

## Weitere Beiträge zum Gebrauch der Braunschen Röhre im Unterricht.

Von

Prof. Dr. Franz Hochheim in Weißenfels a. d. S.

In den Abhandlungen, die ich in dieser Zeitschrift (29, S. 1 und 30, S. 32) veröffentlicht habe, handelte es sich im allgemeinen um Schwingungen geringer Frequenz (Grundfrequenz bis etwa 100), die bei einer gut eingerichteten Braunschen Röhre sehr leicht zu beobachten und dem Schüler zu zeigen sind. Schnellere Schwingungen lassen sich prinzipiell ebenso gut analysieren, wenn der rotierende Spiegel schneller gedreht wird. Trotzdem treten hierbei eigentümliche Schwierigkeiten auf, die aber zu überwinden sind. Zunächst sind bei schnelleren Schwingungen die Kurven bedeutend lichtschwächer als bei langsamen; denn durch die langsamere Bestreichung bei letzteren kommt auf das Auge von jeder Stelle des Fluoreszenzschirms mehr Licht als bei schnellen Schwingungen. Man wird also, wie in Fig. 1 angedeutet, bei schnellen Schwingungen zunächst immer die Seite des Schirmes beobachten, die von den Kathodenstrahlen getroffen wird. Der Mangel an Lichtstärke kann ferner dadurch ausgeglichen werden, daß der Lichteindruck, der im Auge länger andauert, durch folgende gleichphasige Eindrücke verstärkt wird: in der oben zitierten Abhandlung (29, S. 1) habe ich auf S. 5 und 6 hiervon bei den Entladungen von Papierkondensatoren dadurch Gebrauch gemacht, daß infolge der Konstruktion des rotierenden Umschalters (Fig. 6 auf S. 6) die Entladungen gezwungen werden, immer bei denselben Spiegelstellungen einzusetzen. Ist aber, wie das bei den folgenden Beispielen der Fall ist, die Phase der Kurve unabhängig von der Spiegelstellung, dann muß der Spiegel in seiner Tourenzahl den periodischen Schwingungsvorgängen angepaßt werden:

Sieht das Auge eine obere Kulmination der Kurve z. B. in  $B$  (Fig. 1), so muß, wenn der Spiegel richtig reguliert ist, nach genauer Drehung um  $90^\circ$  wieder eine gleich hohe Kulmination in  $B$  zu sehen sein; läuft der Spiegel etwas zu langsam, ist er also bei Auftreten des betreffenden Kulminationswertes noch nicht ganz so weit gedreht (punktierte Lage des Spiegels), so liegt jetzt das Bild  $B'$  links neben dem vorigen  $B$ , die Kurve verschiebt sich (analog dem Kinetographen) nach links; umgekehrt verschiebt sich bei etwas zu schnellem

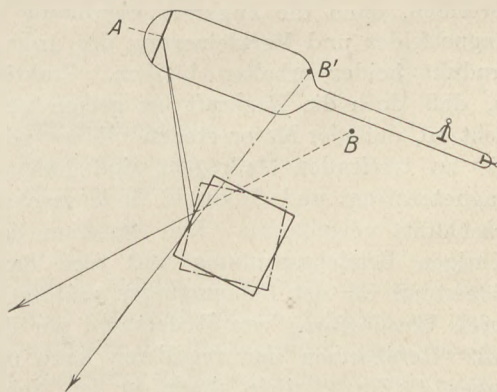


Fig. 1.

Lauf die Kurve nach rechts. Solange diese Verschiebung langsam erfolgt, ist sie nicht störend; zuweilen hat sie sogar Vorteile, indem die Schüler die einzelnen Teile einer lang ausgezogenen Kurve besser verfolgen können, als wenn die Kurve feststeht. Eine größere Verschiebung ist aber sehr störend: wenn z. B. die erste Spiegelseite bei  $B$  einen Maximalwert, die zweite Spiegelseite einen Minimalwert erscheinen läßt,

stören sich die Bilder gegenseitig. Es kommt also sehr auf eine genaue Regulierung der Tourenzahl des Spiegels an. Über diese sei zunächst einiges gesagt, da sie kaum Allgemeingut aller Fachlehrer ist.

Die Tourenzahlen der käuflichen Elektromotoren<sup>1)</sup> sind für rotierende Spiegel bei weitem zu groß, sie müssen daher durch Regulierwiderstände und eventuelle Übersetzungen herabgesetzt werden. Wohl ziemlich allgemein ist die Anschauung, daß ein regulierbarer Vorschaltwiderstand das beste und ausreichende Mittel zur Regulierung der Tourenzahl eines Elektromotors ist, aber sie ist nicht richtig. Die Zugkraft eines Motors ist proportional dem Produkte aus der Stärke des Magnetfeldes und dem Ankerstrom; ein Vorschaltwiderstand schwächt nun beide und setzt dadurch freilich die Tourenzahl herab, indem der Motor infolge verringerter Zugkraft nur die Reibung geringer Geschwindigkeit überwinden kann. Aber die Reibung ist nicht so konstant, daß sie eine wirklich konstante Tourenzahl verbürgte: eine geringe Vermehrung bewirkt bei kleiner Tourenzahl, daß der Motor ganz stehen bleibt; das ist also die denkbar unrationellste Art der Regulierung! Selbstverständlich hat der Vorschaltwiderstand sein Recht, nämlich Überlastungen der Drähte besonders im Anlauf zu vermeiden, aber nur das. In jedem Gleichstrommotor — auf solche beschränke ich mich — wird bekanntlich eine elektromotorische Gegenkraft  $e$  entwickelt, die der Netzspannung  $E$  entgegenwirkt und die der pro Sekunde geschnittenen Kraftlinienzahl (wie in einer Dynamo) proportional ist, also mit dem Magnetfelde und der Tourenzahl wächst; es ist dann

$$i = \frac{E - e}{w} \quad . . . \quad 1) \quad E \cdot i = e \cdot i + i^2 w \quad . . . \quad 2)$$

Die von dem Netz geleistete Arbeit setzt sich also um (2) in die Wärmearbeit  $i^2 \cdot w$  und die Motorarbeit  $e \cdot i$ . Die Tourenzahl steigt nun, indem  $e$  wächst,  $i$  infolge (1) kleiner wird, bis beim Maximum der Touren  $e \cdot i$  gerade den Wert der zu leistenden Arbeit erreicht. Letztere ist beim rotierenden Spiegel so klein, daß  $e \cdot i$ , also  $i \approx 0$ , infolge (1) also  $e \approx E$  wird. Die Tourenzahl läßt sich nun herabsetzen, wenn man 1. das Magnetfeld verstärkt und 2. die den Anker speisende Spannung  $E$  herabsetzt; denn ein starkes Magnetfeld erhöht  $e$ , weil die Kraftlinienzahl vermehrt ist, und ist  $E$  klein, so kann offenbar schon bei einer geringen Tourenzahl  $e \approx E$  werden. Prinzipiell ist man also in der Lage, einen Motor mit jeder Tourenzahl zu betreiben, ohne die Zugkraft überhaupt zu schwächen: denn bei Vergrößerung des Magnetfeldes und Verkleinerung des Ankerstromes (durch verringertes  $E$ ) könnte das Produkt beider erhalten bleiben. Praktisch gestalten sich die Verhältnisse freilich so, daß doch die Zugkraft bei geeigneter Regulierung etwas vermindert wird, aber nicht so, daß der Motor stehen bleiben oder starke Unregelmäßigkeiten zeigen würde. Die zu treffenden Maßregeln sind nun für die beiden Typen, Serienmotor (Feldmagnetenstrom und Anker in Serie geschaltet) und Nebenschlußmotor (beide parallel geschaltet) verschieden. Bei letzterem liegt der Feldmagnet an sich schon an der richtigen Betriebsspannung und wird darum maximal magnetisiert, ein Vorschaltwiderstand für den Feldmagneten erübrigt sich also hier, wenn man den Anker nicht durch Einschaltung von Widerstand vor den Feldmagneten schneller laufen lassen will. Herabsetzen und regulieren kann man aber die Tourenzahl dadurch, daß der Anker  $A$  (Fig. 2) nicht direkt in den Nebenschluß zum Feldmagneten  $F$  gelegt wird, sondern zu einem Teil des Nebenschlusses  $N$  parallel gelegt wird: hierdurch wird die den Anker speisende Spannung  $E$  in der Tat beliebig herabgesetzt und damit die Tourenzahl; freilich wird auch durch Verringerung des Ankerstromes, dessen Widerstand ja für höhere Spannung konstruiert ist, die Zugkraft herabgesetzt, da man ja

<sup>1)</sup> Zu diesen Betrachtungen wurde ich durch eine Mitteilung der Physikalischen Werkstätten d. E. d. E. in Göttingen angeregt.

das Feld nicht stärker erregt; letzteres müßte durch eine höhere Betriebsspannung für den Feldmagneten erreicht werden, könnte aber dem Draht des letzteren schaden und ist tatsächlich bei der geringen Arbeit am rotierenden Spiegel überflüssig. Beim Serienmotor reguliert man die Tourenzahl zunächst dadurch, daß man zum Anker *A* einen regulierbaren Nebenschluß *N* anbringt (Fig. 3): denn je kleiner dieser ist, um so geringer ist die den Anker speisende Spannung, da längs des Feldmagneten ein Spannungsabfall stattfindet. Außerdem muß man hier aber einen Widerstand *V* vor den Motor schalten: denn bei normalem Betriebe liegt der Feldmagnet mit dem Anker in Serie, ist also gar nicht dafür eingerichtet einen sehr starken Strom aufzunehmen, den die Verzweigung hindurchlassen würde, und dann muß auch der

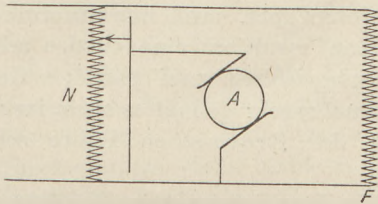


Fig. 2.

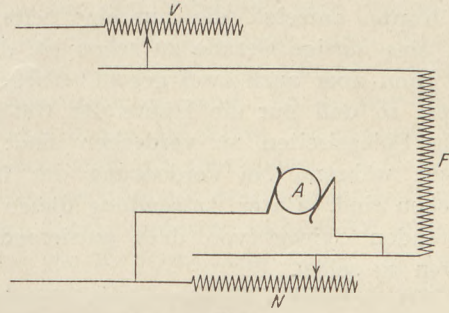


Fig. 3.

Nebenschluß *N* vor zu starkem Strome geschützt werden. Man wird sich durch einen Vorversuch (z. B. mit vorgeschalteten Glühlampen und Amperemeter) überzeugen, wieviel Strom der Feldmagnet verträgt, ohne zu heiß zu werden, die Widerstände des Feldmagneten und des Ankers bestimmen und danach die Widerstände *V* und *N* wählen sowohl hinsichtlich der erforderlichen Ohmzahl, als der Amperezahl, die sie vertragen. Man kann auch beide Widerstände nach Fig. 4 in einem vereinigen: in der Tat bewirkt eine Verschiebung des Kontaktes nach rechts eine Verminderung der den Anker speisenden Spannung, während die Erregung des Feldmagneten sich kaum ändert; doch muß ein solcher einzelner Widerstand genau berechnet sein, da er zu groß gewählt das Feld zu wenig erregt, zu klein dem Ganzen schaden kann. Ich bediene mich mit Vorteil für einen  $\frac{1}{16}$  PS-Serienmotor eines Universalwiderstandes

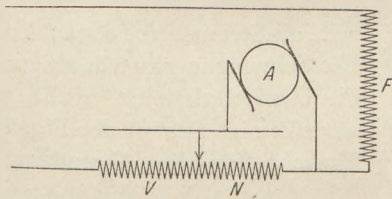


Fig. 4.

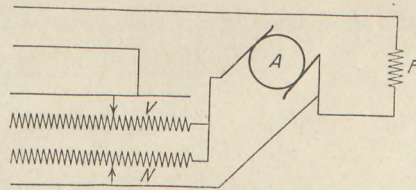


Fig. 5.

von Ruhstrat in Göttingen von  $2 \times 90 \Omega$  und 2 Ampere (maximal) bei einer Betriebsspannung von 110 Volt nach Art der Fig. 5. Die Widerstände könnten an sich für den Motor etwas kleiner gewählt sein, besonders der Nebenschluß, doch bietet die vielseitige sonstige Verwendbarkeit eines größeren Universalwiderstandes mancherlei Vorteile.

Ein anderer Übelstand, der sich bei erheblich schnellen Umdrehungen des rotierenden Spiegels zeigen kann, ist der folgende: wenn auch bei guter Regulierung der Tourenzahl die Abszissen gleichphasiger Bilder aufeinanderfallen, so tun dies die Ordinaten nicht, da die von zwei Spiegelseiten reflektierten Bilder nicht gleich hoch liegen, und es entsteht dadurch ebenfalls eine Unschärfe der Bilder. Der Grund hierfür mag darin liegen, daß vielleicht die Achse des Spiegels mit der

Rotationsachse nicht genau gleichgerichtet ist, oder, was mir am wahrscheinlichsten scheint, daß die Zentrifugalkraft infolge nicht genau zentrischer Lage der Spiegelachse den Spiegel etwas schief stellt, oder im Schleudern infolge nicht genügender Befestigung. Man kann sich davon leicht durch Beobachtung des nicht abgelenkten Flecks der Braunschens Röhre im rotierenden Spiegel überzeugen: solange der Spiegel langsam rotiert, sieht man eine einzige horizontale Gerade, die sich in langsamem Tempo etwas nach oben und unten verschiebt; bei schnellerer Rotation verbreitert sich die Gerade (infolge Dauer des Lichteindrucks) und zerfällt ziemlich scharf in drei parallele Gerade. Dieser Übelstand läßt sich beseitigen, indem man dem Spiegel eine Kappe aufsetzt, die nur eine Seite freiläßt, im übrigen geschwärzt ist, wobei dann eine einzige Gerade zu sehen ist, die Helligkeit freilich auf  $\frac{1}{4}$  reduziert wird; man kann aber auch zwei gegenüberliegende Seiten frei lassen und die anderen verdecken, so daß nur die Hälfte der Helligkeit verloren geht, muß nur ausprobieren, welche Spiegelseiten zu verdecken sind: auch dann resultiert eine einzige scharfe Gerade, während bei Verdeckung der falschen Spiegelseiten zwei parallele Gerade zu sehen sind. Unter Anwendung dieser Vorsichtsmaßregeln gelingt es auch, im rasch rotierenden Spiegel von dem pulsierenden Fleck der Braunschens Röhre scharfe Kurven zu sehen.

Von schnellen Schwingungen, die sich so beobachten lassen, seien die folgenden Beispiele angeführt:

1. Kontinuierliche Bogenlampenschwingungen. Die Schaltung hierbei ist bekannt bzw. aus Fig. 6 ersichtlich: der Bogenlampe  $Bg$  ist eine Drosselspule  $Dr$  (Transformatorspule) und ein Widerstand  $W$  vorzuschalten. In den Schwingungskreis parallel zur Bogenlampe kommen außer den gewöhnlichen horizontalen Indikatorspulen  $Sp$  (vgl. diese Zeitschrift 29, S. 3, Fig. 2) die Kondensatorbatterie  $C$  (z. B. 20 MF) und eine Drosselspule  $L$  (vgl. diese Zeitschr. 29, S. 2, Fußnote 6 oder eine Spule mit weniger Windungen) ohne Eisenkern; überhaupt gilt hierbei die Regel: viel Kapazität, wenig Selbstpotential! Als Kohlen dürfen nur dünne Homogenkohlen (z. B. 7 mm), keine Dochkohlen verwendet werden. Die anzulegende Spannung soll möglichst hoch (220 oder 440 Volt) sein; ich konnte infolge Mangels an geeignetem Vorschaltwiderstand nur 110 Volt anlegen, wobei die Schwingungen häufig aussetzen. Der Lichtbogen muß klein sein, die Stromstärke etwa 2 Ampere. Die Schwingungskurven zeigen nun die charakteristische nicht genau sinusförmige Gestalt der Fig. 7: die Ursache für die Abplattung der

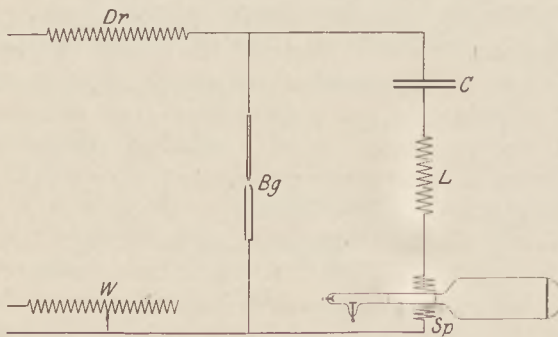


Fig. 6.

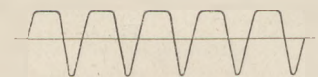


Fig. 7.

oberen Kulmination ist bekanntlich (vgl. z. B. Mie, Lehrbuch der Elektrizität, S. 634, Müller-Pouillet, 10. Aufl., IV, S. 916) die Zeit, die für die Neuzündung des Bogens bei jeder Entladung erforderlich ist. Während der übrige

Teil der Schwingungskurve eine Sinuslinie der Frequenz  $n = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  darstellt, tritt

dadurch eine Verlängerung der Schwingungsdauer, also eine Erniedrigung der Frequenz auf, die aber keineswegs gleichbleibend ist: die Höhe des Tones und die Breite der oberen Kulminationen in Fig. 7 unterliegt häufigeren Schwankungen; dies ist der Hauptgrund, weswegen sich die Erwartungen, die man ursprünglich an die Verwend-

barkeit der Lichtbogenschwingungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie knüpfte, nur in beschränktem Maße erfüllt haben. Das Einsenken eines Eisenkerns in die Drosselspule  $L$  bewirkt eine Verbreiterung der ganzen Erscheinung und ein Tieferwerden des Tones, die Ausschaltung einiger Kondensatoren das umgekehrte; ersteres läßt aber (bei 110 Volt wenigstens) die Entladungen leicht versagen. Die verhältnismäßig geringe Verwendbarkeit der Lichtbogenschwingungen läßt es zweifelhaft erscheinen, ob man sie im Unterricht vorführen soll, zumal ihre richtige Erklärung in der Schule ausgeschlossen erscheint; man kann sie aber interessierten Schülern vorführen oder im Praktikum Versuche damit anstellen lassen.

2. Von wesentlich größerer Bedeutung für den Unterricht sind dagegen die gedämpften Entladungen von Leydener Flaschen durch eine Funkenstrecke. In der Abhandlung Bd. 29, S. 5 habe ich gezeigt, wie man die oszillierenden Entladungen von Papierkondensatoren demonstrieren kann. Es ist aber für den Schüler nicht selbstverständlich, daß die Entladungen bei hohen Spannungen durch eine Funkenstrecke denselben Charakter haben, und ich wies daher a. a. O. auf die Demonstration der letzteren mit der Ruhmerschen Glimmlichtoszillographenröhre hin. Letztere hat vor der Braunschweiger Röhre den Vorzug größerer Lichtstärke, gibt aber die Erscheinungen doch nicht so treu wieder wie die Braunschweiger Röhre: der Leuchtstreifen ist zu breit, als daß er die Kurvenform wirklich genau zeigte, und außerdem versagt das Ansprechen der Röhre bei schnellen Oszillationen zuweilen, besonders in der Richtung, die der ursprünglichen Entladung entgegengesetzt ist; wenigstens habe ich diese Erfahrung gemacht. Ich halte es außerdem für vorteilhafter, die Braunschweiger Röhre, mit der die Schüler schon vertraut sind, auch an dieser Stelle zu benutzen, statt einen neuen Apparat einzuführen, dessen Wirkungsweise doch auch erst erklärt werden muß. In Ermangelung geeigneter Indikatorspulen für die Hochspannungsströme kann man aber die Entladungskurve mit der Braunschweiger Röhre in sehr einfacher Weise wiedergeben, die auch dem Schüler verständlich ist, wenn man die elektrostatische Ablenkbarkeit der Kathodenstrahlen benutzt. Es sind Braunschweiger Röhren käuflich, in denen zwei gegenüberstehende Platten eingeschmolzen sind, zwischen denen sich die Kathodenstrahlen biegen, wenn die Platten entgegengesetzt geladen sind. In Ermangelung einer solchen bequemen, aber teuren Röhre braucht man nur der gewöhnlichen Röhre von oben und unten (an Stelle der Indikatorspulen) zwei isolierte Platten zu nähern, zwischen denen sich auch ein annähernd homogenes elektrisches Feld bilden läßt, das die Kathodenstrahlen nach oben oder unten ablenkt. Lädt nun der Sekundärstrom eines Ruhmkorff die beiden Belegungen einer großen Leydener Flasche  $C$  oder einer Batterie und entladen sich die Belegungen durch eine Funkenstrecke  $F$  und eine Selbstinduktion  $L$  (als solche verwende ich die Sekundärspulen von drei kleinen Funkeninduktoren), so ver-

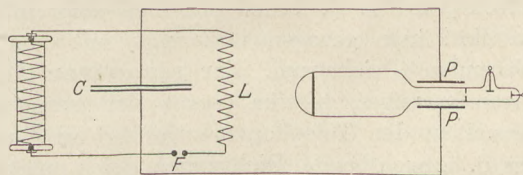


Fig. 8.

bindet man (Fig. 8) zwei Punkte des Entladungskreises, z. B. die Flaschenbelegungen, mit den Platten  $P$ , die das elektrische Feld bilden sollen: die Platten laden und entladen sich dann genau in demselben Tempo wie die Flaschenbelegungen und proportional den dort herrschenden (gedämpften) Amplituden; die Braunschweiger Röhre dient also hier gewissermaßen als Voltmeter, wie sie sonst als Amperemeter dient. Man kann auch die Platten parallel zur Funkenstrecke oder parallel zu der Selbstinduktion legen, das Resultat ist im wesentlichen dasselbe: man erhält im rotierenden Spiegel die charakteristische gedämpfte oszillierende Entladungskurve (Fig. 9), deren Ähnlichkeit mit der Kurve der Fig. 7 in Band 29, S. 6 (Papierkondensatoren) unverkennbar und den Schülern verständlich ist. Die Anfangsschwingungen höchster Amplitude sind hierbei infolge

der Geschwindigkeit, mit der die Kathodenstrahlen bei diesen den Schirm bestreichen, schwächer sichtbar als die späteren. Merkwürdig, aber dem Schüler kaum besonders in die Augen fallend, ist die Erscheinung, daß die Anfangsschwingungen enger liegen als die späteren; der Grund hierfür ist vermutlich darin zu suchen, daß die Selbstpotentiale (Induktorspulen) dünne Eisenkerne enthalten, deren  $L$  bei höheren Stromstärken (im Anfang) merklich geringer sein muß infolge Sättigung des Eisens als bei kleineren; dadurch fällt  $n = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  bei Beginn der Entladung größer aus als gegen

Ende. Noch auf eine andere Art kann die charakteristische Form der Entladungsschwingungen nachgewiesen werden. Verwendet man, wie vorliegend, als Selbstpotentiale die Sekundärspulen kleiner Funkeninduktoren, so werden in den Primärspulen der letzteren niedrig gespannte Wechselströme induziert: man braucht also nur eine dieser Primärspulen (natürlich unter Kurzschluß des betreffenden Hammers!) mit den gewöhnlichen Indikatorspulen der Braunschener Röhre zu verbinden (Fig. 10) und

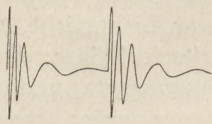


Fig. 9.

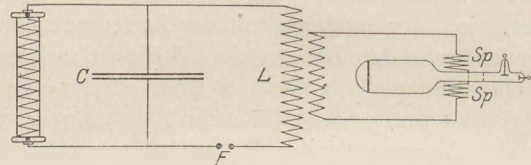


Fig. 10.

erhält auf dem Röhrenschirm eine blaue Linie, die mit dem Spiegel analysiert wieder das Bild der Fig. 9 (auch wieder mit der charakteristischen Erweiterung gegen das Ende der Entladung) gibt. Durch diesen Versuch wird dem Schüler zugleich gezeigt, daß auch ein gedämpfter Wechselstrom Induktionswirkungen in ähnlicher Weise auslöst wie ein gewöhnlicher, was ja die Grundlage nicht nur für die gekoppelten Systeme, sondern auch für die Wirkung des Senders auf den Empfänger in der drahtlosen Telephonie ist.

3. Ein weiteres und sehr dankbares Gebiet für die Benutzung der Braunschener Röhre bilden die Mikrophonströme. Es ist an sich schon wünschenswert, dem Schüler eine genauere Vorstellung von den Strömen im Mikrophon und den transformierten im Telephon zu geben; für ersteres wird man den Mikrophonstrom direkt durch die Indikatorspulen der Braunschener Röhre leiten: der abgelenkte, aber ruhige Fleck wird z. B. durch den Ton einer in das Mikrophon geblasenen offenen Pfeife in die Länge gezogen und zeigt, mit dem Spiegel analysiert, die Stromkurve: pulsierenden Gleichstrom. Zur genaueren Analyse eignet sich der direkte Mikrophonstrom weniger, hierfür eignet sich besser der transformierte Strom, wie er im allgemeinen den Telephonen zugeführt wird und der eben ein wirklicher Wechselstrom ist, d. h. nach beiden Richtungen gleich pulsiert. An diesem kann vor allem die Klangfarbe der Laute genauer studiert werden. Man benutzt für letztere sonst meist die Königsche Membrankapsel, indem man die durch die Töne bewirkten Schwankungen der Flammenhöhe der Spiegelanalyse unterwirft. Dem Vorteil derselben, sie in der Akustik sofort verwenden zu können, weil sie leicht verständlich ist, und nicht auf spätere Zeiten verträsten zu müssen, stehen doch erhebliche Nachteile gegenüber: ein wirkliches Wellenbild gewährt sie nicht, hierzu ist das Flammenbild zu breit; auch das Umschlagen der Flammenspitze nach rechts im Spiegel ist störend; dazu erlischt die Flamme leicht, wenigstens bei unserm wenig brauchbaren Braunkohlengas. Dagegen gibt die Braunschener Röhre ein völlig getreues Wellenbild mit allen Oberschwingungen, da die Kathodenstrahlen nicht träge sind. Freilich ganz leicht sind die Versuche nicht, und es bedarf einiger Mühe des Ausprobierens, ehe sie zum ersten Male wirklich gut gelingen. Denn die Energie der Schallwellen ist

an sich so gering, daß man alle Kunst anwenden muß, sie voll zur Geltung zu bringen. Das wichtigste ist natürlich ein gutes, möglichst empfindliches Mikrophon (Körnermikrophon)<sup>2)</sup>, dem man ohne Vorschaltwiderstand den Strom von etwa drei Akkumulatoren (nicht mehr!) zuführt; da sich dasselbe leicht erhitzt, die Kohlenkörner dann aneinanderbacken, so empfiehlt es sich, den Strom nur bei Gebrauch einzuschalten und danach sogleich wieder abzuschalten; vor Gebrauch pflege ich regelmäßig das Mikrophon durch einige sanfte Schläge mit einem Stimmgabelhammer zu neuer Tätigkeit zu ermuntern. Das Mikrophon darf übrigens nicht auf den Experimentiertisch gesetzt werden, da es auf die Erschütterungen der Motoren und der Influenzmaschine stark reagiert, sondern ist auf einem besonderen Tisch anzubringen und mit einer Schraubzwinge zu befestigen, damit es im Dunkeln nicht versehentlich heruntergerissen wird, was bei den vielen Drahtverbindungen leicht geschehen kann. Den Mikrophonstrom führt man den primären Windungen eines Transformators, dessen Sekundärstrom den Indikatorspulen der Braunschen Röhre zu. Als Transformatoren eignen sich nicht die gebräuchlichen kleinen Telephontransformatoren, sondern man braucht solche mit geschlossenen Eisenkernen, damit die Streuung der Kraftlinien möglichst vermieden wird; es eignen sich hierzu käufliche Transformatorkerne<sup>3)</sup>, auf die man die Spulen von relativ wenigen Windungen wickelt. Die Windungszahl der Primär- und Sekundärspule können ziemlich gleich sein, die wirkliche Zahl (ich benutze beiderseits 20 bis 30) muß ausprobiert werden. Für genauere Charakterisierung der Schwingungskurven ist die Zuhilfenahme von Kondensatoren am Platze; im allgemeinen erscheint durch sie die Kurve ausgeprägter,

d. h. die Oberschwingungen treten stärker hervor; dies kann sowohl durch Serien-

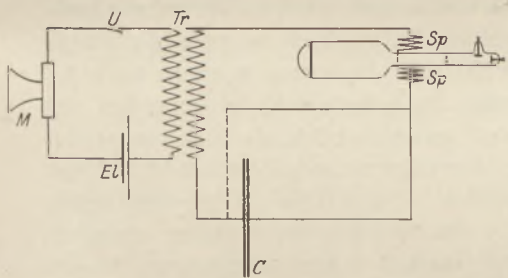


Fig. 11.

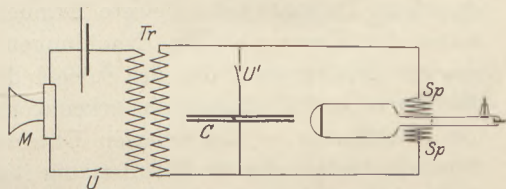


Fig. 12.

schaltung nach Fig. 11, als durch Parallelschaltung nach Fig. 12 erreicht werden ( $M$  = Mikrophon,  $El$  = Akkumulatoren,  $Tr$  = Transformator,  $U$  und  $U'$  = Unterbrecher,  $C$  = Kondensatorbatterie von 10 bis 20 MF,  $Sp$  = Indikatorspulen der Braunschen Röhre); meist bevorzuge ich die letztere Schaltung (Fig. 12). Es empfiehlt sich, die Kurven rasch nacheinander mit und ohne Kondensatoren zu betrachten und zu vergleichen; die Ausschaltung der Kondensatoren erfolgt nach Fig. 11 durch Kurzschließung an der punktierten Stelle mittels eines aufgelegten Drahtes (vgl. diese Zeitschr. Bd. 29, S. 6, Fig. 9), nach Fig. 12 durch den Unterbrecher  $U'$ . Als Indikatorspulen erwiesen sich die bisherigen (vgl. ebd. S. 3) als zu schwach für die akustischen Versuche; ich habe solche mit Eisenkernen hierfür herstellen lassen (80 Windungen auf Blumendraht von 5 cm Länge, 6 cm Breite, 3 cm Höhe gewickelt): durch diese bekommt man Kurven mit genügend hohen Amplituden.

Als gute Untersuchungsobjekte erwiesen sich z. B. die Stimmgabel, die offene und gedeckte Pfeife und die menschliche Stimme. Die Stimmgabel wird mit der

<sup>2)</sup> Mir wurden zwei brauchbare von den Physikalischen Werkstätten d. E. d. E. in Göttingen geliefert.

<sup>3)</sup> Wir haben solche von Siemens und Schuckert bezogen. Wer mit Wechselströmen arbeitet, sollte sich überhaupt ein oder mehrere Kerne zulegen; sie sind auch für viele andere Zwecke sehr brauchbar.

Resonanzkastenöffnung vor das Mikrophon gehalten. Die Pfeifen werden ebenda befestigt und durch eine Flasche mit komprimiertem Gase oder einen Blasetisch angeblasen: ersteres bietet den Vorteil, daß der Gasstrom gleichmäßig erfolgt, wodurch die Kurve ihre Gestalt länger beibehält, und leicht reguliert werden kann; das ist bei einem Blasetisch nicht in dem Maße der Fall; es ist andererseits interessant, das momentane Anschwellen der Obertöne beim Anblasen zu sehen und so die Abweichungen der Kurven von der Sinusgestalt eben als Folge der Oberschwingungen deutlich zu erkennen. Das Singen in das Mikrophon muß natürlich durch einen musikalischen Schüler erfolgen, der imstande ist, den Ton auf konstanter Höhe und möglichst lange zu halten, sonst ist auch die beste Regulierung der Spiegelgeschwindigkeit illusorisch. Die Stimmgabel zeigt beim Anschlagen eine Verzerrung der Kurve durch Obertöne, die sich aber schnell verliert, um einer schönen, schwach gedämpften Sinuskurve Platz zu machen. Die Kurven der offenen und gedeckten Pfeife haben deutlich verschiedene Gestalten, bei denen die charakteristischen Obertöne je nach Benutzung der Kondensatoren, dem Anblasen und der Größe der Lippenöffnung verschieden stark hervortreten: es ist sehr lehrreich, die Lippenöffnung mehr und mehr zu schließen und dabei die Amplituden der Oberschwingungen anwachsen zu sehen, während das Ohr sie gleichzeitig hört; aber dieses Herausquellen der Oberschwingungen aus der Grundkurve kann auch durch Kondensatoren bewirkt werden, ohne daß das Ohr eine Veränderung des Klanges bemerkt, womit eben das Vorhandensein der Obertöne, auch ohne daß das Ohr sie hört, und ihre Bedeutung für die Kurvengestalt, d. h. die Klangfarbe bewiesen ist. Von besonderem Interesse sind natürlich die Laute der menschlichen Stimme, in erster Linie die Vokale; aber es ist sehr schwer, das eigentlich Charakteristische jedes Vokales wirklich festzustellen, so verschiedenartig sind die Kurvengestalten nicht nur bei verschiedenen Personen, sondern auch bei derselben Person: jede kleinste Ermüdungs- oder Heiserkeitserscheinung prägt sich sofort der Kurve auf; die Ermüdungen sind aber unausbleiblich, da doch immer eine gewisse Zeit vergeht, ehe der Spiegel dem Ton der Stimme so akkomodiert ist, daß die Kurve steht. Immerhin erkennt man deutlich — und das ist für die Schule die Hauptsache — die scharfen Unterschiede in den Formen der Vokale; besonders deutlich treten die verhältnismäßig tiefen und starken Oberschwingungen (wenige Einbuchtungen) beim O und U den sehr hohen (viele Einbuchtungen) beim E und I gegenüber; letztere erfordern übrigens ein besonders gutes Hineinsingen in das Mikrophon, damit die Amplituden genügend groß ausfallen. Recht interessante Kurven zeigt ferner das einfache Hineinsprechen, etwa die Rezitation eines Gedichts oder ein Telephongespräch: das Ganze erscheint wie eine Art Geheimschrift; aber es ist die natürlichste Geheimschrift, da sie alle feinen Nuancen der Tonbildung wiedergibt. Ist es eine Utopie zu behaupten, daß die Physik bald in der Lage sein wird, der Phonetik alle Rätsel bezüglich der Laute lebender Sprachen zu lösen?<sup>4)</sup>

Dazu bedürfte es freilich zunächst der Fixierung aller Lautkurven; die photographische dürfte sehr schwierig sein und auch die zeichnerische ist dadurch besonders erschwert, daß die Beobachtungen im Dunkeln erfolgen, also aus dem Gedächtnis reproduziert werden müssen; für letzteres habe ich mir so geholfen, daß

<sup>4)</sup> Über die Benutzung der Kathodenstrahlen für den Nachweis der Obertöne hat Ziegler (Ges. d. B. d. ges. Naturw., Marburg 1909, S. 59) Mitteilungen gemacht. Die Abhandlung liegt mir nicht vor. — Bei Abfassung dieser Abhandlung war die Abhandlung von Donle (diese Zeitschr. 29, S. 299) noch nicht erschienen. Das darin angegebene Verfahren löst, wie es scheint, das Problem der Darstellung von Schwingungskurven im Unterricht noch glücklicher als die Braunsche Röhre; ob freilich für alle Zwecke, dürfte noch zu untersuchen sein. Der Hauptvorteil der Braunschen Röhre, die absolute Treue der Darstellung wegen des Fehlens von Trägheit und von Eigenschwingungen der Kathodenstrahlen, wird auch bei dem Telephonspiegelverfahren kaum völlig erreicht werden.



der Zeichner am rotierenden Spiegel sitzend auf den Knien die Zeichnung ausführte, die durch eine am Westenknopf angehängte Taschenlampe beleuchtet wurde. Für die Schule kommen die Fixierungen zunächst nicht in Betracht; hier ist es schon ein erheblicher Gewinn, dem Schüler die Schwingungskurven in natürlicher Gestalt vorführen zu können und ihm einen Eindruck zu erwecken von den gewaltigen Kompliziertheiten und Verschiedenheiten der einzelnen Laute. Dies kann aber mit der Braunschen Röhre entschieden besser geschehen als mit der Königschen Membrankapsel.

Es ist wohl anzunehmen, daß die hier geschilderte Methode noch erheblich verbessert werden kann: die verschiedenen Spulen können vielleicht zur Erzielung eines Optimums noch besser abgeglichen werden, die Streuung der Kraftlinien wird durch einen eisernen Schluß der Indikatorspulen außen größtenteils beseitigt werden können; auch ist bei den akustischen Versuchen wohl eine Röhre mit Wehneltcher Oxydkathode am Platze, da sich deren Kathodenstrahlen weit leichter ablenken lassen.

## Vereinfachte Theorie der harmonischen Schwingbewegung.

Von

Geheimrat Prof. Dr. Friedrich C. G. Müller in Brandenburg a. H.

Die Punktmasse  $m$  stehe unter der Einwirkung einer Kraft  $k = -k_1 x$  und beginne ihre Bewegung vom Punkte  $E$  aus im Abstände  $e$  von der Nullage. Gemäß der zeichnerischen Darstellung (Fig. 1) muß die Arbeit  $A_e = k_1 \frac{e^2}{2}$  aufgewandt werden, um den Punkt von  $O$  bis  $E$  zu schaffen; ebenso ist  $A_x = k_1 \frac{x^2}{2}$ . Mithin wird, wenn die Bewegung von  $E$  bis  $X$  gediehen ist, die Arbeit  $k_1 (e^2 - x^2)/2$  abgegeben. Also muß nach bekanntem Satz eine gleiche Bewegungsenergie hervorgebracht sein, so daß  $mc^2/2 = k_1 (e^2 - x^2)/2$ , woraus

$$C_x = \sqrt{\frac{k_1}{m}} \cdot \sqrt{e^2 - x^2}.$$

$\sqrt{e^2 - x^2}$  wird aber dargestellt durch die zu  $X$  gehörige Ordinate in dem mit  $e$  um  $O$  beschriebenen Kreise (Fig. 2).

Diese ist aber gleich  $e \cdot \sin \alpha$ . Also ist

$$C_x = \sqrt{\frac{k_1}{m}} e \sin \alpha = c_0 \sin \alpha$$

Soweit läuft die Entwicklung im alten, viel begangenen Geleise. Es fragt sich, ob wir wagen sollen, mit dem Rüstzeug der Gymnasialmathematik ge-

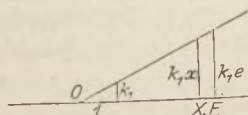


Fig. 1.

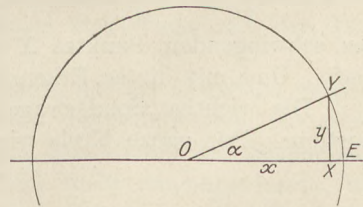


Fig. 2.

radenwegs auf die Weg-Zeit-Gleichung loszugehen, oder ob wir die soeben gewonnene Geschwindigkeitsgleichung darauf ansehen wollen, ob sie nicht schon als solche vollen Aufschluß gibt über alle Geheimnisse der Schwingbewegung. Zuvörderst ist festzuhalten, daß

$c_0 = e \sqrt{\frac{k_1}{m}}$  eine aus den gegebenen Werten leicht zu errechnende Zahl ist, welche in Zentimetern ausgedrückt eine Strecke darstellt. Damit ist auch  $c_x = c_0 \cdot \sin \alpha$  sofort darstellbar, als die Gegenkathete eines rechtwinkligen Dreiecks mit dem Winkel  $\alpha$  und der Hypotenuse  $c_0$ . Das Nächstliegende wäre,  $c_0$  auf dem beweglichen Schenkel

von  $\alpha$  abzutragen bis  $A$  (Fig. 3) und von  $A$  das Lot  $AB$  zu fällen. Dann aber liegt die so dargestellte Geschwindigkeit im Punkte  $X$  außer Zusammenhang mit  $X$ . Um sie richtungsgerecht an  $X$  heranzulegen, muß Dreieck um  $90^\circ$  nach rechts gedreht, mit  $A$  auf  $X$  gebracht werden, d. h. man fälle von  $X$  auf den beweglichen Schenkel eine Senkrechte  $XC$  gleich  $c_x$ , dann ist deren Projektion  $XD$  auf die Bewegungsrichtung gleich  $c_x$ . Allein bei dieser Figur wird durch die teilweise Überlagerung der ähnlichen Dreiecke ein Überblick des funktionalen Zusammenhangs ihrer Stücke stark beeinträchtigt. Indessen läßt sich Dreieck  $XCD$  leicht in passender Weise absondern dadurch, daß wir es von  $X$  nach  $Y$  verschieben in die Lage  $YFG$ , mit andern Worten, wenn wir das Lot gleich  $c_0$  im Endpunkte des durch  $X$  bestimmten Radius  $OY$  errichten. Nun ist  $c_0$  in starre Verbindung mit dem Radius gebracht und man erkennt, wie die Strecke  $YG$  bzw.  $XD$  gewissermaßen maschinenmäßig von  $X$  bestimmt wird. Ja, man kommt sofort auf den Gedanken, diese Zusammenhänge

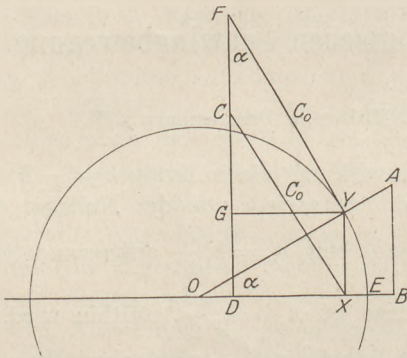


Fig. 3.

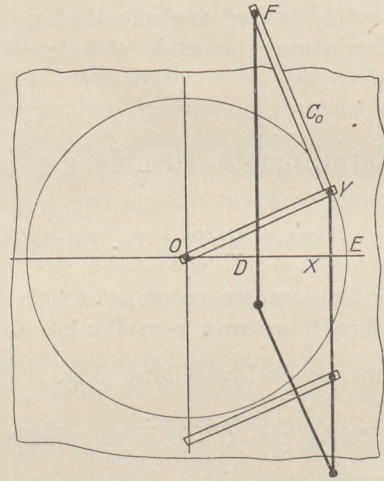


Fig. 4.

durch ein zwangsläufiges mechanisches Modell vorführen zu lassen. Fig. 4 zeigt, wie ein solches auf einem Zeichenbrett mittels Holzleisten und 2 mm-Eisendraht verwirklicht ist. Zeichnung und Modell führen aber mit Notwendigkeit zu einer neuen Auffassung von  $c_0$ . Es erscheint als Peripheriegeschwindigkeit des Kreispunktes  $Y$ .

Da aber  $c_0 = \varepsilon \sqrt{\frac{k_1}{m}}$  einen bestimmten Wert hat, ergibt sich, daß der Gegenpunkt  $Y$  des schwingenden Punktes  $X$  den Kreis mit gleichmäßiger Geschwindigkeit durchläuft. Und mit dieser Erkenntnis ist das ganze Problem blitzartig aufgestellt.

Die wichtige Sonderfrage nach der Schwingungsdauer findet sofort ihre Beantwortung. Der ganze Kreis wird offenbar in der Zeit  $2\pi c_0$  durchlaufen, woraus

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_1}}$$

Damit ist diese berühmte Formel, welche das Rückgrat der Schwingungstheorie und Pendellehre bildet, schnell und anschaulich mit dem Rüstzeug der Sekundärmathematik deduktiv hergeleitet. Wer sich nicht mit der geometrischen Konstruktion der Punktwörter begnügen will, kann auch die Weg-Zeit- und Geschwindigkeit-Zeit-Gleichung leicht niederschreiben. Da in der Zeit  $t$  der Bogen  $c_0 t$  durchmessen wird und der zugehörige Bogen  $\alpha$  des Einheitskreises  $c_0 t/e$  ist, folgt

$$\alpha = \sqrt{\frac{k_1}{m}} \cdot t \quad \text{oder} \quad \alpha = \frac{2\pi}{T} t.$$

Weil aber 
$$X = e \cos \alpha, C = e \sqrt{\frac{k_1}{m}} \cdot \sin \alpha,$$

wird 
$$X = e \cos \sqrt{\frac{k_1}{m}} t \quad \text{oder} \quad X = e \cos \frac{2\pi}{T} t$$

$$C = e \sqrt{\frac{k_1}{m}} \cdot \sin \sqrt{\frac{k_1}{m}} t \quad \text{oder} \quad C = e \frac{2\pi}{T} \sin \frac{2\pi}{T} t.$$

Der vorstehenden schulmäßigen Entwicklung der Schwinggesetze mögen noch einige didaktische Zusätze folgen.

Im Anfangsunterricht verlangt auch die Mechanik eine vorwiegend induktive Behandlung. Das Kapitel der Schwingbewegung geht zweckmäßig von dem besonders übersichtlichen Versuch mit dem an einer Schraubenfeder auf und ab schwingenden Gewichte aus.

Nachdem der Isochronismus enger oder weiter Schwingungen beobachtet worden, zeigt man, daß eine viermal kleinere Masse zweimal, eine  $n$ -mal kleinere  $\sqrt{n}$ -mal schneller schwingt. Andererseits bewirkt eine vierfach stärkere Feder, daß die nämliche Masse zweimal schneller schwingt, wobei als Maß für die Stärke der Feder die Zugkraft bei 1 cm Verlängerung gewählt wird. Darnach ergibt sich die empirische

Formel  $T = f \sqrt{\frac{m}{k_1}}$ . Auch der Wert des Faktors  $f$  läßt sich aus den beobachteten Größen  $T_1, m_1, k_1$  berechnen. Man gelangt bei mehreren verschiedenen Versuchen stets zu einer Zahl, die nahe bei 6,28 liegt. Daß diese Zahl mit  $2\pi$  übereinstimmt, muß, weil sie so in den Büchern steht, beachtet werden; eine Entscheidung darüber, ob diese Übereinstimmung nur zufällig, oder ob sie in einem tieferen Naturgesetz begründet ist, muß der Oberstufe vorbehalten bleiben. Die so gefundene Formel kann dann auf ähnlich liegende Fälle, so auch auf das Fadenpendel für kleine Ausschläge, ausgedehnt werden.

Das tatsächliche Schwinggesetz ist somit an der Hand des Versuchs herausgebracht. Aber schon der Sekundaner hat das Gefühl, daß dieses Gesetz sich aus einfacheren Grunderfahrungen in ähnlicher Weise muß herleiten lassen, wie der Pythagoras aus den Grundsätzen der Mathematik. Dieses triebhafte Streben nach Begründung macht sich in der Mechanik schon beim Anfänger geltend, während er in den andern Gebieten der Physik und in der Chemie sich leicht mit den Tatsachen zufrieden gibt.

Demnach ist eine deduktive Behandlung der Mechanik auf der Oberstufe geradezu geboten. Die Mechanik ist auch der einzige Abschnitt der Schulphysik, der einen strengen Aufbau aus den Newtonschen Prinzipien nach dem Muster der Mathematik zuläßt. Und da wird eine verständige Pädagogik es sich nicht entgehen lassen, die wunderbare Verknüpfung der Mathematik mit physischen Dingen und Begebenheiten dem Verständnis der Schüler zugänglich zu machen. Bei den ersten Kapiteln der Mechanik ist das auch längst allgemein durchgeführt worden. Bei der Schwingbewegung hingegen scheint die Mehrzahl der Physiklehrer vom deduktiven Wege abgekommen zu sein. Dafür hat sich ein seltsames Gebilde didaktischer Kunst zusammengesetzt vermocht. Es wird eine gezwungene Sinusbewegung mehr oder weniger fein zurecht gemacht, z. B. mittels einer Kurbel. Mit ihr wird die Naturerscheinung einer frei schwingenden physischen Masse verglichen. Beide können zur genauen Übereinstimmung gebracht werden. Mithin gilt für die freie Schwingung das Sinusgesetz. Andere machen es noch bequemer. Sie analysieren auf dem Papier die auf den Durchmesser projizierte Bewegung eines die Peripherie gleichmäßig durchlaufenden Punktes,

leiten deren Weg-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungsgesetze ab, finden, daß die Beschleunigung dem Ausschlag proportional ist und folgern, daß jede Naturkraft, die, wie beispielsweise die Elastizität, dem Ausschlag proportional ist, eine Bewegung hervorrufen muß, welche sich mit der analysierten künstlichen Bewegung deckt. Diese Logik ist gewiß unanfechtbar. Aber es liegt doch auf der Hand, daß sie lediglich eine Beschreibung gibt. Die ganze Kette kausaler Zusammenhänge von den Prin-

zipien, über das Energiegesetz zu dem Satz  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_1}}$  bleibt unerkannt.

Ich habe von jeher in der Prima die Deduktion der Schwinggesetze vorangehen lassen. Schon im zweiten Bande dieser Zeitschrift wurde über die Durchführung des Lehrgangs berichtet. Aber diese glich der heute mitgeteilten nur im ersten Teile bis zur Aufstellung der Formel  $C_x = c_0 \sin \alpha$ . Dann aber wurde geradenwegs auf die Weg-Zeit-Gleichung losgesteuert, indem man  $c = \frac{dx}{dt}$  setzte und an der

Hand von Fig. 5 bewies, daß  $\frac{dx}{\sin \alpha} = db$ , also  $db = c_0 dt$  ist, was aber besagt: der

Gegenpunkt bewegt sich gleichmäßig auf dem Umfange des über der Amplitude beschriebenen Kreises. Dieser Gang durch das Differentielle mußte Schülern auf dem Standpunkt der Gymnasialmathematik recht gekünstelt erscheinen. Sie fanden sich zwar hinein, verloren ihn aber bald aus dem Gedächtnis. Keiner hätte ihn selbständig auffinden können.

Erst bei der letztmaligen Durchnahme dieses Kapitels wurde bei der Gleichung  $c_x = c_0 \sin \alpha$  Halt gemacht. Die Schüler erhielten die Aufgabe, die Strecke  $e \sqrt{\frac{k_1}{m}}$  nach den gegebenen Werten in richtigen Maßverhältnissen in die Kreisfigur einzuzichnen. Die Erledigung der Aufgabe verlief wesentlich wie unsere obige Entwicklung. Am Schluß offenbarte sich unversehens der Kern der ganzen Schwingtheorie. Darob allgemeine Befriedigung. Die Schüler übersahen leicht den ganzen Aufbau der Theorie und verstanden auch, wie gerade das besondere Kraftgesetz  $k = -k_1 s$  wegen seiner Darstellbarkeit durch rechtwinklige Dreiecke zu der Quadratdifferenz  $e^2 - x^2$  und damit zu dem Kreise führt. Zugleich zeigt sich, wie der rätselhafte Faktor  $2\pi$  in die Schwing- und Pendelformel gelangt.

Mit Spannung erwarten die Schüler die Bestätigung durch das Experiment. Wird das an der Schraubenfeder schwingende 500-g-Stück wirklich, wie die Theorie voraussagt, 110 Schwingungen in der Minute vollführen? Tatsächlich fällt das Ende der Schwingung 110 genau auf den 60. Sekundenschlag. Es ist unverkennbar, welchen starken Eindruck dieses Geschehnis macht, das dem Uneingeweihten so klein und nichtssagend erscheint. Erst die Durchgeistigung bringt Leben hinein. Dabei drängt sich auch die innere Wahrnehmung auf, daß die Freude über die gute Bestätigung der Theorie tiefer liegt, als in der Befriedigung über das gute Gelingen der geleisteten Denkarbeit. Wer einen mathematischen Satz durchgearbeitet und klar verstanden hat, fühlt gewiß ebenfalls eine große innere Befriedigung, aber eine Bestätigung durch Ausmessen und Ausproben begehrt er nicht. Das schwingende Pendel hingegen offenbart ein Stück Weltordnung. Der tote Stoff zeigt sich beseelt und wir können uns in diese Seele hineinversetzen. Wir ahnen den Weltgeist und unsere Zugehörigkeit zu ihm.

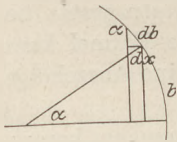


Fig. 5.

## Gekreuzte Frequenzschreiber.

Von

Direktor Dr. Friedr. Fricke in Bremen.

Der auf Seite 11 des 28. Jahrganges dieser Zeitschrift angegebene Frequenzschreiber erweist sich für die vorliegenden Zwecke als ungeeignet. Er ist dafür nicht massig genug. Nach vielen mühsamen Versuchen hat sich aber der in den folgenden Zeilen beschriebene in jeder Beziehung bewährt.

Als Lager für die Feder und den Elektromagneten dient ein aus drei Holzstücken zusammengefügt rechter Winkel. Die Richtung der Maserung der Holzstücke, die sehr fest miteinander verschraubt sind, ist aus den Fig. 1 und 2 zu erkennen. Fig. 1 ist die Seitenansicht, Fig. 2a die Oberansicht des auf den langen Schenkel gestellten, Fig. 2b die Oberansicht des auf den kurzen Schenkel gestellten Schreibers. Die Länge des langen Schenkels beträgt außen 13 cm, die des kurzen Schenkels 8 cm. Der lange Schenkel ist 3,7 cm dick, der kurze 3 cm. Beide Schenkel messen 5 cm in der Breite. Die Dicke der Schenkel ist so bemessen, daß der Mittelpunkt des Spiegels von den Außenseiten beider Schenkel gleichen Abstand hat, daß

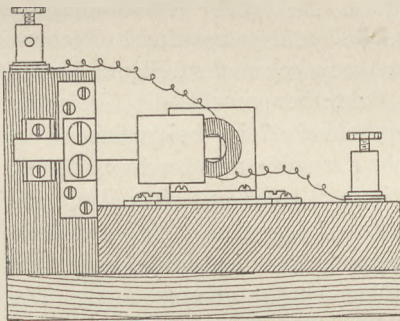


Fig. 1.

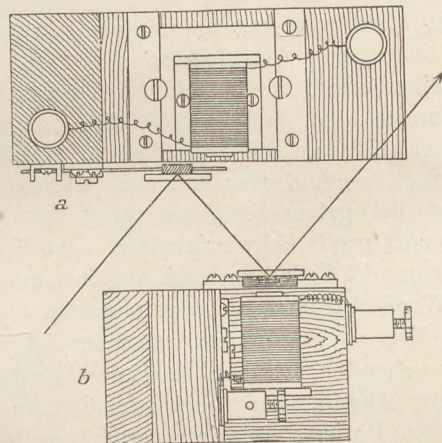


Fig. 2.

er sich also, ob man den Schreiber mit dem langen oder mit dem kurzen Schenkel auf eine Unterlage setzt, beidemale in gleicher Höhe über dieser Unterlage befindet.

Die Feder ist zwischen zwei eben abgeschliffenen Metallstücken von etwa 1,5 mm Dicke eingeklemmt. Das größere der beiden Stücke ist an der Seitenfläche des kurzen Schenkels (Fig. 1, links) durch Schrauben befestigt, so daß die eine Längskante mit der inneren Fläche des Schenkels abschneidet. Mit derselben Fläche schneidet das kleinere Stück ab; es mit mittelst zweier Schrauben, zwischen deren Spindeln die Feder liegt, auf das größere geschraubt. Daneben befindet sich eine Führung für die Feder, damit diese beim Abstimmen ihrer Länge ohne weiteres senkrecht zur inneren Seitenfläche des Schenkels steht. Die Feder aus Uhrfederstahl ist 68 mm lang, 6,93 mm breit und 0,44 mm dick; ihr schwingender Teil ist etwa 41 mm lang. Sie trägt einen quadratischen Spiegel von etwa 22 mm Seitenlänge, dessen spiegelnde Fläche nach außen gerichtet ist. Der Mittelpunkt des Spiegels ist vom schwingenden Endpunkt der Feder etwa 16 mm entfernt. Die Maße der Feder gelten für einen Wechselstrom von der Frequenz 50. Die Frequenz der schwingenden Feder soll 100 sein.

An der Innenseite des langen Schenkels ist eine Spule mit Eisenkern angebracht. Passende Spulen — eine zweite gebraucht man für einen zweiten Frequenzschreiber — gewinnt man aus dem Elektromagneten einer elektrischen Klingel. Man durchschneidet

das Eisengestell, das den Klingelmagneten trägt, indem man die Säge zwischen den Spulen hindurchführt. Das halbe Gestell, von dem man die überflüssigen Teile entfernt hat, mit der Spule schraubt man auf eine rechteckige Metallplatte von 1 bis 1,5 mm Dicke, die Achse der Spule parallel zu einer Kante; diese Platte bringt man an der Innenseite des langen Schenkels so an, daß der Eisenkern der Spule senkrecht auf dem freien Ende der Federfläche steht und mit der rechteckigen Metallplatte zwischen zwei Schienen in seiner Richtung verschoben und befestigt werden kann. Die Abbildungen, besonders Fig. 2a, lassen die Einzelheiten erkennen.

Zur genauen Abstimmung der Länge des schwingenden Teiles der Feder schickt man einen schwachen Wechselstrom durch die Spule und verschiebt die Feder so lange, bis die größte Schwingungsweite erreicht ist. Der Abstand der Spule von der Feder ist dabei möglichst klein zu wählen, aber doch so groß, daß die Feder nicht gegen den Eisenkern schlägt, da dadurch ein Abschleudern des Spiegels herbeigeführt werden kann. Ist die Abstimmung geschehen, so verlängert man den schwingenden Teil der Feder um außerordentlich wenig und bringt den Eisenkern auf den endgültigen Abstand von 3 bis 4 mm von der Feder. Bei diesem Abstände soll die Schwingung der Feder bei einem Strome von  $\frac{1}{3}$  Amp. gerade noch gut zu bemerken sein. Daß die Feder etwas verschoben wird, also nicht mit der größtmöglichen Amplitude schwingt, hat im wesentlichen folgenden Grund. Für die anzustellenden Versuche sind zwei Schreiber erforderlich. Wünschenswert ist es, daß beide Schreiber fest miteinander verbunden sind, um die Aufstellung zu erleichtern. Bei voller Schwingungsweite der Federn sind nun die Schreiber so empfindlich, daß der eine durch Resonanz mitschwingt, wenn der andere auch nur mit einem ganz schwachen Strom bedient wird. Selbst bei getrennter Aufstellung der beiden Schreiber macht die Vermeidung der Resonanz große Schwierigkeiten. Den Unannehmlichkeiten ist bei geringer Längenveränderung der Feder, wodurch also ihre mechanische Frequenz mit der doppelten Frequenz des Wechselstromes nicht ganz genau übereinstimmt, leicht aus dem Wege zu gehen.

Der zweite Frequenzschreiber ist dem ersten kongruent. Er wird dem ersten entsprechend abgestimmt, nachdem beide auf gemeinsamer Unterlage angebracht sind. Bei der Abstimmung führt man den unten beschriebenen 1. Versuch aus. Der dabei auf dem Projektionsschirme erscheinende Lichtstreifen muß in allen Lagen in seiner ganzen Länge von gleicher Breite und so scharf sein, wie es die zweimalige Reflexion des den Streifen erzeugenden Lichtbündels eben gestattet. Besonders wichtig ist, daß die Federn bei gleichen Strömen gleiche Schwingungsweiten zeigen, was durch Regelung des Abstandes der Elektromagnete von den Federn zu erzielen ist.

Die Unterlage ist ein 20 cm langes Stück eines kräftigen U-Eisens, dessen Mittelfläche 18 cm breit ist. Der erste Schreiber (die Reihenfolge ist wichtig, da man nach Befestigung der Schreiber auf der Unterlage die die Feder festklemmenden Schrauben des ersten nicht mehr gut bewegen kann) steht auf der Unterlage mit seinem kurzen Schenkel, der zweite mit dem langen. Es genügt, beide mit je einer einzigen Schraube zu befestigen, wenn man unter die vier Ecken kleine Korkplättchen von 1 bis 2 mm Stärke gelegt hat. Fig. 2 gibt die Anordnung von oben gesehen. Der Abstand der beiden parallelen Spiegelebenen beträgt etwa 3 cm, der Abstand der Mittelpunktslote der Spiegel ebensoviel. Man stellt für den Gebrauch den Apparat so auf, daß ein Lichtbündel aus dem Projektionsapparat die Mitte des einen Spiegels trifft und zur Mitte des anderen Spiegels reflektiert wird. Die erforderliche Lochblende bringt man, wie das in Fig. 7 (und auch früher auf Seite 11 des 28. Jahrganges) angedeutet ist, in die Nähe des Brennpunktes der Beleuchtungslinse; das Loch braucht dann keinen größeren Durchmesser als 1 mm zu haben und gibt doch, selbst nach vierfacher Reflexion, noch ein sehr helles Bild auf dem Projektionsschirme.

Schickt man durch die Spule des Schreibers 2a einen Wechselstrom von der Frequenz 50, so beschreibt der helle Fleck auf dem Schirme eine wagerechte Strecke.

Er hat die Frequenz 100, und man kann annehmen, daß er in harmonischer Bewegung schwingt. Geht kein Strom durch  $a$ , wohl aber einer durch  $b$ , so entsteht auf dem Schirme eine senkrechte Strecke. Genau genommen ist dies kein gerades Gebilde, sondern ein Ellipsenbogen, aber von so geringer Krümmung, daß diese nur bei ganz starken Schwingungen auffällt. Läßt man durch beide Spulen Ströme fließen, so entstehen auf dem Schirme Lissajoussche Figuren, und zwar im allgemeinen Ellipsen, da beide Federn die gleiche Frequenz haben.

Es werde vorausgesetzt, daß die Feder des Schreibers  $a$  um  $2\varphi^0$  hinter der Feder des Schreibers  $b$  zurückbleibt, die ganze Schwingung zu  $360^0$  gerechnet. Ferner sei  $q$  die halbe Länge des senkrechten Lichtstreifens — die Schwingungsweite in senkrechter Richtung — und  $p$  die Schwingungsweite in wagerechter Richtung. In der Fig. 3 sind diese Werte im Achsensystem  $\xi\eta$  angegeben. Sie sind die Radien der beiden um den Achsenmittelpunkt gezogenen Kreise. Der Achsenmittelpunkt  $O$  ist der Lichtfleck auf dem Schirme bei ruhenden Federn, also bei stromlosen Schreibern.

Bewegt sich  $Q$  auf dem großen Kreise mit gleichmäßiger Geschwindigkeit 100 mal in der Sekunde herum und gleichzeitig mit ihm  $O$  auf dem senkrechten Durchmesser so, daß beide Punkte stets auf einer Parallelen zur  $\xi$ -Achse liegen, so beschreibt  $O$  die harmonische Bewegung des durch die senkrechte Feder getriebenen Lichtflecks.

Bewegen sich ebenso  $P$  auf dem kleinen Kreise und  $O$  auf dem wagerechten Durchmesser bei stets gleichem Abstände von der  $\eta$ -Achse, so macht  $O$  die harmonischen Schwingungen des durch die wagerechte Feder getriebenen Lichtflecks. Bewegen sich  $Q$  und  $P$  gleichzeitig unter den vorgezeichneten Bedingungen, so beschreibt der Lichtfleck eine Kurve; ist  $Q$  z. B. in  $A_1$  und gleichzeitig  $P$  in  $B_1$ , so wird  $O$  in  $E$  sein. Der Winkel  $A_1OB_1 = \psi$  werde an  $OP$  angetragen, so daß  $\sphericalangle A_0OP = \psi$  ist; sein Komplement  $A_0OQ$  sei  $2\varphi$ . Dann kann man sagen: Beginnt der Punkt  $P$  seine Bewegung erst, sobald  $Q$  in  $A_0$  anlangt, so hat  $P$  eine Phasennacheilung von  $2\varphi$  gegen  $Q$ . Dementsprechend hat die wagerechte

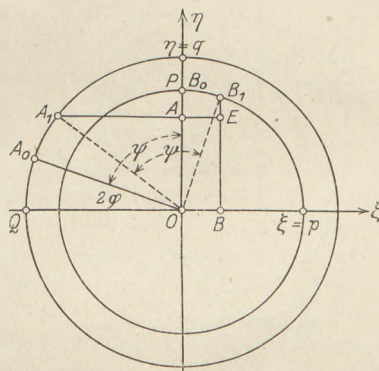


Fig. 3.

Feder gegen die senkrechte dieselbe Phasenverschiebung. Die von  $O$  beschriebene Kurve ist also dieselbe, welche der Schnittpunkt der von den Kreispunkten  $A_1$  und  $B_1$  auf die Achsen gefällten Lote beschreibt, wenn die Punkte  $A_1$  und  $B_1$  ihren Winkelabstand  $\psi$  beibehalten. Für den Ort dieses Schnittpunktes folgt leicht die Gleichung

$$\frac{\xi^2}{p^2} - \frac{2\xi\eta}{pq} \cos 2\varphi + \frac{\eta^2}{q^2} = \sin^2 2\varphi \dots \dots \dots 1)$$

Das ist die Mittelpunktsgleichung einer zu den Achsen schief liegenden Ellipse. Dreht man das Achsensystem um  $\alpha^0$  und bezeichnet die neuen Achsen mit  $x$  und  $y$ , so geht die Gleichung in die Mittelpunktsachsengleichung der Ellipse über, wenn der Faktor von  $xy$  verschwindet. Als Bedingung dafür ergibt sich

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2pq}{p^2 - q^2} \cos 2\varphi \dots \dots \dots 2)$$

Durch Einschaltung eines regelbaren induktionslosen Widerstandes in den Stromkreis des Schreibers, der bei dem gerade angestellten Versuche die größte Schwingungsweite aufweist, ist es nun leicht, beide Schwingungsweiten gleich zu machen. Darum soll die Gleichung nur für den Fall gleicher Schwingungsweiten beider Federn betrachtet werden. Dafür ergibt sich aber

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \infty, \quad \text{d. h. } \alpha = 45^0.$$

Die Achsen der Ellipse bilden also mit den Achsen des Achsenkreuzes  $\xi\eta$  Winkel von  $45^\circ$ . Und setzt man zur Vereinfachung die Schwingungswerten  $p$  und  $q$  gleich 1, so folgt als Gleichung der Ellipse im Kreuz  $xy$

$$\frac{x^2}{2 \cos^2 \varphi} + \frac{y^2}{2 \sin^2 \varphi} = 1.$$

Die erste (im ersten Kreuzviertel befindliche) Halbachse ist daher  $\sqrt{2} \cdot \cos \varphi$  und die zweite  $\sqrt{2} \cdot \sin \varphi$ . Das Verhältnis der zweiten zur ersten Ellipsenhalbachse ist daher  $\operatorname{tg} \varphi$ .

Sind also bei einem Versuche die durch die Schreiber fließenden Ströme gleich, mit anderen Worten, bilden die Achsen der auf dem Schirme gebildeten Ellipse mit der Horizontalen Winkel von  $45^\circ$ , so gibt das Verhältnis der zweiten zur ersten Achse die Tangens der Phasenverschiebung zwischen den Strömen. Danach ist die Größe der Phasenverschiebung durch zwei Längenmessungen und eine einfache Rechnung leicht zu bestimmen. Über die Art der Verschiebung, ob der erste oder der zweite Strom nacheilt, wird mit einem Verfahren entschieden, das weiter unten (beim 2. Versuche) entwickelt wird.

Für verschiedene Stärke der beiden Ströme sei nur eine geometrische Darstellung des Phasenunterschiedes gegeben, die aus der Konstruktion der Ellipse (Fig. 4) folgt. Man trägt den Abstand der wagerechten Tangenten auf einer Geraden ab. In der Abbildung ist das  $RS$  auf der  $\eta$ -Achse. Darauf trägt man den Abstand  $ET$  des Berührungspunktes der Ellipse und der rechten senkrechten Tangente von der oberen wagerechten Tangente auf  $RS$  von  $R$  aus ab; das ergibt  $A$ . Über  $RS$  zeichnet man den Halbkreis und errichtet in  $A$  auf  $RS$  das Lot; dieses schneidet den Halbkreis in  $A_1$ . Dann ist  $\angle RSA_1$  der Phasenunterschied der Ströme.

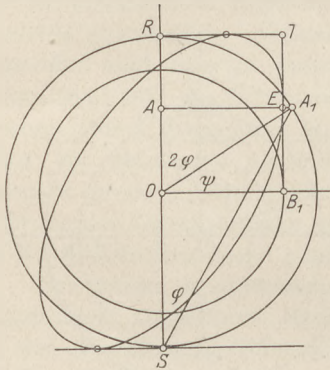


Fig. 4.

Es werde bemerkt, daß sowohl die Rechnung als auch die geometrische Konstruktion zwar gute Werte, aber keine auf den Grad genaue Bestimmung des Phasenunterschiedes ergeben. Der Grund liegt zum größten Teil darin, daß der Mittelpunkt der Ellipse wegen der überwiegenden Anziehung der Federn durch die Elektromagnete sich nicht mit der Ruhelage des Lichtflecks deckt, daß daher die Ellipse auf der einen Seite etwas zu stark gewölbt, auf der anderen etwas zu flach erscheint. Der Fehler ist aber sehr gering, besonders bei kleinen Stromstärken, und spielt gar keine Rolle, wenn bedacht wird, daß die gekreuzten Frequenzschreiber kein Meßinstrument, sondern einen Demonstrationsapparat vorstellen sollen.

Haben die beiden Ströme keinen Phasenunterschied, ist also  $\varphi = 0$ , so geht Gleichung 1) über in die Gleichung

$$\frac{\xi^2}{p^2} - \frac{2\xi\eta}{pq} + \frac{\eta^2}{q^2} = 0,$$

d. h. es wird

$$\frac{\xi}{p} = \frac{\eta}{q}.$$

Bei Strömen ohne Phasenunterschied entsteht also auf dem Schirme eine schief liegende Strecke, die Diagonale eines Rechtecks, dessen Seiten  $p$  und  $q$  sind. Die Neigung gegen die  $\xi$ -Achse vermittelt die Gleichung

$$\eta = \frac{q}{p} \cdot \xi,$$

die

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{q}{p}$$



ergibt, was mit dem aus der Gleichung 2) für  $\varphi = 0$  gefolgerten Werte für  $\operatorname{tg} \alpha$  übereinstimmt.

Ist im besondern wieder  $p = q$ , so ist  $\alpha = 45^\circ$ . Bei gleichen Strömen ohne Phasenunterschied entsteht demnach auf dem Schirme die Diagonale eines Quadrates, dessen Seite gleich der doppelten Amplitude des nur durch einen Schreiber zum Schwingen gebrachten Lichtflecks ist.

Für die Ausführung der Versuche bedient man sich in Ermangelung der genügenden Zahl von regelbaren induktionsfreien Widerständen zweckmäßigerweise eines ohne große Mühe herzustellenden Widerstandskastens, dessen Schema Fig. 5 enthält. Eine Seitenwand bildet den nach unten aufklappbaren Deckel des Kastens. Auf dem Boden sind im Inneren 9 Metallfadenlampen (125 Volt,  $\frac{1}{3}$  Amp.) angeordnet, jedesmal drei parallel geschaltet und die Tripel wieder parallel schaltbar. Die Klemmen der Lampen sind mit Klemmen und Kontakten auf der Außenseite der oberen Fläche des Kastens verbunden. In der Abbildung bedeuten die kleinen Kreise Klemmen, die starken Punkte Kontakte, die schwachen Punkte Drehpunkte von 9 Hebeln für die Einschaltung der Lampen, von 3 Hebeln für den Stromanschluß und von 4 Hebeln für die Stromverteilung; dagegen bedeuten die kleinen Kreuze die Lampen und die punktierten Linien die Drahtführung im Inneren des Kastens. Ein solcher Widerstand läßt sich für alle Stromarten verwenden; man erreicht damit bei Gleichstrom von 110 Volt eine Stromstärke bis zu 2,6 Amp., bei Wechselstrom von

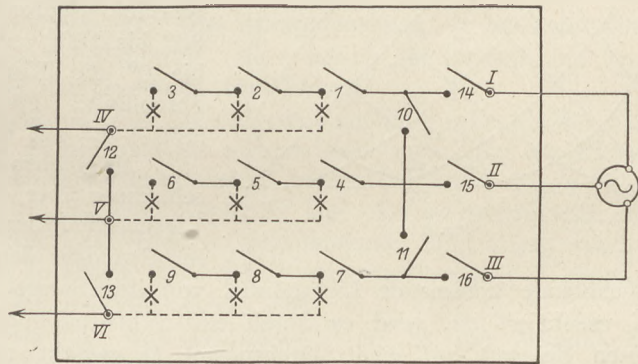


Fig. 5.

125 Volt eine Stromstärke bis zu 3 Amp. und bei Drehstrom von 125 Volt Phasenspannung eine Stromstärke bis zu 1 Amp. in jeder Leitung.

Für die Versuche ist die erste Leitung des Drehstromes an die Klemme I, die zweite (mit  $120^\circ$  Phasennacheilung) an die Klemme II und die dritte an die Klemme III gelegt.

1. Versuch. Gleichphasige Ströme. Man verbinde die Klemme IV (Fig. 5) mit einer Klemme des senkrechten Schreibers und die andere Klemme des Schreibers mit der Erde. Ebenso bringe man den wagerechten Schreiber in die Leitung von V zur Erde. Man schließe Hebel 14 und 10, dann 1: auf dem Schirme zeigt sich ein kurzer senkrechter Lichtstreifen. Man schließe 2, dann 3: der Streifen wird länger. Man schließe 4, 5, 6: die Neigung des Streifens gegen die Wagerechte vermindert sich bis zu  $45^\circ$ . Man öffne 3, 2, 1: die Neigung vermindert sich weiter bis zu  $0^\circ$ . Man öffne 6, 5, 4: der wagerechte Streifen verkürzt sich und schrumpft zu dem ursprünglichen Lichtfleck zusammen.

2. Versuch. Drehstrom. (Um Irrtümer zu vermeiden, wird angenommen, daß bei Beginn eines Versuches sämtliche Hebel offen sind.) Die Schreiber werden beim 1. Versuch eingeschaltet und die Hebel 14, 15, 16 und 13 geschlossen. Man schließe 1, 2, 3: senkrechter Streifen.

a) Man schließe 4, 5, 6: Ellipse, deren zweite (große) Achse mit der Wagerechten einen Winkel von  $135^\circ$  bildet, gemessen wie in der analytischen Geometrie üblich.

b) Man öffne 4, 5, 6 und schließe 7, 8, 9: eine ebensolche Ellipse.

Es ist aber bekannt, daß die Nacheilung des zweiten Stromes gegen den ersten  $120^\circ$  beträgt, die des dritten Stromes gegen den ersten  $240^\circ$ . Um diesen wesent-

lichen Unterschied an den im geometrischen Sinne kongruenten Ellipsen zu zeigen, werde folgende Betrachtung unter Benutzung der Fig. 6 angestellt.

Setzt der Strom, der die wagerechte Feder bedient, erst ein, wenn der Strom des senkrechten Schreibers den Lichtfleck bereits nach *A* geführt hat, so hat die wagerechte Feder gegen die senkrechte eine Phasennacheilung von  $30^\circ$ , der erste Strom also gegen den zweiten eine Nacheilung von  $15^\circ$ . Von *A* ab beschreibt der Lichtfleck die Ellipse, an der 15 steht, in der Richtung des Pfeils. Bei  $30^\circ$  Nacheilung des ersten Stromes beschreibt der Lichtfleck die Ellipse 30, bei  $45^\circ$  den Kreis 45, bei  $60^\circ$  die Ellipse 60 usw., bei  $90^\circ$  die Strecke 90, bei  $105^\circ$  die Ellipse 105 usw. Man sieht, daß bei einer Phasennacheilung von  $0^\circ$  bis  $90^\circ$  des durch die wagerechte Feder fließenden Stromes gegen den durch die senkrechte Feder fließenden der Lichtfleck die Kurven im Uhrzeigersinn beschreibt, während er bei einer Nacheilung von  $90^\circ$  bis  $180^\circ$ , oder bei einer Voreilung von  $90^\circ$  bis  $0^\circ$  die Kurven gegen den Uhrzeigersinn durchläuft. Für den Phasenunterschied von  $(180 + \alpha)^\circ$  gilt die Kurve für  $\alpha^\circ$ .

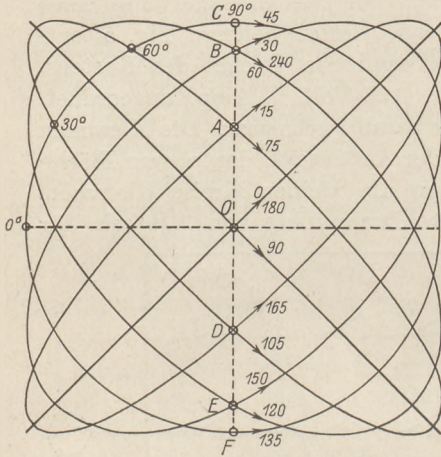


Fig. 6.

Mit diesen Überlegungen läßt sich die Entscheidung über die Versuche *a* und *b* durch eine Versuchsanordnung herbeiführen, wie sie Fig. 7 im Grundriß darstellt. Nachdem das aus der Lochblende kommende Lichtbündel von den Spiegeln der beiden Schreiber  $S_1$  und  $S_2$  reflektiert ist, wird es durch ein rechtwinklig gleichschenkliges Prisma *P* (oder einen Spiegel) auf einen Drehspiegel *D* gelenkt und von diesem auf den Projektionsschirm *W* geworfen. Das Prisma ist eingeschaltet, um das bisherige Bild in unveränderter Richtung zu behalten. Dreht man nun den Drehspiegel im Uhrzeigersinn, so artet beim Versuch *a* die Ellipse zu einer Kurve aus, wie sie in Fig. 8a gezeichnet ist. Sie enthält den Hauptbogen des geschriebenen *v*, entsteht folglich durch die Bewegung des Lichtflecks gegen den Uhrzeigersinn. Die Messung und Rechnung ergibt einen Phasenunterschied von  $60^\circ$ . Der Strom durch den waga-

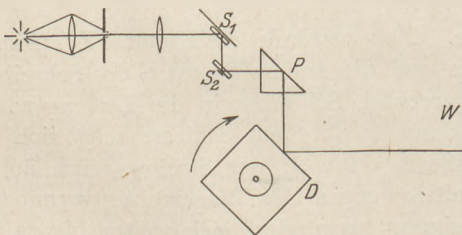


Fig. 7.

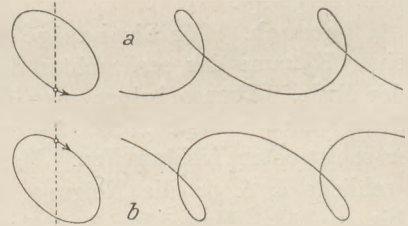


Fig. 8.

rechten Schreiber zeigt also gegen den andern eine Voreilung von  $60^\circ$ , d. h. ein Zurückbleiben von  $120^\circ$ . Der Fall des Zurückbleibens um  $(360 - 60)^\circ = (180 + 120)^\circ$  ist ausgeschlossen, da es sich um Drehstrom handelt. Beim Versuch *b* artet die Ellipse in einen Kurvenzug (Fig. 8b) aus, der den Hauptbogen des geschriebenen *n* enthält, folglich durch Bewegung des Lichtflecks im Uhrzeigersinn entsteht. Der Strom zeigt also ein Nacheilen um  $(180 + 60)^\circ = 240^\circ$ , weil ein Zurückbleiben um  $60^\circ$  unmöglich ist, da die in Betracht kommenden Ströme Glieder des Drehstromes sind.

Der Unterschied der beiden Ellipsen läßt sich auch ohne Prisma und Drehspiegel durch den Versuch 3b klarlegen. Schaltet man in den Strom II oder III

des 2. Versuches eine Selbstinduktion, so muß der Phasenunterschied gegen den Strom I wachsen. Bei Versuch 2a muß also die Ellipse anschwellen (vgl. Fig. 6), bei Versuch 2b dagegen schmaler werden.

3. Versuch. Kapazität und Selbstinduktion. In die von der Klemme IV (Fig. 5) zur Erde führenden Leitung ist der senkrechte Schreiber geschaltet; in die von der Klemme V durch den wagerechten Schreiber führenden Leitung können hintereinander eine Kapazität und eine regelbare Selbstinduktion (oder eine Selbstinduktion und eine regelbare Kapazität) eingeschaltet werden. Man schließe 14, 10; 1, 2, 3, 4, 5 und 6.

a) Enthält der zweite Stromkreis weder Kapazität noch Selbstinduktion, so erscheint auf dem Schirme ein Lichtstreifen, der  $45^{\circ}$  gegen die Horizontale geneigt ist (1. Versuch).

b) Enthält der zweite Stromkreis nur die Kapazität, so erscheint eine Ellipse, deren große Achse erste Achse ist. Sie zeigt mittels des Drehspiegels, daß der Strom (durch den wagerechten Schreiber) der Spannung (die sich mit dem Strom durch den senkrechten Schreiber in gleicher Phase befindet) vorausgeht.

c) Enthält der zweite Stromkreis nur eine Selbstinduktion, so erscheint eine Ellipse in derselben Lage wie bei der Kapazität. Aber mittels des Drehspiegels wird festgestellt, daß der Strom hinter der Spannung zurückbleibt.

d) Enthält der zweite Stromkreis zunächst nur die Kapazität, und schaltet man dann eine allmählich wachsende Selbstinduktion ein, so sieht man, daß die Ellipse sich verschmälert, zu einer Strecke wird und schließlich wieder anschwillt. Das wesentliche Ergebnis dieses Versuches ist, daß eine Kapazität und eine Selbstinduktion, die hintereinander in demselben Stromkreise liegen, so gegeneinander abgestimmt werden können, daß sie sich gegenseitig aufheben, d. h. daß Strom und Spannung in gleicher Phase bleiben, oder daß der Leistungsfaktor gleich 1 ist.

4. Versuch. Spannung, Strom und Induktion. a) An die Klemme IV schließt man wieder den senkrechten Schreiber. In die von der Klemme V zur Erde gehenden Leitung bringt man die Primärspule eines Transformators, die Klemmen der Sekundärspule verbindet man mit den Klemmen des wagerechten Schreibers. Als Transformator eignet sich für den vorliegenden Zweck eine Doppelspule mit Eisenkern, deren Spulen gleichzeitig gewickelt sind, so daß die Windungen der Spulen paarweise nebeneinander liegen; bei einem Eisenkern von etwa 3 cm Dicke genügen zur Wickelung der Spulen schon zwei umspinnene Drähte von je 50 m Länge. Man schließe die Hebel 14, 10, 11, 13; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (die letzten nach Bedarf). Die erscheinende Ellipse wird gegen den Uhrzeigersinn beschrieben und beweist dadurch und, weil ihre zweite Achse ziemlich kurz ist, ein Zurückbleiben des Induktionsstromes hinter der Spannung des Primärstromes um nicht viel weniger als  $180^{\circ}$ .

b) Man leitet den Primärstrom durch den senkrechten, den Induktionsstrom durch den wagerechten Schreiber. Stellung der Hebel wie bei a, aber ohne 1, 2 und 3. Die auftretende Ellipse hat die Eigenschaften der vorigen. Es kann aber durch Vergleich der beiden Ellipsen festgestellt werden, daß der Induktionsstrom hinter dem Primärstrom nicht ganz soviel zurückbleibt wie hinter der Spannung des Primärstromes. Das sieht man klar im folgenden Versuch.

c) Durch den senkrechten Schreiber leitet man wieder den von der Klemme IV zur Erde abgeleiteten Strom, wie bei a, und durch den wagerechten den Primärstrom, während man die Klemmen der Sekundärspule durch eine Klingelspule verbindet. Stellung der Hebel wie bei a. Man erhält eine schmale Ellipse, die im Uhrzeigersinn beschrieben wird (Versuch 3c), woraus folgt, daß der Primärstrom seiner Spannung sehr wenig nacheilt.

5. Versuch. Eine ganz eigenartige Erscheinung tritt auf, wenn man zur Anstellung der Versuche 4 ein Induktionsspulenpaar verwendet. (Vom Verfasser wurde

ein Paar benutzt, dessen äußere Spule, die als Primärspule diente, 1317 Windungen, dessen innere Spule, von der der Induktionsstrom abgenommen wurde, 397 Windungen enthält.) Benutzt man das Spulenpaar ohne Eisenkern, so entstehen Ellipsen wie die beschriebenen; nur sind sie äußerst schmal. Bringt man dann langsam den Eisenkern hinein, so verschmälern bei den Versuchen a und b die Ellipsen sich zunächst bis zu einer Strecke, um sich hernach wieder zu verbreitern, zeigen nun aber, daß sie im Uhrzeigersinn durchlaufen werden. In beiden Fällen beträgt also die Phasenverschiebung zuerst nicht ganz  $180^\circ$ , steigt aber nach den Angaben der Schreiber durch Hineinschieben des Kerns in die Spulen auf über  $180^\circ$ . Die Ellipse des Versuchs c bewahrt in beiden Fällen denselben Charakter.

### Kleine Mitteilungen.

#### Schülerübung über das offene und das geschlossene Manometer.

Von M. Wagner in Bamberg.

Die Vergleichung des offenen Manometers mit dem geschlossenen und im Anschluß daran die Bestätigung des Mariotteschen Gesetzes kann in einfacher Weise als Schülerübung auf folgende Art durchgeführt werden:

An einem Holzgestell von 50 cm Höhe und 10 cm Breite wird links ein offenes, rechts ein geschlossenes Manometer befestigt, wie aus Fig. 1 leicht zu ersehen ist. Beide Manometer sind aus ziemlich kräftigen Glasröhren von höchstens 5 mm äußerem Durchmesser gebogen; das offene hat etwa die Schenkellängen 45 cm und 40 cm, das geschlossene 30 cm und 40 cm. Der längere Schenkel des offenen Manometers wird zu einer dünnen aber offenen Spitze umgebogen, der längere Schenkel des zweiten Manometers ist mit möglichster Vermeidung einer Kuppe zugeschmolzen. Außerdem ist ein Verbindungsstück (Fig. 2) vom gleichen Röhrendurchmesser nötig, das an zwei Enden B und C wieder in kurze offene Spitzen ausgezogen ist. Die Spitzen sollen nur das Durchziehen der Luft verzögern und ein etwaiges plötzliches Eindringen von Quecksilber in das Verbindungsstück verhindern. Beide Manometer werden auf dem Holzgestell so befestigt, daß die Schenkel senkrecht stehen. Hinter die Glasröhren schiebt man genügend lange Streifen von Millimeterpapier als Maßstäbe. Die Teilung der letzteren läuft beim offenen Manometer zweckmäßig von unten nach oben (etwa 0 bis 40 cm), beim geschlossenen aber von oben nach unten so, daß am zugeschmolzenen Ende genau 0 steht. Das geschlossene Manometer ist schon vor der Aufstellung ein für allemal mit Quecksilber so zu füllen, daß eine Luftsäule von etwa 30 cm Höhe abgeschlossen ist und das Quecksilber beiderseits ungefähr gleich hoch steht. Die Einfüllung des Quecksilbers ist etwas mühsam, kann aber durch starkes Anwärmen des Glases vor dem Eintauchen der Öffnung in das Quecksilber bedeutend erleichtert werden und wird überhaupt nur einmal bei der Herstellung des Apparates vorgenommen. Eine Entleerung dieses Manometers findet nie mehr statt. Gegen das Auftreten von Quecksilberdämpfen bei der Aufbewahrung von mehreren Apparaten schützt man sich da-

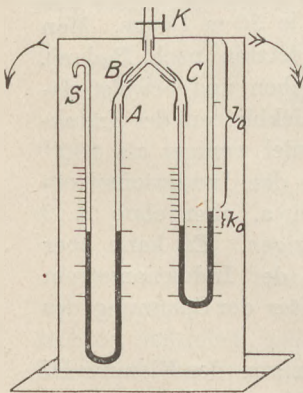


Fig. 1.

durch, daß man über das offene Röhrende ein Stück Gummischlauch stülpt und letzteren mit einer Klemme verschließt. — Das offene Manometer fühlt man bequem erst nach seiner Aufstellung, indem man an den kürzeren Schenkel ein Stück Gummischlauch ansetzt und hier einen kleinen Trichter einführt, durch welchen soviel Quecksilber zugegossen wird, bis beiderseits etwa eine Höhe von 20 cm sich

einstellt. (Duch diesen Schlauch kann die Flüssigkeit auch leicht wieder entleert werden, wenn man den Apparat um  $90^\circ$  umlegt.) Man verbindet noch die zwei zugespitzten Enden *B* und *C* des Verbindungsrohres (Fig. 2) durch gutanschließende Gummischlauchstücke mit den inneren Enden beider Manometer, setzt an das freie Stück der Verbindungsrohre abermals ein Stück Gummischlauch, das mit einer Schlauchklemme luftdicht verschlossen werden kann, — und der Apparat ist fertig zum Gebrauch. Selbstverständlich muß an den Stellen, wo die Schläuche an die Manometer anschließen, vom Holzgestell etwas abgenommen werden, damit die Manometer glatt auf dem Brett und auf den Papiermaßstäben aufliegen.

Zu Beginn der Versuche wird zunächst der Barometerstand *b* (cm) abgelesen und, falls im geschlossenen Manometer das Quecksilber beiderseits nicht genau gleich hoch steht, der Druck der eingeschlossenen Luftsäule durch die entsprechende kleine Korrektur  $+k_0$  festgestellt. Dann neigt man das Holzgestell langsam und vorsichtig um etwa  $90^\circ$  nach links (Fig. 1, erster Pfeil!), bis das Quecksilber im offenen Manometer sich der Spitze *S* nähert. Jetzt schließt man mit der Klemme schnell und fest das Schlauchende *K* und stellt den Apparat wieder aufrecht. Nach Eintritt des Gleichgewichtes hat man im offenen Manometer von links nach rechts einen Höhenunterschied von  $h_1$  (cm) Quecksilber, im geschlossenen aber von rechts nach links einen solchen von der Größe  $k_1$ , dazu eine abgeschlossene Luftsäule von der Länge  $l_1$ , welche unter dem Drucke  $b + h_1 - k_1$  steht (Fig. 3). Durch kurzes und vorsichtiges Lockern der Schlauchklemme bei *K* kann man leicht den Druck der eingeschlossenen Luft noch zweimal ändern, ehe er wieder auf die ursprüngliche Höhe zurückgeht. So erhält man zwei neue Luftsäulen  $l_2$  und  $l_3$  mit den zugehörigen Drucken  $b + h_2 - k_2$  und  $b + h_3 - k_3$ . Sollte das leise Öffnen der Klemme mißglücken, so legt man neuerdings das Gestell nach links um einen passenden Winkel um und verfährt wie das erstmal. — Schließlich nimmt man die Klemme wieder ab, neigt den Apparat langsam und vorsichtig nach rechts (Fig. 1, zweiter Pfeil), bis das Quecksilber im offenen Manometer nahezu das Schlauchende *A* erreicht, schließt wieder bei *K* mit der Klemme und stellt den Apparat aufrecht. Nach Eintritt des Gleichgewichtes hat man im offenen Manometer von rechts nach links einen Druckunterschied  $h_1$ , im geschlossenen aber von links nach rechts einen solchen von der Höhe  $k_1$ , dazu eine abgeschlossene Luftsäule von der Länge  $l_1$ , die unter dem Drucke  $b - h_1 + k_1$  steht (Fig. 4). Zwei weitere Einstellungen dieser Art ergeben sich wieder durch vorsichtiges Lockern der Klemme bei *K* oder durch erneutes Umlegen des Gestelles nach rechts um einen passenden Winkel.

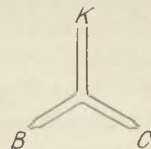


Fig. 2.

Zur genauen Ablesung der Quecksilberhöhen empfiehlt es sich, zwischen den zwei parallelen Schenkeln eines jeden Manometers ein Holzklötzchen von entsprechender Breite hin- und herzuschieben. Auf demselben befestigt man ein wagrechtes Plättchen Kupferblech so, daß es unmittelbar vor den Glasröhren steht. Blickt man mit einem Auge so auf die Quecksilberkuppe, daß auf ihr der Blechstreifen wie eine aufliegende Gerade erscheint, so liest man am Maßstab dahinter die Höhe ohne Parallaxe ab. — Die nun folgende Reihe von Ablesungen wurde an einem selbstgefertigten Apparat mit freiem Auge ohne Hilfe der zuletzt beschriebenen Vorrichtung ausgeführt und gibt trotzdem recht befriedigende Zahlenwerte.  $b = 74,2$  cm.

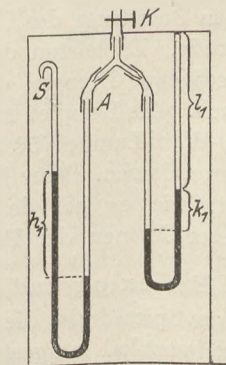


Fig. 3.

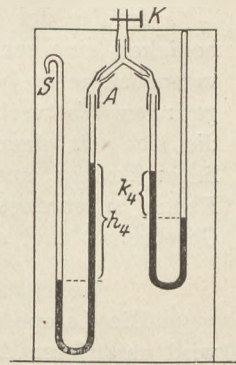


Fig. 4.

$h_0 = 0$	$k_0 = 0,7 \text{ cm}$	$l_0 = 30 \text{ cm}$	$b - k_0 = 73,5$	2205
$h_1 = 9,1 \text{ cm}$	$k_1 = 4,7$	$l_1 = 28,1$	$b + h_1 - k_1 = 78,6$	2209
$h_2 = 7,2$	$k_2 = 3,9$	$l_2 = 28,5$	$b + h_2 - k_2 = 77,5$	2209
$h_3 = 4,0$	$k_3 = 2,6$	$l_3 = 29,2$	$b + h_3 - k_3 = 75,6$	2207
$h_4 = 11,7$	$k_4 = 4,9$	$l_4 = 32,7$	$b - h_4 + k_4 = 67,4$	2204
$h_5 = 7,8$	$k_5 = 3$	$l_5 = 31,8$	$b - h_5 + k_5 = 69,4$	2206
$h_6 = 3,8$	$k_6 = 1,1$	$l_6 = 30,9$	$b - h_6 + k_6 = 74,5$	2209

In der letzten Spalte findet man die Produkte aus Druck und Volumen der eingeschlossenen Luftmenge für jeden der 7 Fälle, woraus sich mit genügender Genauigkeit das Gesetz von Mariotte

$$p \cdot v = \text{konst.}$$

ergibt.

Die Manometer und besonders die Verbindungsstücke bestellt man am besten nach genauen Angaben von irgend einem Glasbläser<sup>1)</sup>, das Holzgestell kann von jedem Schreiner angefertigt werden. Die Schülerübung ist leicht in einer Stunde durchzuführen, zumal wenn die Ausrechnung der Produkte dem häuslichen Fleiße überlassen wird. Besorgt der Lehrer die Einfüllung und Entleerung des offenen Manometers selbst, so kommen die Schüler mit dem Quecksilber gar nicht in Berührung. Nur das Umlegen des Gestelles muß langsam und vorsichtig gemacht werden, damit kein Quecksilber durch eine der Spitzen *S* oder *B* ausläuft. Im geschlossenen Manometer trennt sich auch bei einer Umlegung um  $90^\circ$  kein Quecksilber ab.

### Die Halbwattlampe beim optischen Versuch.

Von Prof. **Herm. Koch** S. J. in Feldkirch (Vorarlberg).

Optische Versuche lassen sich um so leichter vorführen, je einfacher die verwendete Lichtquelle ist. Entspricht die Leistung einer kleinen Lichtquelle dem Zwecke des Unterrichtes, so wird man sie in den meisten Fällen einer großen vorziehen. Prof. E. Grimsehl hat im XX. Bande dieser Zeitschrift, S. 209ff., gezeigt, was sich mit einer Bogenlampe von nur 1,5 Amp. Stromverbrauch in dieser Beziehung erreichen läßt.

In der Einfachheit der Bedienung wird nun die Bogenlampe wieder von der Glühlampe übertroffen. Kein Wunder, daß in den sog. Halbwattlampen mit Stickstofffüllung und gesteigerter Stromausnutzung den Bogenlampen ein scharfer Gegner erwachsen ist. Neben den für Dauerbeleuchtung bestimmten Lampen werden andere für Projektionszwecke bis zu 4000 K. Lichtstärke bei einem Gewicht von kaum 700 g hergestellt.

Infolge der hohen Belastung des Glühdrahtes ist die Lichtintensität oder Flächenhelligkeit eine sehr große. Es leisten darum diese Lampen auch bei optischen Schulversuchen recht befriedigende Dienste, und zwar genügen durchweg Lampen mit sehr geringem Wattverbrauch. Als Beispiel sollen kurz einige Versuche angedeutet werden, die sich mit einer 40-Watt-Lampe (50 bis 60 K.), der kleinsten der bisher gebräuchlichen Formen, ausführen lassen. Man hat darauf zu achten, daß der Faden in einer Ebene angeordnet ist, wie es bei den 50- und 100-kerzigen Lampen der Auer-Gesellschaft und anderer Firmen der Fall ist.

#### 1. Reflexion und Brechung des Lichtes.

Die Lampe, deren Spiraldraht die Form eines halben Polygonumfanges besitzt, wird mit ihrer Achse vertikal aufgestellt. Die Ebene des Glühdrahtes ist dann

<sup>1)</sup> Rudolf Pressler, Cursdorf i. Thür.

horizontal. Die Lampe wird mit einem Abblendrohr aus Blech oder Pappe umgeben, das am besten mit der Fassung fest verbunden wird. An der einen Seite wird in Drahthöhe ein engeres Seitenrohr angebracht. Man läßt das Licht durch zwei ebenfalls horizontal angeordnete Spalte hindurchtreten und dann auf die optische Scheibe fallen. Der erste, nicht zu enge Spalt kann ziemlich nahe an der Lampe in dem Seitenrohr angebracht werden; der zweite, engere befindet sich in einer Entfernung von etwa 20 cm von dem ersten dicht neben der optischen Scheibe. Das Lichtbündel ist genügend parallel, mithin sichtbar und gestattet, die bekannten Versuche über Zurückwerfung und Brechung des Lichtes in bequemer Weise anzustellen. Das Lichtbündel erscheint scharf abgegrenzt, da der Faden für den in Betracht kommenden Strahl als eine nahezu punktförmige Lichtquelle angesehen werden kann.

Wünscht man das Licht noch kräftiger zu haben, so bringt man statt des ersten Spaltes in dem seitlichen Ansatzrohr eine kleine Linse von geringer Brennweite an. Der mittlere Teil des Fadens kommt dabei in den Brennpunkt. Das austretende Licht ist jetzt in einer durch die Lampen- und Linsenmitte gehenden Vertikalebene parallel und wird so auf den Spalt an der optischen Scheibe gerichtet.

Um die Erscheinung der Totalreflexion im großen zu zeigen, wird eine mit fluorescierendem Wasser gefüllte Glaswanne erhöht so aufgestellt, daß die vordere Bodenhälfte frei bleibt. Wegen der vollkommenen Beweglichkeit der Lampe kann man das austretende Bündel parallelen Lichtes in jede gewünschte Nähe und Lage zur Wasseroberfläche bringen. Zuerst läßt man es von oben her auffallen. Dabei ist es von Vorteil, einen bis zum Wasserspiegel reichenden hellen Schirm aus Papier oder Metall anzubringen und das Licht streifend darauf fallen zu lassen bis zum Übergange in das Wasser. Bei Anwendung von Salmiaknebeln kann der Schirm fortfallen. Die Brechung ist im ganzen Unterrichtszimmer sichtbar. Man geht dann mit der Lampe abwärts, um das Licht durch die Seitenwand schräg von unten gegen den Wasserspiegel fallen zu lassen, wobei es vollkommen reflektiert wird. Endlich bringt man die Lampe unter den Boden der Wanne. Ist der Grenzwinkel überschritten, so sieht man einen Teil des Lichtes oben austreten, während der Rest nach unten zurückgeworfen wird.

## 2. Linsenversuche.

Außer der leichten Beweglichkeit kommt hier die Punktförmigkeit der Lichtquelle sehr zustatten. Neben den Versuchen an der optischen Scheibe ist noch der folgende zu empfehlen: Man nimmt ein langes, mit weißer Farbe matt gestrichenes Brett und stellt es mit der Längsseite auf den Experimentiertisch. Dicht daneben wird quer zum Brett eine größere Linse so angebracht, daß ihre Mitte mit der vorderen Brettfläche zusammenfällt. Vor die Linse kommt ein nicht zu enges Raster aus schwarzem Papier. Die Lampe wird ohne parallel machende Linse benutzt und seitlich aus großer Entfernung näher und näher herangeschoben. Dabei schiebt man von Zeit zu Zeit die Linse zurück, um den Gang der Strahlen ohne und mit Brechung zu zeigen.

## 3. Die Farbenzerstreuung.

Beim Entwerfen des Spektrums benutzt man die Lampe am besten mit waagrecht liegender Achse; die Fadenebene steht dann vertikal. Es wird in das Seitenrohr eine kleine Linse eingeschoben, um paralleles Licht zu erhalten, und der vertikal stehende Spalt möglichst nahe vor die Linse gebracht. Jetzt läßt sich der Spalt mit einer entsprechenden zweiten Linse leicht und scharf projizieren. Das so erhaltene Spaltbild wird durch ein Prisma in der üblichen Weise abgelenkt.

Ein anderes Verfahren ist in der Ausführung einfacher, gestattet allerdings kein so gutes Abblenden des Lichtes. Der Faden hat trotz seiner spiralartigen Form einen sehr geringen Durchmesser. Somit kann sein Bild das Spaltbild einfach ersetzen.

Es genügt daher, den Faden selbst durch eine der Größe des Prismas entsprechende Linse zu projizieren und das Fadenbild abzulenken. Dabei kommt die parallel machende Linse in Wegfall. Das Spektrum erscheint bei diesem zweiten Verfahren infolge der Fadenform leicht von Längslinien durchzogen. Nur nebenbei sei daran erinnert, daß bei streifend auffallendem Lichte das Spektrum weit auseinander gezogen erscheint und leichter auf große Entfernung sichtbar wird.

#### 4. Die Umkehrung der Natriumlinie.

Auch für diesen Versuch wurde absichtlich eine 40-Watt-Lampe gewählt, um zu sehen, wie weit man mit kleinen, aber intensiven Lichtquellen kommen kann. Die Stellung der Lampe ist dieselbe wie in 3. Auch hier kann ohne und mit Spalt gearbeitet werden.

Im ersten Falle entwirft man mit einer großen Linse von geringer Brennweite (Kondensorlinse) ein reelles Fadenbild und von diesem das durch das Prisma abzulenkende Bild. Die mit Na-Dampf gefärbte Flamme eines Meker-Brenners bringt man an die Stelle des ersten Fadenbildes, so daß das ganze Lichtbündel durch den glühenden Na-Dampf hindurchgeht. Bei dieser Anordnung entsteht auf dem Schirm das Bild des gelben Flammenkegels. Von diesem hebt sich das Fadenbild als dünne, dunkle Linie an der entsprechenden Stelle des Spektrums deutlich ab. Wünscht man nicht den ganzen Flammenkegel im Spektrum, so stellt man nahe am Brenner zwischen diesem und der zweiten Linse einen Abblendschirm mit entsprechender rechteckiger Öffnung für den Durchgang des Strahlenbündels auf.

Im zweiten Falle, wo mit Spalt gearbeitet wird, lenkt man das parallel gemachte Licht der Lampe auf diesen und verfährt im übrigen wie beim Entwerfen des Spektrums. Der Brenner wird dicht vor den Spalt gestellt und mit einem Abblendrohr umgeben, wie es Grimsehl an der oben genannten Stelle beschreibt. Verbrennt man reines Natrium, so kann man die Linie so breit und kräftig erhalten, daß sie von den Plätzen aus gesehen werden kann. Läßt man die Schüler am Experimentiertisch vorübergehen, so genügt die Färbung mit starker Kochsalzlösung. Man benutzt zweckmäßig Asbestpappe, die mit der Salzlösung getränkt ist und in verschiedenen Formen zur Anwendung kommt. Weinhold empfiehlt eine Pappe mit runder Öffnung zur Aufnahme des Flammenkegels. Grimsehl beschreibt im Jahrgang 26 dieser Zeitschrift S. 79 ein eigenes Verfahren mit Teclubrenner, schnittförmigem Brenneraufsatz und langen Asbeststreifen. Im allgemeinen dürfte auch hier der Mekerbrenner wegen seines ruhigen Flammenkegels und der hohen Temperatur gerade am Grunde desselben den Vorzug verdienen.

Bei dem ganzen Versuche sind bekanntlich folgende Punkte von Wichtigkeit: Genügend kräftiges Natriumlicht, richtiger Abstand des Schirmes, der durch Nähern und Entfernen am schnellsten ermittelt wird, endlich beim gewöhnlichen Prisma genaue Einstellung auf die D-Linie, die durch Drehen des Prismas gefunden wird. Dies letztere entfällt beim geradsichtigen Spektroskop. Wirft man in der von F. Emich angegebenen Weise das Fadenbild auf den Spalt eines Spektroskopes, so sieht man die dunkle Doppellinie. Dabei ist es gut, die Lampe um  $90^\circ$  zu drehen, so daß der Faden in seiner Polygonform projiziert wird. Man läßt dann nur das gerade vertikal stehende Fadenstück durch den Spalt gelangen.

Zum Schlusse sei bemerkt, daß die Lampe auch zur Projektion von Wasserwellen, ferner zu Versuchen über die Beugung des Lichtes, seine Polarisation und die bei der Doppelbrechung auftretenden Farben mit Erfolg benutzt wurde. Für allseitigen Gebrauch empfiehlt es sich, die Lampe in einem Gehäuse mit quadratischem Querschnitt so anzuordnen, daß die Fadenebene ohne weiteres aus der horizontalen Lage in die vertikale gebracht werden kann. Für genügende Lüftung ist im Interesse der Lebensdauer der Lampe zu sorgen, da wegen der Wärmeleitung durch den



Stickstoff die Erwärmung eine stärkere ist als bei luftleerer Birne. Es wäre sehr zu begrüßen, wenn für Unterrichtszwecke kleine Halbwattlampen mit geradlinig angeordnetem Spiraldraht von 15 bis 20 oder 30 mm Länge in den Handel kämen. Allerdings müßte der Faden genügend gestützt sein, damit ein Durchhängen bei horizontaler Lage vermieden würde.

### Die Monochordsaite als Stromleiter.

Von Prof. P. Schoenhals in Naumburg (Saale).

Den Erörterungen über das Verhalten eines beweglichen Stromleiters im Magnetfelde kann man einen lehrreichen und fesselnden Abschluß geben durch Versuche mit dem Saitengalvanometer, dem Oscillographen und der Braunschen Röhre.

Die Schüler erhalten dabei nebenher einen Einblick in wichtige Anwendungsgebiete dieser drei wesensverwandten Instrumente, die dem Physiker, dem Elektrotechniker und dem Physiologen den Verlauf von Wechselströmen aufzeichnen. — Die Braunsche Röhre sollte in keiner physikalischen Sammlung fehlen; einen einfachen Oscillographen, den ich in unserer eigenen Werkstatt herstellen ließ, benutze ich seit einigen Jahren; seine Beschreibung unterlasse ich hier, da eine Möglichkeit für den Bau einer ganzen Reihe von Schwingungsschreibern in dieser Zeitschrift (Jg. 28, S. 11, 250) von F. Fricke bis ins einzelne angegeben worden ist.

Das Saitengalvanometer, so wie es in den Werkstätten von Edelmann hergestellt wird, dürfte schwerlich in Schulen zu finden sein. Und doch muß man wünschen, dieses Instrument wenigstens im Modell vorführen zu können. Denn es bringt den unsern drei Vorrichtungen gemeinsamen Grundgedanken in der einfachsten Form zum Ausdruck, — ist es doch nichts weiter, als eine Verfeinerung des zwischen den Polen eines Hufeisenmagneten herabhängenden Stromleiters, der beim Einschalten aus dem Feld herausfliegt. Nur ist dieser zu schwer und steif, um kleinen Stromstärken nachzugeben, und zu träge, um raschen Wechseln folgen zu können. Das führt zu dem Einthovenschen Gedanken des versilberten Quarzfadens, der das wesentlich Neue und den entscheidenden Teil am Saitengalvanometer bildet.

Einen solchen äußerst leichten und rascher erzwungener Schwingungen fähigen Leiter sehen die Schüler auch im dünnen hochgestimmten Draht des Oscillographen annähernd verwirklicht und im Kathodenstrahlenbündel der Braunschen Röhre weit überboten. Was sie aber in allen drei Fällen nicht sehen, sondern nur mittelbar wahrnehmen können, das sind die Schwingungen selbst. Will man diese augenfällig machen, so muß man einen hinreichend langen gespannten Draht mit den Wechseln, denen er folgen soll, in Resonanz bringen. Dazu muß er sich leicht stimmen lassen. Und so lag es nahe, die Saite eines Monochords mit Wechselstrom zu beschicken, über ihre Mitte einen Hufeisenmagneten zu stellen und so mit Mitteln, die ohne weiteres zur Hand sind, ein ins Grobe übersetztes Saitengalvanometer zu schaffen. Freilich muß Wechselstrom zur Verfügung stehen. Kann man ihn einem Umformer mit Schleifringen für mehrere Phasen entnehmen, so lassen sich einige weitere Versuche ausführen, ähnlich denen, die sich unter Benutzung gekreuzter Felder vollkommener bei der Braunschen Röhre ergeben.

Man ersetze zunächst die eine Stahlsaite des Monochords durch eine Saite aus Messing oder besser aus Bronze (Telephonleitungsdraht). Er soll etwa 0,8 mm Durchmesser haben. Dickerer Draht läßt sich mit Hilfe eines Zieheisens leicht auf die gewünschte Stärke ausziehen. — Um den Strom bequem an die toten Teile der Saite heranzuführen zu können, feilt man sich zwei gewöhnliche Verbindungsklemmen zu nebenstehender Form zurecht (Fig. 1).

Besteht der Steg aus Metall, so trenne man ihn von der nicht benutzten Saite durch ein untergelegtes Stückchen Pappe. Die Versuche gestalten sich nun folgendermaßen.

1. Um das Saitengalvanometer darzustellen, setzt man einen Hufeisenelektromagneten, z. B. den Weinholdschen, den man mit Gleichstrom von 5—10 Amp. erregt, quer über die Mitte der Saite. Man läßt diese zunächst ganz schlaff und führt ihr so einphasigen Wechselstrom zu, den man auf 5—8 Amp. regelt. Die Saite schwingt jetzt nur wenig. Stimmt man sie nun auf die Schwingungszahl des Wechselstroms (meine Maschine hat 48 Perioden in der Sekunde), so beginnt sie unter lautem Dröhnen Schwingungen von mehreren Zentimetern Weite zu machen. Nur muß man den Stimmschlüssel recht vorsichtig und langsam handhaben, hier und noch mehr bei den weiterhin beschriebenen Versuchen. Denn die schnelle Bewegung hat eine starke Kühlung der Saite zur Folge. Ihre Spannung erhöht sich daher erheblich, sobald die Resonanz erreicht ist, und man muß, will man diese innehalten, den Stimmtift sofort behutsam zurückdrehen. Bei scharfer Beobachtung der Schwingungsweite mit dem Auge und zugleich der Tonhöhe mit dem Ohr gelingt das nach kurzer Übung, und man kann dann die Bewegung der Saite leicht so weit steigern, daß sie prasselnd gegen den Resonanzboden schlägt.



Fig. 1.

2. Wenn man die Saite, während sie in Bewegung ist, quer zur Schwingungsrichtung zupft, so macht sie vorübergehend elliptische oder kreisförmige Schwingungen. Durch passendes Zupfen kann man auch verwickeltere Lissajousche Figuren hervorrufen. Alle diese Formen werden besonders deutlich sichtbar, wenn man ein etwa 1 mm langes Stück der Saite blankschabt und diese Stelle mit Sonnenlicht bestrahlt, oder, wie bei dem beigegebenen Photogramm, dort das Bild eines Lichtbogens entwirft.

3. Aus der Anordnung des Saitengalvanometers wird diejenige der Braunschen Röhre, wenn man die Saite mit Gleichstrom und den Magneten mit Wechselstrom beschickt. Die Bewegungen bleiben dabei dieselben wie bisher.

4. Nun setze man die gleichstromführende Saite gleichzeitig der Wirkung zweier annähernd gleichstarker magnetischer Wechselfelder aus, die zu ihr und zueinander senkrecht stehen. Von der Seite und von oben her wird je eine kräftige Stromspule mit Eisendrahtbündel bis auf 2 cm an die Saite herangebracht und fest eingespannt. Jetzt müßte diese, falls die Ströme gleiche oder entgegengesetzte Phase haben, geradlinig unter etwa  $45^\circ$  gegen die Felder schwingen. Dies ist indessen nur sehr unvollkommen zu erreichen; es entstehen mehr oder weniger flache und sich drehende Ellipsen. Die Saite ist durch den Steg eben nur von unten her unterstützt, und man müßte sie in engen Bohrungen oder durch Dreibackenfutter festklemmen, um ein reinlicheres Ergebnis zu erhalten. Auch müßte man die Felder für einen größeren Raum homogen machen. Beides würde jedoch eine ganz neue Anordnung erfordern, deren Mühe sich nicht lohnt.

5. Vortrefflich ist der Erfolg, wenn man die Wechselströme von zwei Paar Schleifringen entnimmt, die bei  $0^\circ$ ,  $180^\circ$  und bei  $90^\circ$ ,  $270^\circ$  vom Anker abgezweigt sind, und so den Feldern einen Phasenunterschied von  $\frac{\pi}{2}$  erteilt. Die Saite gerät dann in völlig beständige kreisförmige Schwingungen, wie sie das beigegebene Photogramm zeigt (Fig. 2).

6. Die angeführten Versuche führen hinüber zu solchen, die in die akustische Behandlung der Saitenschwingungen gehören. Einige Andeutungen darüber mögen genügen.

Man kann die Saite unter Beibehaltung der letzten Anordnung leicht in Teilen schwingen lassen. In Drittel ordnet sie sich meist von selbst, wenn man sie bei eingeschalteten Strömen aus ganz schlaffer Lage sehr langsam heraufstimmt. Aber auch Hälften und Viertel stellen sich ein; nur muß man dazu das Magnetfeld aus der Mitte herausbringen, die ja eine Knotenstelle sein würde. Diese stehenden Wellen

sind weithin sichtbar. Kommt es nur auf die Wellenformen an und nicht auf die elektromagnetischen Verhältnisse, so wird man sich den Strom in der Saite ersparen und die gewöhnliche Stahlsaite als Anker in einem magnetischen Wechselfeld schwingen lassen. Diese macht dann im Zustand der Resonanz doppelt soviel Schwingungen als vorher der Stromleiter und gibt denselben Ton wie der Eisenkern des Elektromagneten, während die stromführende Saite die tiefere Oktave gab.

Die beiden Töne werden auch von musikalischen Ohren, wenn sie nicht geübt sind, leicht verwechselt.

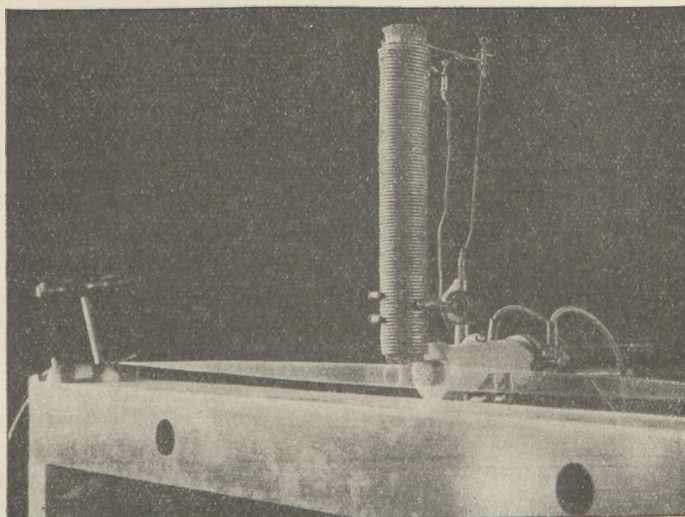


Fig. 2.

### Ein Vorlesungsversuch zum Nachweise, daß die Helligkeit einer elektrischen Glühlampe stärker wächst als die Stromstärke.

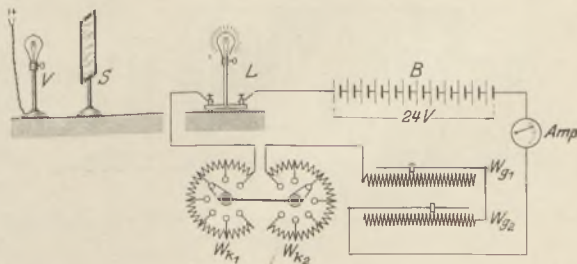
Von **Walter Biegon von Czudnochowski**, Ing. in Berlin.

Man schaltet hintereinander:

- 1 Kurbel-Stufenwiderstand mit groben Stufen und hohem Gesamtwiderstand ( $W_1$ );
- 1 desgl. mit kleinen Stufen und kleinem Gesamtwiderstand ( $W_2$ );
- einen oder mehrere Gleitwiderstände ( $W_g$ );
- $\sim 10$  :  $15$  Akkumulatoren oder Bunsen-Elemente, letztere angesetzt nach dem Schema:  $Zn - (NaCl + H_2O) - (K_2CrO_7 + H_2O) - C$ ;
- eine Glühlampe für  $\sim 20$  Volt.

Die verfügbare Spannung beträgt dann  $\sim 30$  :  $35$  Volt.

Wenn man nun langsam mit Hilfe der zunächst sämtlich voll eingeschalteten Widerstände den Strom anwachsen läßt, und zwar indem man zwecks möglichst gleichförmiger Stromsteigerung erst an dem großen, dann an dem kleinen Stufenwiderstände die Einzelstufen einzeln abschaltet, dann auch nacheinander die Gleitwiderstände, die größeren zuerst, so gelingt es meist, die Lampe mit  $\sim 70$  :  $80\%$  Überspannung zu brennen. Die Helligkeit ist dann ganz außerordentlich, das Licht rein weiß und blendend.



Hat man noch zwei etwas eingübte Helfer, sowie ein einfaches Fettfleckphotometer mit optischer Bank und eine 16-kerzige Glühlampe oder geeignete Petroleumlampe zur Hand, dann kann man durch Verschieben des Schirmes bei gleichbleibendem Abstand der Lichtquellen voneinander unter Mitbenutzung eines Ampèremeters die Kurve für die Helligkeit in Abhängigkeit von der Stromstärke,  $J = \mathfrak{F}(A)$ , ermitteln, aus der eine Bestätigung des Augenscheines folgt.

Der Versuch kann in entsprechender Abänderung auch im Anschluß an eine vorhandene Starkstromleitung ausgeführt werden, und zwar würden bei

110 Volt verfügbarer Spannung Lampen für 50 : 70 Volt  
220 " " " " " " " " 110 : 140 "

zu verwenden sein. Die Widerstände müssen derart bemessen sein, daß sie, sämtlich voll eingeschaltet, die Stromstärke bis zur Erzielung einer im Dunklen eben sichtbaren schwachen Rotglut herabdrücken, und eine solche Stufeneinteilung besitzen, daß die Stromsteigerung einen annähernd parabolischen Verlauf zeigt.

Wenn man an die Lampe noch einen Spannungsmesser anschließt, so kann man die in der Lampe in jedem Falle verbrauchte Energiemenge in Watt messen und aus dieser und dem Fadenwiderstand die freiwerdende Wärmemenge berechnen. Kann man dann noch — aus den Abmessungen — die Masse des Kohlenfadens — annähernd! — bestimmen, so läßt sich schließlich auch ein Einblick in die Gesetze der Abhängigkeit der Helligkeit von der Temperatur gewinnen, da letztere von Masse und spezifischer Wärme des betreffenden Körpers und der im Gleichgewichtszustande in der Zeiteinheit zugeführten Wärmemenge bedingt und somit im vorliegenden Falle bestimmbar ist. Versuche dieser Art dürften sich für praktische Übungen empfehlen, während der vorbeschriebene Vorlesungsversuch mit Rücksicht auf die praktische Bedeutung der betreffenden Gesetzmäßigkeiten einer recht vielseitigen Berücksichtigung wert erscheint.

### Ein einfacher Stromwender für Drehfelderzeugung mit Gleichstrom.

Von Dr. Thomas in Braunschweig.

Der von Weiler in dieser Zeitschrift (V, 189) beschriebene Stromwender für Zweiphasenwechselstrom ist von Ernecke auf die Verhältnisse bei Dreiphasenstrom übertragen und liefert ein Modell, das nicht mehr sehr übersichtlich ist. Später hat Kuhfahl (diese Zeitschr. XI, 163) einen Stromwechsler sehr einfacher Bauart angegeben, der für Zwei- und Dreiphasenstrom durch wenige Handgriffe brauchbar gemacht werden kann. Der im folgenden beschriebene Stromwender greift wieder auf die drehbare Walze zurück und hat dabei alle Vorzüge des Kuhfahlschen Apparates. Er liefert ebenfalls keinen sinusförmigen Verlauf des Drehfeldes, was aber, wie schon Kuhfahl bemerkt, vom didaktischen Standpunkt kein Nachteil ist.

Den Kern des Stromwenders bildet ein 2,5 cm dicker und 7 cm langer Holz-

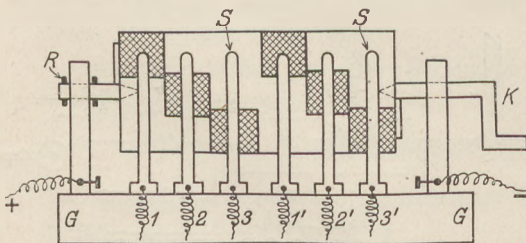


Fig. 1.

zylinder, der um seine Achse drehbar gemacht ist durch je ein Metallstäbchen (3 mm starker Messingdraht) in der Mitte der Grundflächen. Die Stäbchen sind nicht allzu tief eingeschraubt und berühren sich demnach nicht im Innern des Zylinders; das rechte ist am Ende zu einer Kurbel  $K$  (Fig. 1) umgebogen. Das Ganze ruht mit wagrechter Achse auf zwei in 2 cm Höhe seitlich durchbohrten Messingsäulen, die auf ein Grundbrett  $G$  aufgeschraubt sind. Zwei mit der Achse verlötete Ringe  $R$  verhindern bei der Drehung der Kurbel

eine Verschiebung des Zylinders in Richtung seiner Achse. Säulen und Achsenstäbchen dienen zugleich als Zu- und Ableitung des Gleichstroms (+ -).

Auf dem Zylindermantel sind insgesamt vier Lamellenbleche ( $AB, CD, A'B', C'D'$  Fig. 2) durch kleine Schrauben mit flachem Kopf befestigt und gleichmäßig verteilt: genau untereinander und nebeneinander. Auf die Zeichenebene abgerollt, ergibt sich das Bild der Fig. 2.

Die ganze Länge  $AD$  ist gleich dem Umfang  $U$  des Zylinderkreises, die Länge einer Lamelle  $AL$  wenig mehr als  $\frac{1}{6}$  davon (hier 1,4 cm). Von den Punkten  $A$  am einen und  $B'$  am andern Zylinderrand geht eine Stromverbindung zur Achse durch je einen angelöteten Draht, außerdem sind die Lamellenbleche kreuzweise verbunden durch Drähte von  $B$  nach  $C'$  und von  $D$  nach  $A'$ , das in Wirklichkeit beim Aufrollen neben  $D$  liegt. Es ist in der Zeichnung der Übersichtlichkeit halber von links unten nach rechts oben verbunden. Endlich sind auf dem Grundbrett in regelmäßigen Abstand sechs Schleiffedern ( $S, S$ , Fig. 1) angebracht, die die Zu- und Ableitungen zu den Spulen des Drehstrommotors darstellen (1, 2, 3, 1', 2', 3'). 1 1', 2 2', 3 3' stellen je einen Stromkreis dar entsprechend den drei Phasen des Wechselstroms.

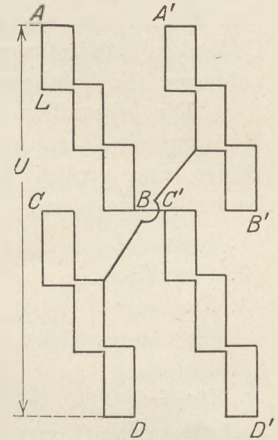


Fig. 2.

Die Wirkungsweise ist nun leicht zu übersehen. Beim Anlegen der Gleichstromspannung in  $+ -$  und Drehen der Walze kommen die Schleiffedern 1 1' zur Berührung mit den Lamellen, nach  $\frac{1}{6}$ -Umdrehung fließt der Strom durch 2 2' und nach weiteren  $60^\circ$  Drehung durch 3 3'. Beim Weiterdrehen, also nach  $\frac{1}{3}$ -Umdrehung, findet wegen der kreuzweisen Verbindung Polwechsel statt und das Spiel beginnt von neuem. Es läßt sich also hier in einfachster Weise schon durch Ablesen aus der Figur das Gesetz der Phasenverschiebung zeigen und die Richtungsänderung des Stromes in jeder Leitung nach  $180^\circ$  Drehung. Da bei der angegebenen Lamellenverbindung erreicht wird, daß jedes Schleiffederpaar noch aufliegt, wenn das folgende Paar anfängt, Stromschluß zu liefern, so kann auch die Resultante beider Stromkreise, das nur um  $30^\circ$  weitergedrehte Feld demonstriert werden, was beim Kuhfahlschen Apparat nicht in so einfacher Weise ersichtlich ist.

Will man mit derselben Vorrichtung das Drehfeld aus Zweiphasenstrom zeigen, so braucht man nur z. B. Schleiffeder 2 mit 3 und entsprechend 2' mit 3' zu verbinden. 1 und 1' sind dann Abnahmestellen für den ersten, 2 und 2' für den zweiten Stromkreis, nur ist das Ganze beim Drehen nicht symmetrisch. Man wird aber für diese Demonstration besser einen zweiten Stromwender zu Hilfe nehmen, der sinngemäß abgeändert und vereinfacht ist.

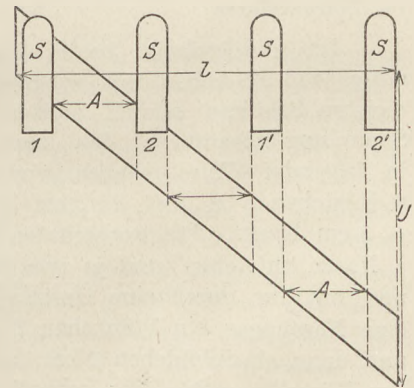


Fig. 3.

Überraschend einfach ist die technische Verbesserung des Modells. Es zeigt sich nämlich, daß man mit zwei Blechstreifen auskommt, die als Schraubenlinien um den Zylindermantel gelegt werden. Die Ganghöhe ist hierbei die Länge des Zylinders. Beide Streifen sind um  $180^\circ$  voneinander entfernt, der eine ist mit dem  $+$  Pol, der andere mit dem  $-$  Pol verbunden.

Die Breite der Streifen und der Schleiffedern läßt sich an folgender Zeichnung ohne weiteres erkennen (Fig. 3).

Zur Vereinfachung ist hier das Modell für Zweiphasenstrom zugrunde gelegt. Nur der eine Streifen ist abgewickelt;  $U$  ist der Umfang,  $l$  die Länge des Zylinders,  $S$  sind die vier Schleiffedern.

**Mineralogische Schülersammlungen.**Von Dr. **Chr. Schwantke** in Berlin-Pankow.

Bereits im Jahre 1894 hat O. Ohmann mit aller Entschiedenheit die Forderung erhoben, den Schülern zum Erwerb kleiner Mineraliensammlungen zu verhelfen: Programm des Humboldt-Gymnasiums Berlin (1894, Progr. Nr. 57); es heißt dort in der Abhandlung II, Ein Plan zur Beschaffung von Mineralien, S. 21: „Es müßte bei der Besprechung der wichtigsten Mineralien jedem Schüler von seiten der Schule ein Stück — wäre es zuweilen auch nur von Kirsch- oder Wallnußgröße — als bleibendes Eigentum ausgeliefert werden.“ Auch ich bin durch den Unterricht auf den Gedanken geführt worden, den Schülern den Erwerb kleiner Mineraliensammlungen anzubieten; die Erfahrungen sind gute, und so möchte ich im folgenden darüber berichten:

Die Mineralien habe ich nach Gewicht von Krantz in Bonn bezogen, diese Bezugsquelle konnte vor dem Krieg als wohlfeil empfohlen werden, jetzt sind die Preise zum großen Teil stark hinaufgesetzt worden. Regelmäßig habe ich folgende Sachen ausgegeben:

1. Schwefel	15. Kupferkies	29. Gem. Hornblende
2. Graphit	16. Arsenkies	30. Asbest
3. Steinsalz (Spaltungsstück)	17. Kalkspat (Spaltungsstück)	31. Gem. Augit
4. Flußspat	18. Marmor	32. Almandin
5. Quarz	19. Kreide	Dann noch einige Gesteine:
6. Chalcedon (Feuerstein)	20. Aragonit	33. Granit
7. Magneteisen	21. Dolomit	34. Gneis
8. Roteisen	22. Phosphorit	35. Quarzporphyr
9. Brauneisen	23. Orthoklas	36. Basalt
10. Pyrolusit	24. Oligoklas	37. Ton
11. Psilomelan	25. Muskovit	38. Tonschiefer
12. Zinkblende	26. Biotit	39. Sandstein
13. Bleiglanz	27. Olivin	40. Kalkstein.
14. Schwefelkies	28. Serpentin	

Im Durchschnitt kostet jede Portion mit Kästchen 5 Pfg. Es ist unbedingt nötig, daß Kästchen mit ausgegeben werden, sonst geraten die Mineralien bei den meisten Schülern schnell in Verlust und fügen sich auch nicht zu einer hübschen Sammlung zusammen. Ich lasse daher Kästchen aus dünnem blauen Aktendeckel in folgender Weise machen (von Schülern): Jede Deckelhälfte von  $36 \times 24$  cm gibt 6 Kästchen von fast  $2\frac{1}{2}$  cm Seitenhöhe und fast quadratischer Grundfläche mit  $\sim 5$  cm Kante. Die vorgeritzten Papierstücke werden so gebogen, daß in den Ecken 4 Nasen entstehen, und je zwei dieser Nasen werden auf eine Schmalseite umgelegt und mit ihr durch eine Heftklammer zusammengeschlagen. Vorher wird unter das eine Nasenpaar ein Stückchen Zeichenpapier gelegt, das so mit festgeschlagen wird und dann als Schildchen 1 cm den Oberrand des Kästchens überragt. Die Herstellung der Kästchen geht sehr schnell, ihre Festigkeit ist durchaus genügend, der Preis (vor dem Krieg)  $\frac{1}{2}$  Pfg. das Stück. Schülern, die Mineralien aus anderen Quellen haben und vorzeigen, schenke ich die nötigen Kästchen dafür<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> *Anm. d. Red.* Der Unterzeichnete befolgt in den Chemischen Schülerübungen seit einer längeren Reihe von Jahren folgendes Verfahren: Es werden dem einzelnen Schüler kleinere Stücke der wichtigsten Mineralien zur experimentellen Bearbeitung bzw. chemischen Untersuchung in die Hand gegeben, die sich allmählich zu einer kleinen Mineraliensammlung — in einem größeren gefächerten Kasten — vervollständigen; diese bleiben Eigentum der Schule, doch werden etliche kleine Stücke interessierten Schülern zur häuslichen Untersuchung auch dauernd überlassen. Die meisten Stücke stammen aus den „Mineralien nach Gewicht“ der obengenannten Firma Krantz in Bonn oder E. Böttcher, Berlin, Brüderstraße 15. O. Ohmann.

Größere Schwierigkeiten macht es, auch für die Krystallographie das Sammelinteresse heranzuziehen. Brauchbare Krystalle sind natürlich für diesen Zweck zu teuer, es kommen nur Modelle in Frage. Ich habe nun viel herumprobiert mit Papiernetzen, mit Würfeln, aus plastischem Material (Ton, Paraffin), aus denen die Schüler die Formen schnitzen sollten; aber die Ergebnisse waren nicht befriedigend. Jetzt habe ich einen Weg, der mir gut scheint. Ich ließ mir Metallformen herstellen und gieße in ihnen Krystallformen aus Gips. Es sind folgende:

- |  |   |
|--|---|
| 1. Würfel (Flußpat ...)                | 13. Quarzform Prisma mit Dihexaeder   |
| 2. Würfel mit Oktaeder (Bleiglanz ...) | 14. Quarzform Prisma mit halbem Dihexaeder, Flächen stark parallelverschoben. |
| 3. Oktaeder (Magnet Eisen ...)         |   |
| 4. Oktaeder mit Würfel (Alaun ...)     | 15. Apatitform  |
| 5. Granatoeder                         | 16. Kalkspatrhomboeder  |
| 6. Zinnsteinform Einzelkrystall        | 17. Form des gemeinen Augits  |
| 7. Zinnstein-Zwilling                  | 18. Form der gemeinen Hornblende  |
| 8. Schwefelform                        | 19. Form des Orthoklas Einzelkrystall   |
| 9. Schwerspatform                      | 20. Form des Orthoklas Zwilling   |
| 10. Aragonitform                       | 21. Form des Plagioklas.  |
| 11. Gipsform Einzelkrystall            |   |
| 12. Gipsform Zwilling                  |   |

Die Einzelherstellung solcher Gußformen ist teuer; vielleicht gelingt es nach dem Krieg zu erreichen, daß eine Firma Gußformen billiger in den Handel bringt.

Die erhaltenen Modelle müssen mit der Feile geglättet werden, dann sind sie gut brauchbar, die Winkeltreue der käuflichen Holzmodelle besitzen sie natürlich nicht. Ich gebe sie den Schülern mit Kästchen für je 2 Pfg. ab.

Oberrealschule zu Berlin-Pankow.

### Für die Praxis.

**Einfaches Modell eines Wechselstromgenerators.** Von Dr. Erich Günther in Dresden. Das Prinzip der Wechselstromerzeugung führe ich im Unterricht in folgender Weise vor: Den ruhenden, wechselstromführenden Stator bildet eine kleine Spule mit einer größeren Zahl von Windungen isolierten Kupferdrahtes. Diese wird mit horizontaler Achse auf einen Holzklötzchen gelegt. Die Spulenden sind mit einem empfindlichen Galvanometer verbunden. Der Rotor wird von einem gewöhnlichen Stabmagneten gebildet, der zur Demonstration der Nord-Südrichtung des magnetischen Meridians mit einem Messinghütchen auf eine Stahlspitze drehbar aufgesetzt werden kann; dieser Magnet wird mit seinem Stativ vor die Spule gestellt derart, daß seine beiden Pole bei der Rotation sehr nahe vor der Spulenöffnung vorüberstreichen. Versetzt man nun den Magneten durch einen leichten Stoß in nicht zu rasche Rotation um seine vertikale Drehachse, so zeigt der Lichtzeiger des Galvanometers nach beiden Seiten abwechselnde Stromstöße an, je nachdem der Nord- oder Südpol vor der Spule vorüberstreicht. Man erhält also einen Wechselstrom, dessen Frequenz, wie der Augenschein lehrt, von der Umdrehungszahl des Rotors abhängt; denn je langsamer der Magnet rotiert, um so langsamer werden auch die Schwankungen des Lichtzeigers. Allerdings braucht man zur Vorführung ein hochempfindliches, aperiodisches Galvanometer von geringer Trägheit. Mit dem von mir verwendeten Drehspulensinstrument von Hartmann und Braun (D. Nr. 591) gelingt der Versuch noch sehr gut mit einer ganz kleinen Magnetonadel als Rotor.

**Vereinfachte Schellbachsche Natriumröhre<sup>1)</sup>.** Von Friedrich C. G. Müller in Brandenburg a. H. Wiederholte Anfragen wegen des Bezugs von Natriumröhren zur Umkehrung der Na-Linien, sowie üble Erfahrungen mit den teuren im Handel befindlichen, veranlaßten mich, ihre Herstellung so zu vereinfachen, daß die Selbstanfertigung jedem Fachmann leicht und schnell gelingen muß. Ein gewöhnliches Probierrohr 2:16 cm wird, wie Figur zeigt, ausgezogen und mit Zuleitungs- und Ableitungsrohr ausgerüstet. Ersteres verbindet man unter Vorschaltung eines Trockenrohrs mit dem Wasserstoffentwickler. Während ein langsamer Gasstrom fließt, werden einige Gramm Natrium im Eisenlöffel geschmolzen und auf eine kalte Eisenplatte gegossen. Sofort schneidet man von dem erstarrten Kuchen zwei oder drei Stäbchen von etwa 2 cm Länge, bringt sie mit der Pinzette nach dem Herausziehen von Stopfen und Zuleitung vorn in das Probierrohr, stößt sie mit dem Zuleitungsrohr durch die Verengung und bringt Stopfen mit Rohr wieder ein. Nachdem der Gasstrom noch eine Weile weiter gelaufen, zieht man das Zuleitungsrohr bis an den Stopfen vor und schmilzt die Verengung zu. Die Natriumstückchen werden durch Rütteln gleichmäßig verteilt und mit einer ganz kleinen Flamme fest geschmolzen.



Wer sich das Ausziehen des Probierrohrs nicht zutraut, kann es so lassen und ebenso verfahren, wie angegeben. Nur werden die Rohre ganz herausgezogen und die Bohrungen mit Glasstopfen verschlossen. Ein solches Rohr bleibt bei Verwendung eines neuen Kautschuckstopfens zwar eine Woche lang gebrauchsfähig, aber nicht auf lange Dauer.

Beim Gebrauch wird die Röhre wagerecht eingespannt und an der Stelle, wo ein Natriumstück liegt, mit einer ganz kleinen Spiritusflamme nur wenig über den Schmelzpunkt des Metalls erhitzt. Vor einer breiten mit Natrium gefärbten Bunsenflamme scheint dann von dem Metall eine dunkle Dampfsäule aufzusteigen, die beim Aufhören des Erhitzens in sich zusammensinkt, um sofort beim Unterbringen des Flämmchens wieder zu erscheinen. Man nimmt den Versuch bei unverdunkeltem Zimmer vor, damit das Rohr klar erscheint, wenn die gelbe Flamme dahinter fortgenommen wird. Wenn letztere außer Na auch Li oder Tl enthält, wird die Dampfsäule rot oder grün erscheinen.

Sehr bequem und gut gelingt mit unserer Röhre auch die Umkehr der Na-Linie, sei es im Spektralapparat oder auf dem Projektionsschirm. Selbstverständlich muß der Spalt horizontal in der Mittelebene der Röhre liegen. Ein Bunsenscher Spektralapparat wird also liegend in einen Retortenhalter gespannt. Da das Hervorrufen und Verschwindenlassen der schwarzen Linie nur 20 Sekunden erfordert, kostet es nicht zuviel Zeit, wenn die Schüler einzeln an den Apparat kommen.

Die Zylinderform hat sich bei den Umkehrversuchen weit zweckmäßiger erwiesen als die frühere Kugel, weil sie keine Verzerrung des den Spalt durchsetzenden Strahlenbündels bewirkt.

Mit jedem Natriumstück können an die hundert Versuche ausgeführt werden, bevor die betreffende Stelle des Rohres durch Beschlagbildung blind geworden.

Anhangsweise sei noch mitgeteilt, daß ich auch Röhren mit Li und K hergestellt und versucht habe; leider ohne den erwarteten Erfolg. Lithium gibt auch bei starkem Erhitzen keinen wirksamen Dampf. Kalium verdampft zwar leicht, aber seine Spektrallinie liegt schon im dunklen Rot. Weder Sonnenlicht noch das Licht der künstlichen Lichtquellen geben ein Spektrum, dessen rotes Ende bis dahin reicht, wo die K-Linie entsteht. Interessant ist, daß Kalium bei etwas stärkerem Erhitzen die dunkle Na-Linie deutlich hervorbringt. Ob diese einer Verunreinigung des Metalls entspringt oder der Glaswand, muß unentschieden bleiben.

<sup>1)</sup> Man vergleiche diese Zeitschr. II, 82; VIII, 95; XX, 31.



## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

**Zwei Vorlesungsversuche zur Spektralanalyse.** Von F. EMICH in Graz. (*Physikal. Zeitschrift* 1916, S. 454).

1. Zur Sichtbarmachung der Protuberanzen. Bringt man eine Sodaperle an recht dünnem Platindraht in den (vorderen) Rand einer Kerzenflamme oder einer kleinen leuchtenden Gasflamme, so wird die Gelbfärbung durch das Natrium aus mäßiger Entfernung kaum oder nicht mehr wahrgenommen. Betrachtet man eine solche Flamme aber mittels eines Prismas, so hebt sich die Natriumfärbung mehr oder weniger kräftig von der (weniger hellen) Spektralumgebung ab. Wichtig ist, daß sich die Perle an der richtigen Stelle befinde, die man durch Probieren zu suchen hat. Ein Flintglasprisma von  $60^\circ$  genügt, besser aber ist ein Prismensatz z. B. aus einem Browningschen Taschenspektroskop oder ein geradsichtiges Prisma. Die Flamme befindet sich am Experimentiertisch, das Prisma läßt man unter der Hörerschaft herumgehen. Natürlich kann auch eine fixe Aufstellung gemacht und dabei ein Fernrohr zugeschaltet werden. Das normale Auge gewinnt aber dabei nicht viel. Stellt man zwei Prismen auf, so kann die Wirkung der größeren Dispersion anschaulich gemacht werden, indem man einmal durch das eine Prisma und dann durch beide Prismen blicken läßt, die z. B. so gelagert sind, daß das eine das andere (in lotrechter Richtung) zur Hälfte überdeckt.

Am lehrreichsten und bequemsten ist wohl ein (Ivessches) Gitter; man übersieht dabei mit einem Blick die Wirkung der verschiedenen Dispersion in den Spektren verschiedener Ordnung.

Eine weitere Abänderung besteht darin, daß man einen Leuchtgasstrom in bekannter Weise, d. h. dadurch mit Kochsalzstäubchen schwängert, daß man ihn durch den Gasraum einer Waschflasche leitet, die Zink, Kochsalz und stark verdünnte Schwefelsäure enthält. Das aus einer Spitze lotrecht ausströmende Gas soll eine 2 bis 3 dm hohe Flamme bilden; sie zeigt das Phänomen gleichfalls sehr hübsch.

2. Glüherscheinungen an stark absorbierenden Gasen. Das bekannte Glühen, das z. B. Brom- und Joddampf bei Rotglut zeigen, kann in gefahrloser Weise mittels Röhren aus durchsichtigem Quarzglas<sup>1)</sup> vorgeführt werden. Die Röhren haben etwa 3 mm äußeren Durchmesser,  $\frac{1}{2}$  mm Wandstärke und

3 cm Länge. Sie sind mit einigen Zentigrammen Jod bzw. Brom beschickt. Die Herstellung geschieht in der Weise, daß man das Röhren *AB* von etwa 12 cm Länge an der Stelle *C* im Knallgasgebläse zusammenfallen läßt, dann das

A C B

Halogen in den Teil *BC* einfüllt, die Luft durch Erhitzen vertreibt und schließlich bei *B* (das man schon vorher zu einer Spitze ausgezogen) und bei *A* zuschmilzt. *AC* dient als Stiel zum Anfassen, *BC* ist das eigentliche Versuchsröhren. Beim Versuch wird es unter leichter Bewegung mit der (vorsichtshalber mit einem starken Lederhandschuh geschützten) Hand in eine Spiritus- oder Bunsenflamme gehalten, die man zwischen zwei starken Glasscheiben brennen läßt. Die eine ist gegen die Zuhörer, die andere gegen den Vortragenden aufgestellt. Obwohl die Röhren das Erhitzen bis zum Gelbglühen vertragen und obwohl eine Explosion unter den angegebenen Maßnahmen keinen Schaden anrichtet, kann man vorsichtshalber eventuell nur bis zu kräftigem Rotglühen des Inhalts erhitzen. Man versäume nicht, vorher oder später auch einen Teil des Rohres zwischen *A* und *C* zu erhitzen, damit der Zuhörer wahrnimmt, daß das Quarzglas allein bei der fraglichen Temperatur nicht nennenswert Licht aussendet. Auch sei daran erinnert, daß Quarzgefäße vor dem Erhitzen gut gereinigt werden sollen, da sie z. B. infolge des Anfassens mit dem Finger Bestandteile aufnehmen, die für sich ein, wenn auch schwaches, Glühphänomen erzeugen können.

P.

**Versuche mit dem elektrischen Schmelzofen.** Obgleich eine größere Anzahl der Versuche, die man mit dem elektrischen Schmelzofen anzustellen pflegt, sich auch mit einfacheren Mitteln ausführen läßt, so ist doch ein fertig montierter Ofen, wie er für den Unterricht zuerst von R. Lüpke konstruiert wurde und von verschiedenen Firmen (Leppin u. Masche, Dr. Rob. Muencke u. a.) zu beziehen ist, sehr nützlich. Ein nach diesem Prinzip von R. FISCHER in Oberhausen (Rhld.) hergestellter Ofen mit Graphittiegel und Kohlenstabelektrode, dem noch im „Muster 1916“ ein Eisentiegel nebst Eisenstab beigegeben wird, bringt die Firma F. Hegershoff, Leipzig, in den Handel. Der Eisentiegel gewährt auch noch den Vorteil der Erhitzung von außen. Er wird zu diesem

<sup>1)</sup> Bezugsquelle W. C. Heraeus, Hanau.  
U. XXX.

Zwecke in eine durchlochte Kohlenplatte *Kp* (Fig. 1) gesetzt, die mit Isolierung *J* auf dem Eisenring *R* des Stativs ruht. — Der Vollständigkeit halber fügen wir hinzu, daß behufs Darstellung von Ammoniakamalgam aus Quecksilber und Ammoniaksulfatlösung noch ein weiterer Eisentiegel aus dünnem Eisenblech beigegeben ist (zu welchem Versuch die einfachere „Elektrolytische Zelle für Gewinnung der Alkali-amalgame“ von Fr. C. G. MÜLLER, diese Ztschr. 28, S. 148 bzw. 149 zu vergleichen ist), möchten aber doch wünschen, daß dadurch nicht der ebenso einfache wie instruktive Versuch der Amalgamgewinnung aus dem leicht herzustellenden Natriumamalgam und Salmiaklösung verdrängt würde. — Wir folgen bei den aufzuzählenden Versuchen dem Aufsatz von R. FISCHER<sup>1)</sup>. Da

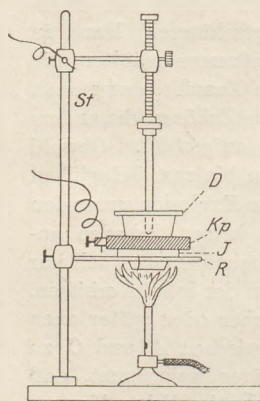


Fig. 1.

wo es nur auf die Ausnützung der Lichtbogenwärme ankommt, kann auch Wechselstrom verwendet werden, und es genügt jeder Strom, der überhaupt einen Lichtbogen erzeugt. Je größer die Leistung, desto schneller natürlich der Erfolg; bei geringerer elektrischer Leistung muß eben die Erhitzung von außen her die fehlende Energie teilweise ersetzen. In der gewöhnlichen Bogenlampe hat bei Gleichstrom der Lichtbogen z. B. bei 3 A und 49 V die Länge von 1 mm, bei 10 A und 45 V 3 mm, bei 16, 25, 40 A und 47, 50, 52 V bzw. eine Länge von 4, 5 und 6 mm. Hinsichtlich des Stromanschlusses bei Gleichstrom fragt es sich, ob die Hitze des Lichtbogens oder die Polarität des Stromes (Elektrolyse) gebraucht wird. Im ersteren Fall wird man die Stabelektrode wohl immer positiv machen, um nicht den Tiegel zu sehr abzunutzen (Abnutzung der Kohlen in der Bogenlampe positiv : negativ = 5 : 2). Bei allen Versuchen ist zu bedenken, daß die Wirkung verschieden ist, je nachdem man den zu bearbeitenden Stoff als Widerstand oder als Leiter benutzt. Z. B. kann man oft erstarrende Schmelze, die man elektrolytisch bearbeitet, durch Höherstellen der Stabelektrode und Erzeugung des Lichtbogens wieder schnell zum Schmelzen bringen. Bei Gleichstrom, der

<sup>1)</sup> Der elektrische Schmelzofen in der Experimentalchemie. „Aus der Natur“, 12. Jahrg., 1916, S. 475/481.

durch Umformer aus Wechselstrom erzeugt wird, ist es zur Erzielung eines regelmäßigen Stromes ratsam, einen besonderen Widerstand einzuschalten.

In den folgenden Versuchen bedeutet: *A* Kohlenstabelektrode und Graphittiegel auf Kohlenplatte am Boden, *B* Eisenstabelektrode und Eisentiegel in erhöhter durchbohrter Platte (Fig. 1), *C* Eisenstab und Eisentiegel auf Kohlenplatte am Boden.

1. Wassergas durch Lichtbogen unter Wasser (*A*). Der Tiegel wird zu etwa  $\frac{2}{3}$  mit Wasser gefüllt und der Lichtbogen durch Eintauchen der Stabelektrode bis zum Boden hergestellt. Wegen des Abreißen des Bogens muß häufig mit Stellschraube reguliert werden. Das Wassergas erscheint in Blasen, die beim Anzünden schwach verpuffen, man kann es auch in einem mit Wasser gefüllten Probierglase auffangen [bei dieser Form des Versuches erscheint wegen der Giftigkeit des CO Vorsicht dringend für den Experimentierenden geboten; Versuch nur kurze Zeit wahren lassen; nicht in der Nähe atmen].

2. Schwefeldioxyd aus Gips (*A* oder *C*). Ein Gemisch von 3 T. Gips und 1 T. Sand dem Lichtbogen aussetzen unter Zusatz von etwas trockenem Kochsalz. Es bilden sich sofort starke Dämpfe von  $\text{SO}_2$ , die man durch ein Ton- oder Porzellanrohr *t* (Fig. 2) nebst Gaswaschflasche und Ansauger anhängen kann. Im Waschwasser lassen sich reichlich Mengen  $\text{H}_2\text{SO}_3$  und Spuren von  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $\text{BaCl}_2$ ) nachweisen. Bei Anwendung eines Trockenrohres (statt der Waschflasche) und des üblichen Kondensations-U-Rohres, das in einfacher Kältemischung steht, kann die Verflüssigung des Gases gezeigt werden. Der Verfasser weist mit Recht auf die zeitgemäße Bedeutung des Verfahrens hin, das uns von dem Bezug der Sulfide unabhängig macht.

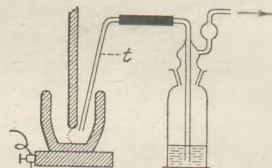


Fig. 2.

3. Luftsalpetersäure (*A* oder *C*). Anordnung der Apparateile wie beim vorigen Versuch. Das Wasser der Waschflasche ist durch Lackmus blau zu färben; es wird schnell rot gefärbt, die Gase riechen nach  $\text{NO}_2$  und Ozon. Die Salpetersäure wird am besten mit Diphenylamin und Schwefelsäure nachgewiesen. Der Versuch ist einfacher und ergiebiger als die ähnlichen Versuche mit dem Funkeninduktor. [Über die Vorteile von Messingelektroden zwecks Gewinnung von Luftsalpetersäure vgl. F. KETTEL, diese Zeitschr. 28, S. 261.]

4. Calciumkarbid (*A, B* oder *C*). Die aus gebranntem Kalk und Kokspulver erhaltene Schmelze mit Pulverrest in Porzellanschale schütten und Trichter mit Spitze aufsetzen. Wasser hinzusetzen und erst entzünden, wenn das Acetylen aus der Spitze entweicht.

5. Leblanc-Sodaprozeß (*A, B* oder *C*). Die aus trockenem  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CaCO}_3$  und Koks erhaltene Schmelze mit kaltem Wasser auslaugen (heißes Wasser bildet lösliches  $\text{Ca}(\text{SH})_2$ ) und in dem Filtrat Soda nachweisen.

6. Karborund (*A*). Ein Gemisch von 1 T. Kokspulver und 5 T. Sand wird durch etwas trocknes Kochsalzpulver leitend gemacht und dem Lichtbogen ausgesetzt. Je nach der Stärke desselben bildete sich eine schwarze, sehr harte Schmelze oder gar kleine schwarze Kristalle (CSi).

7. Zinkoxyd aus Zinkblende (*A* oder *C* mit aufgelegtem Deckel). Zinkblende (z. B. Harzer Blende) wird zerkleinert in den Tiegel gebracht und dem Lichtbogen ausgesetzt. Es bilden sich an der Tiegelwand und am Deckel schnell und reichlich große Flocken von ZnO (Geruch nach  $\text{SO}_2$ ). Ebenso läßt sich z. B. Grauspießglanz ( $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ) mit je nach der Güte des Erzes mehr oder weniger gutem Erfolge verwenden (Veranschaulichung des Röstprozesses).

Die folgenden 4 Versuche betreffen Metallreduktionen (es wird dabei auf W. BORGHERS Metallurgie 1912, IX., S. 261 und Elektrische Öfen, Halle 1907 verwiesen). Hierbei wird das oxydische Erz mit der nötigen Menge Koks vermisch. Wenigstens beim Eisen und Mangan ist noch ein Schlacke bildender Zuschlag (z. B. Ton und Kalk bzw. Ton oder Kalk, falls das Erz schon Kalk oder Ton enthält). Der Lichtbogen wird einfach eingeschaltet und das betreffende Gemisch nach und nach in den Tiegel geschüttet. Auch hier läßt sich zuweilen der noch von unten her zu erhitzende Eisentiegel verwenden. Die Schmelze wird nach dem Erkalten gebrochen und angefeilt oder angeschliffen, um die Metallfläche zu erzeugen.

8. Kupfer (*A, B* oder *C*). Malachit, Rotkupfer- oder ein anderes oxydisches Kupfererz wird mit der berechneten Menge Kokspulver gemischt und mit Zuschlag versehen. Nach Erzeugung des Lichtbogens bilden sich bald rotglühende Metallspritzer und die erkaltete Masse zeigt sehr schöne z. T. verhältnismäßig große Kupferklumpen.

9. Mangan aus Braunstein (*A*). Braunsteinpulver wird mit etwa  $\frac{1}{4}$  Kokspulver und mit Zuschlag versetzt. Es bilden sich sehr bald

sternförmige Spritzer, die immer zahlreicher werden. Der erkaltete herausgenommene Tiegelinhalt zeigt in einer grünen Schmelze mehr oder weniger große Kugeln des spröden und äußerst harten Metalls.

10. Eisen (*A*). Wie bei Versuch 9 wird das Eisen aus den häufigeren oxydischen Erzen, z. B. Magneteisenerz, gewonnen, unter Erscheinen der charakteristischen Spritzer. Beim Anschleifen der Schlackenstücke sieht man die Eisenkerne.

11. Chromeisen aus Chromeisenstein (*A, B* oder *C*). Das zerstoßene Mineral wird wie in Versuch 9 u. 10 behandelt, worauf man sehr hartes Chromeisen erhält.

Die letzten 3 Versuche betreffen Elektrolysen der Schmelze.

12. Natrium und Kalium (*B*). a) Durch Erhitzen des Eisentiegels, der mit einigen Stangen NaOH beschickt wurde, wird Schmelze hergestellt, die man durch Abkühlen bis zur teigigen Masse erstarren läßt. Die negative Stabelektrode nur wenig in die Masse eintauchen und Strom von 1 bis 2 A hindurchsenden. Nach einigen Minuten finden sich an der Kathode und auf der Schmelze oft größere Natriumteilchen. Sind solche nicht sichtbar, so übergieße man die erkaltete Schmelze, worauf sich die Natriumstückchen herauslösen und nach der Oberfläche streben. — b) Ein Versuch mit Kalium ist weniger erfolgreich [und es ist Vorsicht geboten]. Bei gleichem Verfahren wie bei a) zeigen sich beim Übergießen der erkalteten Schmelze nur gelegentlich die das Kalium kennzeichnenden Erscheinungen. Wendet man größere Stromstärken an, so greift die flüssige Schmelze den Eisentiegel an (Bildung von  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und  $\text{H}_2$ ) und es entstehen heftige Explosionen, die vielleicht auf Bildung des explosiven COK (C aus dem gußeisernen Tiegel) zurückzuführen sind.

13. Blei aus Chlorblei (*B* oder *C*). Im überdeckten Eisentiegel wird Bleichlorid (am besten unter dem Abzug) geschmolzen und der positive Eisenstab in die Schmelze gesenkt. In der erkalteten Schmelze bzw. am Tiegel findet sich das Blei in größeren Stücken.

14. Magnesium (*A*). Natürlicher Karnallit oder eine Mischung von 40 T. kristallisiertem  $\text{MgCl}_2$ , 15 T. KCl und 6 T. AmCl wird im Graphittiegel über der Flamme eingeschmolzen und nun mit positivem Kohlenstab elektrolysiert. Nach halbstündiger Einwirkung eines kräftigen Stromes von etwa 10 A kann man das Metall in kleinen bis erbsengroßen Kügelchen aus der Schmelze auslesen. Die Kügelchen lassen sich durch Flußspatschmelze leicht vereinigen.

O.

2. Forschungen und Ergebnisse.

**Die mechanischen Grundlagen der Ballistik.** In der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure (1916, Nr. 31 bis 36) hat H. LORENZ, Professor an der technischen Hochschule zu Danzig, eine ausführliche Darstellung der „mechanischen Grundlagen der Lehre vom Schuß“ gegeben. Der Verfasser unterscheidet innere und

äußere Ballistik, erstere auf die Vorgänge im Rohr, letztere auf die Bewegung durch die Luft und auf die Wirkung am Ziel bezüglich.

Für den Pulverdruck im Rohr werden die folgenden beiden Zusammenstellungen gegeben, die sich auf das Infanteriegewehr (I) und auf die Feldkanone (II) beziehen.

Es betragen	I	II
die Seelenlänge $s_0$ . . . . .	0,8 m	2 m
das Geschößgewicht $G$ . . . . .	0,01 kg	6,5 kg
die Mündungsgeschwindigkeit $v_0$ . . .	900 m/sec	600 m/sec
die Wucht $B = \frac{1}{2} m v_0^2$ . . . . .	413 mkg	119 300 mkg
die mittlere Triebkraft $P_m = B/s_0$ . .	516 kg	59 700 kg
und bei dem Kaliber . . . . .	0,79 cm	7,5 cm
also Querschnitt . . . . .	0,49 cm <sup>2</sup>	44,2 cm <sup>2</sup>
im Mitteldruck $p$ . . . . .	1053 km/cm <sup>2</sup>	1350 kg/cm <sup>2</sup>
mittlere Laufzeit $t_m = 2 \frac{s_0}{v_0}$ . . . . .	$\frac{2}{1125}$ sec	$\frac{1}{150}$ sec
mittlere Leistung $N = \frac{m v^2}{2 t_m \cdot 75}$ . . . . .	3100 PS	238 600 PS

Der Druckverlauf im Rohr ist dabei nicht derart, daß er mit der Fortbewegung des Geschosses abnimmt, der Druck erreicht vielmehr, wegen der nicht momentanen Entwicklung der Explosionsgase und der Erwärmung, erst während der Bewegung den Höchstwert von 2500 bis 3500 kg/cm<sup>2</sup> bei einer Temperatur von 2000 bis 3000°. Mit dem Geschöß wird überdies auch das Treibmittel beschleunigt, und die Pulvergase entführen mit einem Druck von mehreren 100 Atmosphären einen nicht unerheblichen Teil der Energie, der nicht zur Ausnutzung kommt. Die Erhöhung der Mündungsgeschwindigkeit kann bei gleichem Treibmittel durch Vergrößerung der Ladung und des Laderaumes, aber nur bei gleichzeitiger Verlängerung des Rohres erreicht werden.

Die Wärmeausnutzung kommt übrigens ungefähr der einer guten Gasmaschine gleich. Der Mündungswucht von 413 mkg beim Infanteriegewehr entspricht der Wärmewert von 0,967 kcal, also 35% der auf 2,762 geschätzten Gesamtwärmetönung des Explosionsvorgangs; zur Erhitzung des Rohrlaufs werden 0,62 kcal = 22,5% aufgewendet; die im gezogenen Rohr hervorgebrachte Drehung erreicht an der Mündung die Umdrehungszahl 3700 in der Sekunde und erfordert eine Rotationsenergie von etwa 0,043 kcal, während der Energieverlust durch Reibung sich der unmittelbaren Messung entzieht.

Zur Messung des Druckes an verschiedenen Stellen des Rohrlaufs bedient man sich kleiner Kupferzylinder, die man in seitliche Bohrungen des Geschößrohres einsetzt und aus deren Kompression man auf den Höchstdruck an der be-

treffenden Stelle schließen kann. Aus dem Druckdiagramm kann man mit Hilfe der Energiegleichung die Geschwindigkeit  $v$  an jeder Stelle des Rohrs ermitteln und erhält eine parabelähnliche Kurve. (In Fig. 1 ist  $A B' C'$  die Druckkurve,  $A' E F$  die Geschwindigkeitskurve). —

Die Rückwirkung des Schusses auf die starre Schußvorrichtung läßt sich einer einfachen Berechnung unterziehen: Wird ein Geschöß von  $G_0 = 16$  kg aus einem Geschöß von  $G = 2200$  kg Gewicht mit  $s_3 = 3$  m Seelenlänge

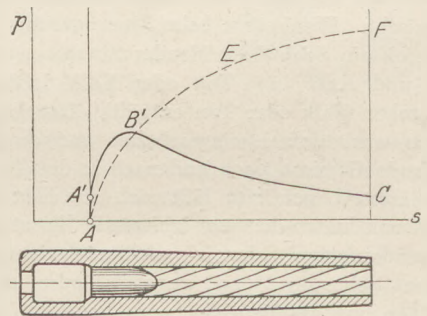


Fig. 1.

und der Mündungsgeschwindigkeit  $v_0 = 600$  m/sec unter der Erhebung  $\alpha = 30^\circ$  abgeschleudert, so verschiebt sich das durch keinen Sporn festgehaltene Geschöß um  $-1,8$  cm und nimmt auf diesem Wege die Horizontalgeschwindigkeit  $u_0 = -4,17$  m/sec rückwärts an; mit dieser Geschwindigkeit würde es rückwärts weiterlaufen, wenn kein Widerstand, z. B. die Bodenreibung oder der Sporn entgegenwirkte. Bei geringerer Neigung kann die Resultierende von Geschöß-

gewicht und Rückstoß durch den Sporn oder oberhalb des Sporns verlaufen und es kann ein „Bocken“ des Geschützes eintreten, in einer geringen Hebung des Geschützzschwerpunkts bestehend, der beim Wiederhinabfallen unerwünschte Materialbeanspruchungen und Störungen der Einstellung folgen.

Die Standfestigkeit des Geschützes ist nur bei Steilfeuer hinreichend gesichert; beim Flachschuß ist ein „Bocken“ unvermeidlich; es lag daher nahe, dem Rohr allein einen Rücklauf mit gleichzeitiger Schwerpunktserhebung auf einer geneigten Ebene zu gewähren, ein Gedanke, der in den Rahmenlafetten verwirklicht ist. Indessen würde bei ungehindertem Gleiten die Weglänge zu groß werden, man hat deshalb sogenannte Bremszylinder (Fig. 2) angeschlossen,

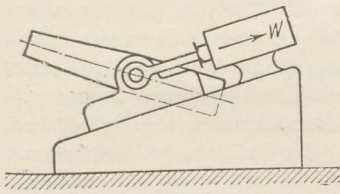


Fig. 2.

deren Kolben durch enge Kanäle den Flüssigkeitsinhalt von der einen nach der andern Seite hinüberdrängen; die der Flüssigkeit dabei erteilte erhebliche Geschwindigkeit wird durch Reibung in Wärme umgewandelt. Ist das Rohr nach Zurücklegung eines zulässigen Auslaufweges zur Ruhe gekommen, so wird es durch sein Gewicht wieder zurückgezogen, wobei gleichfalls Bewegungswiderstände im Bremszylinder zu überwinden sind. Eine andere Art der Bremsung wird bei den „Geschwindlafetten“ dadurch bewirkt, daß das Rohr an zwei Schwingen zwangläufig angebracht ist und mit diesen rückwärts schwingt, zugleich aber ein Gewicht hebt, das danach den Rückgang in die alte Stellung bewirkt. Bei beiden Bremsungen wird der Rückstoß von der Lafette aufgenommen, deren Widerstandsfähigkeit bei größerem Erhebungswinkel und schwererem Kaliber dadurch ernstlich gefährdet wird. Vollkommener sind die von K. Haußner 1896 erfundenen Wiegelafetten. Die „Wiege“ (Fig. 3) besteht aus

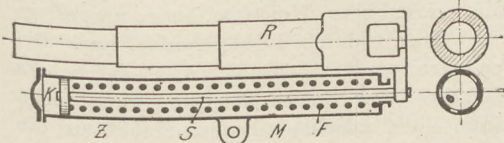


Fig. 3.

einem mit Flüssigkeit gefüllten Bremszylinder, in dem ein Kolben mittels der mit dem Geschützrohr fest verbundenen Kolbenstange verschiebbar ist. Die Bremsflüssigkeit tritt dabei ebenfalls von der einen Kolbenseite zur andern

über, gleichzeitig aber wird eine Feder gespannt, die danach das Vorholen des Rohres bewirkt. Die Rechnung ergibt bei einer Feldhaubitze von 10,6 cm Kaliber, Geschößgewicht 16 kg, für die rücklaufende Masse die kinetische Energie von 4696 mkg/sec und eine maximale Federspannung von 3535 kg. Hauptsächlich für schwere Geschütze dient die Kruppsche Rücklaufbremse mit Luftvorholer (Fig. 4).

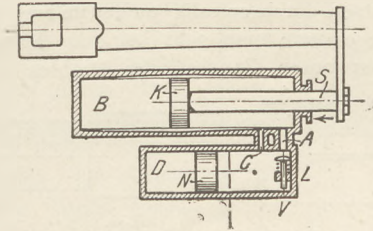


Fig. 4.

die Bremsflüssigkeit in B tritt durch Längsnuten in der Wand von hinten nach vorn und wird von da nach dem Luftvorholer L gedrängt, einer gleichfalls mit Kolben versehenen Kammer, in deren hinterem Teil D die dort befindliche Luft verdickt wird, um bei der Hubumkehr sich wieder auszudehnen, und die Bremsflüssigkeit in den Bremszylinder B zurückzudrängen.

Der Rohrrücklauf kann auch zur Ermittlung der Geschößbewegung dienen, wenn man ihn mit einer geeigneten Schreibvorrichtung verbindet, etwa nach Sébert am Rohr selbst einen Stahlstreifen anbringt, auf den eine elektromagnetische Stimmgabel Schwingungen aufzeichnet. Vollkommener noch ist eine Vorrichtung von Cranz, bestehend in einem Spiegel, der in der anfänglichen Beschleunigungsperiode des Rücklaufs dem Rücklaufrohr proportional gedreht wird, während ein Lichtstrahl davon reflektiert wird und auf einer mit lichtempfindlichem Papier bespannten Trommel eine Wegzeitkurve entwirft. Aus solchen Kurven haben sich Schlüsse auf den Verlauf der Pulverdruckkurve ziehen lassen.

In bezug auf die Festigkeit der Rohre ergibt die Untersuchung, daß die Tangentialspannung auf der Innenseite am größten, diese also am meisten gefährdet ist; und zwar ist die Spannungsverteilung in der Rohrwand um so ungleichförmiger, je dicker diese im Verhältnis zum Innenhalbmesser gewählt ist. Das Rohrmaterial wird in den äußeren Teilen der Wand nicht voll ausgenützt, während für die inneren Teile die Gefahr einer Überlastung besteht. Man begegnet dem Übelstande durch Zufügung von Mantelringen, die warm aufgezogen werden, so daß sie beim Erkalten das Seelenrohr zusammen-

pressen. Da der größte Innendruck nur im ersten Teil des Rohres herrscht, so ist es unnötig, das ganze Rohr in gleicher Weise gegen den höchsten Innendruck zu schützen, man kann die Mantelrohre hinterher, wie Fig. 5 zeigt, absatzweise vermehren. Die Herstellung der Mantelringe macht bei großen Kalibern ziemliche Schwierigkeit, da sie nicht geschweißt, sondern aus einem Stück hergestellt werden müssen, man hat sie deswegen bei den englischen Drahtgeschützen durch spiralig aufgewundene Stahlbänder ersetzt; man geht bei dem Aufwinden des gespannten Bandes oder Drahtes bis zu

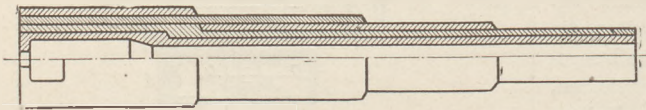


Fig. 5.

Spannungen von  $8000 \text{ kg/cm}^2$ . Wird die Spannung nicht genügend groß genommen, so ist die Bandwicklung nicht von Vorteil, wirkt vielmehr durch Vermehrung der Wandstärke in ungünstigem Sinne. Die Widerstandskraft des Rohres wird auch durch die scharf eingeschnittenen Züge und durch den Einfluß der Temperaturerhöhung während des Schusses herabgesetzt. Bei längeren Rohren (besonders der Schiffs- und Küstengeschütze) ist die Biegung der Rohre durch ihr Eigengewicht von störendem Einfluß auf die Treffsicherheit, was sich namentlich bei den Drahtgeschützen bemerkbar macht. Noch ungünstiger wirken Querverschiebungen, ihr Einfluß auf den Unterbau ist so stark, daß man deswegen die Rahmenlafetten ganz aufgegeben hat. —

Der Einfluß der Erddrehung auf die theoretische Wurfkurve ergibt sich einfach aus  $u = u_0 \cdot \cos \varphi$ , wenn  $u_0$  die Umfangsgeschwindigkeit der Erde am Äquator,  $u$  die in der Breite  $\varphi$  bezeichnet. Aus  $\Delta u = -u_0 \sin \varphi \Delta \varphi$  ergibt sich eine Rechtsabweichung, die bei  $\varphi = 45^\circ$  bei einer Schußweite von 11 km in der Nord-südrichtung, wegen  $\Delta \varphi = 0,1^\circ$  zu  $\Delta u = 0,54 \text{ m/sec}$  führt, was bei einer Schußdauer von 20 Sek. die nicht zu vernachlässigende Seitenabweichung von 0,8 m ergäbe.

Der Luftwiderstand der Geschosse hat um so geringeren Einfluß, je größer das Verhältnis des Gewichts zur Querschnittsfläche ist, deswegen erreichen die schweren Granaten die größten, das S-Geschoß des Infanteriegewehres dagegen die kleinste Schußweite bei gleicher Mündungsgeschwindigkeit. Der Einfluß des Luftwiderstandes ist bei sehr kleinen Geschwindigkeiten proportional mit  $v$ , bei größeren bis in die Nähe der Schallgeschwindigkeit proportional

mit  $v^2$ , hängt aber auch in beträchtlichem Maße von der Gestalt des Geschosses ab. In Fig. 6 zeigt Kurve I die Widerstandsänderung bei dem scharf zugespitzten S-Geschoß, II bei einer Granate mit viel stumpferem Kopf, III bei einem rein zylindrischen Geschöß, das allerdings praktisch bedeutungslos ist. Die Ordinaten der Kurven stellen den Quotienten  $W/v^2$  dar, dieser Wert ist in I und II in dem Gebiet von 100 bis 200 m/sec nahezu konstant, steigt dann stark an und nähert sich nach Überschreitung eines Maximums wieder einem allerdings höher liegenden konstanten Werte. Jenseits der Grenze der Schallgeschwindigkeit tritt die von Mach 1887 nachgewiesene Bugwelle auf; die Berücksichtigung dieses Umstandes ergibt eine theoretische Kurve für  $W/v^2$ , die mit den experimentell ermittelten Kurven I und II

gut übereinstimmt; der Buckel der Kurve erklärt sich aus der bei der angegebenen Grenze auftretenden Resonanzerscheinung der Luftteilchen, der höhere Wert der Ordinate bei steigenden  $v$

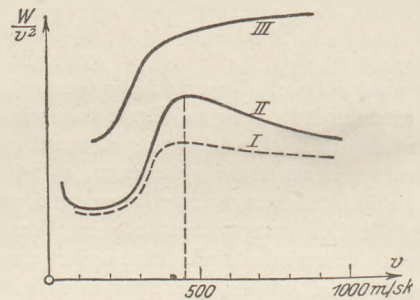


Fig. 6.

durch die Luft verdichtung um das Geschöß, die wie eine Querschnittsvergrößerung wirkt. Der Verfasser entwirft unter Berücksichtigung dieser Umstände eine neue sehr komplizierte Widerstandsformel, die den Erscheinungen in befriedigender Weise gerecht wird.

Zur experimentellen Bestimmung des Luftwiderstandes mißt man die Geschwindigkeit an zwei hintereinander befindlichen Stellen mit Hilfe elektrischer Kontakte, und neuerdings nach Cranz durch Lichtbildaufnahmen. Die Verzögerungen sind im Versuchsbereich ein Vielfaches der Erdbeschleunigung und üben darum einen ausschlaggebenden Einfluß auf die Bewegung im luffterfüllten Raum aus. Die ballistische Kurve hat die Neigung, nach Überschreiten des Scheitels in den senkrechten Wurf überzugehen, der fallende Ast besitzt eine Asymptote, der sich das Geschöß mit stetig abnehmender Horizontalgeschwindigkeit immer mehr nähert (Fig. 7). Auch ist die Geschwindig-

keit auf dem fallenden Ast kleiner als diejenige auf dem steigenden Ast in gleicher Höhe. Die kleinste Geschwindigkeit wird auf dem fallenden

Ast erreicht und nähert sich dann einem der Asymptote angehörig Grenzwert. Steilschüsse bedürfen keine so große Mündungsgeschwindigkeit wie Flachschüsse, dies ist der Grund für verhältnis-

mäßig kurzen Rohre der Steilfeuergeschütze im Gegensatz zu den Flachbahngeschützen.

Die früher gebräuchlichen Kugelgeschosse hatten mannigfache Nachteile, zunächst den relativ große Luftwiderstand wegen der geringen Querschnittsbelastung, dann die Unmöglichkeit einer genügenden Abdichtung und einer sicheren Führung im Rohr. Die infolge von Reibungseinflüssen leicht eintretende Drehung der Kugeln um eine zur Geschützrichtung querliegenden Achse bewirkt nach dem Verlassen der Mündung Luftbewegungen um die Kugel, die die Flugbahn in nicht berechenbarer Weise verändern. Man ist deshalb zu den Langgeschossen übergegangen, die aus einem Zylinder von 2 bis 3 Kaliber Länge bestehen, an den sich ein zugespitzter oder abgerundeter Kopf anschließt. Damit ein solches Geschöß mit der Spitze voran das Ziel erreicht, darf seine Achse nur wenig von der Flugbahntangente abweichen und muß im Fall einer zufälligen Abweichung das Bestreben haben, in diese Lage zurückzukehren. In Fig. 8 sei  $S$  die Bewegungsrichtung des

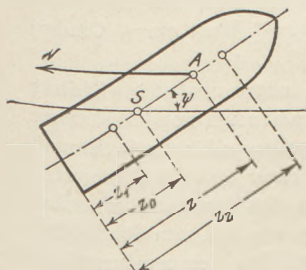


Fig. 8.

Schwerpunktes,  $W$  die Richtung der Resultante des Luftwiderstandes  $\psi$  der Winkel beider Richtungen,  $A$  der Schnittpunkt der Resultante des Luftwiderstandes mit der Geschößachse. Nach Versuchen von Kummer (1876) rückt  $A$  mit abnehmenden

Winkel  $\psi$  immer weiter nach vorn (Fig. 9). Wesentlich für den Einfluß der Widerstandsresultanten ist der Abstand des Schwerpunktes vom Boden des Geschößes ( $z_0$  in Fig. 8); die äußersten möglichen Abstände  $z$  des Punktes  $A$  vom Boden seien  $z_1$ , und  $z_2$ . Solange

der Schwerpunkt zwischen diesen beiden Abständen liegt, also  $z_2 > z_0 > z_1$  ist, gibt nur die durch den Schwerpunkt hindurchgehende Resultante eine stabile Bewegungsrichtung an, während jede Abweichung hiervon ein Drehmoment im einen oder andern Sinne weckt, welches diese Abweichung rückgängig zu machen strebt. Liegt dagegen  $S$  außerhalb der Endlagen des Angriffspunktes, ist also  $z_0 > z_2$  oder  $z_0 > z_1$ , so stellt die Geschößachse selbst die stabile Bewegungsrichtung dar, und zwar im ersten Fall mit der Spitze, im zweiten mit dem Boden voran. Der erste Fall ist bei langschäftigen Pfeilen mit schwerer Metallspitze verwirklicht, bei Geschossen nicht erreichbar, vielmehr wird im Fall  $z_2 > z_0 > z_1$  das Geschöß eine starke Neigung  $\psi$  gegen die Bahntangente annehmen und als Querschläger, in Fall  $z_0 < z_1$  sogar mit dem Boden das Ziel erreichen.

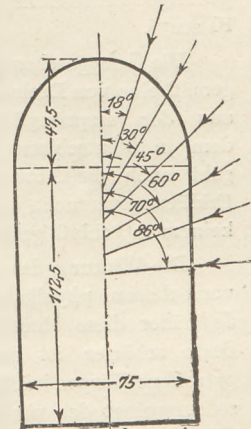


Fig. 9.

Erteilt man dagegen dem Geschöß von Anfang an eine Drehung um die Längsachse, so bewirkt die hinzutretende Drehbewegung vermöge des Luftwiderstandes eine Präzession, der entsprechend die Geschößachse um die Bahntangente einen Kreiskegel mit der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  beschreibt (Fig. 10).

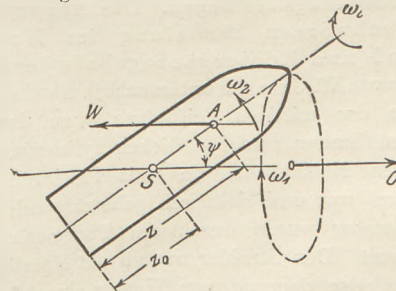


Fig. 10.

Für jede Abweichung  $\psi$  der Geschößachse aus der Bahntangente ergibt sich eine durch Rechnung zu verfolgende Präzessionsgeschwindigkeit  $\omega_1$ , die mit steigender Eigendrehung  $\omega_2$  stetig abnimmt. Daher wird die Geschößachse, wenn beim Verlassen des Rohrs eine gewisse Bedingung erfüllt ist, nach dem zufälligen Eintritt einer kleinen Abweichung  $\psi$  aus der Bahntangente um diese dauernd sich weiter drehen, ohne daß die Gefahr des Überschlagens eintritt.

Ein durchgerechnetes Zahlenbeispiel lehrt, daß im Fall eines Infanteriegeschosses (vom Durchmesser 0,8 cm) die Bedingung für die Stabilität ein Wert  $\omega_0 > 2449 \text{ sec}^{-1}$  ist, während in Wirklichkeit  $\omega_0 \sim 20000$  entsprechend der Umlaufzahl  $n_0 \sim 3000$  ist. Die diesen Werten zugehörige Präzessionsgeschwindigkeit ist  $\omega_1 = 10 \text{ sec}^{-1}$ .

Die Langgeschosse zeigen auch erfahrungsgemäß eine von Drehsinn abhängige Abweichung aus der ursprünglichen Flugbahnebene. Bei dem in Deutschland gebrauchten Rechtsdrall geht auch die Abweichung nach rechts. Die Erklärungsversuche hierfür haben noch zu keinem Abschluß geführt.

Die Wirkung des Geschosses am Ziel hängt von dessen physikalischer Beschaffenheit ab. Je näher diese einem starren Körper kommt, desto schärfer ist der Durchschlag. Ist der getroffene Körper kräftig gehärtet (Panzerplatte), so zerspringt das weniger harte Geschoß oft in eine große Zahl von Stücken. Merkwürdigerweise wird durch Aufsetzen einer Kappe aus weicherem Stahl oder Schmiedeeisen das Eindringen des an sich harten Geschosses in gehärtete Panzerplatten erheblich gefördert. Beim Eindringen in trockenen Sand wird dieser stark erhitzt, während das Geschoß nicht selten ganz zu Pulver zerstäubt wird. Die Eindringungstiefe nimmt bei festen Körpern mit der Geschwindigkeit zu, während sie in Erde und Sand für eine bestimmte Auftreffgeschwindigkeit einen Höchstwert besitzt.\*)

P.

**Strahlungsmessungen.** Die Absorption der schwarzen Strahlung im Wasserdampf- und Kohlensäuregehalt der Luft wurde von W. GERLACH untersucht<sup>1)</sup>. Als Strahlen diente der mittlere Teil eines 8 cm langen,  $2\frac{1}{2}$  cm breiten und  $5 \mu$  dicken zylindrisch gebogenen Platinblechs, das mit Platinrohr geschwärzt war und elektrisch geheizt wurde; die Temperatur wurde durch ein Thermoelement bestimmt. Den Strahler umgab ein Metallkühlmantel, der dauernd von Wasser durchflossen wurde. In 33 cm Entfernung von dem Strahler lag der Empfänger innerhalb eines mit dem zu untersuchenden Gase gefüllten Rohres. Zuerst wurde die Gesamtstrahlung des Bleches als Funktion der Temperatur zwischen  $50^\circ$  und  $450^\circ \text{ C}$  be-

stimmt, während sich im Strahlengang trockene Luft von Atmosphärendruck befand; dann wurden Kohlensäure und zuletzt Wasserdampf in das Rohr gebracht. Eine Absorption des Wasserdampfes war erst bei höheren Dampfdrücken nachweisbar, als im allgemeinen der Zimmerfeuchtigkeit entspricht. Die Absorption der Kohlensäure kam erst von etwa  $500^\circ \text{ abs.}$  an in Betracht und erreichte bei  $600\text{--}700^\circ \text{ abs.}$  ihren Haupteinfluß.

Derselbe Verf. untersuchte ferner, inwiefern sich Ruß und Platinrohr als Schwärzungsmittel bei absoluten Strahlungsmessungen eignen<sup>2)</sup>. Es zeigte sich, daß bei Verwendung von elektrolytisch niedergeschlagenem Platinrohr die absoluten Angaben der Strahlungswerte, gemessen mit einer absoluten Thermosäule oder einem absoluten Bolometer von dem Gas, in dem sie sich befinden, und dem Druck unabhängig sind. Wird jedoch die Schwärzung ganz oder teilweise durch Berußung bewirkt, so geben jene Instrumente von Druck und Gas abhängige Werte. Bei höherem ( $> 200 \text{ mm}$ ) und bei niederstem ( $< 0,001 \text{ mm}$ ) Druck liefern sie übereinstimmende Angaben, während sie im zwischenliegenden Gebiet wesentlich zu tiefe Angaben liefern. Für absolute Strahlungsmessungen ist also Rußschwärzung, vor allem bei vermindertem Druck, nicht ohne besondere Prüfungsversuche anzuwenden.

Eine neue Anordnung für die Bestimmung der Strahlungskonstante  $\sigma$  des Stefan-Boltzmannschen Strahlungsgesetzes ( $S = \sigma \cdot T^4$ ) hat ebenfalls W. GERLACH angegeben<sup>3)</sup>. Die Strahlung ging aus von einem elektrisch geheizten schwarzen Hohlkörper, in dessen Mitte sich das die Temperatur messende Thermoelement befand. In einem Abstand von 331 mm traf die Strahlung auf die absolute Thermosäule. Aus 52 Messungen wurde zwischen  $300^\circ$  und  $700^\circ \text{ abs.}$   $\sigma = 5,85 \cdot 10^{-12} \text{ Watt cm}^{-2} \text{ Grad}^{-4}$  gefunden.

Einen Einfluß ultravioleten Lichts auf die Wärmestrahlung von Metallen glaubte H. HÖRIG feststellen zu können<sup>4)</sup>. Er maß die Abkühlungszeiten einer elektrisch geheizten und nach Ausschalten des Stromes sich selbst überlassenen Silberfolie von 0,01 mm Stärke, belichtet und unbelichtet. Der Temperaturverlauf wurde thermoelektrisch verfolgt, als Strahlungsquelle diente eine Quarzquecksilberlampe. Die Abkühlungszeiten vom Augenblicke des Ausschaltens des Heizstromes bis zu einer bestimmten

\*) Die Sonderabdrücke der Originalabhandlung sind vergriffen. Eine Bearbeitung des Gegenstandes in Buchform wird demnächst im Verlage von Oldenbourg in München erscheinen.

<sup>1)</sup> Ann. der Physik 50, 233 (1916).

<sup>2)</sup> a. a. O. S. 245.

<sup>3)</sup> a. a. O. S. 259.

<sup>4)</sup> Phys. Zeitschr. 17, 178 (1916).

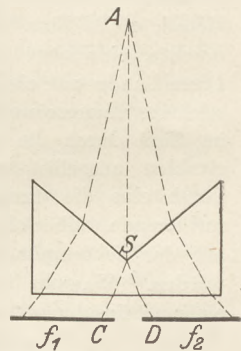


niedrigeren Temperatur wurden mit und ohne Bestrahlung verglichen. Die Bestrahlung mit der Lampe erfolgte während des Erwärms und Kühlens. Die Belichtung des kalten Streifens bewirkte zunächst einen kleinen Ausschlag, der sich nach 3—5 Sekunden einem Endwerte  $\alpha_0$  näherte und bei Zwischenschaltung eines dünnen Glimmerblatts ausblieb. Dies würde einer Temperatursteigerung von 5—6° entsprechen; doch liegt die Ursache vielleicht auch in einer anderen Wirkung des ultravioletten Lichtes. Im übrigen waren die Wärmeverluste des Silberstreifens bei Bestrahlung stets etwas (im Mittel 3%) größer als ohne Bestrahlung. Der Verf. führte die Versuche in mannigfaltigster Weise mit verschiedenen Anordnungen aus und fand stets eine freilich geringe Beschleunigung der Abkühlung unter dem Einfluß des ultravioletten Lichtes. Schk.

**Röntgenstrahlen.** Die Ergebnisse der Härtemessungen der Röntgenstrahlen sind, wie F. VOLTZ fand, verschiedene, je nachdem die Messungen mit der photographischen Platte oder am Leuchtschirm vorgenommen werden, und im ersteren Falle auch je nach der zur Messung verwandten Platte und der Zusammensetzung des Entwicklers<sup>1)</sup>. Systematische Versuche, die der Verf. hierüber anstellte, ergaben z. B., daß die Werte der Wehneltskala stets niedriger sind, wenn die Skala auf W.A.H.-Platten der Firma Reiniger, Gebbert und Schall aufgenommen wurde als bei Verwendung von Schlußnerplatten. Ebenso waren die Werte verschieden bei Benutzung eines Entwicklers von Glycin oder Methol-Hydrochinon. Ebenso erhält man verschiedene Werte, wenn man verschiedene Leuchtschirme benutzt. Der Verf. verglich den Astralleuchtschirm der oben genannten Firma mit dem Ossalschirm der Heyden-A.-G. in Dresden-Radebeul. Es wurden zwei Stücke beider Schirme nebeneinander in einen Rahmen eingebaut und hinter die Schirme das zu durchleuchtende Phantom und die Röntgenröhre gebracht. Das Durchleuchtungsbild auf dem Ossalschirm erschien bedeutend härter; der Härteunterschied war sogar sehr groß. Ebenso verschieden zeigten sich beide Schirme vom Bariumplatinocyanürschirm, wenn man die Härte in Wehnelt- oder in Benoist-Einheiten bestimmte. Zur Erklärung der Erscheinungen zieht der Verf. die Beobachtung von E. Wagner heran, nach der zwei Banden im Röntgenspektrum nicht durch die charakteristische Strahlung der Röhre, sondern

durch eine sekundäre Eigenstrahlung der Silber- und Bromsalze veranlaßt werden (siehe weiter unten). Diese selektive Reaktionsfähigkeit der zur Meßreaktion verwendeten Substanzen bzw. die Größe der infolge jener Eigenschaft absorbierten Energie spielt bei den Härtemessungen eine bestimmende Rolle.

Bei der Härtemessung der Röntgenstrahlen wird gewöhnlich die Helligkeit zweier Felder eines fluoreszierenden Leuchtschirms durch zwischengeschaltete Absorptionskörper auf Gleichheit eingestellt. Um die beiden Felder möglichst dicht aneinander grenzend zu bekommen, eignet sich nach H. SEEMANN besonders ein Biprisma, das aus zwei großen Prismen zusammengesetzt ist, die an den zusammenstoßenden brechenden Kanten abgeschliffen und gemeinsam auf eine obere Glasplatte aufge kittet sind<sup>2)</sup>. In Fig. 1 ist A der Ort des Auges,  $f_1$  und  $f_2$  sind die fluoreszierenden Vergleichsfelder des Röntgenhärtemessers, dessen absorbierende Körper unterhalb  $f_1$  und  $f_2$  zu denken sind; die Röntgenröhre ist so angeordnet, daß der Schatten der absorbierenden Körper auf  $f_1$  und  $f_2$  fällt. Die gestrichelten Linien geben den Weg der in A zusammenlaufenden Strahlen;



in der Symmetriekante S scheinen die Punkte C und D vereinigt. Als absorbierende Körper stehen unter  $f_1$  ein Aluminiumkeil, unter  $f_2$  ein Silberblech. Die oberen Prismenflächen sind belegt mit einer schwarzen Papiermaske, in welcher sich Ausschnitte mit der Wehnelt'schen Härteskala befinden. Der Verf. beschreibt auch noch andere Formen solcher Biprismen. Den Vertrieb dieser Härtemesser übernimmt die Firma Reiniger, Gebbert und Schall in Erlangen.

Spektren der Röntgenstrahlen einzelner Metalle hatte man dadurch erhalten, daß die vor einer in Drehung versetzten Krystallfläche „reflektierten“ Strahlen auf einen Leuchtschirm oder auf eine photographische Platte gelangten. Besonders mit Steinsalzkrystallen hatten H. Seemann und M. de Broglie sehr genaue Spektren verschiedener Metallantikatoden erhalten (diese Zeitschr. 28, 98, 1915). Die Spektrallinien entstehen nach der von Laue und Bragg gegebenen Theorie durch eine Interferenz der Sekundärstrahlen, die bei der „Reflexion“ an den hintereinander liegenden

<sup>1)</sup> Phys. Zeitschr. 16, 306 (1915), 17, 532 (1916).

<sup>2)</sup> Phys. Zeitschr. 17, 622 (1916).

Netzebenen des Krystalls einen Gangunterschied erleiden. Die Wellenlänge  $\lambda$  jeder Linie folgt dann aus der Formel  $n\lambda = 2d \sin \varphi$ , in der  $n$  die Ordnungszahl des Gangunterschiedes,  $\varphi$  den streifenden Winkel zwischen der reflektierenden Fläche und dem einfallenden Primärstrahl,  $d$  den molekularen Abstand zweier benachbarter Netzebenen des Krystalls bedeuten. Kennt man  $d$ , so ist durch Messung von  $\varphi$  die Wellenlänge leicht zu bestimmen.

E. WAGNER beobachtete nach der kurzwelligen Seite hin noch einen kontinuierlichen Teil des Spektrums, der auf der photographischen Platte zwei scharf begrenzte Banden aufwies<sup>3)</sup>. Da diese Banden ihren Platz auch bei Änderung des Antikathodenmaterials behielten, so vermutete er, daß sie dem Silber und dem Brom der lichtempfindlichen Schicht angehören. Das wurde dadurch bestätigt, daß, wenn man ein anderes Metall, z. B. Zinn als Folie auf die Schicht brachte, eine neue Zinnbande sichtbar wurde. Diese Bande war also zu erklären durch starke selektive fluoreszierende Röntgenstrahlung, die im Zinn durch die spektral zerlegten Primärstrahlen ausgelöst wird. Umgekehrt konnte durch eine die erregenden Primärstrahlen absorbierende Silberfolie gerade die eine Bande auf der lichtempfindlichen Schicht ausgelöscht werden. WAGNER bestimmte nun mit Hilfe einer Steinsalzplatte nach der beschriebenen Methode die Wellenlänge  $\lambda_A$  des scharfen Randes der Bande (der „Bandkante“), der die Wellenlänge der erregenden Primärstrahlen entspricht und verglich damit die Wellenlängen der einzelnen Spektrallinien für Antikathoden aus verschiedenen Metallen. So erhielt er z. B. bei Silber  $\lambda_A = 0,490 \cdot 10^{-8}$  cm, für die Wellenlänge der Linie  $\alpha$  der *K*-Serie (nach Moseley)  $\lambda_\alpha = 0,560 \cdot 10^{-8}$  cm. Die entsprechenden Versuche für Sn, Cd, Pd, Por, Cu, Ni, Fe zeigten, daß  $\lambda_A$  stets kleiner war als die längste Spektrallinie  $\lambda_\alpha$ , daß also das Stokessche Gesetz, wonach der die Fluoreszenzstrahlung erregende primäre Spektralbereich stets kurzwelliger ist als die erregte Fluoreszenzstrahlung selbst, auch hier gilt. Der „Stokessche Sprung“, das Verhältnis  $\lambda_\alpha/\lambda_A$  war für verschiedene Elemente im wesentlichen konstant; je näher im Atomgewicht sich die Elemente stehen, um so mehr stimmt der Stokessche Sprung überein.

E. WAGNER nahm auch vergleichende Raumgittermessungen an Steinsalz und Sylvin vor<sup>4)</sup> und stellte fest, daß die Genauigkeit, mit der der Winkel  $\varphi$  bzw.  $\lambda/d$  mit der Methode des

gedrehten Krystalls bestimmt werden kann, seine Grenze findet in der Unschärfe der Spektrallinien, die sich als Folge ihrer Interferenzentstehung in einem endlichen Tiefenbereich des Krystalls darstellt. Bei drei verschiedenen Steinsalzindividuen wurde aber gute Übereinstimmung der Gitterkonstante  $d$  mit dem von Moseley bestimmten Wert  $2,814 \cdot 10^{-8}$  cm gefunden. Ist  $d_1$  die Gitterkonstante eines anderen Krystalls (z. B. Sylvin),  $\varphi_1$  der diesem entsprechende Einfallswinkel, so ist für dieselbe Spektrallinie  $d_1/d = \sin \varphi / \sin \varphi_1$ . Andererseits ist auch  $d_1/d = \sqrt[3]{\frac{M_1 \cdot D}{M \cdot D_1}}$ , wo  $M$  und  $M_1$  das Molekulargewicht,  $D$  und  $D_1$  die Dichte der beiden Krystalle bedeuten. Bei Sylvin und Steinsalz erhielt WAGNER für das Verhältnis  $d_1/d$  aus den gemessenen Winkeln den Wert 1,1144, aus den Strukturdaten 1,1162, also gut übereinstimmende Werte, durch die die Richtigkeit der Theorie bestätigt wird. Die Gitterkonstante des Sylvins wird hiernach  $d_1 = 3,136 \cdot 10^{-8}$  cm. Die Wellenlängen der  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$ -Linie der *K*-Serie des Palladiums ergaben sich aus den entsprechenden Messungen zu 0,5828 bzw. 0,5872 Å.-E., Werte, die auch mit den von Moseley, Bragg und Malmer gefundenen Zahlen gut übereinstimmen.

Abänderungen an den Röntgenspektroskopischen Methoden und Untersuchungen ihrer Genauigkeit hat auch H. SEEMANN vorgenommen<sup>5)</sup>. Mit einer flächenförmigen Strahlenquelle läßt sich an einem schmalen Krystallstreifen, an den ein Bleischirm mit scharfer Schneide dicht herangebracht ist, ohne Zwischenschaltung eines Spalts ein scharfes Spektrum entwerfen. Der Verf. konnte so die Dicke der wirksamen interferierenden Krystallschicht und die Breite der Spektrallinien bestimmen. Bei der Bragg'schen Drehmethode erwiesen sich mangelhafte Justierung und Krystallfehler für genaue Messung des Reflexionswinkels einer Wellenlänge in erster Ordnung als sehr erheblich; bei einer in zweiter Ordnung zu messenden Linie war die indirekte Bestimmung des Reflexionswinkels aus den Abständen beider Ordnungen vorzuziehen. Kleine Unregelmäßigkeiten einer im ganzen ebenen Krystallfläche haben keine Bedeutung; zur feinsten Auflösung der Linien bedarf die Methode aber bester Krystalle. Ohne Drehung konnte der Verf. mittels wendeltreppenartig angeordneter Krystallplatten bei schmalen Strahlenbündel auch ein ganzes Spektrum erzeugen.

Von de Broglie wurde vorgeschlagen, zur Aufnahme von Röntgenstrahlungsspektren die Inter-

<sup>3)</sup> Ann. d. Physik 46, 868 (1915).

<sup>4)</sup> a. a. O. 49, 625 (1916).

<sup>5)</sup> Ann. d. Physik 49, 470; 51, 391 (1916).

ferenzreflexion der Strahlen statt an einer drehbaren Krystallplatte an einem gekrümmten Krystall zustande kommen zu lassen. Wie P. CERMAK mitteilt, lassen sich auf diesem Wege auch Aufschlüsse über Krystalleigenschaften gewinnen<sup>6)</sup>. Es wurde an künstlich gebogenen Flächen von Steinsalz, Glimmer, Antimonit, Gips und an den natürlich gekrümmten Flächen von Diamant nach dem Broglieschen Verfahren das Linienspektrum des Platins aufgenommen. Bei Steinsalz zeigte die gebogene Fläche im wesentlichen die gleichen Linien wie der gedrehte Krystall; sie waren aber mehr zerfasert, und es traten auch noch einzelne neue Liniestückchen auf. Es spricht das für eine durch die gewaltsame Biegung hervorgerufene Verwirrung der Krystallelemente, doch so, daß immer noch eine bestimmte Richtung vorherrschend bleibt. Ähnlich war eine Zerfaserung der Linien beim gebogenen Antimonit; doch fehlte das Viellinienspektrum. Das spricht für eine dauernde Translation der Krystallelemente ohne allgemeine Verwirrung. Bei dem elastischen Glimmer und bei Gips zeigte sich weder Zerfaserung noch ein Viellinienspektrum; es hat also keine Translation der Krystallelemente stattgefunden. Da die gekrümmte Fläche des Diamanten gar kein Interferenzbild ergab, so muß man schließen, daß sie überhaupt nicht durch Biegung entstanden ist, sondern in bestimmten Anlagerungserscheinungen ihren Grund hat.

Aus den Sadlerschen Messungen der Sekundärstrahlung der Elemente Cr, Fe, Co, Ni, Cu bestimmte R. GLOCKER die Abhängigkeit des Emissionskoeffizienten  $K$  von der erregenden Wellenlänge  $\lambda$ <sup>7)</sup>. Er fand, daß  $K = A \left(\frac{\lambda}{\lambda_A}\right)^4$  ist,

wo  $A$  eine für das betreffende Element charakteristische Konstante,  $\lambda_A$  die Wellenlänge der Absorptionsbandkante des Elements bedeuten. Die Konstante  $A$  fand der Verf. =  $3,3 \cdot \rho \cdot Z$ , wo  $\rho$  die Dichte,  $Z$  die Ordnungszahl des Elements im natürlichen System darstellt.

Über die Absorption der primären Röntgenstrahlen von verschiedenen Substanzen hat W. KOSSEL auf Grund vorhandener Beobachtungen gesetzmäßige Beziehungen aufgefunden<sup>8)</sup>. Geht man von größeren zu kleineren Wellenlängen über, so schnellert der Absorptionskoeffizient bei einem bestimmten Wert  $\lambda_0$ , der „Erregungsgrenze“ sprunghaft in die Höhe; der Bereich  $\lambda \nu$ , in dem der Sprung stattfindet, ist

kleiner gegen die Frequenz  $\nu_0$  der Erregungsgrenze. Wird die Wellenlänge der auffallenden Strahlung noch weiter verkleinert, so nimmt der Absorptionskoeffizient  $\alpha$  wieder ab nach dem Gesetz  $\alpha = a \cdot \lambda^b$ , wo die Konstante  $b$  für die untersuchten Elemente zwischen 2,5 und 2,9 variiert.

Die von Glocker und Kossel gefundenen Gesetze suchte W. SCHOTTKY miteinander zu verbinden<sup>9)</sup>. Da die Kosselsche Beziehung sich auf das Strahlungsgebiet bezieht, in dem auch die von Glocker benutzten Sekundärstrahlen ausgesandt werden, kann die in etwas vereinfachter Form geschriebene Glockersche Formel  $K = C \cdot \lambda^4$  mit der Kosselschen Formel  $\alpha = a \cdot \lambda^b$  kombiniert werden. Das Verhältnis  $K/\alpha = \kappa$ , d. h. die von einer Schicht emittierte Strahlungsintensität dividiert durch die in der Schicht absorbierte Primärintensität, die „Ausbeute“ der Sekundärstrahlung, wäre dann von der Wellenlänge der auffallenden Strahlung nach dem Gesetz  $\kappa = Q \cdot \lambda^{4-b}$  abhängig. Da  $4-b$  zwischen 1,1 und 1,5 liegt, in erster Annäherung  $= 1$  ist, kann man  $\kappa \sim \frac{1}{K}$  setzen, d. h. die

Ausbeute an charakteristischer Sekundärstrahlung ist oberhalb der Erregungsgrenze umgekehrt proportional der Frequenz der auffallenden Strahlung. Dieses Ergebnis entspricht den Beobachtungen von Warburg bei photochemischen Prozessen und ist auch in Übereinstimmung mit der Einsteinschen Quantentheorie, nach welcher die emittierte Strahlungsintensität der Zahl der absorbierten Strahlungsquanten proportional ist, die selbst wieder im umgekehrten Verhältnis steht zur Frequenz der Strahlung.

In einer theoretischen Untersuchung hatte P. DEBYE die Frage nach dem Verhalten regellos orientierter Teilchen im Röntgenlicht zu beantworten gesucht<sup>10)</sup>. Er zeigte, daß, wenn bei den regellos orientierten Teilchen die Anordnung der Elektronen im Atom nur eine regelmäßige ist, diese an der dabei erzeugten Sekundärstrahlung erkennbar sein müsse. Vorausgesetzt ist hierbei, daß die Bewegungsgeschwindigkeiten innerhalb des Systems so klein sind, daß die Lagenänderung irgendeines Teilchens während der Zeit einer Schwingung der auffallenden Welle klein ist gegenüber der zugehörigen Wellenlänge, und 2. daß die Frequenz jener Welle groß ist gegenüber der Eigenfrequenz einer Störung des Systems. Beide Bedingungen sind bei den gewöhnlichen Röntgenstrahlen und bei den leichteren Atomen erfüllt. Die Rech-

<sup>6)</sup> Phys. Zeitschr. 17, 405 (1916).

<sup>7)</sup> Phys. Zeitschr. 17, 488 (1916).

<sup>8)</sup> Verh. d. Dtsch. Phys. Ges. 16, 808, 953 (1914); 18, 339 (1916).

<sup>9)</sup> Phys. Zeitschr. 17, 581 (1916).

<sup>10)</sup> Ann. d. Physik 46, 809 (1915).

nung ergab, daß trotz der Regellosigkeit der Atome infolge der Regelmäßigkeit der Elektronenanordnung bei der sekundären Strahlung Interferenzen auftreten müssen. Diese müssen sich zeigen in der Bildung von Maximis und Minimis, die auf Kegeln liegen, deren Achse mit der Richtung der primären Strahlung zusammenfällt und deren Spitze sich im Innern des als klein angenommenen Sekundärstrahlers befindet. Zum Zustandekommen jener Maxima und Minima ist noch nötig, daß die Wellenlänge der Primärstrahlung von derselben Größenordnung wie der gegenseitige Elektronenabstand ist. Bei photographischen Aufnahmen müssen die Interferenzen sich als Ringe von rasch abnehmender Intensität zeigen. Solche Ringe hatte auch bereits Friedrich bei Wachs und Paraffin gefunden; DEBYE findet in den Elektronenringen die Erklärung für diese Interferenzen. In einer späteren Untersuchung konnten DEBYE und SCHERRER ebenfalls das Vorhandensein solcher Interferenzringe feststellen. Außerdem beobachteten sie aber, über den ersten Effekt gelagert, noch andere durch besonders scharfe Maxima gekennzeichnete Interferenzen, die nicht auf die regelmäßige Anordnung der Elektronen zurückzuführen sind, sondern auf die kristallinische Struktur der durchstrahlten Substanz, auch wenn diese als „amorphes Pulver“ benutzt war<sup>11)</sup>. Für die Versuche wurde die pulverförmige Substanz (Bor, Silizium, Borstickstoff, Lithiumfluorid) in Form eines Stäbchens von etwa 2 mm Durchmesser und 10 mm Länge gepreßt. Das Röntgenstrahlenbündel traf das Stäbchen in der Mitte und bewirkte eine Sekundärstrahlung, die zwischen  $90^\circ$  und  $171^\circ$  auf einem Film photographisch aufgenommen wurde. Man sieht auf dem Film kreisförmige scharfe Interferenzstreifen, die sich gegen  $90^\circ$  hin gerade strecken, um nach Überschreiten von  $90^\circ$  und bei Annäherung an  $180^\circ$  allmählich wieder in kreisförmige Linien mit wachsender Krümmung überzugehen.

Auch diese Interferenzen folgen der Formel

$n\lambda = d \sin \varphi$ ; die Streifen müssen nach bestimmten Zahlenverhältnissen aufeinanderfolgen. Diese, sowie andere Folgerungen der Theorie konnten durch Ausmessung der bei mehreren Stäbchen erhaltenen Interferenzstreifen bestätigt werden. Bei der Theorie kommt es nur auf die Lage der Netzebenen, aber nicht auf die absolute Orientierung der Kryställchen im Raume an; sie gilt also auch für ein regelloses Gemisch von kleinen Krystallen. Aus einer einzigen Photographie ließen sich so die gegenseitige Lage und die Abstände der Atome im Krystall bestimmen. So wurde z. B. für eine Wellenlänge  $\lambda = 1,549 \cdot 10^{-8}$  cm die Seitenlänge des Elementarkubus des LiF zu  $a = 4,14 \cdot 10^{-8}$  cm bestimmt. Für Si war bei einer Messung  $a = 5,31 \cdot 10^{-8}$  cm, der kürzeste Abstand zweier Si-Atome  $2,33 \cdot 10^{-8}$  cm. Hat man für eine Substanz die Atomordnung bestimmt, so kann man dieselbe in Pulverform auch umgekehrt benutzen als Gitter zur Analysierung der auffallenden Strahlung nach Wellenlängen.

Durch die Debyeschen Überlegungen wurde K. E. F. SCHMIDT zu Versuchen über die Beugung der Röntgenstrahlen in Metallschichten geführt<sup>12)</sup>. Die Versuchsanordnung entsprach der von Laue, Friedrich und Knipping. Eine elektrolytisch hergestellte Haut von Kupfer gab eine scharf ausgesprochene Interferenzfigur, bei der sich um den kreisförmigen Durchstoßungsfleck der Röntgenstrahlen zunächst eine nach außen abnehmende Corona lagert; dann folgen zwei Ringe von 18,6 bzw. 24 mm innerem und 20,2 bzw. 25,7 mm äußerem Durchmesser. Etwas andere Bilder ergaben Scheiben aus Cu-Guß und gewalzte Cu-Bleche; bei allen waren die Ringe kaum geändert. Auch ringförmige Interferenzbilder zeigten Scheiben aus Silber oder Aluminium. Schichten von Li, Na, Ra, Fe, Ni, Co, Zn zeigten keine deutlichen Ringe, sondern nur Höfe oder Sterne. Der Verf. erhofft von der Methode manchen Aufschluß über die Struktur der Metalle. *Schk.*

<sup>11)</sup> Phys. Zeitschr. 17, 277 (1916).

<sup>12)</sup> Phys. Zeitschr. 17, 554 (1916).

### 3. Geschichte und Erkenntnistheorie.

**Zur Geschichte der Dynamo-Maschine.**  
Originalbericht von FRANZ M. FELDHAUS.

Es ist bei der Wiederkehr des hundertsten Geburtstages von Werner Siemens wiederholt auf die nun 50 Jahre alte Erfindung seiner Dynamomaschine hingewiesen worden.

Ich möchte hier zum erstenmal auf ein handschriftliches Aktenstück hinweisen, in dem die Erfindung des ersten Dynamoankers erwähnt und skizziert ist. Es ist die Werner Siemens-

sche Erfindung des sogenannten Doppel-T-Ankers vom Jahre 1856. Das Aktenstück gehört zu den Gutachten der Königlich Technischen Deputation für Gewerbe. Diese Akten sind preußisches Staatseigentum, aber als Leihgabe dem Kaiserlichen Patentamt überwiesen. Während das Patentamt mangels eines Reichsarchivgesetzes alle, auch die wertvollsten Patentakten vernichtet, muß es die Leihgabe, die durch das preußische Archivgesetz geschützt ist, aufbewahren. Dadurch

entsteht das Paradoxon, daß die deutschen Patentakten bis zum Jahre 1877 — ausgenommen die leider verbrannten sächsischen Akten — noch erhalten sind, während alle Akten, die sich auf die Patentgesuche und Patenterteilungen auf Erfindungen nach dem Jahre 1877 beziehen, für alle Zukunft durch Feuer vernichtet sind und noch werden.

Werner Siemens reichte vor August 1856 in Preußen, und wahrscheinlich auch in anderen Ländern, ein Patentgesuch auf eine „neue Methode im Morseschen Schreibtelegraphen ohne Linienbatterie zu telegraphieren“ ein. Das Patentgesuch wurde in Preußen auf dem üblichen Weg von der Gewerbe-Deputation am 2. August 1856 geprüft und dem Minister mit dem gehorsamsten Antrag einer abschlägigen Bescheidung zurückgereicht. Infolgedessen gingen auch Beschreibung und Zeichnung an den Minister und von dort an denjenigen zurück, der damals ein Patent als „Bittsteller“ nachgesucht hatte. So sind denn auch die Originalbeschreibung samt Zeichnung des Doppel-T-Ankers wieder an Siemens zurückgelangt. Siemens gab sich aber nicht zufrieden, sondern reichte sein Patentgesuch zum zweitenmal ein. Aber die Gewerbe-Deputation konnte im Januar 1857 auch dieses Gesuch dem Minister „nicht zu Patentierung empfehlen“.

Wir müssen uns erinnern, daß Werner Siemens der preußischen Telegraphenverwal-

tung 1851 in einer öffentlichen Druckschrift: „Kurze Darstellung der in den preußischen Telegraphenlinien mit unterirdischen Leitungen bis jetzt gemachten Erfahrungen“ (Berlin, bei Julius Springer) gründlich die Meinung gesagt hatte.

Sein größter Gegner in der Telegraphenfrage war seit mehreren Jahren der Regierungsassessor Nottebohm (Siemens, Lebenserinnerungen, S. 68). Nottebohm gehörte auch der technischen Deputation für Gewerbe an und hatte dort sogar das Referat für elektrische Telegraphie. Er konnte dem ehemaligen Leutnant Siemens, dem Teilhaber des kleinen Mechanikers Halske, den öffentlichen Angriff auf die preußischen Telegraphen (Lebenserinnerungen, S. 92) nicht vergessen.

Nottebohm war nicht Fachmann, sondern Verwaltungsbeamter. Er vermochte nicht den wissenschaftlich tiefgegründeten Ideen von Werner Siemens zu folgen. Nottebohm gehört zu denen, die durch ihr bureaukratisches Übergewicht die Entwicklung des preußischen Gewerbes damals schwer gehindert haben. Es scheint überhaupt so, als ob man für die praktische Anwendung der Elektrizität in der technischen Gewerbe-Deputation gar kein Verständnis gehabt habe. Soweit ich nämlich aus dem umfangreichen Aktenmaterial ersehen kann, hat man die in der nachstehenden Tabelle aufgeführten Patentgesuche seitens der Deputation abgelehnt:

Jahr	Erfinder	Gegenstand	Aktenzeichen
1834	Jacobi	Magnetomotor	E. 120, Bl. 5/8
1841	Stöhrer	Magnetomaschine	„ „ „ 11
1850	Page	„	„ „ „ 37
1854	Alliance Cie.	„	„ „ „ 58
1855	Siemens 2 mal	„	„ „ „ 63/66
1856/57	Siemens 2 mal	T-Anker	T. 575
1868	Dehms	Trockenelement	E. 120, Bl. 120
1871	Gramme 3 mal	Dynamo	„ „ „ 129, 132, 135
1876	Schuckert	Dynamomaschine	„ „ „ 155

Diese Liste ließe sich leicht vervollständigen.

Wir müssen heute den zähen Geist von Werner Siemens bewundern, der sich trotz der Nottebohmschen Gegnerschaft in der Gewerbe-Deputation nicht abhalten ließ, seine Erfindungen immer wieder zum Patent anzumelden. In seinen Lebenserinnerungen (Seite 80) spricht Siemens seinen Ärger über die damalige Handhabung der Patenterteilung aus. Er irrt sich aber, wenn er sagt, er oder seine Firma hätten nur in wenigen Fällen Patente genommen. Tatsächlich ist die Reihe seiner preußischen Pa-

tente recht stattlich und auch in außerpreußischen Archiven — zum Beispiel jüngst noch in Hannover — sah ich seine handschriftlichen Patentgesuche. Der viele Ärger, den Werner Siemens mit dem preußischen Patentwesen — vielleicht auch mit dem außerpreußischen — hatte, veranlaßte ihn noch im späten Lebensalter, sich mit der Patentfrage eingehend zu beschäftigen. Ihm ist das Zustandekommen des Reichspatentgesetzes besonders zu danken (Lebenserinnerungen, S. 258—261). Für die Verdienste um das Zustandekommen dieses Ge-

setzes wurde er 1880 zum Geheimen Regierungsrat ernannt.

Doch zurück zu dem Siemensschen Patentgesuch auf den Doppel-T-Anker.

Siemens & Halske waren also vor dem August 1856 als „Bittsteller“ um ein preußisches Patent auf die Verbesserung der Morse-telegraphie eingekommen. Sie wollten statt der Batterieströme jetzt Induktionsströme verwenden. Das Gutachten der Gewerbe-Deputation sagt hierzu:

„Zu Folge dessen werden beim jedesmaligen Öffnen und Schließen der Linienkette durch die Taste in der Lokalkette sekundäre Ströme von kurzer Zeitdauer und wechselnder Richtung erzeugt, was eine bekannte Sache ist, wie aus jedem Lehrbuch der Physik erhellt.“

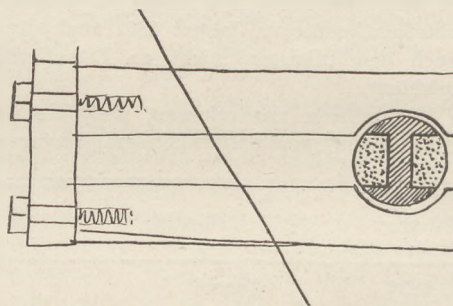
In ähnlicher Weise verfuhr die Gewerbe-Deputation gern, indem sie gar nicht prüfte, ob hier ein wertvoller kombinatorischer Gedanke des Erfinders vorhanden sei, sondern eine Einzelheit dieser Kombination in irgendeinem Lehrbuch als vorhanden nachwies. Das war äußerst bequem, aber ebenso unsachlich, wie für die technische Entwicklung hindernd. Nur wenige Erfinder waren, wie Werner Siemens, in der glücklichen Lage, ihre Ideen in der eigenen Werkstatt auch ohne Patentierung herstellen zu können. Kaum einer hatte durch seine Brüder und Mitarbeiter damals so kräftige, über die ganze Welt greifende Arme, wie Werner Siemens. Er konnte seine Erfindungen auch ohne die Hilfe des preußischen Patentgesetzes direkt in die Praxis umsetzen. Zahlreiche Erfinder sind aber sicherlich durch das kurzzeitige Urteil der Gewerbe-Deputation an der Ausführung ihrer Ideen gehindert worden.

Vom Doppel-T-Anker haben wir in dem erwähnten Gutachten der Gewerbe-Deputation folgende Nachricht:

„Die zur Fortbewegung des Zeigers erforderlichen entgegengesetzten Ströme sollen durch einen sogenannten Magnetinduktor von nachstehend beschriebener Konstruktion erzeugt werden. Ein zylindrischer Eisenstab ist parallel mit seiner Längsachse ringsum mit einer Nute versehen und diese wieder mit isolierten Drahtwindungen ausgefüllt, deren Enden mit dem zugehörigen Telegraphen, mit der Leitung und mit der Erde verbunden sind. Das Ganze erhält hierdurch die Form eines Galvanometers . . . . Dieser Eisenstab steht senkrecht, erhält oben und unten eine Einfassung mit Zapfen und kann mittels eines Getriebes und eines Stirnrades durch eine Kurbel gedreht werden. Zur Seite desselben sind in geringen

Zwischenräumen eine Anzahl Hufeisen-Stahlmagnete so übereinander angeordnet, daß ihre Polenden von beiden Seiten den Eisenkern umfassen, ohne ihn jedoch zu berühren. Zu diesem Zwecke sind die Enden der Magnet-schenkel an der innern Seite, der zylindrischen Form des Eisenstabes entsprechend, ausgeschnitten. Wird nun der zylindrische Stab gedreht, so kehrt sich bei jeder halben Umdrehung der Magnetismus im Eisenkern der Drahtspule um und es entsteht jedesmal ein der Größe des durch ihn gebundenen Magnetismus proportionierter Strom in den zu einem leitenden Kreise geschlossenen Windungen der Spirale. Die Kurbel, durch deren Handhabung der Eisenkern gedreht wird, befindet sich auf dem Zifferblatt des Telegraphen und ist unten mit einer federnden Nase versehen, welche in Einschnitte des Zifferblattes einfällt und die Bewegungen des Eisenkerns hemmt.“

Hierzu machte sich der Referent eine Skizze (s. Abbildung), die später vom Reinschreiber nach dem Kopieren durchstrichen wurde. Infolgedessen sehen wir hier quer über die Zeichnung einen Strich verlaufen.



Daß die Gewerbe-Deputation diese sinnreiche Anordnung im Prinzip nicht ungünstig beurteilte, geht aus den folgenden Worten hervor:

„Wenn man den im vorigen beschriebenen Induktor in seiner ganzen Zusammensetzung betrachtet, so kann man allerdings von den vielen bekannten Apparaten dieser Art keinen namhaft machen, der in seiner äußeren Erscheinung mit dem in Rede stehenden ganz übereinstimmt. Alle stimmen aber im Prinzip in ihrer wesentlichen Einrichtung und zwar darin überein, daß die mit Drahtwindungen versehenen Eisenkerne in einem geringen Abstände von den Polen der festliegenden Hufeisen-Stahlmagnete rotieren, und bei dieser Rotation Ströme von wechselnder Richtung in den Drahtwindungen erzeugt werden.

Das Abweichende des vorliegenden Induktors besteht also lediglich darin, daß die Stahlmagnete in einem größeren Abstände

voneinander, als dies gewöhnlich der Fall ist, angeordnet sind, und daß die Drahtwindungen des Eisenkerns nicht wie gewöhnlich rechtwinklig zur Längsachse, sondern parallel mit der Längsachse liegen. Von diesen Abweichungen ist die erste auf keinen Fall patentfähig, da sich solche nur auf Maßverhältnisse bezieht, und auch die zweite reduziert sich in der Wirklichkeit auf bloße Formverhältnisse, da diese Abweichung lediglich durch die an und für sich gleichgültige Form des Eisenkerns bedingt wird. Jedenfalls erscheint es uns nicht gerechtfertigt, durch Erteilung eines Patents anderen zu untersagen, die Eisenkerne der bekannten Induktoren der Länge nach mit Draht zu umwickeln, da es

billigerweise jedem frei stehen muß, die Windungen nach beliebigen Richtungen um die Eisenkerne zu führen.“

Man merkt, wie sich die Deputation mit Spitzfindigkeiten um die Befürwortung des Patentgesuches herumwindet. Der letzte hier angeführte Satz aus dem Gutachten der Deputation ist wahrlich ein Musterbeispiel dafür, wie man vom grünen Tisch aus eine geniale Erfindung totschiessen kann. Wenn man nach diesem Rezept verfahren wollte, gäbe es überhaupt keinen Schutz für das geistige Eigentum mehr, weil man „billigerweise“ jedem freistellen müßte, irgendeinen Maschinenteil so zu konstruieren, wie der Erfinder es getan hat.

### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Der Steinkohlenteer und seine Destillate in ihrer Bedeutung für den Krieg.** Originalbericht von Dipl.-Ing. Dr. OSKAR MARKFELDT.

Als im Anfang des verflorenen Jahrhunderts das Steinkohlengas in England und etwa ein Jahrzehnt später auch in Deutschland allmählich zur Straßenbeleuchtung der Städte in Aufnahme kam, war der Teer ein recht unwillkommenes Nebenprodukt der Leuchtgasfabrikation, und niemand konnte ahnen, daß dieser Stoff bestimmt war, einst im sozialen Leben der Kulturvölker eine so hervorragende Rolle zu spielen, wie es im Verlauf der letzten fünfzig Jahre offenbar geworden ist.

Die epochemachenden Erfindungen auf den Gebieten der künstlichen Farbstoffe, der künstlichen Riechstoffe, der Pharmazie, Photographie usw. haben allmählich auch in Laienkreisen der gebildeten bürgerlichen Gesellschaft den Wert des Steinkohlenteers zur Erkenntnis gebracht, aber die Unentbehrlichkeit der Teererzeugnisse und damit des Teers selbst im heutigen industriellen Leben der Kulturvölker ist erst im gegenwärtigen Kriege mit überzeugender Deutlichkeit hervorgetreten. Insbesondere das Fehlen der künstlichen Farbstoffe und der wichtigen aus Teerderivaten gewonnenen Heilmittel, die zum bei weitem größten Teil deutschem Forschungs- und Unternehmungsgeiste ihr Dasein verdanken, hat bei unseren Feinden und im neutralen Auslande arge Verlegenheiten und schwere Vermögensverluste verursacht.

Noch vor etwa dreißig Jahren waren die städtischen Leuchtgasfabriken die hauptsächlichsten Erzeuger von Steinkohlenteer; doch ist ihnen im Anfang der achtziger Jahre des verflorenen Jahrhunderts eine große Konkurrenz in den Kokereien erwachsen, nachdem diese mit der Einführung neuer Koksofenkonstruktionen

die Gewinnung der Nebenprodukte, Teer und Ammoniak, aufgenommen hatten. Seit dieser Zeit ist die Destillationskokerei in raschem Emporblühen zu einer unserer bedeutendsten chemischen Industrien geworden und hat die Leuchtgasfabriken weit hinter sich gelassen. Der schnelle Entwicklungsgang der Kokereien geht deutlich aus folgenden vergleichenden Aufzeichnungen des Kaiserlichen Statistischen Amtes hervor, nach welchen an Teer geliefert wurden:

Jahrgang	Von den Koke- reien t	Von den Gas- anstalten t	Zu- sammen t
1908	632378	318000	950378
1909	746821	330000	1076821
1910	822617	350000	1172617
1911	851202	ca. 370000	1201202

Dazu kommen noch kleinere Mengen von Ölgas- und Wassergasteer.

Bis zum Beginn des Krieges ist die Teererzeugung noch weiter gestiegen, so daß dieselbe im Jahr 1914 nach zuverlässigen Angaben mit rund 1 $\frac{1}{2}$  Millionen Tonnen einzuschätzen ist. Diese achtunggebietende Menge Rohmaterial stellt bei den fortgesetzt gestiegenen Preisen heute mindestens ein Kapital von 80 Millionen Mark dar. Fleiß, Erfindungsgeist und Ausdauer haben auch auf diesem Gebiete das Ausland besiegt; denn während England früher große Mengen Steinkohlenteer nach Deutschland einfuhrte, ist dieses jetzt völlig vom Auslande unabhängig geworden; ja, England hat sogar vor dem Kriege größere Mengen Teer von Deutschland bezogen.

Eins der ersten Erzeugnisse, für welche der rohe Steinkohlenteer gewerbliche Verwendung fand, war die Dachpappe. Bald jedoch merkte

man, daß der Gehalt des Rohteers an leicht flüchtigen Ölen und Wasser für die damit hergestellte Dachpappe gewisse Nachteile im Gefolge hatte, und man ging dazu über, diese störenden Bestandteile des Teers durch Erhitzen in offenen Pfannen zu entfernen, ein Verfahren, das neben dem Verlust der wertvollen Leichtöle auch Feuersgefahr für das Fabrikgebäude in sich schloß. Heute wird der zur Dachpappenherstellung bestimmte Teer durch teilweise Destillation aus einer eisernen Retorte („Blase“) von Leichtöl und Wasser befreit, wobei ersteres gewonnen wird; oder es wird die zur Pappaufsaugung nötige Mischung durch Auflösung von Pech in gewissen Teerölen vorbereitet. Man nennt eine solche Pechlösung „regenerierten Teer“; jetzt wird sie auch als „Kriegsteer“ bezeichnet.

Doch nicht von der Erzeugung von Teerfabrikaten soll hier die Rede sein, sondern von ihrer Bedeutung für den Weltkrieg; wohl noch niemals hat unsere unscheinbare Dachpappe so viel Freude und Behaglichkeit verbreitet und so viel Anerkennung gefunden, wie in der gegenwärtigen, schwerlastenden Zeit. Niemals freilich hat sich ihr auch eine so günstige Gelegenheit geboten, ihren großen Wert bei aller Anspruchslosigkeit so allgemein bekannt werden zu lassen, wie in dem gegenwärtigen Völkerringen. Bietet sie doch trotz ihrer Billigkeit bei leichter und schneller Verwendbarkeit einen ganz vortrefflichen Wetterschutz und ist außerdem noch zu einer ganzen Anzahl anderer Verwendungszwecke brauchbar. So mußte sie z. B. die so schnell nicht beschaffbaren wasserdichten Decken ersetzen, welche für die Tausende von Heu-, Stroh-, ja sogar Haferladungen erforderlich waren, die auf offenen Güterwagen transportiert wurden. Und sie hat dies nicht nur zur vollen Zufriedenheit der Militärbehörden getan, sondern ist nach dieser Benützung auch noch an der Front anderen Zwecken dienstbar gewesen. Kein Wunder, wenn daher heute das Loblied der Dachpappe von der Nordsee bis zum Schwarzen Meere erschallt, überall da, wo unsere braven Soldaten im ermüdenden Stellungskampfe in Wind und Wetter dem Feinde standhalten müssen.

Erweist sich somit der Steinkohlenteer selbst in diesem mit ihm hergestellten Erzeugnis von höchstem Werte im Kriege, so sind die aus ihm gewonnenen Destillate von nicht minder hoher Bedeutung, und hier möge es dem Verf. gestattet sein, aus seiner langjährigen Praxis an einer Teerfabrik das Nötigste über die Destillation des Steinkohlenteers mitzuteilen.

Die Destillation des Steinkohlenteers wird in den Teerdestillationen meist in schmiede-

eisernen stehenden Retorten („Blasen“) mit nach innen gewölbtem Boden und einem Fassungsraum bis zu 25000 kg über freiem Feuer durchgeführt. Sie ist auch heut noch zumeist keine kontinuierliche, obwohl im letzten Jahrzehnt manch guter Apparat in Vorschlag gebracht wurde; ein durchschlagender Erfolg ist eben noch nicht erzielt worden. Dagegen wird in größeren Fabriken von einem bestimmten Zeitpunkt der Destillation an mit vermindertem Druck gearbeitet, wodurch das Übergehen der schwerer siedenden Teerbestandteile erleichtert, Kohle gespart und die Blase geschont wird. Bei Beginn der Destillation wird die Retorte langsam angeheizt, um ein Übersteigen des Teers zu verhüten, das durch einen Siedeverzug des vorhandenen Wassers und plötzliches Aufwallen anfangs leicht hervorgerufen wird. Nach etwa 5 bis 6 Stunden, während welcher überriechende Gase, aus Kohlenwasserstoffen, Ammoniak, Schwefelammonium usw. bestehend, entweichen, beginnt bei etwa 80° C. das Übergehen einer mit ammoniakalischem Wasser vermischten dünnen, gelbbraunen Flüssigkeit, die man als „Vorlauf“ bezeichnet. Mit fortdauernd ansteigender Temperatur beginnt das Destillat allmählich wasserfrei zu werden; es hellt sich auf, wird gelb, der Ammoniakgeruch verschwindet und bei etwa 170° C fließt nur noch Öl in die Auffanggefäße — die „Leichtölperiode“ hat begonnen, in deren Verlauf Benzol und seine Homologen Toluol, Xylol und einige weitere Körper übergehen. Das spezifische Gewicht des Destillates nimmt nun allmählich zu, die Temperatur steigt weiter, und es muß jetzt kräftiger geheizt werden. Ist das spez. Gewicht des Destillates über 1,0 gestiegen, so daß es also in Wasser untersinkt, so wird die Vorlage gewechselt und das übergehende „Mittelöl“ (der Hauptsache nach aus „Carbolöl“ bestehend) bis zum spez. Gewicht von 1,025 für sich aufgefangen. Die Temperatur im Helm der Blase beträgt jetzt etwa 250° C. Das Destillat beginnt nun beim Abkühlen reichlich Naphthalinkristalle auszuscheiden, und wenn diese Ausscheidung so stark ist, daß das Destillat in einem damit gefüllten Reagensglas nach dem Abkühlen völlig erstarrt, so daß das Gläschen umgekehrt werden kann, wird wieder die Vorlage gewechselt und es beginnt die „Schweröl-“ oder Kreosotöl-Periode. Es muß nun stark geheizt werden, und man zieht häufig Proben vom Destillat, um zu sehen, ob die Naphthalinausscheidung nachläßt und schließlich aufhört. Die Farbe des Destillates geht während dieser Periode allmählich in Grün über, und wenn sich nun beim Abkühlen des naphthalinfreien Destillates wieder vereinzelte kristal-



linische Ausscheidungen (von Anthracen herührend) zu zeigen beginnen, wird die Vorlage nochmals gewechselt und der Rest als „Anthracenöl“ aufgefangen. Die Temperatur bei gewöhnlichem Druck beträgt nun im Helm der Blase 280°; es wird jedoch mit Beginn der „Kresotölperiode“ mit vermindertem Druck gearbeitet. Die Farbe des Destillats ist während der letzten Periode mehr und mehr aus dem Grün ins Gelbrote übergegangen. Die Destillation wird nun noch so lange fortgesetzt, bis etwa 45% des Blaseninhalts übergegangen sind, wobei die Temperatur auf über 300° steigt. Das spez. Gewicht erreicht gegen das Ende die Höhe von nahezu 1,10. Der verbleibende Rest von 50—55% der ursprünglichen Blasenfüllung bildet das Pech, das zwecks einiger Abkühlung noch ca. 10 Stunden in der Blase verbleibt und dann in Standgefäße (alte Dampfkessel usw.) abgelassen wird, aus denen es schließlich mittels eines Rinnensystems in hölzerne oder eiserne, mit Lehm ausgestrichene Kübel abfließt, in denen es zu größeren, verladungsbereiten Blöcken erstarrt. Die Luftpumpe ist natürlich nach beendigter Destillation außer Tätigkeit zu setzen.

Infolge der verschiedenen oben angeführten

charakteristischen Veränderungen des abfließenden Destillates kann die ganze Destillation ohne Thermometer durchgeführt werden.

Das allbekannte Naphthalin, das uns hier auch interessiert, scheidet sich aus dem Leichtöl und dem Carbolöl bei längerem Stehen in Kry stallen aus und wird nach dem Abpressen durch Destillation oder Sublimation weiter gereinigt. Das Anthracen scheidet sich ebenso aus dem Anthracenöl bei längerem Stehen in kühlen Räumen aus und wird gleichfalls nach hydraulischem Pressen einer Reinigung unterworfen. Von anderen Körpern, die bei der Destillation des Teers neben den schon genannten mit erhalten werden, sind die Homologen des Benzols, das „Toluol“ und die Xylole, ferner die Basen „Pyridin“ und „Anilin“ zu nennen, die sich alle im Leichtöl finden, während aus dem Carbolöl stammend außer dem Naphthalin und Phenol auch die Homologen des letzteren, die „Kresole“ und „Xylenole“, genannt werden müssen. Außer den genannten Körpern birgt der Steinkohlenteer noch eine große Anzahl weiterer wichtiger Kohlenstoffverbindungen, doch interessieren uns hier hauptsächlich die im folgenden Destillationsschema genannten Körper:

Destillate des Rohteers:

Vorlauf	Leichtöl	Mittelöl (Carbolöl)	Schweröl (Kresotöl)	Anthracenöl
Wasser mit Ammoniak, Ammoniaksalzen und Schwefelammonium	Benzol	Phenol(-Carbolsäure)	Naphthalin	Anthracen
	Toluol	{Orthokresol	Blasenrückstand:	Pech
	Xylole	{Metakresol		
	Pyridin	{Parakresol		
	Anilin	Xylenole		
	Naphthalin	Naphthalin		

Während Benzol früher allein von den Teerdestillationen geliefert wurde, wird es in neuerer Zeit in weit größerem Maßstabe in den Kokeereien aus dem Rohgase durch Auswaschen mit einem Teeröle von bestimmten Eigenschaften in 15 bis 18 m hohen Waschtürmen gewonnen. Das vom Washöl aufgenommene Benzol nebst seinen Homologen wird dann in Kolonnenapparaten von besonderer Konstruktion abgetrieben, wobei überhitzter Wasserdampf Verwendung findet. —

Wenn wir weiter oben dem einfachsten Teerzeugnis, der Dachpappe, ein unzweifelhaft verdientes Loblied wegen ihrer Nützlichkeit im gegenwärtigen Kriege gesungen haben, so müssen wir jetzt auch den Destillaten des Teers gegenüber gleiche Anerkennung bekunden, da wir ohne sie wohl längst dem Wunsche unserer Feinde gemäß vom Erdboden verschwunden

wären. Liefern uns doch das Leichtöl und das Mittelöl gerade diejenigen Verbindungen, welche bei der modernen Sprengstoffherstellung die umfangreichste Verwendung finden. Insbesondere das Toluol hat in dem durch Behandlung mit Salpetersäure resp. Salpeter-Schwefelsäure erhältlichen Trinitrotoluol hervorragende Bedeutung erlangt, ja so große Bedeutung, daß die Engländer sich veranlaßt fühlen, für das Toluol, also das Rohmaterial, das bei uns 450 M. die Tonne kostet, den Amerikanern 12000 M. für die gleiche Menge zu zahlen! Welche Mengen aber von diesem berühmten Sprengstoff im gegenwärtigen Völkermorden verbraucht werden, läßt sich schon daran erkennen, daß auf dem kürzlich von einem unserer U-Boote eingebrachten vom „neutralen“ Amerika nach Rußland bestimmt gewesenen Dampfer „Suchan“ außer anderem Kriegsmaterial nicht weniger als 150000 kg Tri-

nitrotoluol vorhanden waren! Auf einem ein-  
zigen feindlichen Transportschiff! —

Das Trinitrotoluol bietet der bisher am  
meisten und auch heute noch in großen Mengen  
benützten Pikrinsäure gegenüber, die gleich-  
falls ein Teerderivat, das Phenol oder die Car-  
bolsäure, als Ausgangsstoff besitzt, gewisse Vor-  
teile; es ist leichter schmelzbar und weniger  
stoßempfindlich. Trinitrotoluol ist Bestandteil  
vieler Sprengstoffe und findet auch für sich allein  
reiche Verwendung als Sprengladung in Minen  
und Granaten.

Auch das Dinitrotoluol und das dinitrierte  
Benzol, das Dinitrobenzol, sowie ferner das  
Naphthalin und seine Nitroderivate finden in  
der Sprengstofftechnik Benützung. Das Dinitro-  
benzol ist z. B. ein Bestandteil der Ammoniak-  
mischungen, deren Hauptbestandteil (etwa 70  
bis 95%) der Ammonsalpeter oder das salpeter-  
saure Ammoniak  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  bildet. Damit ge-  
langen wir zu dem gleichfalls aus dem Teer er-  
hältlichen Ammoniak, das allerdings in reicherer  
Menge bei der trockenen Destillation der Stein-  
kohlen in den Leuchtgasfabriken und in den  
Kokereien erhalten wird, wo man es in das von  
der Landwirtschaft besonders jetzt im Kriege so  
heiß begehrte Ammoniumsulfat überführt. Aus  
diesem Salz kann der Ammonsalpeter durch  
Umsetzung mit Kaliumnitrat erhalten werden.<sup>1)</sup>

Mit der Verwendung der Teeröle in der  
Sprengstofftechnik ist ihre Bedeutung für den  
Krieg noch keineswegs erschöpft. So muß z. B.  
das Benzol in weitestem Maße das fehlende Ben-  
zin, bekanntlich ein Petroleumdestillat, ersetzen,  
das bisher allgemein als Betriebsstoff für Motoren  
im Gebrauch war. Dieser Ersatz ist nach  
gewissen Abänderungen an den Motoren  
aufs beste gelungen, und dürfte das Benzol als  
ein in Deutschland selbst in hinreichender Menge  
zu gewinnendes Erzeugnis auch nach dem Kriege  
als Betriebsstoff für Automobile usw. beibehalten  
werden, wenn nicht ein erheblich billigerer Preis  
des Benzins dessen Wiederverwendung für ge-  
nannten Zweck begünstigen sollte.

Nicht minder unentbehrlich wie für die  
Tausende von Automobilen, Flugzeugen, Luft-  
schiffen usw. im Felde sind das Benzol und die  
übrigen Teeröle auch für unsere Marine, bei  
welcher sie als Treibmittel und Heizstoff in aus-  
gedehntester Verwendung stehen. Durch ihre  
Benützung an Stelle der Kohlen wird nicht nur  
viel an Schiffsraum erspart, sondern auch der  
Aktionsradius unserer Kriegsschiffe bedeutend  
vergrößert. Auch die Sauberkeit bei Benützung

dieses Heizstoffes und die schnelle, bequeme  
Aufnahme desselben im Schiffsraum sind für die  
Schlagfertigkeit und Kampfbereitschaft unserer  
Flotte von höchster Wichtigkeit.

Wenn wir schließlich noch mitteilen, daß  
es gelungen ist, die schweren Teeröle so zu  
reinigen und herzurichten, daß sie als Ersatz  
für Maschinenöle verwendet werden können,  
ferner, daß die leichteren Teeröle als Ersatz für  
Terpentinöl und Leinölfirnis in der Fabrikation  
von Anstrichfarben und das Benzol auch als  
Ersatz von Petroleum bei der häuslichen Be-  
leuchtung dienen, so dürfte einleuchten, welche  
hervorragende Rolle diese Öle im gegenwärtigen  
Kriege spielen.

Erwähnen müssen wir auch als aus dem  
Steinkohlenteer stammend das Cumaronharz,  
das bei dem Mangel an Kolophonium ein viel-  
begehrtes, mit außerordentlich hohen Preisen  
bezahltes Ersatzprodukt geworden ist. Ebenso  
haben die aus Carbonsäure mit Formaldehyd  
erhältlichen Kunstharze als Ersatzstoffe für  
Lackharze sehr an Wert gewonnen.

Ein Kapitel von höchster Wichtigkeit bildet  
die große Anzahl von Präparaten für die Ver-  
hütung ansteckender Krankheiten im Heere,  
sowie für die Wundbehandlung, die aus dem  
Steinkohlenteer stammende Verbindungen als  
Ausgangsmaterial haben; es sei z. B. an die  
Kresolseifenlösungen und die bekannten Des-  
infektionsmittel wie Lysol, Kreolin usw. erinnert.  
Neuere Derivate des Kresols, eines Homologen  
des Phenols, sind das „Kresatin“, das „Pacolol“,  
die sogenannte „Kremulsion R“ und das „Roh-  
solutol“, die dem Kresol an Wirkung noch  
überlegen sein sollen; und von einem moleku-  
laren Gemisch von chloriertem, symmetrischem  
Xylenol  $\text{C}_6\text{H}_3(\text{CH}_3)_2\text{OH}$  mit Parachlormetakresol  
wird berichtet, daß schon 15% ungefähr sechs-  
mal so stark sind, wie reine hundertprozentige  
Carbonsäure, der die Mischung aber außerdem  
durch geringere Giftigkeit und Ätzwirkung über-  
legen ist. — Auch die allgemein bekannte und  
als Antiseptikum für Fruchtsäfte von verschie-  
dener Seite bekämpfte Salicylsäure ist ein Derivat  
des Phenols.

Es würde zu weit führen, hier alle jene  
vom Teer abstammenden Präparate aufzählen  
zu wollen, welche im Kriege eine hochwichtige  
Rolle bei der Verhütung von Epidemien spielen;  
erwähnt soll aber noch werden, daß das zur  
Holzkonservierung so viel benützte „Carbolineum“,  
das entweder ganz aus Anthracenöl hergestellt  
wird, wie z. B. das Avenariuscarbolineum, oder  
aus einer Mischung von Kreosotöl und Anthra-  
cenöl mit einem bestimmten Phenolgehalt be-  
steht, die große Zahl der schon vorhandenen

<sup>1)</sup> Über die Spreng- und Explosivstoffe ver-  
gleiche diese Ztschr. 1915, Heft IV, S. 219 ff.

Entlausungsmittel noch erhöht hat. Das Carbolineum wirkt auf Läuse direkt tödlich und kann für genannten Zweck sowohl bei Personen, wie für Wohnräume benützt werden. So gelang es durch Anstrich der hölzernen Unterstände mit Carbolineum und Anwendung einer fünfprozentigen Carbolineum-Seifenwasseremulsion zum Einreiben des Körpers und zur Besprengung der Kleider eine einmal entlaute Mannschaft auch unter den ungünstigsten Verhältnissen läusefrei zu erhalten. Die erste Entlausung muß aber durch trockene Hitze bewerkstelligt werden.

Mit der gegebenen Darstellung dürfte dem Leser ein wirksames Bild von der Wichtigkeit des Steinkohlenteers und seiner Destillate vor Augen geführt worden sein. Dabei wurde gleichzeitig auch der Reichtum unseres Vaterlandes an Steinkohlen als ein besonderer Glücksumstand in gegenwärtiger Zeit in Erinnerung gerufen, jenes Eckpfeilers unseres Nationalwohlstandes, dem wir seinerseits wieder neben der über alles Lob erhabenen Tapferkeit unserer Landessöhne in erster Linie den uneingeschränkten Fortbestand des Deutschen Reiches zu danken haben werden. —

**Unsere Unterwasser-Handelsschiffe vom Deutschland-Typ.** Über diese macht Dipl. Ing. Kraft (Berlin) in Dingers polytechnischem Journal, Heft 2 Band 332 (98. Jahrg. Januar 1917) interessante Mitteilungen. Er hebt die Konstruktion dieser Schiffe als kennzeichnendes Beispiel deutscher Tatkraft und deutschen Könnens hervor, ein Beispiel, dessen Gewicht um so schwerer in die Wagschale fällt, weil gerade das Moment, das manchen anderen unserer technischen Kriegsschöpfungen Wert und Bedeutung verleiht, nämlich ihre wirtschaftliche Auswertung nach dem Kriege, für das Unterwasser-Handelsschiff nicht gilt; denn der eigentliche Zweck solcher Schiffe scheint mit Kriegsende erledigt. Von allgemeinem Interesse sind in dem Artikel die Zahlenangaben über die Abmessungen des ersten Unterwasser-Handelsschiffes, der „Deutschland“. Bereits im Herbst 1915 hatte die Germaniawerft in Kiel die Pläne für ein derartiges Fahrzeug fertig. Nachdem die Bremer-Ozean-Reederei den Bau in Auftrag gegeben hatte, wurde das Fahrzeug in 5 Monaten fertiggestellt; nach 1½ Monaten waren Probe- und Übungsfahrten so weit abgeschlossen, daß die „Deutschland“ ihre kühne und erfolgreiche Fahrt über den Ozean antreten konnte. — Die Dimensionen sind:

Länge über alles . . . . . 65,00 m  
Größte Breite auf Spanten . . . . . 8,90 m  
Tiefgang etwa . . . . . 4,50 m  
Wasserverdrängung (eingetaucht) 1900 t

Das Schiff ist also im Verhältnis zur Länge sehr breit und tiefgehend gebaut, da weniger

auf große Geschwindigkeit als auf Schaffung guter Ladefähigkeit und günstiger Unterkunftsverhältnisse für die Besatzung gesehen wurde. Die Geschwindigkeit ist nicht bekannt, berechnet sich aber aus den ausgeführten Fahrten zu 8—9 Sm im Mittel (bei Überwasserfahrt). Die Ladefähigkeit beträgt 750—800 t. Interessant ist ein Vergleich mit der tendenziösen Rechnung der englischen Fachzeitschrift Engineering, die bei Annahme einer Wasserverdrängung von 2000 t, einer Länge von 90 m, einer Breite von 9 m zu der äußerst geringen Ladefähigkeit von 350 t kommt.

Gebaut ist die Deutschland als Zweihüllen-Tauchboot. Der zylindrische Druckkörper umschließt die Maschinen-, Wohn- und Laderäume; die äußere Hülle, das Außenschiff, gibt dem Boot die eigentliche Schiffsform und enthält die Tauchtanks und die Ölzellen. Durch 7 Querschotte ist das Schiff in 8 voneinander unabhängige Räume geteilt. Von diesen Räumen enthält, von hinten nach vorn gezählt, der erste, also der Heckraum, die Antriebsmaschinen für das Vertikalruder und das hintere Tiefenruder sowie einige Hilfsmaschinen. Davor liegt der zweite, der Hauptmaschinenraum mit zwei Sechszylinder-Viertaktölmotoren für die Überwasserfahrt und zwei Gleichstrommotoren für die Unterwasserfahrt. Diese letzteren werden bei Überwasserfahrt durch Reibungskuppelung mit den Dieselmotoren vereinigt und laufen dann als Generatoren zum Laden der Akkumulatoren. Die dritte Abteilung ist Laderaum; ein Tunnel führt hindurch zur vierten, mittschiffs gelegenen Abteilung, der Kommandozentrale. Diese enthält die Tiefensteuerräder, die Lenz- und Fluteinrichtung, Hilfsmittel zum Ausblasen der Ballasttanks, die Kreiselkompaßanlage und einen Hochdruckluftkompressor. Darüber befindet sich der Kommandoturm mit zwei Sehrohren, der nach oben durch eine Navigationsplattform abgeschlossen wird. In Abteilung fünf und sechs sind die Mannschaftsräume untergebracht (für den Kapitän, zwei Wachoffiziere, den Ingenieur, drei Wachmaschinenisten, den Lademeister sowie ein Seemanns- und Maschinenpersonal von 21 Köpfen); unter diesen beiden Abteilungen sind die Akkumulatoren eingebaut. Abteilung sieben ist wieder Laderaum; Abteilung acht, der Bugraum, enthält den Motor für das Ankerspill und das vordere Tiefenruder sowie eine Hilfslenzpumpe. Außerdem sind vorhanden: Lösch- und Ladevorrichtungen, Funkspracheinrichtung, Luftauffrischungseinrichtung, Telefonboje usf.

Drei Abbildungen (Druckkörper in Spanten; Vor dem Stapellauf; Blick in die Kommandozentrale) dienen zur Veranschaulichung der Beschreibung. *Dr. Erich Günther, Dresden.*

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Einleitung in die allgemeine Mechanik.** Zum Gebrauch bei Vorträgen, sowie zum Selbstunterricht. Von Professor Dr. MAX PLANCK. Mit 43 Figuren. 218 S. Leipzig, S. Hirzel, 1916. M. 7,—, geb. M. 8,—.

Der Verfasser betont im Vorwort mit Recht, daß die Schwierigkeiten für den Anfänger auf dem Gebiet der theoretischen Physik weniger die mathematische Form als den physikalischen Inhalt der Gedankengänge betreffen. Er will deshalb das Lehrgebäude nicht als ein fertig Gegebenes, sondern als ein Schritt für Schritt Gewordenes vorführen, ohne dabei im einzelnen allen Stufen der historischen Entwicklung zu folgen. Dabei wird ein Satz öfter nicht so bewiesen, wie er gefunden wurde, noch auch wie er am direktesten nachträglich bewiesen werden kann, sondern wie er am einfachsten hätte gefunden werden können. Dieses didaktische Prinzip ist an sich gewiß richtig, man erhält aber beim Lesen des Buches doch den Eindruck, als ob noch viel mehr hätte geschehen können, um den Zusammenhang der theoretischen Betrachtung mit der tatsächlichen physikalischen Unterlage herzustellen. Dazu hätte freilich ein noch genaueres Zurückgreifen auf historische Entwicklungen gehört, als der Verfasser für angemessen gehalten hat. Bemerkenswert ist, daß die Grundbegriffe nicht lediglich per definitionem eingeführt, sondern daß, wenn auch nur kurz, auf die Erfahrungsgrundlage hingewiesen wird. Der Verfasser trägt auch keine Scheu, bei Einführung der Kraft auf den Kausalbegriff zurückzugehen. Die allgemeinere Definition der Kraft wird erst im Anschlusse an das Hamiltonsche Prinzip gegeben.

Der Inhalt des Buches gliedert sich nach den herkömmlichen Gesichtspunkten; besondere Aufmerksamkeit wird der relativen Bewegung zugewendet, den Schluß der Dynamik starrer Körper bildet eine Darstellung des einfachsten Falles der Kreisbewegung und der Präzession. Das Buch wird dem Anfänger gute Dienste leisten. P.

### **Lehrbuch der Mathematik für Studierende der Naturwissenschaften und der Technik.**

Eine Einführung in die Differential- und Integralrechnung und in die analytische Geometrie. Von Dr. Georg Scheffers, Professor a. d. Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg. Zweite, vermehrte Auflage. Mit 438 Fig. 752 S. Leipzig, Veit & Co., 1916. M. 20,—, geb. M. 22,—.

Der Vorzug des umfangreichen Buches besteht in der Ausführlichkeit der Darstellung, die

es dem Anfänger leicht macht, den Text durchzuarbeiten, auch werden nur geringe Vorkenntnisse vorausgesetzt, selbst die goniometrischen Funktionen werden noch einmal ausführlich entwickelt. Andererseits geht das Buch sehr auf Übungen und Anwendungen ein, deren Zahl mehr als 300 beträgt. Auch für die Zwecke der Schule kann das Buch nützlich werden, da es gerade auf die heute im Vordergrund des Interesses stehende angewandte Mathematik Bezug nimmt. So wird die Fehlerfunktion in der Wahrscheinlichkeitsrechnung abgeleitet, die Exponentialfunktion und ihre Anwendungen, die gedämpften Schwingungen, die polytropischen Kurven für Gase und Dämpfe u. a. mehr; auch Beispiele aus der technischen Mechanik fehlen nicht. Eine ungewöhnlich große Zahl von Figuren erhöht die Anschaulichkeit des Vorgetragenen. Somit wird es auch der neuen Auflage nicht an Freunden fehlen. P.

### **Die quantitative organische Mikroanalyse** von

Dr. Fritz Pregl, o. ö. Professor der medizinischen Chemie und Vorstand des medizinisch-chemischen Instituts an der Universität Graz. Mit 38 Textfiguren. Berlin 1917, Julius Springer. VIII u. 189 S. Geb. M. 9,—, geh. M. 8,—.

Immer häufiger kommt der präparative Organiker und physiologische Chemiker in die Verlegenheit, daß er kostbare und schwer zugängliche Verbindungen nur in so kleinen Mengen darstellen kann, daß die gewöhnlichen Analysen und Untersuchungsmethoden versagen. So hat sich im Laufe der letzten Jahre eine organische Mikrochemie entwickelt, für deren analytische Seite Pregl und seine Schüler die Hauptarbeit geleistet haben. Nachdem ihre Methoden seit Jahren erfolgreich angewendet worden sind, hat sich Pregl entschlossen, seine Erfahrungen, die zum Ziele führenden Wege und, um den Kollegen Arbeit zu ersparen, auch die Irrwege zu beschreiben und zusammenzufassen.

Jeder Experimentator weiß, daß man beim Verarbeiten kleinerer Substanzmengen nicht einfach die Apparatur im gleichen Verhältnis verkleinern darf, ebensowenig wie etwa ein Architekt einen Bauplan mit dem Storchschnabel vergrößern oder verkleinern kann, je nachdem ob das Gebäude für mehr oder weniger Menschen berechnet ist.

Bei der organischen Mikroanalyse liegen außerdem prinzipielle Schwierigkeiten vor. Die Verbrennungsprodukte  $H_2O$  und  $CO_2$  sind — analytisch betrachtet — schädliche Verunreinigungen der überall vorhandenen Luft, von denen bei der Verbrennung von 2—5 mg Substanz

selbst die kleinsten Mengen, die bei der Makroanalyse in die Versuchsfehler fallen würden, ausgeschlossen werden müssen; dazu kommt, daß jedes Glas zur Bildung eines alkalischen, also  $\text{CO}_2$  anziehenden Wasserhütchens neigt und jedes Stückchen Schlauch, dessen man nun einmal beim Zusammensetzen der Apparatur nicht entraten kann,  $\text{H}_2\text{O}$  abgibt und für  $\text{CO}_2$  durchlässig ist. Aber all diese Schwierigkeiten hat Pregl durch mühsame Kleinarbeit überwunden. Wenn man seine Vorschriften beim Wägen und Arbeiten genau innehält, kann man mit 2 mg Substanz ebenso genaue Analysen liefern wie bisher mit 0,1 bis 0,2 g. Die Kuhlmannsche Wage, die bei 20 g Belastung 0,001 mg ziemlich sicher angibt, ist ein Instrument, auf das Deutschland stolz sein darf.

Dem Sachkundigen wird in dem Preglschen Buch, das mehr gibt als der Titel verspricht, am meisten imponieren, daß es dem Verf. sogar gelungen ist, genaue Mikro-Molekulargewichtsbestimmungen nach der doch recht diffizilen Beckmannschen Siedepunktmethode auszuführen. Siebert und Kühn in Cassel haben dazu ein Beckmann-Thermometer konstruiert, das mit 1,5 ccm Lösung auszukommen gestattet.

Es wäre zu wünschen, daß auch die — bequemere — kryoskopische Methode für kleine Substanzmengen ausgearbeitet würde (die ersten Ansätze dazu sind vorhanden); das würde auch für klinische Versuche wichtig sein.

Einer besonderen Empfehlung bedarf das Buch nach obiger Inhaltsangabe und Charakterisierung wohl nicht! Nur die Klarheit und die große Zahl an Abbildungen sei noch besonders hervorgehoben.

W. Roth-Greifswald.

**Lehrbuch der Chemie für Lyzeen und höhere Mädchenschulen.** Von Prof. Dr. E. LÖWENHARDT, Oberlehrer in Halle a. S. 2. Aufl. mit 99 Abbildungen. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1915, IV und 149 S. Geb. M. 2.

Das vorliegende Buch, dessen 1. Auflage in dieser Zeitschrift nicht besprochen worden ist, bringt den durch die neuen preußischen Lehrpläne geforderten Stoff in drei Abschnitten, entsprechend seiner Verteilung auf die Klassen III bis I. Die Grundbegriffe werden im Anschluß an die dem Anfänger mancherlei Schwierigkeiten bietende Luftuntersuchung, der sofort die physikalische und chemische Prüfung des Wassers folgt, entwickelt, während der Schwefel und die Sulfide der Schwermetalle, die sich so gut für die Einleitung eignen, dem Stoffe der I. Klasse vorbehalten sind. Im übrigen ist die Auswahl des Lehrstoffs, der die Beziehungen der Chemie zum täglichen Leben in ausreichendem Maße, die zur Technik sogar wohl mehr, als dem Interesse der Schülerinnen entsprechen dürfte, berücksichtigt, zu loben. Dies gilt auch für die Darstellung, die klar und besonders im Anfang ausführlich ist und durch gute Abbildungen zweckmäßig unterstützt wird. Die organische Chemie wird recht eingehend behandelt, was wegen des für die II. Klasse geforderten Anschlusses an den biologischen Unterricht zu billigen ist; doch dürften die Strukturformeln des Benzins und Naphtalins nebst Ähnlichem die Auffassungskraft der Schülerinnen überschreiten. Manche Ungenauigkeiten, die sich in dem empfehlenswerten Büchlein finden — beispielsweise die Angabe, daß die Schneekoppe aus Granit besteht — werden hoffentlich in der nächsten Auflage ausgemerzt werden.

J. Schiff.

## Versammlungen und Vereine.

### Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

*Sitzung am 3. März 1916.* Herr MASCHÉ sprach über einige Anwendungen der Nernstlampe bei optischen Versuchen. Er benutzte ein durch Projektion eines Nernstfadens erhaltenes Spaltbild, bestimmte die Brennweite der Projektionslinse und zeigte einige Versuche über Reflexion und Brechung. — Derselbe gab eine graphische Darstellung des Minimums der Ablenkung beim Prisma.

*Sitzung am 12. Mai 1916.* Herr VOLKMANN zeigte einen Kolben aus Jenaer Glas, der dazu dient, um nach Papin die Dampfspannung sichtbar zu machen.

*Sitzung am 27. Mai 1916.* Die Sitzung fand statt im physikalischen Hörsaal der vereinigten Valdernschen Lehranstalten zu Brandenburg a. d. H. Herr FR. C. G. MÜLLER demonstrierte ein neues einfaches Instrumentarium für Schwingungsbewegungen und für das physikalische Pendel. Zuerst wurden an den elastischen Schwingungen von Spiralfedern die Richtigkeit

der Formel  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_1}}$  bestätigt. Zu weiteren Versuchen dienten die Schwingungen eines toridierten mit einem horizontalen Ring belasteten Drahtes, an dem sich zugleich der Begriff des Trägheitsmoments entwickeln ließ. Andere Versuche betrafen Schwingungen eines um eine

vertikale Achse gedrehten Ringes unter dem Einfluß einer durch ein seitlich ziehendes Gewicht ausgeübten Richtkraft. Zuletzt folgten Versuche mit physischen Pendeln von verschiedener Gestalt, bei denen die reduzierten Pendellängen festgestellt wurden. — Derselbe Vortragende zeigte einen Kolbenapparat zur Veranschaulichung und Messung hoher Dampfdrucke (diese Zeitschr. 29, 253), die momentane Magnetisierung von Stahlstäben (diese Zeitschr. 29, 32), die Bestimmung der Tragkraft von Magneten mit der Federwage und machte Versuche mit seinem Lichtzeigerelektrometer (diese Zeitschr. 29, 69).

*Sitzung am 15. September 1916.* Herr HEYNE sprach über Art, Dicke und Montierung von Drähten bei Sicherungen. — Herr VOLKMANN sprach über Metallegierungen, deren spezifischer Widerstand nie kleiner sei als der Widerstand der Bestandteile; der Schmelzpunkt der Legierung sei dagegen stets kleiner als der Schmelzpunkt der Teile; die Härte von Legierungen könne durch Abschrecken konserviert werden. — Herr HEYNE beschrieb das „Kontrabarometer“ nach dem Prospekt einer Charlottenburger Firma.

*Sitzung am 30. Oktober 1916.* Herr Dr. ROBERT STEIN, Oberlehrer am Petri-Realgymnasium in Leipzig, sprach über „Übersichtstafeln, ein altes Unterrichtsmittel in erneuter Anwendung“. Er wies hin auf das vor 100 Jahren erschienene Werk des Pariser Chemikers Fourcroy, système des connaissances chimiques, dem als Anhang eine große Zahl von der Wiederholung des Stoffes dienenden Tafeln beigegeben waren. Der Nutzen einer solchen Tafel, von der ein Probeschema gezeigt wurde, bestehe darin, daß mit einem Blick alle wichtigen Punkte übersehen würden. Auch Kant habe sich in seinen Prolegomenen der Übersichtstafeln bedient, ebenso Goethe zoologischer Tafeln. Die Einführung solcher Tafeln sei auch heute, wenn auch in beschränktem Umfange, zu empfehlen. — In der Besprechung äußerte Herr MELLMANN sich dahin, daß im physikalisch-chemischen

Unterricht nur wenige Stoffe für solche Schemata nach Fourcroy sich eigneten. Auch Herr ARCHENHOLD ist Gegner der Tafeln, die einer besseren Darstellungsweise, den Diagrammen, Platz gemacht hätten. Herr MATZDORFF dagegen hebt hervor, daß er in der Tierkunde die Schüler nach Besprechung der einzelnen Tierstämme oder Klassen zur Anfertigung solcher Tafeln veranlaßt habe.

*Sitzung am 17. November 1916.* Herr Dr. LEIMBACH (Göttingen) sprach, unter Benutzung von Apparaten der „Physikalischen Werkstätten zur Erforschung des Erdinnern“, über die Einführung in das Gebiet der elektrischen Wellen im Unterricht. Als Grundlage dienten Versuche über Wechselstrom. Durch Einschaltung einer stufenweisen Selbstinduktion und eines Stufenkondensators in einen Gleichstromkreis, ebenso auch mit einem Simonschen elektrolytischen Unterbrecher, erhält man ein schwingungsfähiges System, mit dem verschiedene bekannte Wechselstromversuche gezeigt wurden. Durch eine andere Stufe der Selbstinduktion oder eine andere Einstellung des Unterbrechers ließ sich die Frequenz so weit vergrößern, daß ein Ton entstand. Durch die Simonsche bzw. Dudellsche Schaltung (Überlagerung von Mikrophonströmen bzw. eines aus Selbstinduktion und Kapazität bestehenden schwingungsfähigen Systems über eine Bogenlampe) wurden immer höhere Frequenzen und Töne erzeugt. Änderungen von Selbstinduktion und Kapazität führten zu Teslaschwingungen; gezeigt wurden die Impedanz und andere Erscheinungen des Tesla-transformators. Eine besondere Form des letzteren bildete den Übergang zu dem Braunschen Sender der drahtlosen Telegraphie. Auch die Erscheinungen der Stoßerregung nach Wien wurden gezeigt. Mit einer besonderen Form des Hertzischen Senders wurden zuletzt die Erscheinungen der elektrischen Resonanz, sowie andere Hertzische Versuche, besonders auch die Interferenz elektrischer Wellen nachgewiesen.

*Schk.*

## Die Königlich Preußische Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Das am 1. Oktober 1914 begründete Zentralinstitut für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Berlin führt durch Ministerialerlaß vom 29. November 1916 fortan den obigen Namen. Ein erster Bericht über die Tätigkeit der Hauptstelle vom 1. Oktober 1914 bis 1. Oktober 1916 ist, 62 Seiten stark, im Verlag von Quelle und Meyer in Leipzig erschienen. Vorausgeschickt

ist eine historische Darstellung der Begründung der Hauptstelle, verfaßt von dem Geh. Oberregierungsrat Dr. J. Norrenberg. Es wird auf das Verdienst hingewiesen, das sich B. Schwalbe und O. Vogel durch Anregung der naturwissenschaftlichen Ferienkurse zu Berlin im Jahre 1901 erworben haben. Aus der Erweiterung dieser Kurse ist die neue Zentralanstalt hervor-

gegangen, für welche bereits Schwalbe, Noack, Bohn und später Poske in den Schriften des deutschen Ausschusses für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht, eingehende Vorschläge gemacht haben. Es wird der Ministerialerlaß vom 19. September 1914 mitgeteilt, durch den der neu errichteten Anstalt außer den Fortbildungskursen auch die Aufgabe einer Prüfungs- und Auskunftsstelle für naturwissenschaftliche Lehrmittel zugewiesen wird. Zum Leiter der Hauptstelle wurde Professor Hermann Hahn berufen.

In dem Bericht des Leiters wird über die Einrichtungen zur Weiterbildung der Lehrer und Lehrerinnen Groß-Berlins in Erdkunde, Mathematik und Naturwissenschaften eingehend Nachricht gegeben. Die Übungen waren in 3 Gruppen getrennt, A. in solche für Lehrer und Lehrerinnen an höheren Schulen für die männliche Jugend, B. desgleichen für die weibliche Jugend, C. für Lehrer und Lehrerinnen an den Volksschulen. Ferner wurden im April und Mai 1915 sechs Einzelvorträge über das Thema „Schule und Krieg“ veranstaltet. Im Mai und Juni 1915 hielt Professor F. Lampe für Lehrer und Lehrerinnen an den Volksschulen sechs Vorträge über die Heimatkunde von Berlin, im Winter 1915/16 derselbe sechs Vorträge über kriegsbetroffene Länder, und Dr. R. Hennig sechs Vorträge über Wetterkunde.

Eine sehr umfassende Tätigkeit hatte die Hauptstelle trotz des Krieges in der Beantwortung zahlreicher Anfragen über Unterrichtseinrichtungen zu entfalten. Diese Anfragen betrafen: die Unterrichtsräume und ihre innere Einrichtung; die Bildwurfeinrichtungen; die Ausrüstungen von einklassigen Volksschulen und von Lyzeen mit naturwissenschaftlichen Lehrmitteln; die Unterrichtsmittel für Mathematik, desgleichen für Naturgeschichte, Physik, Chemie, Erdkunde. In Arbeit befinden sich Musterverzeichnisse von Apparaten für den physikalischen, sowie für den biologischen, chemischen und biologischen Unterricht. Sie werden von Ausschüssen bearbeitet, die aus Mitgliedern der physikalischen und der chemisch-biologischen Ortsgruppe des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts bestehen. Den Musterverzeichnissen entsprechende Lehrmittelsammlungen sowie eine veränderliche Ausstellung von Neuheiten auf dem Lehrmittelmart sind in Aussicht genommen.

Eine weitere Aufgabe der Hauptstelle wird die Untersuchung der wissenschaftlichen und gewerblichen Grundlagen der Lehrmittel sein. Den Grundstock hierfür bilden eine Reihe wissenschaftlicher Apparate, die die Fortbildungs-

abteilung bereits besaß. Diese Ausrüstung wurde fürs erste ergänzt durch eine Einrichtung für elektrische Messungen nach dem Kompensationsverfahren. Um diese Abteilung hat sich besonders Dr. C. Fischer verdient gemacht.

Schließlich weist Hahn darauf hin, daß eine enge Verbindung zwischen Schule und Hauptstelle erforderlich ist; letztere kann ihre Aufgabe nur lösen mit Hilfe der Lehrer, die mitten im Schulbetriebe stehen. Alle Fachlehrer können an den Aufgaben mitarbeiten, sei es durch Einsendung von Sonderabzügen ihrer Arbeiten, soweit sie auf diese Aufgaben Bezug haben, sei es durch Mitteilung kleiner Erfahrungen und Beobachtungen, die vielleicht zur Veröffentlichung zu unbedeutend erscheinen. Auch in Fällen, wo die Hauptstelle eine Auskunft erteilt hat, ist es dringend erwünscht, daß die Anfragenden hernach die Erfahrungen mitteilen, die sie mit den vorgeschlagenen Einrichtungen, Lehrmitteln, Verfahren und Versuchen gemacht haben. Ja die Fachlehrer sollten der Hauptstelle Vorschläge machen, wie man den Bau der Unterrichtsräume, ihre innere Einrichtung, die Lehrmittelbeschaffung, die einzelnen Lehrmittel, die Verwaltung der Sammlungen usw. verbessern könnte. „Nur wenn der Hauptstelle die Erfahrungen und Wünsche aller Lehrer der Erdkunde, Mathematik und Naturwissenschaften zufließen, vermag diese Anstalt die äußeren Bedürfnisse dieser Fächer vollkommen zu überschauen und die besten Mittel zu ihrer Befriedigung anzugeben.“

Auch Verleger und Hersteller von Unterrichtsmitteln werden von der Hauptstelle ersucht, mindestens ihre Preislisten und Werbeschriften, wenn möglich aber auch ihre Bücher und die von ihnen angefertigten Unterrichtsmittel der Hauptstelle einzusenden, und vor allen auch die Lehrmittel anzugeben, deren Herstellung sie besonders pflegen. „Unser Lehrmittelwesen sieht auf einigen Gebieten aus wie ein verwilderter Park ohne Luft und Licht. Die Hauptstelle will helfen, den Lehrmittelhandel von dem Ballast veralteter Lehrmittel zu befreien und die Verschwendung einzudämmen, die darin liegt, daß man von demselben Gerät überflüssig viele Abarten herstellt, die gleichwertig sind. . . . Nur durch ein einheitliches Zusammenwirken der Hauptstelle mit den Lehrern, den Verlegern und Herstellern ist es zu erreichen, daß unsere Schulen mit den besten Lehrmitteln versorgt werden, und die deutschen Lehrmittel den Weltmarkt erobern.“

In den Anlagen zu der Schrift ist unter anderm eine Reihe von Anfragen an die Haupt-

stelle mitgeteilt, aus denen hervorgeht, wie mannigfach die Bedürfnisse und Wünsche sind, die die Anstalt zu befriedigen hat und wie

segensreich ihre Tätigkeit mit der Zeit wirken muß. In dieser Zuversicht sei der jungen Schöpfung ein herzhaftes Glückauf zugerufen! P.

**Korrespondenz.**

Zu dem Aufsatz „Optische Darstellung der Schwingungen der Telephonschallplatte“ von Prof. Dr. DONLE im Jahrgang 29 dieser Zeitschrift fügt der Verfasser ergänzend hinzu, daß der auf S. 300 erwähnte Membran-

apparat von Martens nach Mitteilung der Firma Leppin und Masche eine Originalkonstruktion dieser Firma und von ihr zuerst in den Handel gebracht worden ist.

**Himmelserscheinungen im April und Mai 1917.**

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

	April						Mai						
	1	6	11	16	21	26	1	6	11	16	21	26	31
☿ AR	0 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>	1.30	2.7	2.41	3.9	3.31	3.44	3.47	3.43	3.34	3.24	3.17	3.17
	D	+ 5 <sup>o</sup>	+ 10	+ 14	+ 18	+ 20	+ 22	+ 22	+ 22	+ 20	+ 18	+ 16	+ 14
♀ AR	0 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>	0.42	1.5	1.28	1.51	2.15	2.39	3.3	3.28	3.53	4.19	4.45	5.11
	D	+ 1 <sup>o</sup>	+ 3	+ 6	+ 8	+ 10	+ 13	+ 15	+ 17	+ 18	+ 20	+ 21	+ 23
☉ AR	0 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup>	0.59	1.18	1.36	1.55	2.13	2.32	2.51	3.11	3.31	3.50	4.11	4.31
	D	+ 4 <sup>o</sup> 25'	+ 6.20	+ 8.12	+ 10.0	+ 11.45	+ 13.24	+ 14.58	+ 16.26	+ 17.48	+ 19.1	+ 20.7	+ 21.4
♂ AR	0 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>	0.32	0.46	1.0	1.14	1.28	1.43	1.57	2.11	2.26	2.40	2.54	3.9
	D	+ 1 <sup>o</sup>	+ 3	+ 4	+ 6	+ 7	+ 9	+ 10	+ 11	+ 13	+ 14	+ 15	+ 17
♃ AR	2 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup>		2.38		2.47		2.57		3.6		3.16		3.25
	D	+ 14 <sup>o</sup>	+ 14		+ 15		+ 16		+ 17		+ 17		+ 18
♄ AR	7 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup>						7.47						
	D	+ 22 <sup>o</sup>					+ 22						
Aufg. ☉	5 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup>	5.26	5.15	5.4	4.53	4.42	4.32	4.22	4.13	4.5	3.58	3.52	3.47
Unterg. ☉	18 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup>	18.40	18.49	18.57	19.6	19.15	19.23	19.32	19.40	19.48	19.55	20.2	20.9
Aufg. ☾	12 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup>	17.57	—	2.45	4.16	7.37	13.20	19.27	—	1.44	3.43	8.46	14.34
	Unterg. ☾	3 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>	4.30	6.26	12.27	19.33	0.5	2.9	3.25	7.27	14.27	20.59	23.57
Sternzeit im mittl. Mittag	0 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup>	0.56.40	1.16.22	1.36.5	1.55.48	2.15.31	2.35.13	2.54.56	3.14.39	3.34.22	3.54.5	4.13.47	4.33.30
Zeitgl.	+ 4 <sup>m</sup> 4 <sup>s</sup>	+ 2.35	+ 1.10	- 0.7	- 1.14	- 2.11	- 2.56	- 3.28	- 3.46	- 3.49	- 3.37	- 3.13	- 2.36

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.  
Sommerzeit = mitteleurop. Zeit + 1 Stunde.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		April 21, 15 <sup>h</sup> Mai 21, 2 <sup>h</sup>	April 29, 6 <sup>h</sup> Mai 29, 1 <sup>h</sup>	April 7, 15 <sup>h</sup> Mai 7, 4 <sup>h</sup>

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im April	wird abends im NW. sichtbar, in der zweiten Monatshälfte bis 1 Stunde lang	unsichtbar; obere Konjunktion am 26.	unsichtbar	abends anfangs noch für kurze Zeit sichtbar, wird in der zweiten Monatshälfte unsichtbar	abends noch 7 bis 4 1/2 Stunden lang sichtbar
im Mai	wird am Ende der ersten Woche wieder unsichtbar	zuletzt abends im NW. für kurze Zeit sichtbar	unsichtbar.	unsichtbar; Konjunktion am 9.	die Sichtbarkeitsdauer sinkt bis auf 1 1/2 Stunden

F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Druck von Oscar Brandstetter in Leipzig.