

Apparate für den chemischen Unterricht.

Von Heinrich Rheinboldt in Bonn.

Als ich vor einigen Jahren daran ging, den chemischen Unterricht der Lehramtskandidaten umzugestalten in dem Sinne, daß die bislang vorwiegend analytische Ausbildung eingeschränkt und dafür die apparative und experimentelle Schulung in den Vordergrund gestellt werden sollte, ergab sich die Notwendigkeit, den Praktikanten eine Reihe von apparativen Hilfsmitteln, jeweils in größerer Anzahl, zur Verfügung zu stellen. Diese hatten verschiedene Forderungen zu erfüllen: Die Apparate mußten billig sein, wenn das neue Programm bei einer beständig anwachsenden Praktikantenzahl, die schließlich fast hundert erreichte, überhaupt durchführbar sein sollte. Wenn irgend möglich, sollten die Apparate von den Studierenden selbst mit einfachen Mitteln herstellbar sein oder wenigstens in der Werkstatt des Instituts ohne erhebliche Kosten angefertigt werden können. Es ist überhaupt mein Bestreben, den Praktikanten nicht fertige, mehr oder weniger komplizierte Apparaturen vorzusetzen, sondern sie zu deren Herstellung und Zusammenstellung anzuleiten oder wenigstens zu zeigen, wie eine Anfertigung auf einfachem Wege möglich ist. Ferner mußten die Apparate, soweit sie vorrätig gehalten werden, stabil gebaut sein, um ihnen auch bei wenig sorgsamer Behandlung eine ausreichende Lebensdauer zu sichern. Schließlich war darauf zu sehen, daß sich die Apparate nicht nur für einen einzelnen speziellen Versuch eignen, sondern daß mit ihnen möglichst viele verschiedenartige Versuche ausführbar sind oder daß sie sich als Aufbauteile für die verschiedensten Apparaturen verwenden lassen.

Da manche dieser apparativen Hilfsmittel der Bonner Schule von allgemeinerem Interesse sein dürften, so sollen in zwangloser Reihenfolge einige, die sich in mehrjähriger Praxis bewährt haben, beschrieben werden. Ein Teil der Apparate wird auf meine Veranlassung von den Lehrmittel-Werkstätten Hans Hilgers in Bonn, Meckenheimer Allee 4, in den Handel gebracht. Für die Versuche, die sich mit den Apparaten ausführen lassen, werde ich in einem Leitfaden, der demnächst unter dem Titel „Übungsbeispiele chemischer Unterrichtsversuche“ im Verlage von Theodor Steinkopff, Dresden, erscheint, genaue Anweisungen geben.

1. Röhrenöfen.

Bei zahlreichen Versuchen ist es erforderlich, Rohre aus Glas, Porzellan oder Metall längere Zeit hindurch gleichmäßig auf hohe Temperaturen zu erhitzen. Hierzu dienen die bekannten, nach dem Prinzip der „Verbrennungsöfen“ konstruierten „Röhrenöfen“. Diese waren für unsere Zwecke aber zu kostspielig, außerdem genügt es für Unterrichtsversuche in den meisten Fällen, viel kürzere Rohre zu verwenden, als sie die üblichen „Röhrenöfen“ erfordern.

Wir benutzen zum Aufbau von Röhrenöfen Steine aus Kieselgur. Diese werden von der Firma Grünfzweig & Hartmann in Ludwigshafen a. Rhein unter der Bezeichnung „Diatomitsteine“ in zwei Größen angefertigt: a) $25 \times 12 \times 5$ cm und b) $25 \times 12 \times 6,5$ cm. Diese „Diatomitsteine“ besitzen ein ausgezeichnetes Wärmeisolierungsvermögen, sind sehr leicht — a) = 545 g, b) = 575 g — und so weich, daß sie mit den einfachsten Werkzeugen (Messer oder Raspel) bequem bearbeitet werden können; trotzdem sind sie mechanisch widerstandsfähig und von guter Haltbarkeit.

Behelfsmäßig kann man in einfachster Weise einen Röhrenofen zusammenstellen, indem man zwei der dünneren Steine 15 cm voneinander entfernt, parallel zueinander, hochkant aufstellt. In die Mitte der oberen Seite beider Steine schneidet man eine V- oder U-förmige Vertiefung ein, in die ein Winkeleisen von 26 cm Länge hineinpaßt. In diese Eisenschiene wird das zu erhitzende Rohr hineingelegt; bei Verwendung von Metallrohren kann die Eisenschiene fortfallen. Die ganze Vorrichtung wird durch einen dritten Diatomitstein bedeckt, in dem man eine der Längsrichtung nach in der Unterflächenmitte verlaufende Hohlkehle angebracht hat, von der einige Durchbohrungen nach der Oberfläche durch den Stein hindurchgehen (vgl. Fig. 1 b). Die Heizung erfolgt, je nach der erforderlichen Temperatur, durch einen BUNSEN- oder TECLU-Brenner, den man zweckmäßigerweise mit einem Schlitz-(Breitbrenner-)Aufsatz versieht. Selbst bei hellster Rotglut kann man den Deckstein unbeschadet mit der Hand anfassen.

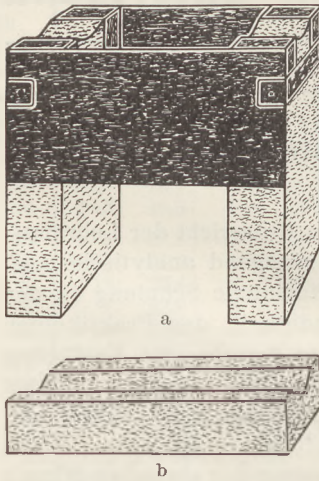


Fig. 1. Röhrenofen.

Die verwendeten Rohre sollen etwa 30 bis 35 cm lang sein. Zum Schutz der Stopfen kann man auf die Rohrenden „Asbestreiter“ — kleine quadratische, in der Mitte durch-

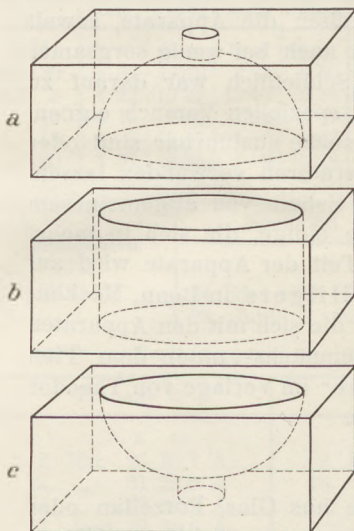


Fig. 2. Steine für den Tiegel-Glühofen.

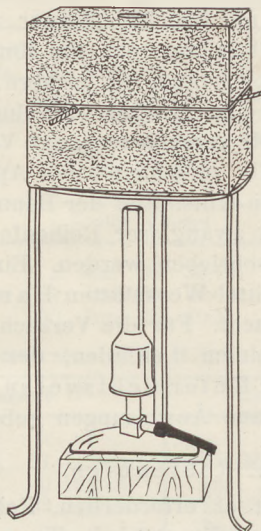


Fig. 3. Tiegel-Glühofen.

mittels eines Tondreiecks eingehängt, für dessen Drahtenden in dem unteren Stein geeignete Vertiefungen angebracht werden, so daß der Deckstein fest auf dem unteren Stein aufsitzt. Das Ganze wird auf einen Dreifuß gestellt. Der Brenner soll nicht in die untere Öffnung des Ofens hineinragen; er wird in solcher Entfernung darunter aufgestellt, daß nur die Flamme in den Ofen hineinschlägt.

Für hohe Tiegel kann die Höhe des Ofens beliebig vergrößert werden, indem man zylindrisch durchhöhlte Diatomitsteine als Zwischenstücke zwischen die beiden ausgehöhlten Steine einschiebt (vgl. Fig. 2 b).

¹ Zu beziehen von Hans Hilgers, Bonn.

² Diatomitsteine können von Hans Hilgers, Bonn, bezogen werden.

lochte und von der Durchlochung nach einer Seitenmitte hin aufgeschlitzte Asbestplatten — aufsetzen.

2. Tiegel-Glühofen.

Zur Anfertigung eines einfachen, außerordentlich wirksamen Tiegel-Glühofens wird ein Diatomitstein² in zwei Hälften von $12,5 \times 12 \times 5$ cm zersägt. Beide Steine werden mittels eines Messers kuppelartig ausgehöhlt; von dem Scheitel der Kuppe wird eine etwa 2 cm weite Öffnung (bei dem Deckstein nur etwa 1 cm weit) durch den Stein hindurchgeführt (vgl. Fig. 2 a u. c).

In den beim Aufeinanderlegen der Steine entstehenden kugelförmigen Ofenraum wird der Tiegel

Der Ofen eignet sich für alle Schmelzprozesse, für Temperaturen oberhalb 900° bis 1000° wird als Heizquelle ein Gebläsebrenner verwendet (Fig. 3).

3. Elektrischer Flammenbogenofen.

Einfache elektrische Flammenbogenöfen für Unterrichtszwecke sind mehrfach beschrieben worden. Diesen liegen zwei Konstruktionsprinzipien zugrunde. Meist werden Graphittiegel verwendet, in die von oben her eine verschiebbare Kohlenstabelektrode senkrecht eingeführt wird, während der Tiegel selbst als Gegenelektrode dient. Bei den selbst anzufertigenden Tiegelöfen dieses Prinzips läßt die Führung und Regulierbarkeit der Kohlenelektrode viel zu wünschen übrig. Meist soll die Regulierung durch Lösen und Verschieben einer Stativklammer erfolgen. Häufig wird für Unterrichtszwecke der von R. FISCHER¹ angegebene Lichtbogenofen empfohlen, bei dem die Führung der beweglichen Kohlenelektrode gut durchkonstruiert ist. Dieser Ofen kostet aber heute 105 RM.

Bei den Öfen des zweiten Konstruktionsprinzips dient der Tiegel selbst nicht als Elektrode; der Lichtbogen wird zwischen zwei Kohlenstabelektroden erzeugt. Diese Öfen sind im Gebrauch zweifellos billiger. Erwähnt sei vor allem der von W. FRANCK² angegebene Ofen, der aus einem Blumentopf hergestellt wird: durch das erweiterte Bodenloch des Topfes wird ein Kohlenstab eingeführt, darauf wird der Topf so weit mit Töpferlehm ausgekleidet, daß ein zylindrischer Ofenraum von 25 mm Durchmesser und 50 mm Höhe entsteht; die Gegenelektrode wird in einer Stativklammer befestigt, durch deren Verschiebung der Flammenbogen reguliert wird. Bei einem anderen Modell³ werden beide Kohlen durch seitliche Durchbohrungen des Blumentopfes horizontal in den Ofenraum eingeführt. Dieser Ofen besitzt einen sehr kleinen Ofenraum und die Regulierbarkeit des Lichtbogens ist umständlich und unbequem⁴.

Bei der Konstruktion unseres Modelles wurde darauf gesehen, daß ein Ofenraum beliebiger Größe erhalten werden kann und die Elektrodenführung so einfach ist, daß sich der Ofen auch für längeren Betrieb eignet.

Der Ofen (Fig. 4) besteht aus zwei ineinandergestellten Blumentöpfen, die voneinander durch eine wärmeisolierende Schicht aus Kieselgur getrennt sind.

Der größere Blumentopf besitzt einen oberen Durchmesser von 10 cm, der kleinere einen solchen von 7 bis 8 cm. Die Bodenlöcher beider Töpfe werden mittels einer Rundfeile so erweitert, daß eine Kohlenstabelektrode von etwa 15 mm Stärke und 20 cm Länge gerade hindurchgeht. Auf den Kohlenstab wird, etwa 5 cm vom Ende entfernt, als Träger und Abschluß der

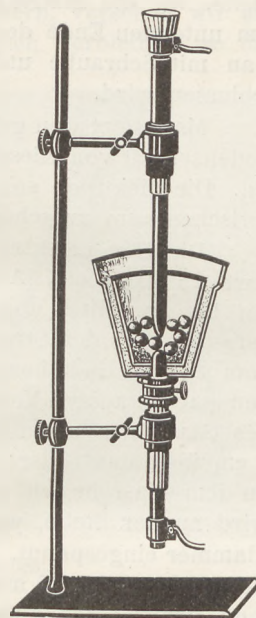


Fig. 4. Elektrischer Flammenbogenofen.

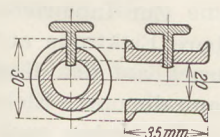


Fig. 5. Träger für den Flammenbogenofen.

¹ R. FISCHER: Aus der Natur 9, 407 (1913); 12, 475 (1916); abgebildet auch in Z. phys. chem. Unt. 39, 38 (1926).

² FRANCK, W.: Ein selbst herstellbarer elektrischer Ofen. Z. phys. chem. Unt. 35, 132 (1922).

³ FRANCK, W.: Unterrichtsbl. Mathem. u. Naturw. 24, 84 (1923).

⁴ Es wird auch empfohlen, zwei am Stativ befestigte Kohlenstäbe im spitzen Winkel zueinander in einen Tiegel oder eine Schale einzuführen. Bei dieser Anordnung ist eine Regulierung des Lichtbogens sehr unbequem. Man kann aber nach diesem Prinzip in sehr einfacher Weise einen Lichtbogen erzeugen, wenn man folgendermaßen verfährt, was auch für andere Zwecke empfohlen sei: zwei dünnere Kohlenstäbe werden durch die Bohrungen eines doppelt durchbohrten Gummistopfes verkehrt herum hindurchgesteckt, so daß der breitere Teil des Stopfens nach unten gerichtet ist. Auf diese Weise werden die Spitzen der Kohlen auseinandergehalten. Zum Zünden des Lichtbogens hat man nur nötig, am unteren Ende auf den Stopfen zu drücken, wodurch sich die Kohlenstäbe bis zur Berührung nähern.

Blumentöpfe eine eiserne Muffe aufgeschraubt. Diese fertigt man an aus einer Muffe von $\frac{1}{2}$ Zoll, wie sie zur Verbindung von Gasleitungsrohren verwendet werden, indem man sie mit einer Bohrung mit Gewinde und einer passenden Messingschraube versieht¹ (vgl. Fig. 5).

Unter die Muffe schiebt man über den Kohlenstab ein etwa 8 cm langes Stück eines gerade passenden, starkwandigen Verbrennungsrohres und über dieses an der Stelle, wo die Stativklammer angreift, ein etwa 3 cm langes Stück Gummischlauch. Am untersten Ende des Kohlenstabes wird eine Lasche aus Kupferblech befestigt, die man mit Schraube und Mutter versieht, an welcher der Stromzuleitungsdraht angeschlossen wird.

Man setzt den größeren Blumentopf auf die Muffe auf, füllt eine etwa 3 cm hohe Bodenschicht von Kieselgur ein und setzt dann den kleineren Topf fest in den größeren ein. Die Elektrode soll 1 bis 2 cm in den inneren Topf hineinragen. Darauf wird der Zwischenraum zwischen beiden Töpfen mit Kieselgur ausgefüllt.

Die Gegenelektrode, die etwa 10 mm stark sein kann, besitzt eine Länge von etwa 25 bis 30 cm. Auf das stumpfe Ende des Kohlenstabes wird als isolierender Griff ein bis zur Mitte angebohrter Korkstopfen fest aufgesetzt. Unterhalb des Stopfens befestigt man den Stromzuleitungsdraht an einer Kupferblechlasche. Nun schiebt man vom unteren Ende her ein etwa 8 cm langes Stück eines dem Kohlenstab eng anliegenden starkwandigen Verbrennungsrohres über die Kohle, nachdem man am oberen Ende des Glasrohres einen 10 cm langen dicken Gummischlauch angebracht hat, der etwa 3 cm über das Glasrohr übergreift. Dieser Schlauch muß elastisch sein und sowohl an dem Glasrohr wie an dem Kohlenstab fest anliegen. Die so vorbereitete Elektrode wird an der Stelle, wo der Gummischlauch über das Glasrohr greift, in eine Stativklammer eingespannt. Die Spitze der oberen Elektrode soll von dem Ende der unteren Elektrode 10 bis 15 mm entfernt sein; durch einen leichten Druck auf den Korkstopfen muß sich die obere Elektrode der unteren bis zur Berührung nähern lassen, bei Aufhebung des Druckes aber wieder in ihre Ausgangsstellung zurückkehren.

Der Ofen kann mit 20 Amp. betrieben werden. Man kann den äußeren Blumentopf auch in einen passenden Stativring einhängen, was aber nur bei einem großen Ofen erforderlich ist. Die Kupferlaschen und die blanken Enden der Stromleitungsdrähte werden vorteilhaft mit Isolierband umwickelt.

Zur Inbetriebsetzung des Ofens drückt man nach Einschaltung des Stromes die obere Elektrode auf die untere Kohle herab, verringert nach erfolgter Zündung den Druck auf den Korkstopfen allmählich, bis sich der Lichtbogen eingebrannt hat, läßt dann die obere Elektrode in die Ausgangsstellung zurückspringen und zieht sie während des Versuches nach Bedarf weiter nach oben.

Zur Darstellung von Carbiden füllt man in den Ofen zunächst so viel Kohlepulver ein, daß nur noch das Ende der unteren Elektrode freiliegt. Das Reaktionsgemenge — Al u. C; CaO u. C; CeO₂ u. C — wird vorteilhaft in Form von kleinen Kugeln verwendet, die man durch Verrühren mit konz. Zuckerlösung formt und im Trockenschrank trocknet. Man hat durch Hineinstoßen der Kugeln in den Lichtbogen mittels eines dünnen Graphitstabes dafür zu sorgen, daß immer neue Substanz in den Flammenbogen hineinkommt. Während des Versuches wird der Ofen mit einer zweiseitigen Asbestplatte mit kreisförmigem Ausschnitt bedeckt.

Der Ofen eignet sich in der beschriebenen Form auch zur präparativen Darstellung größerer Mengen von Carbiden.

4. Füße für Gasbomben¹.

Eine Reihe von Gasen verwendet man heute auch im Unterricht in verflüssigtem oder stark komprimiertem Zustand. Hierbei gilt aber als unumgängliche Vorschrift,

¹ Zu beziehen von Hans Hilgers, Bonn.

daß die Bomben gegen etwaiges Umstürzen absolut gesichert werden müssen. An dem Experimentiertisch des Hörsaals oder Unterrichtsraumes, sowie an den Abzügen kann man die Bomben anketten oder anbinden. Im Praktikum ist dies aber nicht immer möglich; hier wird man häufig freistehende Bomben verwenden müssen, die vor oder zwischen den Arbeitstischen stehen. Auch während eines Experimentalvortrages ist man oft genötigt, eine Bombe an eine andere Stelle des Experimentiertisches zu bringen, um sie an verschiedene Apparaturen anschließen zu können.

Um die Gasbomben in jedem Falle gegen Sturz zu sichern, versehen wir alle Bomben mit speziellen Füßen, die ihnen auch bei Nichtgebrauch verbleiben, so daß die Bomben auch beim Transport zu den Arbeitsplätzen oder von einer Arbeitsstelle zur anderen gesichert sind.

Diese Füße bestehen aus zwei Eisenringen, die sich in 30 cm Entfernung voneinander befinden und durch drei starke Profileisen, die an die Ringe angenietet sind, miteinander verbunden sind. Der obere Ring besitzt einen Durchmesser von 15,5 cm und besteht aus einem 1 cm dicken,

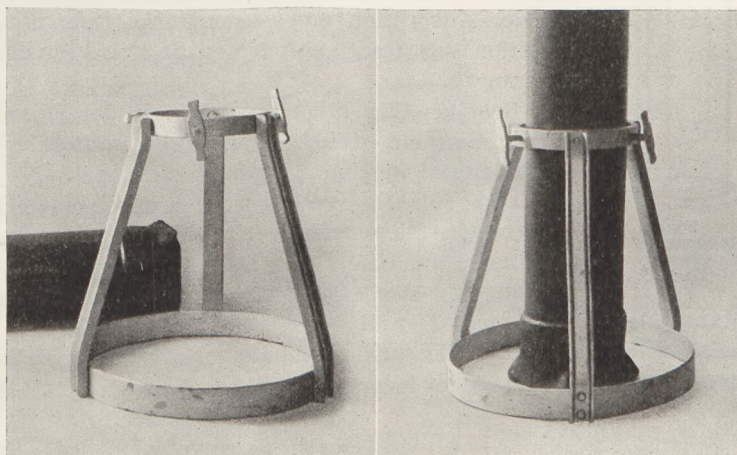


Fig. 6. Füße für Gasbomben.

voll verschweißten Eisenband, das drei Flügelschrauben trägt. Der untere Ring mit einem Durchmesser von 35 cm besteht aus einem dünneren (0,4 cm) vernieteten Eisenband. Das Gewicht der Füße beträgt etwa 5 kg (Fig. 6).

Nach Einstellen der Bombe in das Gestell werden die Flügelschrauben schwach (!) angezogen, wodurch den Bomben ein absolut sicherer Halt verliehen wird. Zum Transport lassen sich die Bomben durch geringes Neigen nach dem Körper hin auf dem unteren Ringe leicht rollen. Für ungewöhnlich dicke Bomben erhalten die Ringe einen größeren Durchmesser.

Ein Vorteil dieser Füße ist, daß sie nicht viel Raum versperren und billig sind.

5. Ein einfaches Thermoskop¹.

Ein unentbehrlicher Apparat sehr vielfacher Verwendungsmöglichkeit ist ein Thermoskop zum qualitativen Nachweis von Wärmetönungen bei chemischen Reaktionen. Hier sind die verschiedensten Vorrichtungen bekannt, von den einfachen Luftthermometern bis zu dem Doppelthermoskop von LOOSER.

Bei der Konstruktion unseres Thermoskops wurde vor allem auf stabilen Bau, Einfachheit und Billigkeit, sowie auf vielseitigste Verwendbarkeit, nicht nur für Einzelversuche, sondern auch als Aufbauteil in größeren Apparaturen gesehen.

Der Apparat besteht im wesentlichen aus dem unteren Teil einer DRECHSELSchen Waschflasche von 300 cm³ Inhalt, der mit einem seitlichen Ansatzrohr versehen ist. In diese Flasche, die als Luftraum dient, ist das Reaktionsgefäß (80 cm³) eingeschliffen. Es werden zwei Modelle verwendet: das erste (Fig. 7) besitzt ein Reaktionsgefäß mit trichterförmiger Mündung; es dient zur Ausführung von Versuchen, bei denen Flüssigkeiten mit festen oder flüssigen Stoffen zur Reaktion kommen. Als Beispiele seien

¹ Zu beziehen von Hans Hilgers, Bonn.

genannt: positive oder negative Lösungswärme von Salzen in Flüssigkeiten, Hydrationswärme, Neutralisationswärme, Ionisationswärme, hydrolytische Dissoziationswärme (S_2Cl_2 , SO_2Cl_2 , PCl_3 , PCl_5 , CaH_2 , Mg_3N_2 , CaC_2 u. a. m.).



Fig. 7.
Reaktionsgefäß
für Thermoskop,
Modell I.

Das zweite Modell (Fig. 8) besitzt ein Reaktionsgefäß mit enger kreisförmiger Mündung, die das Einsetzen eines Stopfens gestattet. Dieses Modell ist bestimmt für Versuche, bei denen Gase eingeleitet werden sollen. Als Beispiele seien angeführt: Wärmetönungen bei der Auflösung von Gasen in Flüssigkeiten, beim Verdunsten von Flüssigkeiten (z. B. Äther beim Durchblasen von Luft), bei dem Austreiben gelöster Gase (NH_3 , SO_2 aus den wässrigen Lösungen beim Durchblasen von Luft), bei der Adsorption von Gasen durch feste Stoffe (Aktivkohle), bei der Reaktion von Gasen mit festen Stoffen [$Ca(OH)_2 + Cl_2$; $Ca(OH)_2 + CO_2$] u. a. m.

Behelfsmäßig kann man sich ein derartiges Gefäß zusammenstellen, indem man ein weites Reagenzglas mittels eines Gummistopfens oder Gummiringes in eine Saugflasche einsetzt.

Diese Reaktionsgefäße werden durch einen Gummischlauch mit einem U-förmigen Manometer verbunden (vgl. Fig. 8). Dieses besitzt an dem Zuleitungsrohr eine T-förmige Abzweigung mit Glashahn, welche die Verbindung mit der Atmosphäre herstellt. Dadurch wird das Einstellen des Manometers erleichtert. Der Hahn ist so angebracht, daß das Küken nach hinten zeigt, so daß sich der Hahn auch beim Demonstrationsversuch leicht durch den hinter der Apparatur stehenden Experimentator bedienen läßt. Das Manometerrohr wird

gefüllt mit Wasser, das durch etwas Säurefuchsin (Rubin S) angefärbt wird. Durch verschiedene Weite der Manometerrohre läßt sich die Empfindlichkeit der Apparate variieren.

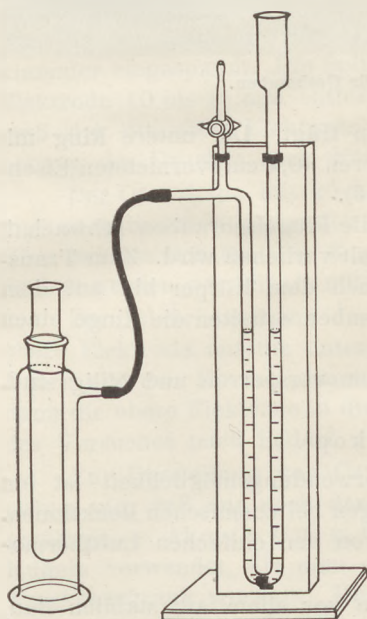


Fig. 8. Thermoskop mit Reaktionsgefäß,
Modell II.

Das Modell II läßt sich auch noch für andere Versuche verwenden, z. B. für die Demonstration der Löslichkeit, Ab- und Adsorption von Gasen. Hierfür kann man die Apparatur so aufbauen, daß man in den Einsatz des Reaktionsgefäßes etwa 40 cm^3 des Lösungsmittels einfüllt, das Gaszuleitungsrohr in dem darüber befindlichen Luftraum enden läßt und ein in den Stopfen eingesetztes Gasableitungsrohr mit dem Manometer verbindet. Zum Nachweis einer auftretenden Wärmetönung wird ein zweites Manometer an das Mantelgefäß angeschlossen. Feste Stoffe werden, zwischen Glaswolle verteilt, in das Reaktionsgefäß eingebracht. Der Versuch wird so ausgeführt, daß man zunächst bei geöffnetem Hahn des Manometers die Luft durch Hindurchleiten des Gases verdrängt, dann schließt man gleichzeitig die Gaszuleitung und den Hahn des Manometers und beobachtet — unter Schütteln des Reaktionsgefäßes — die Bindung des Gases und die auftretende Wärmetönung. Man hat nur darauf zu achten, daß der

Hahn des Manometers wieder rechtzeitig geöffnet wird, um ein Zurücksteigen der Manometerflüssigkeit in das Reaktionsgefäß zu verhindern. Beispiel: Löslichkeit von Acetylen in Wasser und Aceton.

Fig. 9 zeigt eine andere Versuchsanordnung für denselben Fall. Hier wird als Manometer für den Gasverbrauch eine große MÜENCKESche Waschflasche benutzt, die mit einer indifferenten Sperrflüssigkeit beschickt ist. Die Anordnung hat den Vorteil, daß ein größeres Gasvolumen abgesperrt werden kann und daß die Flüssigkeit des

U-Rohres nicht mit dem Gase in Berührung kommt. Diese Versuchsanordnung eignet sich z. B. zur Demonstration des Sauerstoffverbrauchs bei der langsamen Oxydation von feuchtem Eisen und der dabei auftretenden Reaktionswärme.

Ferner läßt sich Modell II nach Einsetzen eines weiten Steigrohres verwenden zur Demonstration der Kontraktion beim Vermischen zweier unbegrenzt ineinander löslicher Flüssigkeiten und der dabei auftretenden Wärmetönung. Beispiel: Alkohol und Wasser.

6. Einfacher Apparat zum Studium der elektrolytischen Dissoziation. „Leitfähigkeitsprüfer“.

Dieser einfach anzufertigende Apparat, der eine sehr mannigfache Verwendungsmöglichkeit besitzt, ist in Fig. 10 dargestellt.

Die Vorrichtung besteht aus zwei Teilen, dem Elektrodenhalter (Fig. 10a) und dem Stromanzeiger (Fig. 10b). Zur Anfertigung des Elektrodenhalters wird eine Kupferdrahtlitze von etwa 1 m Länge an dem einen Ende auseinandergewickelt; beide Drähte werden am Ende auf etwa 2 cm Länge von der Isolierung befreit, blankgeschabt und durch Hartlöten mit einem Platindraht von 1,5 bis 2 cm Länge und 0,3 bis 0,5 mm Stärke verbunden. Hierzu legt man den fest zusammengedrillten Kupferdraht auf einen Ziegelstein und auf den Draht oder eng daneben den Platindraht in der Weise, daß beide Drähte eine gerade Linie bilden und sich auf einer Strecke von 0,5 bis 1 cm Länge berühren. Auf die Berührungsstelle bringt man etwas angefeuchtetes Boraxpulver und auf dieses ein kleines Stückchen Silberblech; richtet man die Spitze einer Gebläseflamme auf diese Stelle, so vereinigt das geschmolzene Silber die beiden Drähte fest miteinander. Die beiden mit den Platindrähten versehenen Kupferdrähte schiebt man in je ein 20 cm langes Glasrohr, dessen Weite so zu bemessen ist, daß der isolierte Kupferdraht den Querschnitt gerade ausfüllt. Die Platindrähte sollen 1 cm aus dem unteren Ende der Glasrohre herausragen. In die Enden der Glasrohre schiebt man Asbestfasern ein, um die blanken Drahtenden von der Wand der Glasrohre fernzuhalten, und schmelzt darauf die Rohrenden zu gewölbten Kuppen zu. Die herausragenden Platindrähte werden, wie aus Fig. 10a ersichtlich ist, nach entgegengesetzten Seiten hin ösenförmig umgebogen;

sie können an der Außenwand der Glasrohre durch einen Tropfen Einschmelzglas befestigt werden, was aber nicht unbedingt erforderlich ist. Über die beiden eng aneinander gelegten Glasrohre wird am oberen Ende und etwa 8 cm von diesem entfernt ein schmaler Schlauchring geschoben, so daß die Rohre unverrückbar fest miteinander verbunden sind. Das Rohrpaar wird in ein 12 mm weites Glasrohr von 20 cm Länge so eingesetzt, daß es auf eine Länge von 12 cm aus diesem nach unten herausragt. Die Dicke der zur Verbindung der beiden

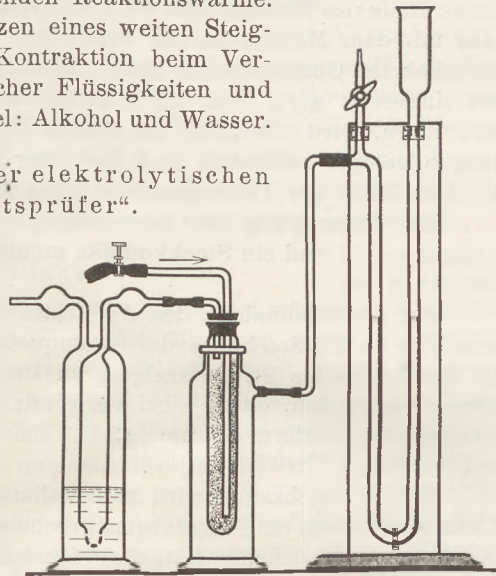


Fig. 9. Versuchsanordnung: Bindung von Gasen unter Wärmetönung.

Fig. 10a ersichtlich ist, nach entgegengesetzten Seiten hin ösenförmig umgebogen; sie können an der Außenwand der Glasrohre durch einen Tropfen Einschmelzglas befestigt werden, was aber nicht unbedingt erforderlich ist. Über die beiden eng aneinander gelegten Glasrohre wird am oberen Ende und etwa 8 cm von diesem entfernt ein schmaler Schlauchring geschoben, so daß die Rohre unverrückbar fest miteinander verbunden sind. Das Rohrpaar wird in ein 12 mm weites Glasrohr von 20 cm Länge so eingesetzt, daß es auf eine Länge von 12 cm aus diesem nach unten herausragt. Die Dicke der zur Verbindung der beiden

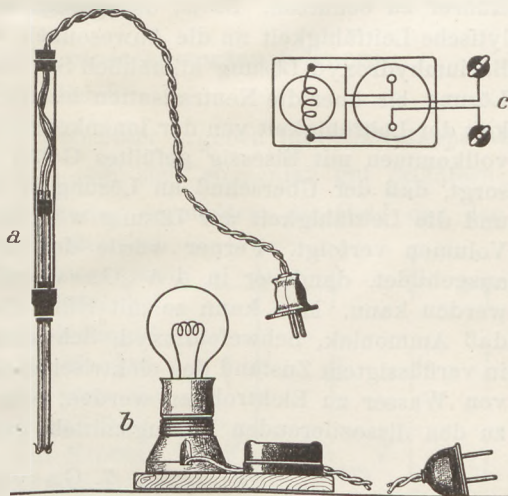


Fig. 10. Leitfähigkeitsprüfer.

sie können an der Außenwand der Glasrohre durch einen Tropfen Einschmelzglas befestigt werden, was aber nicht unbedingt erforderlich ist. Über die beiden eng aneinander gelegten Glasrohre wird am oberen Ende und etwa 8 cm von diesem entfernt ein schmaler Schlauchring geschoben, so daß die Rohre unverrückbar fest miteinander verbunden sind. Das Rohrpaar wird in ein 12 mm weites Glasrohr von 20 cm Länge so eingesetzt, daß es auf eine Länge von 12 cm aus diesem nach unten herausragt. Die Dicke der zur Verbindung der beiden

Elektrodenrohre verwendeten Gummischlauchringe muß so gewählt werden, daß das Rohrpaar durch sie in dem weiteren Glasrohr unbeweglich festgehalten wird. Über das untere Ende des Mantelrohres wird ein Gummischlauchring gezogen, der das Elektrodenpaar mit dem Mantelrohr fest verbindet. Die Kupferdrahtlitze wird durch einen eng durchbohrten Gummistopfen hindurchgezogen, der in das obere Ende des Mantelrohres fest eingesetzt wird. Um ein Abreißen der Leitungsschnur von den Platindrähten zu verhindern, wird die Litze im oberen Teil des Mantelrohres in einige lockere Windungen gelegt; außerdem muß sie in der Bohrung des Stopfens vollkommen festsitzen. An dem Ende der Leitungsschnur wird ein Stecker befestigt.

Zur Anfertigung des Stromanzeigers werden auf einem starken Holzbrett ein Lampensockel und ein Steckkontakt montiert (Fig. 10b), deren Schaltung aus Fig. 10c ersichtlich ist.

Zur Inbetriebnahme des Apparates hat man nur nötig, den Stecker des Stromanzeigers in die Steckdose der Stromquelle und den Stecker des Elektrodenhalters in die Steckdose des Stromanzeigers zu stecken. Als Stromquelle kann man die Lichtleitung verwenden, oder — bei Verwendung von Niedervoltlampen — eine Stromquelle entsprechend niedriger Spannung. Die Empfindlichkeit des Stromanzeigers kann variiert werden durch Verwendung von Lampen verschiedener Kerzenstärke.

Bei Nichtgebrauch wird zum Schutz der Elektroden über den unteren Teil des Elektrodenhalters ein Reagenzglas geschoben, das von dem die drei Rohre umschließenden Gummischlauchring festgehalten wird.

Der Apparat besitzt, abgesehen davon, daß er stets gebrauchsfertig ist, eine Reihe von Vorteilen. So ist es möglich, eine große Anzahl von Flüssigkeiten und Lösungen hinsichtlich ihrer Leitfähigkeit in gewöhnlichen Reagenzgläsern zu untersuchen. Man hat nur nötig, die Elektroden zwischen den einzelnen Prüfungen mit destilliertem Wasser abzuspritzen und eventuell mit Watte abzutrocknen. Dann ermöglicht die Form des Elektrodenhalters, ihn während eines Versuches gleichzeitig als Rührer zu benutzen. Es ist dies nötig, wenn man z. B. zeigen will, daß die elektrolitische Leitfähigkeit an die Anwesenheit von Ionen gebunden ist, indem man zu einer Bariumhydroxyd-Lösung allmählich Schwefelsäure hinzugibt und die Leitfähigkeit der Lösung bis über die Neutralisation hinaus verfolgt, — oder, wenn man die Abhängigkeit der Leitfähigkeit von der Ionenkonzentration zeigen will, indem man in ein kleines, vollkommen mit Eisessig gefülltes Gefäß von unten her Wasser zutreten läßt, dafür sorgt, daß der Überschuß an Lösung in eine untergestellte Wanne überfließen kann, und die Leitfähigkeit der Lösung während der Verdünnung bei konstant gehaltenem Volumen verfolgt. Ferner wurde der Elektrodenhalter in der beschriebenen Form ausgebildet, damit er in den „Gasverdichter“ — vgl. Abschnitt 7 — eingetaucht werden kann. Man kann so mit Hilfe dieses Apparates in einfachster Weise zeigen, daß Ammoniak, Schwefeldioxyd, Schwefelwasserstoff, Bromwasserstoff, Jodwasserstoff in verflüssigtem Zustand den elektrischen Strom nicht leiten, sondern erst nach Zugabe von Wasser zu Elektrolyten werden, oder, daß z. B. Schwefeldioxyd und Ammoniak zu den dissoziierenden Lösungsmitteln gehören.

7. Gasverdichter¹.

Dieser Apparat wurde bereits in dieser Zeitschrift **44**, 218 bis 220 (1931), beschrieben. Es sei hier nachgetragen, daß die der Beschreibung beigegebene Abbildung den Apparat in etwa $\frac{1}{8}$ natürlicher Größe wiedergibt. Das gebräuchliche Modell des Gasverdichters besitzt eine Höhe von 30 cm (ohne den Holzsockel); der Kühleinsatz faßt 100 cm^3 , der Sammelansatz für das verflüssigte Gas 15 cm^3 . Für den Gebrauch in großen Hörsälen wird ein etwa doppelt so groß dimensioniertes Modell angefertigt.

Der Luftmantel ist nicht evakuiert, um die Stabilität des Apparates zu erhöhen. Trotzdem kann man zur Verflüssigung sehr tief siedender Gase flüssige Luft als

¹ Zu beziehen von Hans Hilgers, Bonn.

Kühlmittel verwenden. Es empfiehlt sich, hierzu den Kühleinsatz aus dem Apparat zu entfernen und ihn außerhalb mit der üblichen Vorsicht mit flüssiger Luft zu füllen, aber nicht bis an den Schliff. Nach dem Einsetzen des Kühleinsatzes in den Gasverdichter hält sich die flüssige Luft darin so geraume Zeit, daß alle Versuche ausgeführt werden können. Wenn man z. B. scharf getrockneten Chlorwasserstoff einleitet, so erhält man in kürzester Zeit an dem Kühleinsatz einen dicken, schneeartigen Belag von festem Chlorwasserstoff (Schmelzpunkt $-111,9^{\circ}$); in dem Maße, wie die flüssige Luft verdampft, schmilzt der Chlorwasserstoff und tropft in den Sammelansatz herab, wo er sich ansammelt und lange Zeit in flüssiger Form sich hält (Siedepunkt -85°). Es ist dies ein leicht auszuführender, eindrucksvoller und lehrreicher Versuch.

8. Gasmeßglocken¹.

Die dem „Bonitierungsapparat“ von FRANZ SCHULZE² nachgebildeten Gasmeßglocken von FR. C. G. MÜLLER³, die aus einem an der Mündung etwas verjüngten Zylinder bestehen, der durch einen Gummistopfen verschlossen wird, durch den zwei nach entgegengesetzten Seiten umgebogene Glasröhren hindurchgehen, die mit Glashähnen versehen sind, wird vorteilhaft in der Weise abgeändert, daß man den Zylinder tatsächlich eine geschlossene Glockenform gibt. An die Zylinderglocken ist ein Präzisionshahn mit Kapillarrohr angeschmolzt, der die Einstellung von drei verschiedenen Gaswegen gestattet. Die Weite der Zylinder ist mit einem Fassungsvermögen von 300 cm^3 , das für alle Unterrichtsversuche ausreichend ist, etwas enger bemessen als bei MÜLLER, so daß eine genauere Kalibrierung möglich ist. Dieses Modell ist nicht teurer als das ursprüngliche und besitzt den Vorteil, daß der Apparat durch den Dreiwegehahn viel leichter zu bedienen ist und sich auch für Sperrflüssigkeiten und Gase eignet, die Gummi angreifen.

Chemisches Institut der Universität Bonn. Anorganische Abteilung.

Kleine Mitteilungen.

Dopplereffekt im reflektierten Licht eines bewegten Körpers.

Von S. Janß in Wandsbek.

Relative Bewegung von Lichtquelle und Beobachter ergeben im Spektralapparat eine Linienverschiebung gemäß $\Delta\lambda = \frac{v}{c}\lambda$. Dies läßt sich elementar gut erläutern; denn die Bewegung des Beobachters vermehrt oder vermindert die Zahl der den Apparat (einschließlich Auge) treffenden Wellenstöße, und die Bewegung der Lichtquelle ruft eine Änderung der Wellenlänge im Ausbreitungsmedium hervor. Auch bei Zurückwerfung an bewegten Körpern treten Änderungen auf. Astronomisch sind sie von Wichtigkeit, da sie Aufschluß über Rotation von Planeten geben und auch die diskontinuierliche Struktur des Saturnringes dartun. Diese Änderungen sind schwieriger darzustellen, und KONEN⁴ ist der Auffassung, daß eine rein phoronomische Ableitung keine Auskunft geben kann. Mir scheint aber, daß die Vorgänge doch vollkommen elementar dem Verständnis nähergebracht werden können.



Fig. 1. Lichtstrahl wird in sich selbst zurückgeworfen; Bewegung in Strahlrichtung.

1. Zunächst soll der Effekt ermittelt werden (Fig. 1), wenn der reflektierende Körper K sich mit der Geschwindigkeit v in Richtung des einfallenden Lichtes bewegt und der

¹ Zu beziehen von Hans Hilgers, Bonn.

² FRANZ SCHULZE: J. prakt. Chem. 47, 299/300 (1849). Bonitierung = Abschätzung.

³ FR. C. G. MÜLLER: Z. phys. chem. Unt. 14, 330 bis 339 (1901).

⁴ KAYSER: Handbuch der Spektroskopie. Bd. 2, S. 413.

Beobachter zwischen Lichtquelle und K steht. Dies ist z. B. der Fall bei den Scheibenrändern aller äußeren Planeten, da die Abweichungen der Richtung des Lichts und der Beobachtungsrichtung nicht merklich sind und bei der Opposition auch streng verschwinden. — In Fig. 1 a bedeuten die Punkte 1 bis 4 Wellenberge (allgemeiner Zustände gleicher Phase) einer auf K treffenden Wellenbewegung; Berg 1 wird gerade reflektiert. Hat sich die Welle um λ fortbewegt, dann sind die Wellenberge an den in Fig. 1 b gezeichneten Punkten (die reflektierte Welle ist tiefer gezeichnet); Berg 2 wird aber noch nicht zurückgeworfen, da die Wand sich um x weiterbewegt hat. Reflexion von 2 (Fig. 1 c) findet erst dann statt, wenn sowohl 1 als auch 2 bis 4 um (näherungsweise) x fortgeschritten sind; man erkennt deutlich, daß $\lambda + 2x$ der Abstand von 1 und 2 ist. Es gilt die Proportion $\lambda : (\lambda + x) = c : (c + v)$, und hieraus ergibt sich $x = \frac{v}{c} \lambda$; die neue Wellenlänge ist also $\lambda + 2x =$

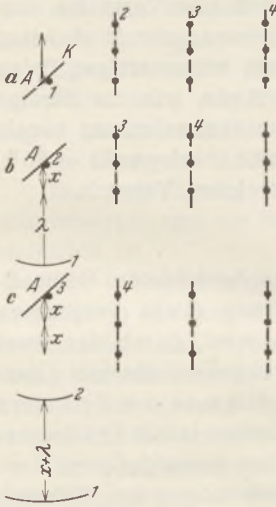


Fig. 2. Lichtstrahl und Beobachtungsrichtung senkrecht zueinander; Bewegung in Beobachtungsrichtung.

$\lambda + 2 \frac{v}{c} \lambda$ oder $\Delta \lambda = 2 \frac{v}{c} \lambda$. — Die Rechnung ist nur genähert, da in der Zeit zwischen Fig. 1 b und 1 c auch K noch um ein Stück weitergewandert ist; es ist korrekt $(\lambda + x) : x = c : v$; $x = \lambda \frac{v}{c - v}$. — Ebenso anschaulich läßt sich erläutern, daß entgegengesetzte Bewegung von K eine entsprechende Verkleinerung der Wellenlänge bedingt. — Der Phasensprung bei der Reflexion ist hier nicht beachtet; er hat auf $\Delta \lambda$ keinen

Einfluß, und die Darstellung bleibt übersichtlicher.

2. Im zweiten Fall (Fig. 2) bewege sich der Körper K vom Beobachter fort, ändere aber nicht seinen Abstand von der Lichtquelle. Dies kann verwirklicht sein z. B. für den Rand der Venus zur Zeit des größten Winkelabstandes von der Sonne, wenn Venus halb beleuchtet erscheint. (Ob es der Fall ist, hängt von der Lage der

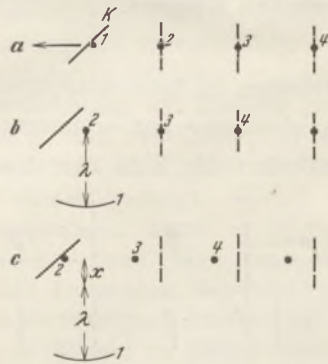


Fig. 3. Lichtstrahl und Beobachtungsrichtung senkrecht zueinander; Bewegung in Lichtstrahlrichtung.

eventuellen Rotationsachse ab.) Das zum Beobachter reflektierende Flächenelement muß die gezeichnete Lage haben, schräg zum Beobachter und zur Bewegung. In Fig. 2 a wird am Punkt A gerade ein Element des Wellenberges 1 reflektiert. Ein Stück des Wellenberges 2 (Fig. 2 b) wird an A reflektiert, wenn sich K um x fortbewegt hat; desgleichen das der Welle 3, wenn sich K um $2x$ fortbewegt hat. Man erkennt demnach, daß der Abstand der von A ausgehenden Wellenberge um x gegenüber der ankommenden Welle vergrößert ist. Die neue Wellenlänge ist $\lambda + x = \lambda + \frac{v}{c} \lambda$; $\Delta \lambda = \frac{v}{c} \lambda$.

3. Im dritten Fall (Fig. 3) bewegt sich K in Richtung des Strahls, aber senkrecht zur Beobachtungsrichtung (z. B. etwa die Lichtgrenze der Venus bei Stellung wie unter 2. und entsprechender Lage der Achse). In Fig. 3 a wird wiederum Berg 1 reflektiert. Damit Berg 2 reflektiert werden kann, genügt es nicht, daß Front 2 den Ort von Front 1 in Fig. 3 a erreicht hat, sondern sie muß noch um x weiterlaufen. Dadurch wird der Abstand der Fronten in Richtung auf den Beobachter um x auseinandergezogen (abgesehen von Gliedern höherer Ordnung); also auch dann ergibt sich eine Dopplerverschiebung um $\Delta \lambda = \frac{v}{c} \lambda$, obgleich eine Radialbewegung des Punktes K gegenüber dem Beobachter nicht vorhanden ist.

4. Sind schließlich (Fig. 4) die Bewegung des Körpers K , die Richtung L des einfallenden Lichtes und die Richtung B zum Beobachter in einer Ebene beliebig

zueinander orientiert, so muß man einzeln die Komponenten der Bewegung nach L und B ermitteln; es sind l und b . Das Spektroskop zeigt dann die Summe der Verschiebungen durch l und b an. — Dies scheint mir ohne weiteres aus den Ableitungen unter 2. und 3. zu folgen. Man kann es aber offenbar auch noch durch folgende Überlegung erläutern. Der bewegte Punkt „leuchtet“ nicht im Lichte der von der Lichtquelle ausgesandten Wellenlänge λ , sondern er erhält Licht entsprechend $\lambda + \Delta\lambda_1$, wo $\Delta\lambda_1$ herzuweisen ist aus der Bewegung des Körpers relativ zur Lichtrichtung. „Leuchtet“ der bewegte Punkt selbst im Lichte von $\lambda + \Delta\lambda_1$, so wird dies wieder vom Beobachter empfunden als geändert um den weiteren Betrag $\Delta\lambda_2$, hervorgerufen durch die Bewegung des beleuchteten Punktes im Visionsradius; es ergibt sich $\lambda + \Delta\lambda_1 + \Delta\lambda_2$.

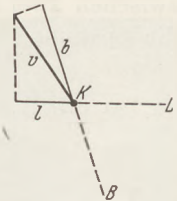


Fig. 4. Lichtstrahl, Beobachtungsrichtung und Bewegung beliebig zueinander orientiert.

Dieser allgemeine Fall umfaßt naturgemäß auch die Verhältnisse unter 1. bis 3., namentlich auch 1. Letzterer Fall ist offenbar Anlaß zu der Behauptung, daß der Dopplereffekt im reflektierten Licht den doppelten Betrag annimmt; dies trifft aber bestimmt nicht allgemein zu.

Liegt die Bewegung des Körpers nicht in der Ebene des einfallenden Lichtes und der Visierlinie, so kann man entweder erst die Komponente ermitteln, die in diese Ebene fällt und dann für diese l und b konstruieren, oder man erhält durch entsprechende zweimalige Anwendung des Parallelogramms der Bewegungen für jede Richtung einzeln die wirksamen Komponenten.

Drehstromapparate für Schülerübungen.

Von Dr. F. Erhardt in Insterburg.

Drei Apparate für Schülerübungen, die bei Selbstbau sehr wenig kosten und sich gut bewährt haben, sollen im folgenden beschrieben werden.

Der erste Apparat besteht aus drei Lämpchen, die auf einem gleichseitig dreieckigen Grundbrett aufmontiert sind (Fig. 1). Die Gleichseitigkeit wurde gewählt, da in diesem Falle die Schaltungen besonders übersichtlich sind. In einer Entfernung von etwa $\frac{1}{3}$ der Seitenlänge von den Ecken sind an jeder Seite Porzellanfassungen mit 4,5-V-Taschenlampenbirnen angeschraubt, von denen je ein Draht zu den Buchsen a, b, c in den Ecken führt, während der andere Anschluß mit den Buchsen d, e, f in der Mitte der Seiten verbunden ist. Außerdem ist in der Mitte des Dreiecks eine Buchse für den Nulleiter angebracht.

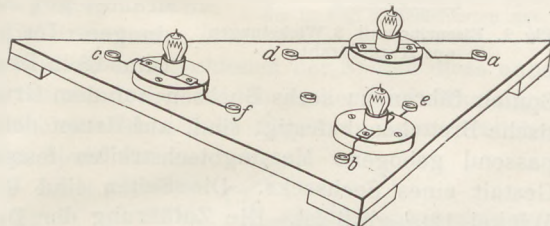


Fig. 1. 3 Lampen für Stern- und Dreieckschaltung.

Man führt nun zu den Buchsen a, b, c die drei Phasen des Drehstromes. Leitet man den Strom von den anderen Seiten d, e, f der Lampen zu den Buchsen c, a, b , so laufen die Leitungen auf dem Brett parallel den Seiten des Grundbrettes, bilden selbst ein gleichseitiges Dreieck und veranschaulichen so die Dreieckschaltung. Führt man die Drähte von den Buchsen d, e, f zur Mitte an den Nulleiter, so bilden die drei Drähte einen Stern und man erhält die Sternschaltung. Läßt man die Nulleiter fort, so ändert sich das Bild nicht, d. h. die Summe der drei Ströme ergibt Null. Das Dunklerbrennen der Lampen bei der Sternschaltung besagt, daß die Spannung bei Sternschaltung, also die Spannung Phase gegen Null, kleiner ist als die Spannung bei der Dreieckschaltung, also als die Spannung zwischen zwei Phasen. Auch eine untere Grenze für die Spannung Phase gegen Null kann man gewinnen. Man schaltet eine Lampe gegen Null, während man die beiden anderen Lampen hintereinander zwischen zwei Phasen legt. Man verbindet also a mit e und legt zwei Phasen an b und d . Die erste Lampe

brennt dann etwas heller als die beiden anderen, liegt infolgedessen an einer Spannung, die größer ist als die halbe Spannung Phase gegen Phase. An dieser Stelle soll noch eine einfache Rechnung eingefügt werden, die den Nachweis liefert, daß die Spannung zwischen zwei Phasen $\sqrt{3}$ mal so groß ist, wie die einer Phase gegen Null. Setzt man die Spannungen zweier Phasen gegen Null mit

$$e_1 = k \cdot \sin \alpha \quad \text{und} \quad e_2 = k \cdot \sin (\alpha + 120)$$

an, so erhält man für die Spannung zwischen zwei Phasen:

$$\begin{aligned} e_1 - e_2 &= k \cdot \sin \alpha - k \cdot \sin (\alpha + 120) \\ &= k \cdot (\sin \alpha - \sin \alpha \cdot \cos 120 - \cos \alpha \cdot \sin 120) \\ &= k \cdot \left(\frac{2}{2} \sin \alpha - \frac{1}{2} \sqrt{3} \cos \alpha \right) \\ &= \frac{2}{2} \cdot k \cdot \left(\sin \alpha - \frac{1}{2} \sqrt{3} \cos \alpha \right). \end{aligned}$$

Setzt man nun $\frac{1}{2} \sqrt{3} = \operatorname{tg} 30 = \frac{\sin 30}{\cos 30}$, so folgt:

$$\begin{aligned} e_1 - e_2 &= \frac{2}{2} k \frac{\sin \alpha \cdot \cos 30 - \cos \alpha \cdot \sin 30}{\cos 30} \\ &= k \cdot \sqrt{3} \cdot \sin (\alpha - 30). \end{aligned}$$

Entsprechend einfach läßt sich die Rechnung für zwei andere Phasen durchführen.

Löst man nun bei der Stern- oder Dreieckschaltung einen oder zwei Drähte, so erhält man Auskunft über die Möglichkeit, die Lampen einzeln an- oder abzuschalten. Die oben geschilderte Anordnung auf dem Lampenbrettchen hat vor allem den Vorzug, daß die Schaltungen sich den Schülern leicht und sicher einprägen, da sie bei der Dreieck- wie bei der Sternschaltung die den Schaltungen den Namen gebenden Figuren deutlich vor sich sehen.

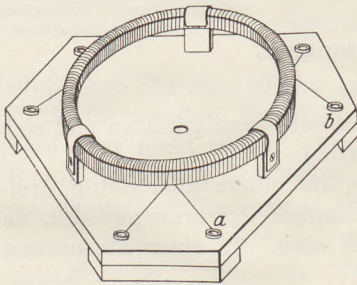


Fig. 2. Eisenring mit 3 Wickelungen aus Kupferdraht.

Die zweite Gruppe von Apparaten dient der Herstellung eines Drehfeldes. Auf einem Eisenring von 12,5 cm Durchmesser, der aus 50 Windungen 1 mm dicken oxydierten Eisendrahtes besteht, sind drei Wickelungen 0,7 mm dicken besponnenen Kupferdrahtes gewickelt (Fig. 2). Jede Spule hat 120 Windungen. Im ganzen werden für diese 360 Windungen rund 18 m Draht gebraucht. Die sechs Enden der drei

Spulen führen zu sechs Buchsen auf dem Grundbrett, auf dem an drei Stellen quadratische Brettchen befestigt sind, auf denen der Ring ruht und an denen er durch drei passend gebogene Messingblechstreifen festgehalten wird. Das Grundbrett hat die Gestalt eines Sechsecks. Die Seiten sind 6,4 cm und 16 cm lang, während jeder Winkel 120° groß ist. Die Zuführung der Drähte von den Spulen ist so angeordnet, daß die an einer langen Seite des Grundbretts liegenden Buchsen stets die Enden einer Spule sind, z. B. *a* und *b* in Fig. 2. Unter dem Brett sind an den kürzeren Seiten 1 cm hohe Leisten angebracht. Auch ist das Brett genau in der Mitte durchbohrt. Die letzten beiden Anordnungen, wie auch die Lage des Ringes über dem Brett, sind getroffen, damit Nadeln verschiedener Höhe, die zum Aufsetzen der später beschriebenen Zubehörteile gebraucht werden, von unten durchgesteckt werden können, der Fuß unter dem Grundbrett Platz hat und die aufgesetzten Teile gerade in Höhe des Ringes stehen. Zu jedem Apparat gehören zwei Nadeln von 4,5 und 6,5 cm Länge über dem Fußbrett. Die Nadeln (Stopfnadeln) sind in quadratische Brettchen eingekleimt. Ferner gehören dazu eine 10 cm lange Magnetnadel (der einzige fertig gekaufte Teil) und eine runde Eisenscheibe von 9,5 cm Durchmesser, in der Mitte durchbohrt und über der Öffnung ein 1 cm langes Messingröhrchen angelötet, in das ein passender dünner Eisenstab mit unten eingeborhter Vertiefung eingelötet ist. Als drittes Aufsatzstück dient ein rechteckiger, aus 1 mm dickem und 0,8 cm breitem Messingstreifen gebogener und zusammengelöteter Bügel, 9 cm lang und 2,8 cm hoch.

Er ist in der Mitte der einen langen Seite durchbohrt und in der Mitte der gegenüberliegenden auf der Innenseite angeköhrt. Als letztes Zusatzstück wurde eine leere Blechbüchse von etwa 8 cm Durchmesser und 3 cm Höhe verarbeitet. Ein in den Deckel eingelötetes Stück dicken Messingbleches ist genau in der Mitte angeköhrt, um das Lager für die Nadel zu geben; die gegenüberliegende Stelle des Bodens ist durchbohrt und schließlich die geschlossene Büchse verlötet. Diese Zubehörteile bieten die Möglichkeit, von der Feststellung des rotierenden Magnetfeldes mit Hilfe der Magnetonadel bis zur Erklärung des Kurzschlußbankers durch die Rotation der zuletzt beschriebenen Büchse fortzuschreiten.

In der dritten Gruppe besteht jeder Apparat aus drei rechteckigen Spulen von 28 Windungen 0,7 mm dicken besponnenen Kupferdrahtes (Fig. 3)¹. Alle Spulen sind 12,5 cm lang; die erste ist 7,5 cm hoch, die zweite 6,9 cm und die dritte 6,2 cm, damit sie ineinander gestellt werden können. An dieser Stelle soll zunächst etwas über die Herstellung der Spulen gesagt werden. Sie sind auf einer Form gewickelt, die in Fig. 4 skizziert ist. An dem Brettchen *c* sitzt in der Mitte ein runder Stift, damit die Spule unten eine Öffnung zum Durchstecken der Nadeln behält. Damit die Windungen aber trotzdem nebeneinander liegen können, müssen Grund- und Deckbrett an dieser Stelle ausgekerbt werden. Um den Spulen die nötige Festigkeit zu geben, werden noch in der Form die Ecken der fertigen Spulen und die Stelle um den am Brettchen *c* befestigten Stift verklebt; sodann werden die Spulen an 7 Stellen mit Isolierband bewickelt. Zu diesem Zwecke sind die 7 Einschnitte an der Form gemacht. Dann wird das Deckbrett abgeschraubt und die Brettchen *a*, *b* und *c* gelöst. Jetzt erst kann man nach seitlichem Verschieben der Spulen diese unbeschädigt herunterbekommen. Die kurze Seite mit den beiden Isolierbandwickelungen ist durch zwei passend gebogene Messingblechstreifen *a* und *b* (Fig. 5) an einem Brettchen $4,8 \times 11,5$ cm befestigt. Bei der größten Spule ist an dem Seitenbrett *S* noch ein Grundbrett *G* $4,8 \times 13,5$ cm in 1 cm Höhe angebracht, an dem die Spule mit zwei weiteren Messingblechstreifen *c* und *d* über dem Isolierband befestigt ist. An der Stelle, an der die Öffnung der Spule zu liegen kommt, ist das Grundbrett durchbohrt und in die Öffnung ein Messingröhrchen *R* eingekleimt, das etwa 1 cm aus der ersten Spule herausreicht. Das Röhrchen soll erstens die Spulen vor Beschädigung beim Durchstecken der Nadeln schützen und zweitens den beiden anderen, in die erste hineingesteckten Spulen einen Halt geben. Die beiden hineingesteckten Spulen werden in solcher Höhe an den Seitenbrettchen befestigt, daß ihre langen Seiten waagrecht liegen, wie es für eine Spule aus Fig. 3 deutlich wird. Die Enden jeder Spule werden zu zwei an den Seitenbrettchen befestigten Buchsen geführt, von denen die eine oben rechts, die andere unten links liegt, wenn man auf die der Spule abgewandte Seite sieht. Die Drähte werden nun so zugeführt, daß bei Anlegung des positiven

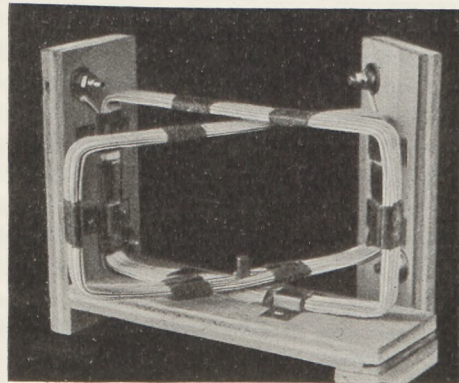


Fig. 3.
2 Spulen eines Apparates für Drehfeldversuche.

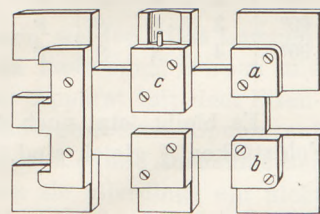


Fig. 4. Wicklungsform für Spulen der in Fig. 3 gezeichneten Art.

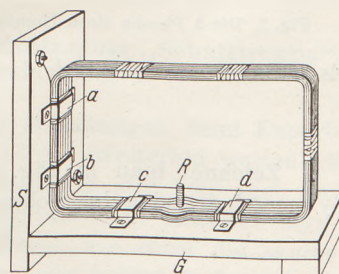


Fig. 5. Die größte der in Fig. 3 abgebildeten Spulen.

¹ Die 3. Spule ist der Übersichtlichkeit wegen in der Figur fortgelassen.

Poles einer Gleichstromquelle an die rechte Buchse rechts von der Spule der Nordpol entsteht. Die weitere Unterscheidung oben und unten ist noch gewählt, da bei beliebiger Stellung der Spulen die Unterscheidung oben und unten weniger Überlegung erfordert, als die links und rechts. Stellt man die Spulen so ineinander, daß die Seitenbrettchen um 120° voneinander abstehen, und führt man die 3 Phasen an die oberen Buchsen,

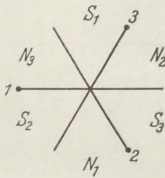


Fig. 6. Verteilung der Pole von drei mit Gleichstrom beschickten Spulen.

so kann man von den drei unteren den Strom entweder zum Nullleiter führen (Υ) oder an die Phasen der danebenliegenden Seitenbrettchen, jedoch stets in demselben Sinne (Δ). Bevor ich auf die weiteren Grundversuche mit diesem Apparat eingehe, möchte ich noch für den eben geschilderten Fall eine kurze Erklärung und für 12 Punkte einer Umdrehung den Nachweis geben, daß das magnetische Feld in gleichbleibender Stärke rotiert.

Leitet man Gleichstrom in die oberen Buchsen der 3 Spulen in 1, 2 und 3 (Fig. 6), so erhält man stets rechts den Nordpol, wenn man von der Zuleitung in Richtung der Spulen sieht. Die Pole sind also verteilt, wie in Fig. 6 angegeben. Leitet man die 3 Phasen eines Drehstromes hinein, so werden Nord- und Südpol in dem Falle vertauscht, wenn die Stromkurve (Fig. 7) sich unter der Achse befindet. Für $\alpha = 0^\circ, 30^\circ$ usf. will ich bei Kurve 1 von

α	Stärke	Pole	Feld
0°	1	0 0	0
30°	2	n s	f
60°	3	N S	F
90°	4	N S	F

Fig. 7 vier Stärken der Pole und des Feldes unterscheiden, nur durch die Schreibweise in nebenstehender Tabelle. Die Bezeichnungen lassen sich ohne weiteres auf die ganze Kurve 1 und auf die Kurven 2 und 3 übertragen. Stellt man die Verteilung der Pole für $\alpha = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ$ usf. bis 360° auf, so kehren zwei verschiedene Bilder stets wieder, die sich nur durch die Drehung unterscheiden. Daher mögen 3 Bilder genügen (Fig. 8 a, b, c).

Es bleibt jetzt noch der Nachweis, daß z. B. in Fig. 8 a und b die resultierenden Feldstärken \mathfrak{F} gleich sind. Bei Fig. 8 a liegt sie genau in der Mitte zwischen N und N.

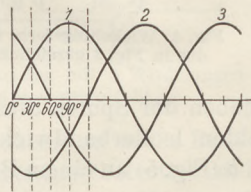


Fig. 7. Die 3 Phasen eines Drehstromes.

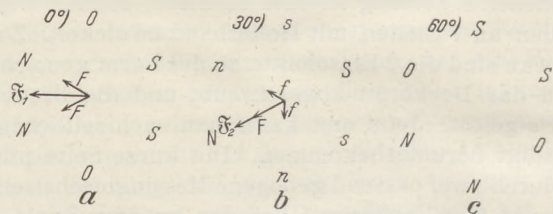


Fig. 8. Rotation des Magnetfeldes.

Es ist aber die Gesamtfeldstärke \mathfrak{F}_1 :

$$\mathfrak{F}_1 = F \cdot \cos 30 + F \cdot \cos 30 = F \cdot \sqrt{3}.$$

Zeichnet man in Fig. 8 b die Feldstärken ein, so liegt die Resultierende aus Symmetriegründen in Richtung nach N. In diesem Falle ist:

$$\mathfrak{F}_2 = F + 2f \cdot \cos 60 = F + f.$$

Da die Feldstärke der Stromstärke proportional ist und diese sich sinusförmig ändert, so muß

$$F = F \cdot \sin 60 \quad \text{und} \quad f = F \cdot \sin 30$$

sein. In \mathfrak{F}_1 und \mathfrak{F}_2 eingesetzt ergibt sich:

$$\mathfrak{F}_1 = F \sqrt{3} = \frac{3}{2} F \quad \text{und} \quad \mathfrak{F}_2 = F + f = \frac{3}{2} F.$$

Also sind in den 12 Punkten einer Umdrehung, die in die Ebenen der Spulen oder in die Halbierungsebenen der Winkel zwischen zwei Spulen fallen, die Feldstärken gleich groß.

Kombiniert man nun 2 dieser Apparate derart, daß die 6 Spulen ein regelmäßiges Sechseck bilden, so kann man auch auf diese Art ein Drehfeld herstellen.

Weiter kann man mit diesen Apparaten auch mit Wechselstrom oder 1 Phase ein Drehfeld herstellen, wenn man nur 2 Spulen unter einem rechten Winkel ineinandersteckt und den Strom einer Spule direkt, der anderen über eine Selbstinduktion zuführt und sich so eine Kunstphase herstellt. Als Selbstinduktion bei diesem und dem folgenden Versuch diene eine 6,3 cm lange, selbstgewickelte Transformatorspule von 390 Windungen 1 mm dicken Kupferdrahtes mit geblättertem Eisenkern. Entsprechend dem vorhin erwähnten Versuch mit den 6 Spulen kann man hier 4 Spulen in Form eines Quadrates aufstellen und je zwei gegenüberliegende Spulen hintereinandergeschaltet an die Phase bzw. die Kunstphase legen. Bei den beiden letzten Versuchen ist eine Spannung von 6 bis 8 Volt mit einem Regulierwiderstand von einigen Ohm ausreichend. Jedoch beginnt in diesen beiden Fällen die Magnetnadel nicht von selbst zu rotieren, sondern stellt sich in eine bestimmte Lage zwischen den Spulen ein, während Scheibe und Trommel gut rotieren. Diese Unregelmäßigkeit läßt sich dadurch erklären, daß die Verschiebung nicht 90° beträgt. Eine Zeichnung des Drehfeldes bei einer Verschiebung um weniger als 90° gibt die Erklärung.

Bei allen anderen geschilderten Versuchen genügt eine Spannung von 4,5 V zwischen zwei Phasen vollauf; man tut sogar gut, bei den Drehfeldversuchen selbst bei dieser geringen Spannung jeder Phase einen Schiebewiderstand von etwa 2 Ohm vorzuschalten, um eine zu schnelle Rotation zu vermeiden. Die Verwendungsmöglichkeit der Apparate ist damit nicht erschöpft, doch mögen die gegebenen Beispiele genügen.

Es sollen nun noch die Kosten der Apparate angegeben werden. Das Lampenbrettchen kostet RM. 2,60. Es ist der teuerste Apparat, da Fassungen, Birnen und Buchsen, also alle Teile fertig gekauft werden müssen. Der Apparat mit dem Eisenring stellt sich auf RM. 1,50 und der mit den drei ineinandergesteckten Spulen auf RM. 1,70. Hierzu kommt noch etwa RM. 0,30 für die Zubehörteile (mit Ausnahme der Magnetnadeln). Außer diesen geringen Kosten beanspruchen sie allerdings ein nicht gerade geringes Opfer an Zeit und Arbeit. Doch steht dem gegenüber, daß die Schüler mit diesen Apparaten das Wesen des Drehstroms klar und deutlich selbst finden und erkennen können. Und das ist ja nicht nur wegen der Rolle wichtig, die der Drehstrom in der Praxis spielt, sondern bereitet auch das Verständnis für ein anderes wichtiges Gebiet, die Schwingungen, vor.

Demonstrative Anordnung elektrischer Schaltungen mittels einer „Schalttreppe“.

Von O. Brandt in Köln-Mülheim.

Die saubere und sorgfältige Anordnung elektrischer Schaltungen beim Experimentieren ist schon aus praktischen Rücksichten erforderlich. Weiterhin weisen im Unterricht erzieherische Absichten in diese Richtung. Handelt es sich hier auch nur um einen winzigen Ausschnitt aus der gesamten Erziehungsarbeit, so beweisen sorgfältige Schaltungen doch die innere Zucht der Schüler, ebenso wie etwa die sauber beschriebene Wandtafel oder das gut geführte Heft. Andererseits beeinflußt der Zwang zur äußeren Korrektheit die innere Sammlung. Erfahrungsgemäß ist nun der Jugendliche gerade so leicht sachlicher Formgebung zugänglich, wenn er nur sieht, daß sie Wertung findet, wie er andernfalls zum Schaden des Fachlichen und Erzieherischen der Formlosigkeit verfällt.

Zu den Anforderungen, die wir an eine Schaltung bezüglich der äußeren Sorgfalt aus obigen Gründen stellen müssen, kommt für den Klassenunterricht die Forderung ihrer völligen Übersichtlichkeit von allen Plätzen aus. Selbst die bestgeführte horizontal gelegte Schaltung ist für den Zuschauenden unbefriedigend, der sie in der Schräg-

perspektive sieht und dadurch die Übersicht verlieren muß. Lebhafter Unterricht und die dauernde Mitarbeit aller Schüler ist aber an die Bedingung geknüpft, daß jeder allezeit vom Platz aus genau zu folgen in der Lage ist und auch bei eigenen Vorschlägen sogleich zum Tische eilen und experimentell weiterarbeiten kann. Dafür ist notwendig, daß zum einen alle Apparate gut sichtbar stehen und zum andern sämtliche Leitungen in ihrem ganzen Verlauf völlig klar zu übersehen sind. Wenn die Leitungen zwischen den Apparaten wie Schlangen auf dem Experimentiertisch kriechen, wird der Zuschauende ihren dem Schrägblick doppelt verschlungenen Wegen nicht folgen können. Man kommt deshalb nicht umhin, die Drähte freischwebend zu verlegen. Um das zu erreichen, dürfen sie nicht länger gewählt sein, als die zu überbrückende Entfernung erfordert. Außerdem müssen sie eine gewisse Steifheit besitzen, die es erlaubt, die Leitung in die gewünschte Form zu biegen. Darum kann die Tendenz, möglichst schlaife Schaltdrähte, sogenannte Schnüre zu verwenden, nicht gutgeheißen werden, da sie wie Kordel hängen und eine Formung der Leitung unmöglich machen. Einadrige Drähte wiederum sind zwar steif, aber leicht brüchig. Doch gibt es auch

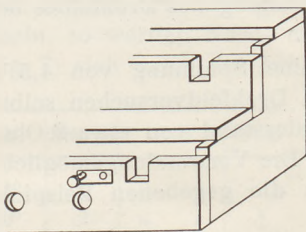


Fig. 1. Praktische Ausführung einer zweistufigen Schalttreppe.

Litzen, die gute Formsamkeit besitzen. Für sehr empfehlenswert halte ich z. B. sogenanntes Autokabel (1 mm Kupferquerschnitt), das sich bisher recht bewährt hat. Auch die Ausführung der Isolation ist sehr haltbar. Daß ein reichliches und nach Längen geordnetes Drahtsortiment Grundbedingung ist, braucht nicht weiter ausgeführt zu werden.

Mit der Möglichkeit, der Leitung die gewünschte Form zu geben, ist jedoch nicht alles gewonnen. Man wird nicht umhin können, für den Klassenunterricht die Schaltung ins Vertikale zu heben, um dem Schüler anstatt des unübersichtlichen Schrägblicks den Aufblick zu gewähren.

So sind die Hochschulen mit ihrem reinen Demonstrationsunterricht schon zum Teil dazu übergegangen, die Schaltung an senkrechten Tafeln anzuordnen. Auch für die Schule werden ähnliche Versuche gemacht (siehe z. B. die Schaltbretter von SPRENGER). Sollte dieses Verfahren — das sich für einige spezielle Zwecke bewährt — für die Schule allgemein werden, so wäre es nur durchzuführen, wenn die Apparate untereinander und an das Schaltbrett angepaßt würden. Eine Starrheit des Ganzen wäre damit unvermeidlich, die besonders die Mißbilligung des Lehrers finden wird, der in den Unterrichtsstunden ein freies und wechselvolles Arbeiten des Schülers liebt und die normierten „physikalischen Baukästen“ ablehnt. Diese Lösung wird kaum allgemein werden. Eher wird man dann bei dem altüblichen Hochstellen von Apparaten auf Holzblöcke usw. bleiben. In der Tat können auch hierdurch gut übersichtliche Schaltungen fertiggestellt werden. Die großen Unannehmlichkeiten jedoch, die der Aufbau mit losen Holzblöcken, Kisten, Stativen usw. mit sich bringt, war ein Anlaß, eine Schalttreppe zu bauen. Wegen der guten Erfahrungen, die mit ihr bezüglich der Sauberkeit und Übersichtlichkeit der Schaltungen gemacht wurden, sowie wegen der mancherlei experimentellen Bequemlichkeiten, die sie bietet, möchte ich sie im Unterricht nicht mehr missen.

Es wird eine zweistufige Treppe (Fig. 1) benötigt, die sich in jeder Schülerwerkstätte billig und in einfachster Weise herstellen läßt. Eine Länge von rund 1 m ist zweckentsprechend. Noch vorteilhafter ist es, zwei Treppen von je 60 cm zu verwenden, die, je nachdem, einzeln benutzt oder ohne Lücke zusammengerückt werden. Als Tiefe jeder Stufe wähle man 20 bis 25 cm, als jeweilige Höhe nicht weniger als 15 cm, da sonst die Apparate auf der ersten Stufe die auf der zweiten verdecken. Aber auch nicht mehr als etwa 20 cm sind günstig, da sonst wegen der zu großen Gesamthöhe der Treppe nicht von rückwärts geschaltet werden kann. Aus demselben Grunde verbietet es sich, eine dritte Stufe anzubringen, zumal diese überflüssig ist. Das senkrechte Brett der untersten Stufe trägt zwei Durchbohrungen zur Durchführung

der Kabel von den Steckdosen und darüber zwei Doppelklemmen zum Anschluß der Kabel. Die Klemmen sind je mit einer nebenliegenden Buchse leitend verbunden, am besten durch Aufschrauben beider auf ein Stück Kupferblech. So lassen sich die Anschlüsse praktisch anbringen. Zwischen dem senkrechten und dem waagerechten Brett jeder Stufe bleibt in der ganzen Stufenlänge eine Lücke frei, um die Möglichkeit zur Befestigung von Klammern zu haben. Senkrechte Schlitze (siehe auch Fig. 3) zum Quersetzen von Klammern sind leicht angebracht und recht praktisch. Die Farbe der Drähte muß natürlich so gewählt sein, daß sie vom Hintergrund, hier der Schalttreppe, gut absticht. Das oben empfohlene Kabel ist schwarz, paßt also zur Treppe, die am besten hell gehalten wird.

Mit Hilfe der Schalttreppe ist es dann möglich, alle Drähte so zu legen, daß sie vom Klassenraum in ihrem ganzen Verlauf sichtbar sind. Nie geht etwa eine Leitung „hintenherum“. Ebenso kann meistens vermieden werden, daß Drähte sich überkreuzen. Als Ordnungsprinzip gilt: hintereinander geschaltete Apparate kommen auf eine Stufe; parallele Kreise liegen auf verschiedenen Stufen.

Als erstes Beispiel gelte die Schaltung von Volt- und Amperemeter (Fig. 2). Schon in diesem einfachen Fall ist der didaktische Vorteil ersichtlich. Sinnfälliger kann dem Schüler nicht vor Augen stehen, daß die Spannung an den Enden des Widerstandes kürzer über dem Widerstand abgegriffen, der Strom aber hinter dem Widerstand gemessen wird. Die Bildhaftigkeit dieser und anderer Schaltungen bringt es überdies mit sich, daß das visuelle Gedächtnis nutzbringend in den Lernprozeß eingereicht wird.

Als weiteres Beispiel gibt Fig. 3 einen vom Klassenraum aus aufgenommenen Aufbau (mit einer 60-cm-Treppe) des bekannten Versuchs über die Selbstinduktion wieder. Hier sind auch die Vertikalbretter nutzbar gemacht. Auf der unteren Stufe liegt der OHMSche Widerstand in Reihe mit dem unteren Glühlämpchen des an die Vertikalwand angeklebten Lampenbretts. Parallel hierzu liegt auf der oberen Stufe eine eisengeschlossene Spule in Reihe mit dem oberen Lämpchen. Die eigentlich nicht für den Klassenunterricht gedachte Apparatur wirkt recht demonstrativ.

Die Schalttreppe ist demnach ein empfehlenswertes Hilfsmittel. Einmal gibt sie den Anreiz zu sorgfältiger und überlegter Formung der Schaltung, zum andern gewährt sie durch den Aufblick vom Klassenraum aus allen Schülern die freie Übersicht über Leitungen und Apparate. Daß ihre Verwendungsmöglichkeit wie die jedes anderen Apparates Grenzen hat, braucht nicht erwähnt zu werden.

Häufig ertappe ich mich neuerdings dabei, daß ich die Schalttreppe auch außerhalb des Klassenunterrichts beim eigenen Experimentieren benutze. Ursache dafür mag außer manchen experimentellen Vorteilen nicht zuletzt die Möglichkeit sein, fertiggestellte Schaltungen auf der Treppe leicht transportieren und beiseite stellen zu können.

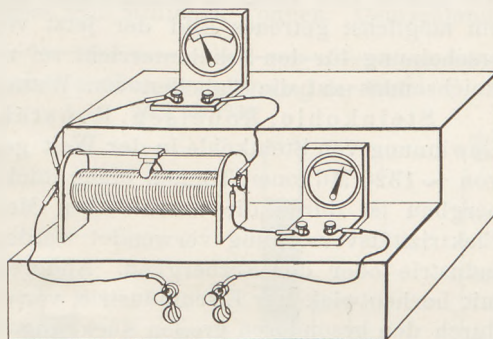


Fig. 2. Schaltung mit Widerstand, Amperemeter und Voltmeter.

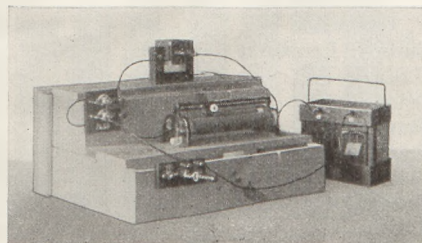


Fig. 3. Aufbau zur Demonstration der Wirkung einer Selbstinduktion.

Statistische Angaben 1931 und zum Teil 1932 für den chemischen Unterricht.

Von Friedrich Hofmann in Altenburg (Thür.), Ref. Realgymnasium.

Die hier gegebenen Zahlen¹ für das Jahr 1931 zeigen den überaus starken Rückgang infolge der Wirtschaftslage. Zur Ergänzung sind, soweit es möglich war, auch die Zahlen und sicheren Schätzungen für das Jahr 1932 herangezogen worden, um ein möglichst getreues Bild der jetzt vorliegenden Verhältnisse zu geben. Als Neuerscheinung für den Schulunterricht sei neben den bewährten Quellen des Statistischen Reichsamtes auf die Tabellen von WEBER und SCHWARZ² verwiesen.

Steinkohle, Roheisen, Rohstahl (Tabelle). Die Wirtschaftskrise hat bei der Gewinnung von Steinkohle in der Welt gegen das Höchstjahr 1929 mit einer Förderung von ~ 1320 Millionen Tonnen einen Rückgang von ~ 33% bewirkt. Der Steinkohlenbergbau ist durch die ansehnlichen Mengen, die für Hausbrand, Bahnbetrieb und Elektrizitätsversorgung verwendet werden, nicht so krisenempfindlich wie die Eisenindustrie oder der Erzbergbau. Andererseits sind Kohlenausfuhrländer und Länder mit hochentwickelter Eisenindustrie, vor allem Deutschland, U.S.A. und Großbritannien, durch den besonderen großen Rückgang der Eisenindustrie in den letzten Jahren auch hinsichtlich der Gewinnung von Steinkohle besonders getroffen. In Deutschland sank die Steinkohlenförderung von 163 Millionen Tonnen im Jahre 1929 auf 105 Millionen Tonnen für 1932, in den U.S.A. gleichzeitig von 552 Millionen Tonnen auf 322 Millionen Tonnen. Beachtlich ist die Jahr für Jahr steigende Förderung von Steinkohle in Rußland (1929: 40 Millionen Tonnen; 1932: 62 Millionen Tonnen).

Weltgewinnung 1930 bis 1932	a) Steinkohle in Millionen Tonnen			b) Roheisen in Millionen Tonnen			c) Rohstahl in Millionen Tonnen		
	1930	1931	1932	1930	1931	1932	1930	1931	1932
Welt: Insgesamt . . .	1214	1064	~ 930	80	56	40	95,6	70,0	50
Davon:									
Europa: Insgesamt . .	603	555	~ 510	43,5	33,7	27,6	49,5	39,8	32,8
U.S.A.	487	397	322	32,3	18,6	9,2	41,7	26,9	13,8
Deutschland	142,7	118,6	105	9,7	6,1	3,9	11,4	8,3	5,8
Saargebiet	13,2	11,4	10	1,9	1,5	1,3	1,9	1,5	1,5
Frankreich	55,0	51,0	46	10,0	8,2	5,5	9,5	7,8	5,6
Belgien u. Luxemburg	27,4	27,0	21	5,8	5,3	4,7	5,6	5,2	4,7
Großbritannien	247,8	223,0	213	6,3	3,8	3,6	7,7	5,4	5,5
Polen	37,5	38,2	29	0,48	0,35	0,2	1,2	1,1	0,6
Rußland (UdSSR) . . .	47,0	58,0	62	5,0	5,0	6,2	5,7	5,4	5,5
Japan	31,4	25,8	25	1,7	1,4	1,5	2,2	1,8	2,1

Die deutsche Braunkohlenförderung ist im Jahre 1931 weit weniger als die Steinkohlengewinnung zurückgegangen; sie erreichte 133 Millionen Tonnen im Werte von 369 Millionen RM, während die 118,6 Millionen Tonnen Steinkohle des Jahres 1931 einen Wert (ab Grube) von 1550 Millionen RM hatten. Im Jahre 1932 betrug die deutsche Braunkohlenförderung ~ 120 Millionen Tonnen, die umgerechnet auf Steinkohle im Verhältnis 2:9 etwa 27 Millionen Tonnen Steinkohle entsprechen.

Die Welterzeugung von Roheisen und Rohstahl ist im Jahre 1932 gegen das Höchstjahr 1929 um nicht weniger als ~ 60% gesunken! Die Rückgänge gegen die vorhergehenden Jahre 1930 und 1931 sind nach der Tabelle leicht zu errechnen. Der Anteil Europas an der Welterzeugung ist in den letzten Jahren dauernd gestiegen und betrug im Jahre 1932 bei Roheisen 69,5%, bei Rohstahl 65,6%. Deutschlands Anteil betrug 1932 nur noch 9,9% der Roheisenerzeugung. Rußland hat mit 15,6% der Welterzeugung an Roheisen sogar für 1932 Frankreich (mit 13,9%) weit überholt und ist das erste Eisen-

¹ Vgl. diese Zeitschrift 39 bis 45, jeweils 2. oder 3. Heft.² Abgeschlossen am 15. 8. 32. Verlag M. Diesterweg, Frankfurt a. M. 16 Seiten.

land Europas geworden. Deutschland stand jedoch 1932 mit 11,5% der Rohstahlgewinnung nur hinter den U.S.A. mit 27,7% zurück und somit vor Frankreich 11,2%, Großbritannien 11,0% und Rußland 10,8% (Fig. 1).

Besonders groß war der Rückgang bei Roheisen und Rohstahl in den U.S.A. von 43 Millionen Tonnen Roheisen im Jahre 1929 auf jetzt 9 Millionen Tonnen und von 55 Millionen Tonnen Rohstahl 1929 auf jetzt 14,2 Millionen Tonnen. Deutschlands Rückgang für die gleichen Jahre ist ähnlich groß: von 13,4 Millionen Tonnen Roheisen auf 3,9 Millionen Tonnen und von 16,2 Millionen Tonnen Rohstahl auf 5,8 Millionen Tonnen.

Die deutsche eisen-schaffende Industrie im Jahre 1931¹. Am Jahresende 1931 waren von 145 vorhandenen Hochöfen für die Gewinnung von Eisen nur 73 im Betrieb. Die Gesamterzeugung des Jahres 1931 in Höhe von 6,06 Millionen Tonnen Roheisen setzte sich zusammen aus 4,08 Millionen Tonnen Thomasroheisen und 1,16 Millionen Tonnen Martin-Spiegelroheisen u. ä., ferner 370 000 t Gießereiroheisen und 433 000 t Hämatiteisen sowie 22 000 t übrige Sorten im Gesamtwert von 416 Millionen RM.

Bei einem Rohstoffverbrauch (ohne Zuschläge und Eisenerze) von 9 Millionen Tonnen, von denen 60% auf Roheisen und 40% auf Schrott entfielen, wurden in den Flußstahlwerken im Jahre 1931 8,18 Millionen Tonnen Rohstahl gewonnen. 3,22 Millionen Tonnen Rohstahlblöcke entstanden aus 70 vorhandenen Thomasbirnen und 4,78 Millionen Tonnen aus ~ 300 vorhandenen Martinstahlöfen. Die Schweißstahlwerke lieferten nur 28 000 t Rohstahl.

Die Walzwerke für Schienen, Stab- und Bandeseisen, Träger, Walzdraht, Blech, Röhren, Schmiedestücke u. a. lieferten im Jahre 1931 5,9 Millionen Tonnen Erzeugnisse aus Eisen und Stahl im Werte von 950 Millionen RM. Der Ausfuhrwert der gesamten eisen-schaffenden Industrie war im Jahre 1931 noch 455 Millionen RM, wobei Waren im Werte von 132 Millionen RM nach Rußland und für 82 Millionen RM nach Übersee ausgeführt wurden. Für 1932 ist mit wesentlich niedrigeren Zahlen zu rechnen.

Erdöl. Die gesamte Erdölgewinnung ist gegen 1929 (206 Millionen Tonnen, höchstes Förderergebnis) selbst im Jahre 1932 mäßig, um 12%, zurückgegangen. Rußland steht mit ~ 12% der Gesamterzeugung seit 1931 an 2. Stelle, während U.S.A. mit ~ 61% seine Vormachtstellung wahr.

¹ Wirtsch. u. Statistik 13, 34 (1933).

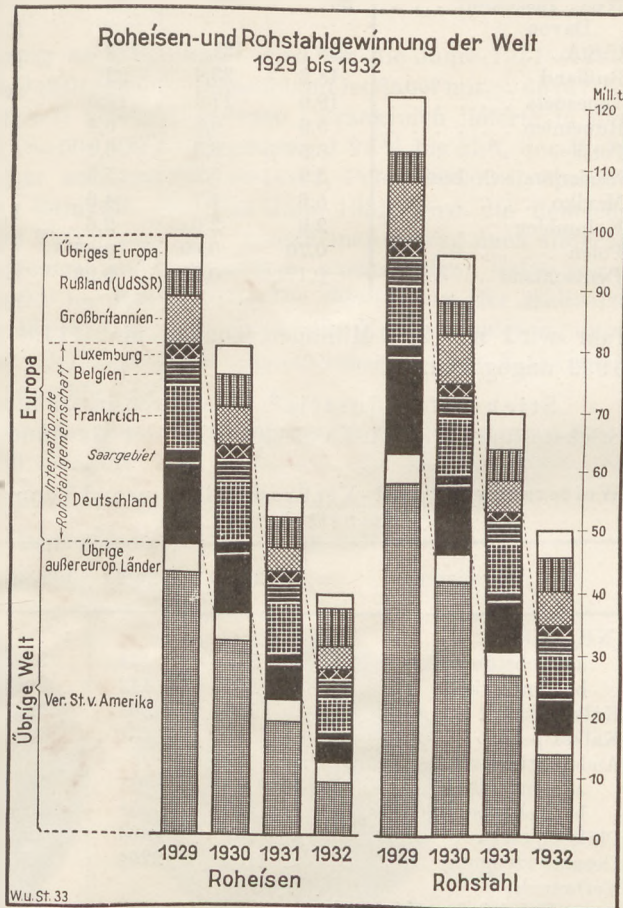


Fig. 1. Aus „Wirtschaft und Statistik“, herausgegeben vom Statistischen Reichsamt. Verlag Reimar Hobbing, Berlin SW 61.

Die Ölquellen in Thüringen haben in letzter Zeit enttäuscht, dafür sind in Hannover neue ertragreiche Ölquellen in Tiefen über 1000 m erbohrt worden.

Erdölförderung	In Millionen Tonnen im Jahre		
	1930	1931	1932 ¹
Welt: Insgesamt . . .	201	196	186
Davon			
U.S.A.	128	121	113
Rußland	18,2	23,4	22
Venezuela	19,6	17,1	17,5
Rumänien	5,9	6,8	6,4
Persien	6,5	6,3	6,4
Niederländisch Indien .	5,9	5,1	5,3
Mexiko	5,6	4,7	4,6
Kolumbien	2,9	2,6	2,6
Polen	0,70	0,69	0,57
Deutschland	0,17	0,23	0,26

fuhr wird mit 2,23 Millionen Tonnen und 114,8 Millionen RM für das ganze Jahr 1932 angegeben.

Stickstoffindustrie³. Die durch internationale Verständigung 1932 geregelte Stickstoffindustrie wird einschließlich der Gewinnung von Chilesalpeter in ihrer jährlichen Kapazität auf 4,5 Millionen Tonnen Reinstickstoff geschätzt, annähernd 3 Millionen Tonnen entfallen bei dieser Schätzung auf die synthetische Industrie. Die deutsche Industrie steht an erster Stelle, soll eine Kapazität von über 1,5 Millionen Tonnen Reinstickstoff haben und wäre in der Lage, den augenblicklichen Stickstoffbedarf der Welt allein zu decken. 1913 waren von 750 000 t Reinstickstoff nur 55 000 t auf synthetischem Wege gewonnen worden. Die Nachkriegszeit veranlaßte aus Gründen der Rüstung die meisten Länder zur Errichtung großer synthetischer Werke. Die Landwirtschaft, als Hauptabnehmer, ist jedoch in den letzten Jahren nur in der Lage gewesen, ~ 30% der möglichen Erzeugung aufzunehmen.

Welterzeugung und -Verbrauch in Tausend Tonnen
Reinstickstoff.

Erzeugung	1924/25	1929/30	1930/31
(NH ₄) ₂ SO ₄ :			
a) Nebenprodukte	278	424	360
b) synthetisch	255	442	349
Kalkstickstoff	115	264	201
Kalksalpeter	25	131	111
Andere Stickstoffverbindungen ⁴ :			
a) synthetische	66	427	393
b) Nebenprodukte	47	51	31
Chilesalpeter	367	464	250
Gesamterzeugung	1154	2204	1694
Verbrauch:			
a) Fabrizierter Stickstoff .	787	1587	1377
b) Chilesalpeter	363	363	244
Gesamtverbrauch	1150	1950	1621
Davon landwirtschaftlicher Verbrauch etwa	1020	1750	1455

Im Düngjahr 1931/32 sind insgesamt 1,3 bis 1,4 Millionen Tonnen Reinstickstoff verbraucht worden. Deutschlands Landwirtschaft verbrauchte davon 325 000 t gegen 356 000 t im Jahre 1930/31. Deutschland führte im Jahre 1931 nur 9,47 Millionen Doppelzentner Stickstoffdüngesalze, deren Reinstickstoffgehalt nicht angegeben wird, im Werte von 141 Millionen RM aus.

¹ Geschätzt! Quelle: Köln. Ztg. Nr. 605 vom 4. 11. 32.

² Z. Petroleum 28, Heft 42 (1932).

³ Quellen: Z. Chem. Industrie 55, 172 u. 913 (1932) und Tageszeitungen.

⁴ Auch für industrielle Zwecke und in Mischdünger.

Die Ausfuhr aller Erzeugungsländer betrug im Jahre 1931 ~ 49 Millionen Tonnen, in Prozenten dieser Zahl entfielen auf Venezuela ~ 33,5%, Rußland ~ 11%, Persien ~ 10%, Rumänien ~ 9,5%, U.S.A. ~ 9%. Deutschlands Einfuhr an Erdöl und seinen Destillaten betrug im Jahre 1931 2,88 Millionen Tonnen, darunter 1,34 Millionen Tonnen Benzin aller Art; im I. Halbjahr 1932 wurden 1,10 Millionen Tonnen, darunter 460 000 t Benzin eingeführt². Der Einfuhrüberschuß im deutschen Mineralölhandel nach Abzug der Ausfuhr wird mit 2,23 Millionen Tonnen und 114,8 Millionen RM für das ganze Jahr 1932 angegeben.

Die deutsche Industrie steht an erster Stelle, soll eine Kapazität von über 1,5 Millionen Tonnen Reinstickstoff haben und wäre in der Lage, den augenblicklichen Stickstoffbedarf der Welt allein zu decken. 1913 waren von 750 000 t Reinstickstoff nur 55 000 t auf synthetischem Wege gewonnen worden. Die Nachkriegszeit veranlaßte aus Gründen der Rüstung die meisten Länder zur Errichtung großer synthetischer Werke. Die Landwirtschaft, als Hauptabnehmer, ist jedoch in den letzten Jahren nur in der Lage gewesen, ~ 30% der möglichen Erzeugung aufzunehmen.

Superphosphat. Die Weltproduktion an Superphosphat wird für 1931 auf 10 Millionen Tonnen geschätzt gegen 15 Millionen Tonnen im Jahre 1930¹. Superphosphat wird in zahlreichen Ländern mit Schwefelsäureindustrien in einem einfachen Verarbeitungsprozeß gewonnen. Es erzeugten im Jahre 1931 (1930) in 1000 t: U.S.A. 2300 (4110); Frankreich 1500 (1987); Spanien 912 (1148); Japan 898 (957); Italien 802 (1388); Deutschland 509 (865); Niederlande 494 (660); Rußland 474 (355); Großbritannien und Irland 468 (569); Belgien 255 (368); Dänemark 237 (322); übrige Länder 1151 (2271).

Kalisalze. Die Welterzeugung an Kalisalzen² wird für die Jahre 1931 (1930) angesetzt mit 1 457 000 t Reinkali K_2O (2 018 000 t). Deutschland ist dabei mit ~ 66 (67)%, nämlich mit 964 000 t K_2O (1 357 000 t) beteiligt gewesen. Frankreich lieferte in den gleichen Jahren $\sim 350 000$ t K_2O ($\sim 500 000$ t) entsprechend 24 % bis 25% der Welterzeugung. 1931 entfielen außerdem auf Amerika 60 000 t, Polen 40 000 t, Spanien 30 000 t und auf Rußland 18 000 t Reinkali. Für das Jahr 1932 wird die deutsche Erzeugung auf 800 000 bis 850 000 t K_2O geschätzt. Im einzelnen betrug nach anderen Angaben³ der K_2O -Gehalt der in Deutschland gewonnenen absatzfähigen Salze sogar 1931 nur 941 000 t gegen 1 381 000 t im Jahre 1930. Die Gewinnung der Kalisalze erfolgte im Jahre 1931 in nur 43 Werken, die dazu die Kalisalzförderung von 8,05 Millionen Tonnen aufnahmen. Der Anteil des Auslandsabsatzes am K_2O -Gehalt des Gesamtabsatzes betrug 1931 ungefähr ein Drittel.

Deutscher Erzbergbau 1931. Gegenüber dem Bergbau auf Kohle und Salze spielt der Erzbergbau Deutschlands mengen- und wertmäßig eine geringe Rolle. Im

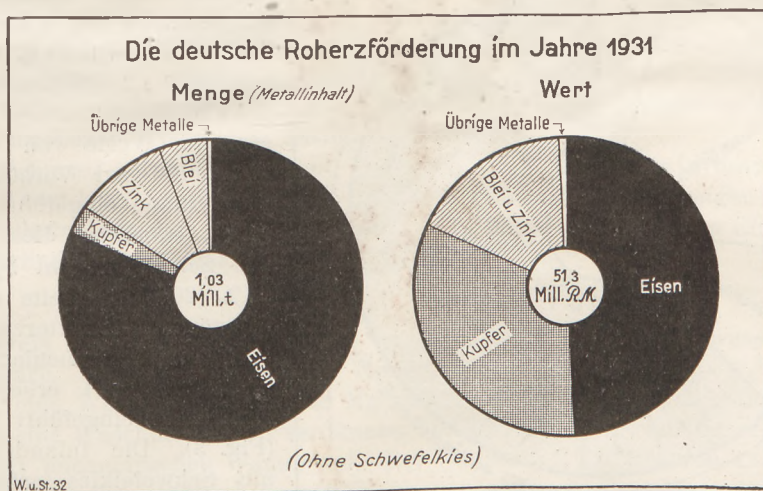


Fig. 2. Aus „Wirtschaft und Statistik“, herausgegeben vom Statistischen Reichsamt. Verlag Reimar Hobbing, Berlin SW 61.

Jahre 1931 sind nur 1 Million Tonnen Erze, gemessen nach Metallinhalt, im Werte von 51 Millionen RM gefördert worden (Fig. 2). Im Jahre 1929 hatten die geförderten heimischen Erze dagegen einen Wert von 145 Millionen RM⁴.

Die Gewinnung sonstiger Erze (jetzt Wolfram-Wismut-Lithium- und Strontiumerze) wurde 1931 fast völlig eingestellt. Die Förderung von Zinnerz ist seit Frühjahr 1930 eingestellt; so erklärt sich der Rückgang in der Förderung von Roherzen der Gruppe „sonstige Erze“ 1929: 29 000 t über 1930: 4 200 t auf nur 832 t im Jahre 1931, trotzdem der Wert je Tonne 74 RM betrug für 1931.

¹ Quelle: Z. Chem. Industrie 55, 733 (1932). ² Chem. Industrie 55, 501 (1932).
³ Wirtsch. u. Statistik 12, 658 (1932). ⁴ Wirtsch. u. Statistik 12, 593 (1932).

Der berechnete Edelmetallinhalt der deutschen Erzförderung im Jahre 1931 betrug 128,4 kg Gold und 179,9 t Silber.

Förderung von Erzen roh und Metallinhalt	In 1000 t (1 t = 1000 kg)		Wert insgesamt in Mill. RM 1931	Wert je t in RM 1931
	1930	1931		
Eisenerz, roh	5740	2620	25,3	9,6
Eisenerz, Metallinhalt	1845	841	—	—
Kupfererz, roh	845	886	16,7	18,9
Kupfererz, Metallinhalt	27	29,8	—	—
Arsenerz, roh	29	28	0,28	10,0
Arsenerz, Metallinhalt	1,85	1,85	—	—
Zink- und Bleierze, roh	1920	1470	9,0	6,2
Zinkinhalt	138	105	—	—
Bleinhalt	69	54	—	—
Schwefelerz, roh	290	224	2,5	11,4
Schwefelerz, Schwefelinhalt	124	97	—	—

Die Zahl der fördernden Erzgruben hat sich von 212 im Jahre 1930 auf 176 für 1931 verringert; die Beschäftigtenzahl ist von $\sim 30\,000$ auf $\sim 21\,000$ Personen gesunken.

Während die Einfuhr von

Kupfererzen $\sim 33\%$ der gesamten Inlandsversorgung mit Kupfererzen ausmacht, übersteigt die Einfuhr von Eisenerzen und Schwefelkies bei weitem die inländische Gewinnung. 1931 (1930) wurden 7,1 Millionen Tonnen (13,9 Millionen Tonnen) rohe Eisenerze im Werte von ~ 125 Millionen RM zur Verhüttung nach Deutschland eingeführt. Zu 51% (62%) stammten diese Eisenerze aus Schweden und Spanien; zu 27% (20%) handelte es sich um französische Minetterze. Aus Rußland und Griechenland wurden im Jahre 1931 erheblich mehr Eisenerze eingeführt als 1930 (Fig. 3). Die Inlandsversorgung mit Schwefelkies erforderte die Einfuhr von 665 000 t gegen 224 000 t inländischer Förderung dieses Erzes.

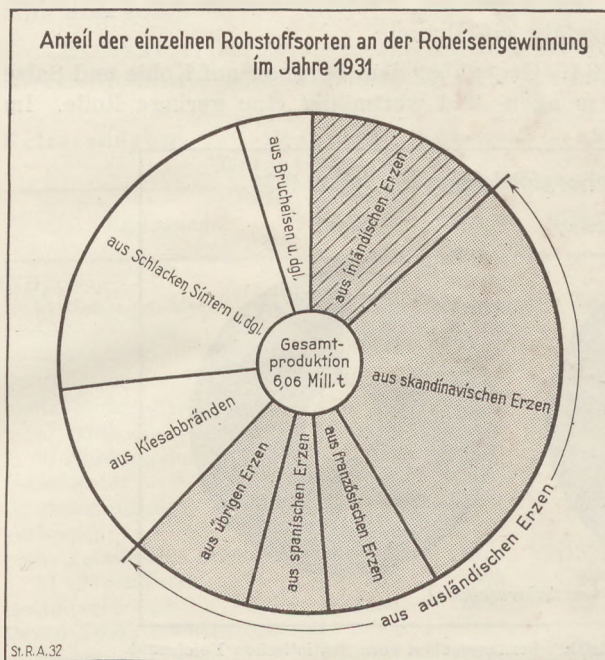


Fig. 3. Aus „Wirtschaft und Statistik“, herausgegeben vom Statistischen Reichsamte. Verlag Reimar Hobbing, Berlin SW 61.

Für die Praxis.

Ein Freihandversuch zum Nachweise der Dichtigkeitsanomalie des Wassers.

Von K. WILDE in Dorpat (Estland), Städtisches Deutsches Gymnasium.

Der Versuch von J. WILIP zur Veranschaulichung der Dichtigkeitsanomalie des Wassers (diese Zeitschrift 41, 86; 1928) läßt sich leicht in einen Freihandversuch verwandeln.

Wasser von 4° bzw. 0° C wird in zwei getrennten Gefäßen bereit gestellt. Das nullgradige Wasser wird mit Kaliumpermanganat leicht gefärbt. Weiter benötigt man

ein Einmacheglas, bedeckt seinen Boden mit einer etwa 3 mm dicken Gummipatte und stellt auf diese einen Lampenzylinder, am besten einen Auerzylinder. Während man mit der einen Hand den Zylinder leicht an die Gummipatte drückt, füllt man mit der anderen den Raum zwischen dem Zylinder und dem Glase mit dem viergradigen Wasser, den Zylinder selbst mit dem gefärbten nullgradigen so weit, daß das Wasser in beiden Gefäßen gleich hoch steht. Da jetzt der hydrostatische Druck von beiden Seiten annähernd der gleiche ist, so ist es weiter nicht mehr erforderlich, den Zylinder an die Gummipatte zu pressen; man läßt ihn los und wartet einige Sekunden ab, bis die durch das Eingießen entstandenen Strömungen sich beruhigt haben.

Hebt man nun den Zylinder unter Vermeidung seitlicher Bewegungen aus dem Einmachegläse heraus, so steigt das gefärbte nullgradige Wasser nach oben und schwimmt als deutlich begrenzte Schicht über dem viergradigen Wasser.

Bei der Ausführung dieses Versuches müssen nach Möglichkeit Strömungen vermieden werden, die zu einer Mischung beider Flüssigkeiten führen könnten. Daher muß der Zylinder gerade Wände haben, und sowohl das Glas als auch der Zylinder dürfen nicht zu eng sein. Benutzt man einen Petroleumlampenzylinder, so lasse man das mit einer Einschnürung bzw. Ausbuchtung versehene Ende aus der Flüssigkeit herausragen.

Das von mir verwendete Einmacheglas war 20 cm hoch und 10 cm weit, der Auerzylinder 25 cm hoch und 5 cm weit. Die Höhe des Wasserspiegels betrug 15 cm.

Um dem Einwande zu begegnen, daß die durch den beigefügten Farbstoff hervorgerufene Dichtigkeitsänderung das Schwimmen einer Wasserschicht auf der anderen hervorruft, färbte ich gerade das leichtere nullgradige Wasser, da der verwendete Farbstoff (KMnO_4) die Dichte eher vergrößert, was durch einen ganz gleichartigen Versuch mit gefärbtem und ungefärbtem Wasser von gleicher Temperatur gezeigt werden kann.

Um den Versuch exakter zu gestalten, könnte man die zu benutzenden Glasgefäße vorkühlen. Indessen habe ich auch ohne diese Vorsichtsmaßregel den Versuch in obenbeschriebener Weise stets ausführen können.

Zum Schlusse sei noch erwähnt, daß sich auch das Schwimmen heißeren Wassers über kühlerem durch die gleiche Versuchsanordnung zeigen läßt, indem man den Zylinder mit dem gefärbten heißen, den Raum zwischen dem Einmachegläse und dem Zylinder mit kühlem Wasser füllt.

Nachweis des Säurewasserstoffs bei Kohlensäure, Schwefelwasserstoff und Schwefligsäure. Von W. Flörke in Gießen. — Man leitet CO_2 , H_2S oder SO_2 erst durch eine Waschflasche, in der Mg-Pulver in Wasser aufgeschlämmt ist, und dann durch eine Waschflasche mit verdünnter Natronlauge. Das austretende Gas fängt man in einer pneumatischen Wanne auf. Der Wasserstoff ist frei von CO_2 , H_2S oder SO_2 . Selbst beim CO_2 erhält man in 30 Sekunden etwa ein Prüfglas voll Wasserstoff.

Silikatverwitterung. Von W. Flörke in Gießen. — Die für die Silikatverwitterung wichtige hydrolytische Spaltung der Silikate zeigt man am Orthoklas. Das Mineral wird sehr fein gepulvert; eine Messerspitze voll davon kommt in ein Jenaer Prüfglas und wird im Wasserbad etwa $\frac{1}{2}$ Stunde erhitzt. Nach dem Abkühlen bringt man einige Tropfen Phenolphthalein hinzu. Durch einen Blindversuch überzeugt man sich davon, daß das Glas nicht selbst der Hydrolyse unterliegt. Nicht jeder Orthoklas eignet sich dazu. Von verschiedenen Proben zeigte ein Orthoklas aus Pegmatit vom Vorspessart die stärkste Hydrolyse; hier ist ein Erhitzen sogar nicht unbedingt nötig. Brauchbar waren ferner Orthoklas aus Granit vom Schneeberg im Fichtelgebirge und aus einem Pegmatit von Bornholm. Orthoklas von Arendal lieferte nur schwache Rotfärbung, während Sanidin vom Drachenfels überhaupt keine Einwirkung zeigte.

Berichte.**5. Technik und mechanische Praxis.****Neuere Probleme
in der Rundfunkempfangstechnik.**

Ein Bericht zur Aufklärung einiger physikalischer Vorgänge in den modernen Empfängern von Dr. FRIEDRICH MOELLER in Berlin-Tempelhof.

Mitteilung aus der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Einleitung.

Die Entwicklung der Telefoniesender zu immer größeren abgestrahlten Leistungen, die im gleichen Maße eine starke Erhöhung der Feldstärke am Orte des Empfängers zur Folge hatten, und die gleichzeitig fortschreitende starke Vermehrung der Sender hat die Empfangstechnik vor Schwierigkeiten gestellt, deren Überwindung große Mühe macht. Die Erhöhung der Senderleistung sollte ursprünglich zur Vereinfachung der Empfangsapparatur dienen, der Empfang „des“ Senders sollte auch mit kleinem Gerät ermöglicht und dadurch eine Vergrößerung der Rundfunkhörerzahl angestrebt werden. Die Vermehrung der Senderzahl verfolgte sicherlich größtenteils den gleichen Zweck, nämlich die Erhöhung der Feldstärke am Orte des Empfängers durch Näherbringung des Senders. Auch hierdurch wurde anfänglich eine Vereinfachung des Empfangsgerätes und in der Folge auch dessen Verbilligung und daher eine Zunahme der Hörerzahl erwartet. Die senderseitige Entwicklung hatte indessen den entgegengesetzten Erfolg wie den eben angegebenen, wenigstens soweit die physikalisch-technische Seite in Frage kommt. Der Aufbau des Empfängers wurde keineswegs einfacher, sondern mußte weit verwickelter gehalten werden, wenn anders an vielen Orten ein einwandfreier Empfang auch nur eines einzigen Senders ermöglicht werden sollte. Die Probleme zwangen den Empfangstechniker zu einer analytischen und physikalischen Behandlung der schwebenden Fragen; daß nebenher noch eine ganze Reihe Aufgaben vorhanden waren, die rein praktisch gelöst werden mußten, sei ausdrücklich betont.

Die physikalischen Forderungen, die heute an ein gutes Empfangsgerät zu stellen sind, können in 3 Bedingungen zusammengefaßt werden:

1. Genügende Trennschärfe (Selektivität) und Empfindlichkeit.
2. Aufrechterhaltung des Amplitudenverhältnisses der Sprechfrequenzen (Verzerrungsfreiheit).
3. Weitgehende Fernhaltung aller Fremdgeräusche (Störungen).

Die beiden ersten Bedingungen stehen gewissermaßen im Gegensatz zueinander und können gemeinsam nur in Annäherung ausreichend erfüllt werden, was indessen gelungen ist. Die dritte Bedingung, die genügende Fernhaltung der Störungen, ist ein Problem, das noch der Lösung harret. Alle drei Forderungen müssen bereits befriedigt sein, bevor die Niederfrequenzverstärkung und somit auch die sog. Gleichrichtung einsetzt; es

handelt sich demnach um Vorgänge, die sich nur im Hochfrequenzverstärker des Empfängers abspielen. Die Probleme, die mit der Niederfrequenzverstärkung zusammenhängen, z. B. Herstellung ausreichender Lautstärke (auch für größte Räume), genügende Reinheit der Wiedergabe (= weitgehende Herabsetzung des „Klirrfaktors“ des Niederfrequenzgerätes), Konstruktion guter Lautsprecher, Regulierung der Lautstärke usw. sind völlig gelöst. Diese Fragen dürfen heute wenigstens in großen Zügen als bekannt vorausgesetzt werden; der ersterwähnte Fragenkomplex ist sicherlich der Mehrzahl der Leser dieser Zeitschrift weniger geläufig und soll daher im folgenden ausführlicher behandelt werden. Bevor indessen eine solche Untersuchung erfolgen kann, ist eine Klärung über die Beschaffenheit des elektromagnetischen Wechselfeldes nötig, das am Ort eines Empfängers herrscht. Es muß also eine kurze Besprechung vorausgehen über die Natur des Feldes, das der Sender ausstrahlt.

Die Beschaffenheit des vom Sender abgestrahlten Feldes.

In der elektrischen Nachrichtentechnik, unter die auch Bau und Betrieb von Sendern und Empfängern fällt, unterscheidet man allgemein zwei Arten der Nachrichtenübermittlung: Telegrafie und Telefonie, wobei es sich für letztere in älterer Zeit ausschließlich um Wiedergabe von Sprache und erst in jüngster Zeit auch um Wiedergabe musikalischer Darbietungen, tierischer Laute und endlich auch um Bildübertragungen jeglicher Art handelt. Letztere bezeichnet man allgemein nicht als Telefonie, aus begrifflichen Gründen; doch bestehen in physikalischer Hinsicht teilweise keine Unterschiede. Als „Träger“ der Übermittlung kann sowohl Gleichstrom wie Wechselstrom benutzt werden. Bei Telegrafie ist während der Signale der Trägerstrom amplitudengleich und sinkt während der Pause zwischen den Signalen zu Null ab, schon aus dem einfachen Grunde, um die Stromquelle möglichst gut auszunutzen, wobei Sorge getragen werden muß, daß das Absinken so schnell wie möglich erfolgt. Bei Telefonie wird die Amplitude des Trägerstromes im Rhythmus der Sprechgesetze geändert; im theoretischen Grenzfall kann hier der „wahre Stromwert“ zwischen den Grenzen Null und $2A$ schwanken, wenn A der Stromwert des Trägerstromes in „unbesprochenem“ Zustande des Zeichengebers ist, ein Grenzfall, der praktisch selten erreicht wird. Bei Telegrafie sowohl wie bei Telefonie heißt die Zu- und Abnahme des Trägerstromes im Sinne der Signalgesetze seine Steuerung oder Modulation. Die Modulation des Gebers muß, wie ausdrücklich bemerkt sei, bei Telefonie stromamplitudentreu der Amplitude der Signalerregung folgen, wenn die Signale verzerrungsfrei übertragen werden sollen. Da die abgegebene Leistung eine quadratische

Funktion des Stromes ist, so wird sie dem Quadrat der Amplitude der Signalerregung proportional. Ist der Trägerstrom Gleichstrom, so kann er ohne weitere Forderung zur Übermittlung der Nachrichten benutzt werden. Wird jedoch Wechselstrom als Träger gebraucht, so gilt allgemein, daß seine Frequenz groß ist gegen die Frequenz der Zeichen, wenn eine gute Übertragung möglich sein soll. Je besser diese Bedingung erfüllt ist, um so besser ist die sog. „Abbildung“. Für Telegrafie ist diese Forderung ohne weiteres einleuchtend und wird am besten so erklärt, daß im Grenzfall bei zu gering werdender Trägerfrequenz eine Signalabbildung dann ganz ausfällt, wenn der Trägerstrom zur Zeit des Signales den Phasenwert Null hat; in weniger krassen Fällen erscheint das Zeichen verkürzt und dadurch unkenntlich. Daß auch für Telefonie die gleiche Bedingung gilt, soll Fig. 1 zeigen. Die Kurve f , die Sprechkurve, die hier sinusförmig angenommen sei, wird durch die Trägerfrequenz F um so besser „abgetastet“, je höher deren Frequenz ist. Die Amplituden der Signalfrequenz sind mittels der Amplituden der Trägerfrequenz für deren positive und negative Ordinaten in gleichen Werten gezeichnet. Aus dieser Betrachtung folgt ohne weiteres, daß die Übermittlung von Telefonie bei Benutzung von Wechselstrom als Träger nur durch Hochfrequenz erfolgen kann, da die Sprechfrequenzen in Grenzfällen bis 10000 Hertz reichen. Dies gilt allerdings nur für musikalische Instrumente (z. B. Geige, Klavier); experimentell ist festgestellt, daß zur bloßen Verständlichwerdung von Sprechsendungen (z. B. beim Fernsprecher¹) eine Trägerfrequenz von 10000 Hertz genügt. Der Rundfunk jedoch stellt weit höhere Forderungen und beansprucht mindestens die Trägerfrequenz 50000 Hertz. Zur Übermittlung von telegrafischen Zeichen genügt als Trägerfrequenz stets Mittelfrequenz, weil die Signalfrequenz niemals 50 Hertz übersteigt; zur brauchbaren Abbildung der Signale ist schon eine Trägerfrequenz von 300 Hertz hinreichend. In der Telegrafentechnik wird heute von dieser Tatsache ausgiebig Gebrauch gemacht, indem auf die gleiche Leitung eine ganze Reihe von Trägerfrequenzen gedrückt werden, von denen jede als Signalträger benutzt wird. Die Ersparung von Leitungen mittels dieser Methode ist ein-

¹ Zur Übermittlung von Ferngesprächen auf langen Leitungen (Verbindung zwischen 2 Fernämtern) wird heute vielfach Wechselstrom als Träger benutzt, der mittels Röhrengeneratoren erzeugt wird. Bei ausreichendem Abstand der Trägerfrequenzen können über die gleiche Leitung mehrere Gespräche übermittelt werden, wodurch eine bessere Ausnutzung der teuren Leitung erzielt wird. Eine Trägerfrequenz von 10000 Hertz genügt schon zur Kenntlichmachung der Vokale. Die Konsonanten müssen oft erst richtig ergänzt werden, was automatisch aus dem Sinne der Worte geschieht. Fremdwörter, die nicht geläufig sind, z. B. Namen, sind aus diesem Grunde auch bei normalem Fernsprecher unverständlich, der ebenfalls nur die Vokale gut überträgt.

leuchtend. Eine drahtlose Übermittlung nach diesem Prinzip kann naturgemäß nicht erfolgen, weil mittelfrequente Wechselströme kein Strahlungsfeld auslösen. Nach dieser mehr allgemeinen Übersicht soll in der Folge nur von drahtloser Telefonieübertragung die Rede sein.

Es sei F die Trägerfrequenz, die also stets Hochfrequenz sein muß, f die Telefoniefrequenz, ferner A_F der Scheitelwert der Trägerfrequenz in unbesprochenem Zustand des Senders und A_f der Scheitelwert der Telefoniefrequenz (Fig. 1), dann heißt $\frac{A_f}{A_F}$ der Modulationsgrad der Trägerfrequenz bzw. der Trägerwelle. Der Modulationsgrad der Trägerfrequenz ist eine Konstante, deren Größe nur von der Aussteuerung des Senders abhängt; er bleibt der ausgestrahlten Welle längs

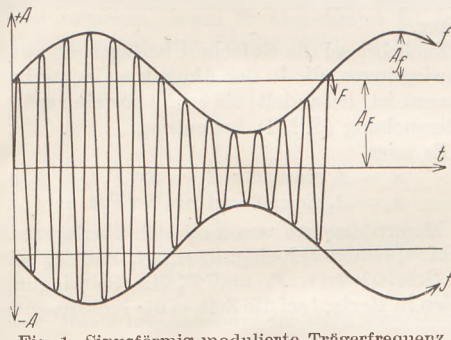


Fig. 1. Sinusförmig modulierte Trägerfrequenz.
 $F:f$ etwa = 10.

ihrer Wanderung durch den Raum (Raumwelle) oder über die Erdoberfläche (Bodenwelle) erhalten, das Feld am Orte des Empfängers besitzt also den gleichen Modulationsgrad wie die Trägerfrequenz in der Senderantenne; eine Modulationsverzerrung durch Strahlung besteht nicht. Ein Telefonieempfänger spricht nicht auf die Amplitude A_F der Trägerwelle, sondern stets auf die Amplitude A_f an, so daß die gleiche „Reichweite“ des Senders entweder durch kleinere Amplitude der Trägerfrequenz mit größerem Modulationsgrad oder durch größere Amplitude der Trägerfrequenz mit kleinerem Modulationsgrad erreicht werden kann. Aus Gründen, die später zu besprechen sind¹, wird stets der letztere Weg beschritten. Als Leistung eines Telefonesenders gilt heute nach dem Abkommen auf der Funktagung in Kopenhagen (Mai/Juni 1931) die der Antenne zugeführte Leistung; sie errechnet sich aus dem Produkt des Quadrates der Antennenstromstärke in den Widerstand der Antenne. Da der Strahlwiderstand = Nutzwiderstand der Antenne kleiner ist als ihr Gesamtwiderstand, in dem noch die Verlustwiderstände enthalten sind, so ist die tatsächlich abgestrahlte Leistung kleiner als der angegebene Zahlwert. Außerdem muß noch der maximal zulässige Modulationsgrad des Senders bekannt sein¹. Mit diesen Festsetzungen ist endlich ein großer Wirrwarr beseitigt, der vorher bei Angaben von

¹ Vgl. die Fußnote 1 auf S. 129.

Senderleistungen herrschte, deren Unterschied bei dem gleichen Sender ein Ausmaß von 1 : 10 erreichen konnte. Es ist vorgekommen, daß als Senderleistung diejenige Leistung angegeben wurde, die die Betriebsmaschinen des Senders aufnahmen. Eine analytische Behandlung des Diagramms der Fig. 1 ergibt das Resultat, daß die Modulation der Frequenz F durch die Frequenz f aufzufassen ist als die Überlagerung von drei Frequenzen der Zahlengrößen $F + f$, F , $F - f$, von denen F die Amplitude A_F , die beiden anderen je die Amplitude $A_{f/2}$ besitzen¹. Das Feld eines

¹ Dem Leser wird eine mathematische Begründung dieser Behauptung angenehm sein. Da längere Rechnungen im Text die Übersicht sehr stören, seien in dieser und einigen folgenden Anmerkungen die wichtigsten Ableitungen ange-deutet.

Zunächst sei die einfache Überlagerung zweier Schwingungen, die in der Akustik als Schwebung bekannt ist, behandelt; sie erhält für eine spätere Untersuchung (S. 131) Bedeutung.

Es seien

$$a_1 = A_1 \sin \omega_1 t = A_1 \sin 2\pi F_1 t, \\ a_2 = A_2 \sin \omega_2 t = A_2 \sin 2\pi F_2 t$$

die Momentanwerte von zwei sich überlagernden hochfrequenten Schwingungen. A_1 und A_2 seien die Scheitelwerte, F_1 und F_2 die Schwingungszahlen in Hertz, t sei die Zeit, ω die Kreisfrequenz. Ferner sei:

$$A_1 = A_2 + A_0, \quad F_1 > F_2.$$

Der Zeitwert der resultierenden Schwingung ist dann gegeben durch die Summe

$$a_1 + a_2 = A_1 \sin \omega_1 t + A_2 \sin \omega_2 t = A_0 \sin \omega_1 t + A_2 (\sin \omega_1 t + \sin \omega_2 t),$$

ein Ausdruck, der sich nach der bekannten Summenformel der Sinus umformen läßt in:

$$a_1 + a_2 = A_0 \sin \omega_1 t + 2 A_2 \sin \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t \cos \frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t \\ = A_0 \sin 2\pi F_1 t \\ + 2 A_2 \sin \frac{F_1 + F_2}{2} 2\pi t \cos \frac{F_1 - F_2}{2} 2\pi t. \quad (a)$$

Die Überlagerung zweier Schwingungen F_1 und F_2 ergibt eine neue Schwingung mit der Schwingungszahl $\frac{F_1 + F_2}{2}$, die durch die Frequenz $\frac{F_1 - F_2}{2}$ moduliert ist. Die modulierende Frequenz verläuft cosinusförmig, und da der Cosinus während einer ganzen Periode zweimal durch Null geht, erreicht die Amplitude A_2 zweimal während dieser Zeit den Wert Null, sie erscheint durch die Frequenz $F_1 - F_2$ moduliert. Ist diese Differenz niederfrequent, die Frequenzen F_1 und F_2 hochfrequent, wie angenommen, so wird ihre Schwebung (nach Gleichrichtung) hörbar. Es ist dies die physikalische Grundlage, nach der ein ungedämpfter Telegrafiesender empfangen wird; die Hilfsfrequenz muß im Empfänger erzeugt werden. Die Amplitude der Schwebung kann nur die zweifache Amplitude der feldschwächeren Schwingung A_2 erreichen; der Rest A_0 bleibt für die Schwebung belanglos und behält die ursprüngliche Einzel-frequenz F_1 . Diese Methode heißt Schwebungs-

mit der sinusförmigen Niederfrequenz f besprochenen Senders besteht also am Orte des

empfang oder mit einem Fremdwort: Heterodyn-empfang.

Die Schwebung braucht nicht niederfrequent zu verlaufen, sondern kann selbst wieder hochfrequent sein. Solche hochfrequenten Schwebungen werden heute in den sog. Superheterodyn-empfängern benutzt (vgl. S. 131).

Es liegt nahe zu untersuchen, welche Zusammensetzung die Überlagerung von drei Schwingungen ergibt. Es seien

$a_1 = A_1 \sin \omega_1 t$, $a = A \sin \omega t$, $a_2 = A_2 \sin \omega_2 t$
die Momentanwerte von drei hochfrequenten Schwingungen, wobei die Festsetzung getroffen sei:

$$\omega_1 = 2\pi(F + f), \quad \omega = 2\pi F, \quad \omega_2 = 2\pi(F - f) \\ \text{und} \quad A_1 = A_2; \quad A \geq A_1 + A_2.$$

F sei eine hochfrequente Schwingung, f eine niederfrequente Schwingung; die Differenz der Frequenzen der ersten und dritten Schwingung beträgt $2f$. Dann ist nach der gleichen Ableitung wie vorhin:

$$a_1 + a_2 = 2 A_1 \sin(2\pi F t) \cos(2\pi f t),$$

und die Überlagerung dieser resultierenden Schwingung mit a ergibt:

$$a + a_1 + a_2 = A \sin 2\pi F t + 2 A_1 \sin(2\pi F t) \cos(2\pi f t) \\ \cos(2\pi f t) = \sin 2\pi F t [A + 2 A_1 \cos(2\pi f t)]. \quad (b)$$

Die Formel (b) sagt folgendes aus. Durch Überlagerung von drei hochfrequenten Schwingungen mit dem gegenseitigen Abstand der Frequenz f und der mittleren Frequenz F wird die Schwingungszahl der letzteren nicht geändert; sie wird aber niederfrequent moduliert in einem Ausmaß, das der Ausdruck in der Klammer angibt. Die modulierende Frequenz ist f , ihr Scheitelwert ist $2 A_1$. Die Amplitude der Frequenz F schwankt demnach zwischen den Grenzen $A + 2 A_1$ und $A - 2 A_1$. Setzt man

$$A = A_F \quad \text{und} \quad 2 A_1 = A_f,$$

so erhält man als Verlauf der Funktion $a + a_1 + a_2$ das Diagramm der Fig. 1.

Es ist demnach die mit der Frequenz f modulierte Frequenz F zusammengesetzt zu denken aus drei Frequenzen, von denen die Trägerfrequenz F die Amplitude A_F , die Seitenfrequenzen $F + f$ und $F - f$ je die Amplitude $\frac{A_f}{2}$ besitzen. Da die Frequenzen f alle möglichen Werte zwischen $+$ und -10000 Hertz annehmen, entsteht ein ganzes Band von Frequenzen zu beiden Seiten der Trägerwelle im Umfang von 20000 Hertz, das künstlich, wie im Text bemerkt, auf 9000 Hertz herabgedrückt wird.

Die komplizierte Zusammensetzung aus drei Frequenzen ist der Fig. 1 nicht anzusehen. Es ist auch ganz zwecklos, sich eine Vorstellung über diesen Vorgang bilden zu wollen; es bleibt nichts übrig, als diese Tatsache rein mathematisch zu betrachten und hinzunehmen. Trägt man die drei Frequenzen mit den angegebenen Amplituden in ein Diagramm ein, so erhält man tatsächlich die Fig. 1.

Empfängers aus diesen drei Frequenzen, deren Amplitude naturgemäß gegenüber dem Ursprung außerordentlich abgenommen, deren Amplitudenverhältnis sich jedoch nicht geändert hat. Da die Sprechschwingungen stets eine Überlagerung der verschiedensten Frequenzen von etwa 20 bis 10000 Hertz mit gänzlich ungleicher Amplitude darstellen, so gestaltet sich die Struktur des ausgestrahlten Senderfeldes weit verwickelter, als oben dargestellt, und besteht aus einem ganzen Frequenzband, dessen Grenzen $(F + 10000)$ und $(F - 10000)$ Hertz sind, und dessen Einzelamplituden A_f die verschiedensten Werte annehmen. Diese rein analytisch gewonnene Übersicht hat in der Praxis zu einer außerordentlich wichtigen Einschränkung geführt. Wie eingangs erwähnt und überdies hinlänglich bekannt ist, hat die Zahl der Sender weit mehr als erwünscht zugenommen. Falls eine gegenseitige Störung der einzelnen Sender, d. h. eine im (idealen) Empfänger akustisch hörbare Überlagerung der einzelnen Senderfelder im Raum vermieden werden soll, muß die Bedingung erfüllt sein, daß die Frequenzentfernung je Sender mindestens 20000 Hertz beträgt. Es ist auf die Dauer nicht möglich gewesen, diese Forderung aufrecht zu erhalten, da die Zahl der Sender in Europa zu groß wurde, und man hat die Frequenzentfernung auf 9000 Hertz herabsetzen müssen. Eine akustische Störung frequenzbenachbarter Senderfelder im Raume wird in diesem Falle erst vermieden, wenn die einem Sender aufgedrückte Niederfrequenz 4500 Hertz nicht übersteigt. Man erreicht diese Bedingung durch Wegschneiden der höheren Sprechfrequenzen mittels Siebkreise; die akustische Wiedergabe wird dadurch naturgemäß verschlechtert, doch ist sie erträglich, weil Frequenzen über der angegebenen Grenze verhältnismäßig selten sind¹. Die Amerikaner, deren Senderzahl in engem Raum noch weit größer ist (in New York allein laufen etwa 20), haben eine noch größere Frequenzbescheidung vornehmen müssen.

Neben den gewollten modulierten Feldern bestehen im Raum um einen Empfänger leider in der Regel noch eine Reihe von Feldern anderer Sender, die gleiche Wellen wie die Rundfunksender ausstrahlen und deren Feldintensität das Feld des Fernsenders, der empfangen werden soll, sehr oft bei weitem (um Zehnerpotenzen) übersteigt. Es sind dies die Störsender aller Art, die teils durch Unvollkommenheit elektrischer Apparate gebildet werden, teils bei atmosphärischen und sogar kosmischen Vorgängen (zeitweise) entstehen. Es ist zu hoffen, daß es gelingen wird, erstere durch Entstörungseinrichtungen aller Art allmählich zu beseitigen. Letztere werden, soweit heute abzusehen ist, niemals ihren Einfluß verlieren. Sie treten indessen periodisch auf und sind oft ungefährlich (z. B. sind Störungen der Atmosphäre im Winter in der Regel nur gering). Die durch

¹ Das Wegschneiden am Sender geschieht aber in der Regel nicht bis zu diesen Grenzen; erst der Empfänger besorgt die Trennung völlig, wie später gezeigt wird.

Apparate irgendwelcher Art hervorgerufenen Störungen sind heute in manchen Gegenden so stark, daß sie den genußreichen Empfang auch nur eines einzigen Senders unmöglich machen.

Nach dieser Kennzeichnung des ausgestrahlten elektromagnetischen Wechselfeldes eines Telefonesenders kann angegeben werden, welche Eigenschaften ein Telefonieempfänger besitzen muß, um die Modulation eines bestimmten Senders verzerrungsfrei abzubilden und außerdem für die Felder anderer Telefonesender keine Empfindlichkeit zu zeigen.

Der Verlauf einfacher und zusammengesetzter Resonanzkurven und ihr Einfluß auf die Verzerrung der Modulation.

Daß ein Empfänger nur dann auf einen Fernsender anspricht, wenn er abgestimmt ist oder in Resonanz mit dem Sender steht, ist bekannt.

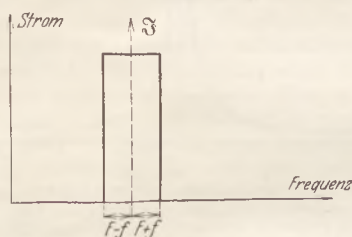


Fig. 2. Ideale Resonanzkurve für einen Empfänger.

Da aber ein Telefonesender nicht nur die Trägerfrequenz F , sondern, wie vorhin abgeleitet wurde, alle Wellen ausstrahlt, die den Frequenzen $(F + 4500)$ und $(F - 4500)$ Hertz entsprechen, so muß der Resonanzkreis des Empfängers auf dieses gesamte Wellenband gleich gut abgestimmt sein, wenn eine Verzerrung vermieden werden, alle Schwingungen dieses Wellenbandes amplitudentreu abgebildet werden sollen. Die Resonanzkurve müßte die Form der Fig. 2 annehmen, also eine rechteckige Form besitzen. In diesem Falle wäre die Forderung ideal erfüllt und außerdem noch eine zweite gleich notwendige, daß nämlich alle übrigen Frequenzen vom Empfänger ohne Reststrom unterdrückt würden. Ein sog. „Durchschlagen“ anderer benachbarter Sender wäre dann nicht möglich. Ein solcher Verlauf der Resonanzkurve würde die beiden eingangs (S. 120) erwähnten Forderungen fehlerfrei verwirklichen: Größte Trennschärfe (Selektivität) und verzerrungsfreie Wiedergabe. Die exakte Darstellung der rechteckigen Resonanzkurve ist nicht möglich. Eine befriedigende Annäherung gelingt mittels eines einzigen Resonanzkreises gar nicht, mittels mehrerer abgestimmter Kreise nur dann, wenn sie in besonderer Weise angeordnet werden. Abgestimmte Kreise solcher Art heißen „Bandfilter“. Von ihrer Theorie soll im folgenden ausführlicher gesprochen werden.

Normale Resonanzkurven besitzen den Verlauf, den Fig. 3 angibt. Auf der Abszisse sind die Frequenzen F , auf der Ordinate die Stromstärken S aufgetragen, die durch das Senderfeld

in dem Empfangskreis induziert werden. Die Gleichung der Resonanzkurve lautet also:

$$\mathfrak{I} = f(F). \tag{1}$$

In dieser Form ist die Gleichung für die folgenden Betrachtungen unbrauchbar. Bezeichnet man mit F_{res} , die Resonanzfrequenz des Empfängerkreises, d. h. also die Senderfrequenz, ferner mit $\mathfrak{I}_{\text{res}}$, die zugehörige (Resonanz-) Stromstärke, so ergibt sich die Gleichung:

$$\mathfrak{I}_{\text{res}} = f(F_{\text{res}}). \tag{2}$$

Für einen gegebenen Kreis und eine gegebene Feldintensität des Senders besitzt $\mathfrak{I}_{\text{res}}$ einen festen Wert, der größer ist als alle übrigen Werte \mathfrak{I}

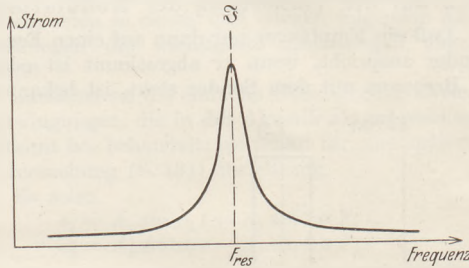


Fig. 3. Verlauf des Stromes in einem Schwingungskreis, der zur Abstimmung auf die Frequenz des Senderfeldes gebracht werden kann (Resonanzkurve).

der Resonanzkurve. Durch Division der Gl. (1) und (2) ergibt sich:

$$\frac{\mathfrak{I}}{\mathfrak{I}_{\text{res}}} = f\left(\frac{F}{F_{\text{res}}}\right). \tag{3}$$

In dieser Form ist der Verlauf der Resonanzkurve von der willkürlich gewählten Frequenz bzw. der Wellenlänge unabhängig geworden, da auf der Abszisse nur Frequenzverhältnisse, also reine Zahlengrößen, auf der Ordinate nur Stromverhältnisse, also ebenfalls reine Zahlenwerte, aufgetragen sind. Eine rechnerische Behandlung zeigt, daß der Verlauf der Resonanzkurve in dieser Darstellung nur von einer Größe abhängt, die das logarithmische Dämpfungsdekrement d des Schwingungskreises genannt wird. Es ist:

$$d = \pi R \sqrt{\frac{C}{L}}. \tag{4}^1$$

Führt man dieses und die Frequenzen F_{res} und f in die Rechnung ein, so nimmt die Gl. (3) die Form an:

¹ Vgl. den Aufsatz des Verfassers, diese Zeitschrift 39 (1926) 215. Dort wurde als Verhältnis zweier aufeinanderfolgender Scheitelwerte einer gedämpften Schwingung gefunden:

$$\frac{A_1}{A_2} = e^{\frac{R}{2L} T} = e^{\delta T}; \log \text{nat} \frac{A_1}{A_2} = \delta T = d;$$

da nach THOMSON $T = 2\pi \sqrt{LC}$ ist, so läßt sich schreiben:

$$d = \frac{R}{2L} T = \pi R \sqrt{\frac{C}{L}}.$$

$$\frac{\mathfrak{I}}{\mathfrak{I}_{\text{res}}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{2\pi}{d} \frac{f}{F_{\text{res}}}\right)^2}}. \tag{5}^1$$

In Fig. 4 sind zwei Resonanzkurven in der Form der Gl. (3) mit den Dekrementen $d = 0,01$ und $d = 0,1$ aufgetragen. Da die Resonanzströme für

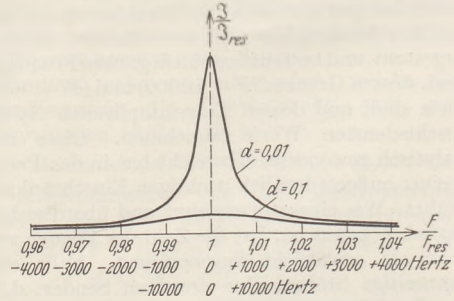
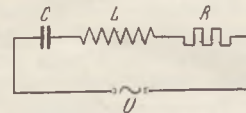


Fig. 4. Verlauf der Resonanzkurve für das Dekrement $d = 0,01$ und $d = 0,1$. Unterhalb der Abszisse sind die Sprechfrequenzen f für $F = 100\ 000$ und $F = 1\ 000\ 000$ Hertz aufgetragen.

verschiedene d ganz verschiedene Werte erreichen, soll als Resonanzwert $\frac{\mathfrak{I}}{\mathfrak{I}_R} = 1$ für beide d ein anderer Maßstab gewählt werden, der im richtigen Verhältnis angegeben ist; die Resonanzkurve verläuft um so flacher, je größer die Dämpfung des

¹ Die Gleichung sei hier abgeleitet. Gegeben ein Kreis mit der Kapazität C , der Induktivität L und dem Verlustwiderstand R Ohm; in der Spule L werde durch ein Wechselfeld mit konstanter Amplitude und fortlaufend veränderter Frequenz F



Schaltung eines gedämpften Schwingungskreises.

eine Spannung induziert, die also in den Kreis eingeschaltet wirkt (vgl. Figur).

Dann ist der Strom im Kreise

$$\mathfrak{I} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \text{ und im Falle der}$$

$$\text{Resonanz } \mathfrak{I}_{\text{max}} = \mathfrak{I}_{\text{res}} = \frac{U}{R}.$$

$$\text{Daraus wird } \frac{\mathfrak{I}_{\text{res}}}{\mathfrak{I}} = \sqrt{\frac{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}{R^2}} = \sqrt{1 + \frac{\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}{R^2}}.$$

$$\text{Aus } d = \pi R \sqrt{\frac{C}{L}} \text{ wird } \frac{1}{d} = \left(\frac{\pi}{d}\right)^2 \frac{C}{L}.$$

Wird dieser Ausdruck oben eingesetzt, so ergibt sich:

$$\frac{\mathfrak{I}_{\text{res}}}{\mathfrak{I}} = \sqrt{1 + \left[\frac{\pi}{d} \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)\right]^2 \frac{C}{L}}$$

Schwingungskreises ist. Unterhalb des Abszissenmaßstabes sind die numerischen Werte der Sprechfrequenzen f aufgetragen, und zwar je für eine gedachte Trägerfrequenz $F = 100000$ und $= 1000000$ Hertz. Da das Telefoniefrequenzband den Umfang $F = \pm 4500$ Hertz (vgl. S. 123) besitzt, so werden seine Grenzen 104500 und 95500 bzw. 1004500 und 995500 Hertz. Hieraus können zwei wichtige Folgerungen gezogen werden. Das beanspruchte Wellenband ist prozentual um so kürzer, je größer die gewählte Trägerfrequenz, je kleiner also die Trägerwelle ist. In einem bestimmten Wellenbereich können daher auf kürzeren Wellen mehr Telefoniesender untergebracht werden als auf langen Wellen, ohne daß eine gegenseitige Störung der Sender eintritt. Diese Folgerung könnte bereits aus senderseitigen Untersuchungen über die benutzte Trägerfrequenz gewonnen sein. Ein zweites Ergebnis ist jedoch nur aus Fig. 4 zu erhalten. Die Empfindlichkeit des Empfängerkreises wächst mit geringer werdender Dämpfung; die Resonanzströme werden um so größer, je kleiner das Dekrement ist; um die „Reichweite“ des Empfängers zu vergrößern, ist dieser Fall naturgemäß anzustreben. Falls aber die Verzerrungsfreiheit des Resonanzkreises erhalten bleiben soll, d. h. alle Telefoniebandamplituden getreu abgebildet werden sollen, darf eine hinreichend große Entdämpfung des Empfängerkreises nur bei hoher Trägerfrequenz hergestellt werden. Fig. 4 zeigt, daß bei der Trägerfrequenz $F = 100000$ Hertz und einem $d = 0,01$ schon eine starke Verzerrung selbst der niedrigen

und wegen $\omega = 2\pi F$

$$\frac{\mathfrak{S}_{\text{res.}}}{\mathfrak{S}} = \sqrt{1 + \left[\frac{\pi}{d} \left(2\pi F L - \frac{1}{2\pi F C} \right) \right]^2 \frac{C}{L}}$$

Nun ist die Resonanzschwingungsdauer = Schwingungsdauer des Kreises:

$$T = \frac{1}{F_{\text{res.}}} = 2\pi \sqrt{LC};$$

daraus folgt: $\frac{1}{C} = F_{\text{res.}}^2 \cdot 4\pi^2 \cdot L$.

Dieser Wert wird in den letzten Wurzelausdruck eingeführt; dann ergibt sich nach einigen Umformungen:

$$\frac{\mathfrak{S}_{\text{res.}}}{\mathfrak{S}} = \sqrt{1 + \left(\frac{\pi}{d} \frac{F^2 - F_{\text{res.}}^2}{F} \right)^2 4\pi^2 L C}$$

Wegen $4\pi^2 L C = \frac{1}{F_{\text{res.}}^2}$ wird:

$$\frac{\mathfrak{S}_{\text{res.}}}{\mathfrak{S}} = \sqrt{1 + \left(\frac{\pi}{d} \frac{F^2 - F_{\text{res.}}^2}{F \cdot F_{\text{res.}}} \right)^2} \approx \sqrt{1 + \left[2 \frac{\pi}{d} \left(\frac{F - F_{\text{res.}}}{F_{\text{res.}}} \right) \right]^2}$$

(für $F + F_{\text{res.}} = 2F$ gesetzt).

Für die Seitenbänder ist $F - F_{\text{res.}} = \pm f$,

so daß $\frac{\mathfrak{S}_{\text{res.}}}{\mathfrak{S}} \approx \sqrt{1 + \left(\frac{2\pi}{d} \frac{f}{F_{\text{res.}}} \right)^2}$, wo $F_{\text{res.}}$ die Trägerfrequenz ist.

Daraus findet man $\frac{\mathfrak{S}}{\mathfrak{S}_{\text{res.}}} \approx \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{2\pi}{d} \frac{f}{F_{\text{res.}}} \right)^2}}$

Frequenz 500 vorhanden ist. Erst für ein Dekrement d in der Nähe 0,1 ist die Abbildung gut, dann ist aber auch die Resonanzfähigkeit des Kreises für das Senderfeld so gut wie verschwunden. Für die Trägerfrequenz $F = 1000000$ Hertz liegen die Verhältnisse weit günstiger.

Aus diesen theoretischen Ableitungen können weitere allgemeingültige Schlüsse gezogen werden. Je kleiner die Dämpfung eines Kreises ist, um so mehr werden die höheren Töne der Übertragung ausgesiebt und die tieferen dadurch hervorgehoben. Dies gilt um so mehr, je tiefer die Trägerfrequenz gewählt wird. Bekanntlich läßt sich mit Hilfe der „Rückkopplung“ eine Entdämpfung fast bis zu einem $d = \text{Null}$ treiben. In diesem Falle können sehr weitgehend alle höheren Töne fast vollständig unterdrückt werden; Sprache z. B. erhält dann einen dumpfen, unnatürlichen und die Klangfarbe der Stimme nicht mehr kenntlich zeigenden Ton, die Lautstärke wächst gleichzeitig stark an, weil die Empfindlichkeit des Kreises gegen die Trägerwelle außerordentlich zugenommen hat. Die Wiedergabe eines Einkreisempfängers muß um so besser werden, je größer sein Dekrement ist. Deshalb wird ein Ortssender (naher Sender), zu dessen Empfang keinerlei Rückkopplung notwendig ist, stets eine (scheinbar) weit bessere Modulation zeigen als ein feldschwacher Sender, zu dessen Empfang starke Entdämpfung herbeigeführt werden muß. Dafür ist aber bei stark gedämpftem Kreis die Gefahr des „Durchschlagens“ benachbarter Sender besonders nahe gerückt, da der Kreis gegen diese der Größenordnung nach ebenso empfindlich ist wie gegen den Sender, auf dessen Trägerfrequenz er abgestimmt ist.

Der zulässige Entdämpfungsgrad, der hergestellt werden darf, um eine hinreichend gute Abbildung der Telefonie zu gewährleisten, ist nach BARKHAUSEN gegeben durch den Ausdruck:

$$d_{\text{min.}} = 2\pi \frac{f}{F} \quad (6)^1$$

Auch bei Beobachtung aller theoretischen Forderungen wird ein Durchschlagen von benachbarten Sendern bei Benutzung einfacher Kreise nicht zu vermeiden sein, weil die Wesensgleichheit der Fig. 4 mit Fig. 2 nicht weit genug getrieben werden kann. Die Flanken der Resonanzkurve verlaufen nicht steil genug und nehmen auch nicht in ausreichendem Maße gegen Null ab. Um eine höhere Selektivität zu erreichen, müssen noch weitere Einrichtungen getroffen werden.

Werden zwei auf die gleiche Welle gebrachte Kreise miteinander gekoppelt, und zwar zunächst so, daß praktisch keine Koppelwellen eintreten und außerdem die Einwirkung des Senders nur auf den ersten Kreis erfolgt, der zweite Kreis also nur vom ersten „angestoßen“ werden kann, so tritt, wie einleuchtend ist, eine Verminderung der Empfindlichkeit der Gesamtanordnung gegenüber dem Einkreis ein, weil in den zweiten Kreis die Dämpfung des ersten Kreises mit eingeht.

¹ Vgl. H. BARKHAUSEN: Elektronenröhren. Bd. 3 (1929), S. 62ff.

Diese Tatsache gilt ganz allgemein und ist von der Größe der gegenseitigen Kopplung beider Kreise völlig unabhängig. Soll demnach der Resonanzstromwert im zweiten Kreise der gleiche bleiben wie vorher im einzelnen Kreis bei sonst gleichen Verhältnissen, so ist ein Ersatz der Verluste durch irgendwelche Verstärkung notwendig, die ja heute in bequemster Weise durch die Elektronenröhre erreicht wird, also keinerlei Schwierigkeiten macht. Im Verlauf der resultierenden Resonanzkurve beider Kreise nach der

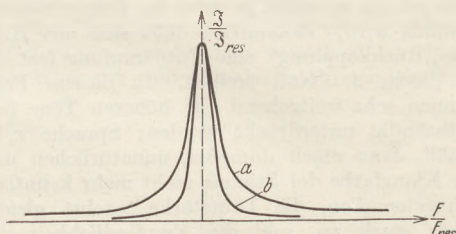


Fig. 5. a Normale Resonanzkurve nach Fig. 4, $d = 0,01$. b Resultierende Resonanzkurve zweier lose gekoppelter Kreise, deren d je $= 0,01$ ist.

Darstellungsweise der Fig. 4 ergibt sich ein außerordentlicher Vorteil. Das Stromamplitudenverhältnis der Gesamtanordnung errechnet sich durch Multiplikation der einzelnen Gleichungen ineinander; im Sonderfalle der völligen Gleichheit der beiden gekoppelten Kreise ist die Gleichung ihrer resultierenden Resonanzkurve:

$$\frac{\mathfrak{I}}{\mathfrak{I}_{res.}} \cdot \frac{\mathfrak{I}}{\mathfrak{I}_{res.}} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2\pi}{d} \frac{f}{f_{res.}}\right)^2} \quad (7)^1$$

Ihr Verlauf ist in Fig. 5 dargestellt; a ist die alte Kurve der Fig. 4 für $d = 0,01$, b die neue Kurve entsprechend der Gl. (7). Sie zeigt eine weit größere Flankensteilheit und ein sehr viel kleineres Amplitudenverhältnis außerhalb der Resonanzgegend, ihre Selektivität ist also größer, die Verzerrung der Modulation hat dagegen nicht im gleichen Maße zugenommen. Aus (7) ergibt sich das praktische Resultat, daß zur Herstellung einer bestimmten Trennschärfe die Benutzung mehrerer gekoppelter Kreise mit stärkerer Dämpfung zweckmäßiger ist als die Verwendung eines einzigen schwächer gedämpften Kreises, auch die Güte der Modulation nimmt zu, weil der Verlauf der resultierenden Kurve dem Idealfall (Fig. 2) näher kommt. Der Resonanzstreifen ist

¹ Die vom ersten Kreis auf den zweiten induzierte Spannung ist $u_2 = \omega M \mathfrak{I}_1$, wo M der Kopplungskoeffizient ist. Daraus wird für den Resonanzfall $\mathfrak{I}_{2res.} = \frac{u_2}{R_2} = \frac{\omega M \mathfrak{I}_1}{R_2}$. Um einen anderen Strom \mathfrak{I}_2 zu erhalten, ist dieser Ausdruck mit dem Verhältnis $\frac{\mathfrak{I}_2}{\mathfrak{I}_{2res.}}$ zu multiplizieren. Da ωM eine Konstante ist und die Größe von \mathfrak{I}_1 selbst vom Verhältnis $\frac{\mathfrak{I}_1}{\mathfrak{I}_{1res.}}$ abhängt, ergibt sich der obenstehende Ausdruck.

breiter, die Flanken sind steiler geworden als früher. Die Art der Kopplung beider Kreise ist vollkommen gleichgültig; sie kann induktiv, kapazitiv oder durch Leitung erfolgen oder ein Gemisch aller drei Fälle sein. Die Kopplung durch Leitung ist in der Regel bei Röhrenanordnungen gegeben, in welchen der erste Kreis als Gitterkreis der Röhre, der zweite als Anodenkreis ausgebildet ist. Die Ausnutzung beider Kreise für das Modulationsband geschieht noch weit wirksamer, falls sie gegeneinander ein wenig verstimmte werden. Die resultierende Kurve erhält dann die Form der Fig. 6; es entsteht oben eine nur geringe, belanglose Einsattelung, die beiden Scheitelwerte entsprechen den Scheitelwerten der einzelnen Kreise. Die Gestalt der Kurve ist in diesem Falle dem Rechteck noch ähnlicher geworden. Die so entstandene Anordnung ist die einfachste Form eines Bandfilters. Die Filterwirkung für ein bestimmtes Frequenzband gilt nur für die gewählte Trägerfrequenz; wird eine andere Trägerfrequenz genommen, so ist für das gleiche Frequenzband eine andere Einstellung der Verstimmung der Einzelkreise gegeneinander nötig. Daraus folgt, daß die Eichung schon eines so einfachen Bandfilters praktisch schwierig sein muß, sobald sie über eine größere Frequenzskala zu geschehen hat.

Da die Filterwirkung nach den Formeln (5) und (7) nur von einem Frequenzverhältnis abhängig ist, die Frequenz selbst aber in dieser Beziehung ganz willkürlich gewählt werden kann, so ergibt sich, daß sich Bandfilter für jede Grundfrequenz bauen lassen. In der Sprechfrequenztechnik (Kabeltelefonie) haben die Filter den

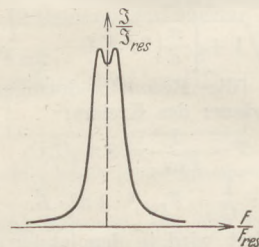


Fig. 6. Resultierende Resonanzkurve zweier gegeneinander verstimmter Kreise mit den gleichen Dekrementen wie vorher (Bandfilterwirkung).

Namen Siebkreise erhalten; es ist das Verdienst von K. W. WAGNER, ihre Theorie entwickelt und sie in die Praxis eingeführt zu haben. Derartige Siebkreise werden auch zur Festlegung des ausgestrahlten Frequenzbandes durch den Sender benutzt. Allerdings müssen Siebkreise wie Bandfilter noch eine zweckmäßigere Form erhalten, wenn sie praktisch brauchbar sein sollen, wie weiterhin ausgeführt wird.

Vorher war vorausgesetzt, daß die beiden Kreise keinerlei gegenseitige Beeinflussung zeigen sollen, ein Fall, der nur eintritt, wenn beide Kreise „extrem lose“ gekoppelt sind. Wird die Kopplung größer, so treten die sog. „Koppelwellen“ auf, die zu beiden Seiten der Grundwelle liegen, die selbst verschwindet. Beide Kreise zeigen Doppelresonanz für 2 Wellen, deren Ent-

fernung von der Grundwelle $\lambda_0 =$ (Welle des einzelnen Kreises ohne Kopplung) von dem Kopplungsgrad κ abhängt. Es ist:

$$\lambda_1 = \lambda_0 \sqrt{1 + \kappa}, \quad \lambda_2 = \lambda_0 \sqrt{1 - \kappa}.$$

Die Entfernung von der Grundwelle ist also um so größer, je größer die Kopplung beider Kreise ist. Bei verhältnismäßig loser Kopplung erhält man als Bandkurve ein der Fig. 6 völlig gleichartiges Bild; die Filterwirkung zeigt die gleichen Abhängigkeiten wie früher. Ein derartiges Bandfilter wird in der Praxis viel benutzt in der Form, die Fig. 7 zeigt; die gegenseitige lose Kopplung beider Kreise wird durch die kleinen Sonderwindungen S_k bewirkt, die auch in eine einzige Spule zusammengefaßt werden können. Die Spulen S_1 und S_2 , die Drehkondensatoren C_1 und C_2 bestimmen die Trägerfrequenz, wobei Sorge getragen werden muß, daß zwischen ihnen weder induktive noch kapazitive Kopplung vorhanden ist (magnetisches und elektrisches Streufeld). Die Filterwirkung der Anordnung kann, wie bereits erwähnt, nicht konstant sein, sondern sie ändert sich mit der eingestellten Trägerwelle. Da eine variable Kopplung zwischen den Spulen S_k die Einstellungsschwierigkeiten außerordentlich vergrößern würde — nur mit einer derartigen Anordnung ließe sich das Frequenzband konstant halten —, so ist bei einem solchen Bandfilter nur die Wahl einer mittleren Bandbreite möglich, die nach beiden Seiten andere Werte annimmt. Es liegt nahe, die Zahl der Filterkreise zu vermehren. Bei Abstimmung von drei Kreisen auf die gleiche Trägerfrequenz in extrem loser Kopplung

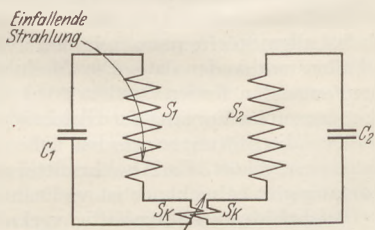


Fig. 7. Einfachste Form eines Bandfilters.

aller Kreise untereinander entsteht eine resultierende Resonanzkurve nach Art der Kurve *b* der Fig. 5, nur hat ihre Flankensteilheit noch weiter zugenommen. Eine geringe Verstimmlung aller drei Kreise gegeneinander vergrößert die Bandbreite, so daß die Anordnung einen Resonanzverlauf nach dem Bilde der Fig. 8 ergibt. Auch bei drei Kreisen ist es zweckmäßiger, Koppelwellen durch festere Kopplung herzustellen, wodurch sich der Verlauf des Bandes nicht ändert und räumlich eine bessere Anordnung getroffen werden kann. Es bestehen keinerlei Bedenken, auf diese Weise die Zahl der Kreise weiter zu vermehren, so daß sich die Bandbreite beliebig erweitern läßt. In dieser Art sind die Siebkreise der Niederfrequenztechnik zu ganzen Siebketten zusammengesetzt, die außerhalb ihrer Bandbreite

¹ Vgl. hierzu den Aufsatz des Verfassers, diese Zeitschrift 39, 217 ff. (1926).

keine Frequenzen durchlassen. Es sei nochmals ausdrücklich betont, daß jeder zusätzliche Kreis eine weitere Dämpfung der Gesamtanordnung bewirkt, Siebketten also eine erhebliche Verstärkungsmöglichkeit voraussetzen; ihre Anwendung ist deswegen erst seit der Entwicklung der Röhre als ideales Verstärkungsmittel möglich geworden.

In der Hochfrequenztechnik ist die Frequenzbandbreite im Verhältnis zur Grundfrequenz stets schmal, ein Hintereinanderschalten zahlreicher

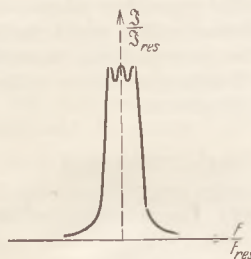


Fig. 8. Bandfilterwirkung von drei gekoppelten Kreisen.

Kreise deswegen nicht nötig. Hier ist die Vergrößerung der Flankensteilheit besonders erwünscht, um die Form der Fig. 2 noch mehr anzustreben, die praktisch stets ein angenähertes Trapez bleiben wird. Bei Benutzung von mehr als zwei Kreisen zur Herstellung von Bandfiltern für Hochfrequenz ergeben sich eine Reihe von Schwierigkeiten, die mit der Frequenz zunehmen. Zunächst ist ersichtlich, daß die Erhaltung des Frequenzbandes nach Fig. 8 eine veränderliche Kopplung aller drei Kreise notwendig macht, eine Forderung, deren praktische Verwirklichung bis jetzt nicht gelungen ist. Bandfilter mit mehr als zwei Kreisen für Rundfunkfrequenzen sind daher bis heute schon aus diesem Grunde nicht gebaut. Es treten indessen noch weitere bauliche Hindernisse auf. Voraussetzung für eine einwandfreie Filterwirkung in dem genau festgesetzten Umfang ist, daß alle Filterkreise die gleiche Dimension haben, insbesondere müssen Abstimmung und Dämpfungsdekrement der einzelnen Kreise untereinander absolut gleich sein. Diese Bedingung ist praktisch ebenfalls um so schwerer zu verwirklichen, je höher die Trägerfrequenz wird. Ein Beispiel möge dies erläutern. Die Trägerfrequenz sei $F = 100000$ Hertz, die Modulationsfrequenz $f = 5000$ Hertz. Eine Änderung von 5%, d. h. ein Fehler des Kreises (z. B. in der Wickelung) um 5%, bringt ihn gänzlich aus dem Modulationsbereich heraus; für die Trägerfrequenz $F = 1000000$ Hertz und die gleiche Modulationsfrequenz ist der zulässige Fehler nur noch 0,5%. Die Abstimmung des ersten Kreises kann also bei gleichbleibendem Fehler zehnmal so unscharf sein. Ferner ergibt sich nach Formel (6), daß das Dämpfungsdekrement des ersten Kreises den zehnfachen Wert besitzen darf wie das Dekrement des zweiten Kreises. Da es leichter ist, einen Kreis mit größerem als mit kleinerem Wert des Dekrements zu bauen, so wird man dem ersten Fall den Vorzug geben. Allgemein folgt aus dem

Beispiel, daß Bau und Abstimmung von Bandfiltern mit kleinerer Trägerfrequenz leichter sein muß. Aus diesem Grunde ist die Empfangstechnik im letzten Jahre wieder zu einem schon älteren Prinzip zurückgekehrt, die Trägerwelle des Senders im Empfänger auf eine weit niedrigere Frequenz umzuformen; die Empfänger solcher Art heißen Zwischenfrequenzempfänger oder Superheterodynempfänger. Sie können mit Bandfiltern besserer Bauart als die reinen Hochfrequenzempfänger ausgerüstet werden, besitzen jedoch auch Nachteile gegenüber diesen, die erst besprochen werden sollen, wenn nachstehend die Wirkungsweise eines anderen wesentlichen Teiles eines jeden Empfängers näher erläutert worden ist, des Gleichrichters.

Die Gleichrichtung und ihre Folgen.

Zunächst seien einige allgemeine Bemerkungen vorausgeschickt. Das menschliche Ohr und infolgedessen auch die dem Ohr angepaßten Schall-

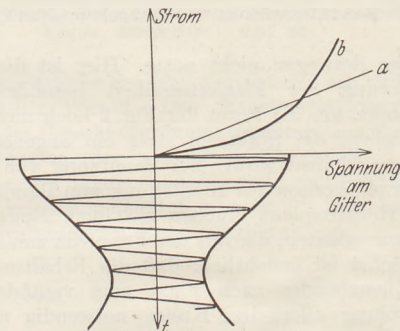


Fig. 9. Prinzip des Gleichrichtungsvorganges in der Röhre. *a* ideale Kurve, *b* wirkliche Kurve.

Sendeorgane Telefon und Lautsprecher sind Instrumente, die auf Stromamplituden ansprechen. Die Röhre selbst spricht auf Spannungsamplituden an; die Stromstärke eines dem Gitter der Röhre angeschlossenen Kreises ist belanglos, sobald nicht mit ihr eine Spannungsdifferenz verbunden ist. Sämtliche erwähnten Instrumente sind Teilamplitudenanzeiger, die zugeführte Leistung ist gleichgültig¹. Änderungen der Leistungsamplitude geben sie nicht an, wenn mit diesen nicht auch eine Änderung der Teilamplitude eintritt, für die das Instrument Empfindlichkeit zeigt. Die Röhre ist ein reiner Teilamplitudenanzeiger nur dann, wenn kein Gitterstrom fließt. Praktisch kann jeder Empfänger als Spannungsamplitudenmesser angesehen werden, der auf die Spannung des elektromagnetischen Wechselfeldes an seinem Aufstellungsort anspricht, die ihm seine abgestimmten oder nicht abgestimmten Eingangsorgane vermitteln. Solange die reine Hochfrequenzverstärkung fortgesetzt wird, tritt keine physikalisch neue Wirkung ein; die Wechselspannung der Gitterkreise wird in den Anodenkreisen in Strom-

¹ Sobald das Instrument Rückwirkungen ausübt, ist das jedoch nicht mehr der Fall. Dies gilt besonders für den Lautsprecher.

amplituden umgewandelt, und die durch sie bewirkte Spannungsamplitude erregt wiederum die folgende Röhre. Dies geschieht verstärkt im Sinne der Modulation (abgesehen von der Frequenzverzerrung), so daß die letzte Hochfrequenzverstärkeröhre physikalisch die gleiche Aufgabe hat wie die Eingangsröhre. Bei diesem Vorgang werden alle Frequenzen, die nicht im Abstimmungsband liegen, weitgehend unterdrückt, da die Resonanzkreise, sobald sie ein kleines d haben, was ja Voraussetzung ist, stark aussieben. Dies gilt auch für alle Störwellen, soweit sie nicht im Modulationsband liegen. Die Hochfrequenzspannungs- bzw. Stromamplituden tasten in ihren bezüglich der Nulllinie positiven und negativen Werten die niederfrequente Modulationskurve gleichwertig ab (vgl. Fig. 1), so daß deren positive und negative Amplituden sich gegenseitig aufheben. Diese können demnach durch Instrumente, die auf Teilamplituden ansprechen, nicht aufgezeichnet werden; nur eine Apparatur, die Leistungsamplituden anzeigt, wäre hierzu geeignet (z. B. ein Glühlämpchen bei hinreichend langsamer Modulationsfrequenz). Für Apparate, die Teilamplitudenempfindlichkeit zeigen, ergibt sich deshalb die Notwendigkeit der Gleichrichtung, sobald auf die Modulationsfrequenz übergegangen werden soll¹. Nach der letzten Hochfrequenzverstärkung muß also zunächst die Gleichrichtung erfolgen, die mehrere Fehlerquellen in die Modulationskurve hineinbringt. Zunächst werden alle Störfrequenzen, die nach der Aussiebung noch vorhanden sind, ebenfalls gleichgerichtet und hörbar, sobald sie gedämpft sind, also selbst eine Modulation besitzen, die bei allen Störfrequenzen in den weitaus meisten Fällen vorhanden ist. Die Modulation des zu empfangenden fernen Senders wird durch die Störfrequenzen im Vorgang der Gleichrichtung nachmoduliert, die Störungen werden neben den Sprechfrequenzen gehört. Ein Abwehrmittel gegen diesen Vorgang gibt es nicht, er ist vielmehr mit dem der Gleichrichtung zwangsläufig verknüpft. Eine weitere Nachmodulation erhält die Sendermodulation durch die unvollkommene Art der Gleichrichtung, die nach dem Schema *a* der Fig. 9 erfolgen müßte, wenn keine zusätzlichen Verzerrungen eintreten sollen. Die Nulllinie der Hochfrequenzwechselspannung ist in den Koordinatenanfang gelegt zu denken. Die Stromamplituden \Im des gleichrichtenden Indikators sind dann proportional der Niederfrequenzspannungsamplitude. Leider folgen die vorhandenen Gleichrichter nicht diesem Gesetz, sondern zeigen einen gekrümmten Verlauf der Gleichrichtungskennlinie, deren Gestalt auch bei verschiedenen Röhrentypen schwankt. Sie verläuft im allgemeinen

¹ Der Ausdruck „Gleichrichtung“, der sich eingebürgert hat, ist streng genommen nicht richtig, da hier eine Auslöschung und keine Gleichrichtung erfolgt. Im Gegensatz hierzu handelt es sich bei niederfrequenten (Netz-) Gleichrichtern stets um eine wirkliche Gleichrichtung der anderen Stromhälfte.

zunächst flacher, dann mehr gekrümmt (Fig. 9, Schema *b*) und bringt um so mehr Verzerrung in die Modulationskurve, je weiter die Krümmung ausgereutert wird. Es ist deswegen zweckmäßig, den Modulationsgrad der Sender nicht allzuweit zu treiben, um das Amplitudenverhältnis der Modulationskurve nicht zu groß zu machen. Ein Modulationsgrad von nur 20%¹ ist anzustreben, kann aber aus begrifflichen Gründen in der Regel nicht eingehalten werden. Die beiden Arten der Röhrengleichrichtung, Anodengleichrichtung und Gittergleichrichtung, können hier nicht näher behandelt werden, desgleichen kann ebenfalls aus Raumrücksichten auf die verschiedenen Formen der Gleichrichtercurven von Röhren nicht eingegangen werden. Die verzerrende Wirkung des Gleichrichtervorganges bringt im allgemeinen sog. nichtlineare Verzerrungen mit sich², deren Beseitigung nicht möglich ist. Auf der Empfängerseite ist darauf zu achten, daß die Amplituden des letzten Hochfrequenzröhrenkreises nicht zu groß werden, um den Gleichrichter nicht zu übersteuern. Nach dieser Untersuchung können die Vorgänge vor dem Gleichrichter weiterhin geklärt und die Vor- und Nachteile der verschiedenen Arten der Vorverstärkung, die reine Hochfrequenzverstärkung und die Zwischenfrequenzverstärkung, gegeneinander abgewogen werden.

Die verschiedenen Arten der Hochfrequenzverstärkung.

Die Amplitudenverstärkung der dem Eingangskreis des Empfängers zugestrahnten Senderfrequenz geschieht, indem in den Anodenkreis der Röhre ein zweiter gleichartiger Kreis gelegt wird, dessen geringe Verstimmung gegen den Eingangskreis (Gitterkreis) die Bandfilterwirkung erzeugt. Leider ist diese einfache Schaltung für hohe Frequenzen (Rundfunkwellen) durchaus unbrauchbar, weil die Kapazität Gitter-Anode ein Koppplungsglied beider Kreise darstellt, das trotz seiner Kleinheit genügt, um die Röhre zur Selbsterregung zu bringen. Die dazu nötige Phasenverschiebung von Gitter- und Anodenwechselspannung wird durch die Kapazität automatisch hergestellt. Diese Selbsterregung der normalen Röhre bei sonst

¹ Nach einer persönlichen Mitteilung von Herrn Prof. F. KLEBITZ an den Verfasser beträgt die mittlere Aussteuerung der deutschen Sender kaum mehr als 15%. Da aber die Amplituden bei musikalischen Wiedergaben zeitweise sehr hohe Werte erreichen, die Unterschiede in dem Modulationsgrad also sehr groß sein müßten, ist eine wahrheitsgetreue Übertragung durch den Sender in dieser Beziehung nicht möglich. Der maximal zulässige Modulationsgrad der Sender ist zur Zeit 70%, doch wird eine höhere Niederfrequenzamplitude angestrebt. Die Grenzen liegen in der Krümmung der Charakteristik der Senderöhren, die eine völlige Ausnutzung der Röhre nicht gestattet, weil die Linearität bis zur Sättigung nicht gewahrt ist.

² Vgl. den Bericht des Verfassers, diese Zeitschrift 45, 123 (1932).

nicht gekoppelten Kreisen ungefähr gleicher Eigenfrequenz erlischt erst bei Wellenlängen in der Größenordnung von etwa 4000 Metern. Sobald die Röhre schwingt, ist die Dämpfung der Kreise gleich Null, und eine Abbildung der Modulation kann nicht stattfinden. Ein Mittel, um diese automatische Selbsterregung zu verhindern, fand man zuerst in dem sog. Neutrodynprinzip, das in vielen Variationen angewendet wurde und heute noch bei den Vorverstärkern der Sender eine große Rolle spielt. Es beruht darauf, daß dem Gitter der Röhre von dem Anodenkreis her eine Spannung aufgedrückt wird, die in der Phase der Gitterspannung um 180° verschoben ist und gleiche Amplitude besitzt. Das Prinzip ist in Fig. 10 angegeben. Die Zuführung der Anodenbetriebsspannung geschieht in einem neutralen Punkt,

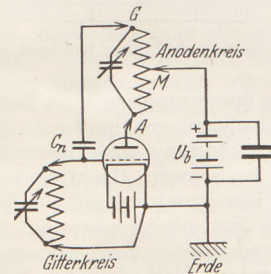


Fig. 10. Neutrodynprinzip.

dem Spulenmittelpunkt *M*, zu dem die Spannungen auf beiden Seiten der Spule automatisch um 180° phasenverschoben sind. Wird eine Gitterzuleitung in dem in der Fig. 10 angegebenen Sinne über einen kleinen Kondensator C_n gelegt, dessen Dimension die gleiche Größe besitzen muß wie die Gitter-Anodekapazität, so ist die Selbsterregung unmöglich geworden; die Anordnung ist wesensgleich der Schaltung einer Meßbrücke. Wird ein anderer Abgriff *G* genommen, so muß auch eine Änderung der Größe des Neutrodynkondensators geschehen. Die Neutralisation kann auch von der nächsten Röhre vorgenommen und die Schaltung selbst in vielfacher Variation ausgeführt werden. Die Verstärkung selbst, die ja fremderregt wirkt, wird durch den Neutralisationsvorgang nicht beeinflusst. Die Theorie in der Praxis in hinreichender Genauigkeit zu erfüllen, stößt auf mancherlei Schwierigkeiten, die einerseits in der Kleinheit der zu verwendenden Kondensatoren und andererseits darin liegen, daß die verwendeten Röhren auch gleicher Type nicht in der erforderlichen gleichen Genauigkeit hergestellt werden können, so daß bei notwendig werdender Auswechslung von Röhren die Größe des Neutrodynkondensators verändert werden muß. Damit ist man gezwungen, auch die Neutrodynkondensatoren veränderbar zu machen, und erhält dann für jede Röhre eine neue Einstellungsschwierigkeit, die nicht willkommen ist, weil sie die Bedienung und die Eichung des Gerätes erschwert. Die Hindernisse im Bau von Bandfiltern für so hohe Frequenzen wurden bereits erwähnt. Für die Trägerfrequenzen selbst die

einzelnen Hochfrequenzkreise genau gleich zu bauen, ist vollkommen gelungen, wobei die Bedienung außerordentlich einfach geworden ist, weil sämtliche Drehkondensatoren durch einen einzigen Handgriff eingestellt werden können. Die letzten Unstimmigkeiten zwischen den einzelnen Kondensatoren, die auch bei sauberster Werkmanns- und Maschinenarbeit nicht zu vermeiden

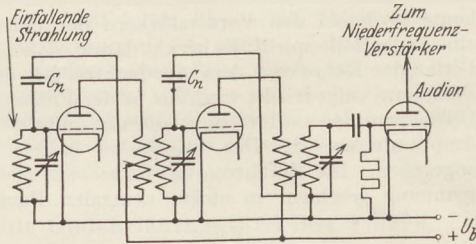


Fig. 11. Hochfrequenzteil eines Neutrodynempfängers.

sind, werden durch nachträgliches Bearbeiten der einzelnen Kondensatoren im fertigen Gerät beseitigt. Die Schaltung eines normalen Neutrodyngerätes in seinem Hochfrequenzteil zeigt Fig. 11; die Kondensatoren mit der Bezeichnung C_n sind die Neutrokondensatoren. Sie sind in der ersten und zweiten Stufe anders gelegt, um zwei verschiedene Methoden der Neutralisation zu zeigen. Die Heizleitungen sind fortgelassen. — Das Neutrodynprinzip wurde in dem Augenblick für den Aufbau von Empfängern verlassen, als es gelang, die schädliche Kapazität Gitter-Anode

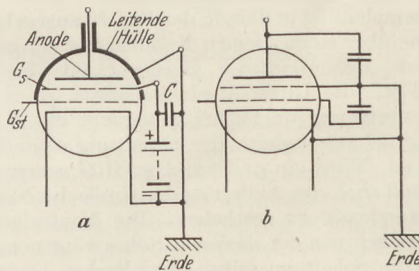


Fig. 12. Prinzip der Schirmgitterröhre.

auf andere Weise sicher und einfacher zu beseitigen. Das geschah durch die Verwendung von sog. Schirmgitterröhren in dem Hochfrequenzverstärkerteil der Empfänger. Die Schaltung der Schirmgitterröhre wird der Mehrzahl der Leser vielleicht bekannt sein, doch soll sie der Vollständigkeit halber kurz angegeben werden. In den Bahnweg der Elektronen zwischen dem eigentlichen Steuergitter G_{st} und der Anode (Fig. 12a) ist ein weiteres Gitter G_s gelegt, das zur Familie der Schutz- oder Schirmgitter gehört, weil es ein Durchgreifen von Vorgängen an der Anode auf das Steuergitter in weitem Ausmaße verhindert; hier soll nur von einer einzigen Wirkung des Schirmgitters die Rede sein. Wird G_s mit Erde verbunden, wobei die Verbindung entweder direkt oder in der Regel über eine Gleichspannung erfolgen kann und nur darauf zu achten

ist, daß das Gitter keinerlei Wechsellspannung erhält, also stets über den großen Kondensator C die Wechsellspannung Null hat, so wird die schädliche Kapazität Steuergitter-Anode in zwei Kapazitäten aufgeteilt, die sich physikalisch in der Weise auswirken, wie Fig. 12b zeigt. Eine schädliche Kapazität Steuergitter-Anode besteht nicht mehr, sondern sie ist aufgelöst in zwei unschädliche Kapazitäten, die zwischen Steuergitter und Kathode (= Erde) einerseits und Kathode (= Erde) und Anode andererseits liegen. Erstere vermehrt die Kapazität des Gitterkreises, letztere die Kapazität des Anodenkreises. Die Schirmgitterröhre kann den Einsatz von Schwingungen ohne äußeres Kopplungsglied nicht veranlassen, Gitterkreis und Anodenkreis können ohne weiteres auf die gleiche Welle eingestellt werden. Freilich ist streng dafür zu sorgen, daß die Abschirmung des Steuergitters gegen die Anode vollkommen geschieht, weshalb die Anode allseits geschützt

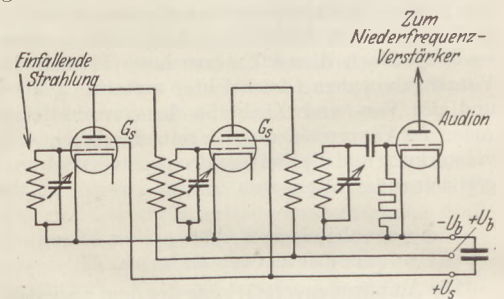


Fig. 13.

Hochfrequenzteil eines Schirmgitterröhrenempfängers.

werden und sogar ihre äußeren Zuleitungen eingehüllt werden müssen, damit keine Streukapazität zwischen ihr und der Steuergitterzuleitung möglich ist. Auf diese Weise ist es gelungen, sogar abgestimmte Hochfrequenzverstärker für ganz kurze Wellen zu bauen. Einen im Aufbau der Fig. 11 gleichen Hochfrequenzverstärker zeigt Fig. 13; die Neutrodynkondensatoren sind durch Schirmgitter ersetzt. Eine Bandfilterwirkung ist in beiden Empfängern nicht vorgesehen.

Die Notwendigkeit, sie heute verwenden zu müssen, und zwar in möglichst einfacher und exakter Form, hat, wie bereits bemerkt, zur Wiederverwendung einer Empfängerart geführt, die eine Reihe von Jahren von der Industrie kaum mehr gebaut wurde, des Zwischenfrequenzempfängers. Sein physikalisches Prinzip möge etwas näher erläutert werden. Durch Überlagerung zweier hochfrequenter Schwingungen (vgl. S. 122 Anm.), deren Frequenzen voneinander abweichen, entstehen Schwebungen, die bei hinreichend kleinem Frequenzabstand (nach Gleichrichtung) akustisch hörbar sein können. Falls die Abweichung der Einzelfrequenzen zu groß wird, so fällt auch die durch Überlagerung entstandene neue Frequenz in das nicht mehr hörbare Gebiet, ihre Schwingungszahl kann durch willkürliche Einstellung der einen Grundfrequenz beliebig geändert werden. Ist die eine der beiden Grundfrequenzen bereits moduliert, so ergibt sich ein zeit-

licher Verlauf der resultierenden Amplitude nach dem Bilde der Fig. 14. Die Schwingungszahl der Grundfrequenz ist nach der Rechnung (vgl. S. 122 Anm. Zeile 31) $F_{\ddot{u}} = \frac{F_1 + F_2}{2}$, die Schwingungszahl der Überlagerungsfrequenz $F_{zw} = F_1 - F_2$, und dieser Frequenz ist wiederum die eigentliche Modulationsfrequenz f überlagert. Es hat sich darum für dieses Prinzip die Bezeichnung Zwischenfrequenzprinzip oder Superheterodynprinzip eingebürgert. Im abgekürzten Sprachgebrauch heißen die Empfänger, deren Arbeitsweise auf dieser Trägerfrequenzumwandlung beruht, Superhet; in exakter Ausdrucksform sei der Name

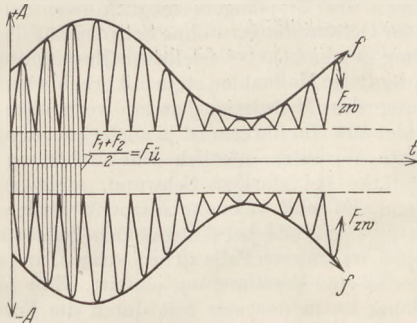


Fig. 14. Entstehung der modulierten Zwischenfrequenz. Die durch die Überlagerung entstehende Hochfrequenz kann nur durch Scheitelwerte angedeutet werden.

Zwischenfrequenzempfänger für die Folge beibehalten. Die Zwischenfrequenz, möglichst nicht kleiner als 75000 bis 100000 Hertz, wird im Empfänger selbst durch Überlagerung der ankommenden modulierten Welle mit einem kleinen Hochfrequenzröhrengenerator erzeugt und erhält für alle ankommenden Wellen einen festen Wert; die Generatorfrequenz muß also gleichzeitig mit der Einstellung auf die zu empfangende Welle geändert werden, was keine Schwierigkeiten macht. Die Aufgabe, zu dieser Zwischenfrequenz als Trägerfrequenz ein geeignetes Bandfilter für das modulierte Band von 9000 Hertz zu bauen, ist nun erheblich einfacher geworden, weil die hochfrequente Zwischenfrequenz F_{zw} einen festen, bleibenden Wert erhalten hat. Das Bandfilter kann physikalisch nach den Ausführungen auf S. 126/127 besser durchgebildet werden, und seine Einrichtung wird leichter. Eine Bedienung fällt überhaupt fort, weil auch das Bandfilter feste Einstellung erhält.

Solchen Vorteilen, die die Industrie im vergangenen Jahre zu einem Bau von Zwischenfrequenzempfängern in (nach Ansicht des Verfassers übereilt) großem Ausmaße veranlaßt hat, stehen Nachteile gegenüber, die das Prinzip gegenüber dem einfachen Hochfrequenzverstärkerprinzip (Geradeausverstärker) zweifellos besitzt. Die Zwischenfrequenz kann nach den Ausführungen auf S. 128 nur dann im Anodenkreis einer Röhre, der sog. Mischröhre, erzeugt und zum Zwecke der notwendigen Verstärkung auf weiter folgende Röhren übertragen werden, wenn eine Gleichrichtung stattgefunden hat; die Mischröhre muß also selbst eine Einrichtung erhalten, die die mit

der Zwischenfrequenz modulierte, in ihrem Gitterkreis durch Überlagerung entstehende neue Hochfrequenz gleichrichtet und dadurch zum Verschwinden bringt (Fig. 15). Nun ist mit dem Gleichrichtungsvorgang aber, wie ausgeführt ist, auch eine Gleichrichtung aller Störfrequenzen verbunden, so daß die Zwischenfrequenz mit allen Störfrequenzen moduliert und in der Folge verstärkt wird. In der letzten Zwischenfrequenzverstärkerröhre folgenden Röhre muß zur Frequenzumwandlung auf die Modulation abermals eine Gleichrichtung erfolgen, bis die eigentliche Niederfrequenzverstärkung einsetzt. Alle Störfrequenzen, die am Zwischenfrequenzeingang vorhanden waren, gelangen auch zum Niederfrequenzverstärker und somit auf den Lautsprecher. Diese sehr lästige Eigenschaft der Zwischenfrequenzempfänger macht ihre Verwendung in Gegenden mit starken Störwellen (und die gibt es leider noch in Fülle) praktisch unmöglich, denn alle Fernwellen, die der Empfänger ohne weiteres mühelos aufnimmt und aussieht, besitzen oft eine geringere Modulationsamplitude als die Amplitude der Störwellen. Ein fortdauerndes, sehr heftiges Knattern verzerrt und unterbricht dann den Empfang ganz gleich welches Senders, was auf die Dauer jeden Genuß aufhebt. In solchen Fällen besteht keine Frage darüber, ob es nicht zweckmäßiger ist, auf an sich bessere Modulation und höhere Trennschärfe zu verzichten und einen reinen Geradeausempfänger zu benutzen. — Beim Bau von Zwischenfrequenzverstärkern entsteht noch eine andere

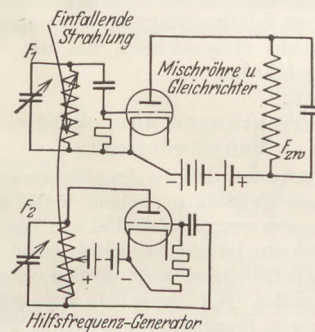


Fig. 15. Schaltung für die Entstehung der Zwischenfrequenz.

Schwierigkeit, die indessen nicht unüberwindlich ist. Die Zwischenfrequenz kann nicht nur durch Überlagerung der Hilfsfrequenz mit einer höheren Welle, sondern auch mit einer niederen Welle hervorgerufen werden, so daß zur Erzeugung der Zwischenfrequenz in dieser Beziehung bereits ein Sieben stattfinden muß, das eine solche „Verwechslung“ verhindert. Das geschieht durch ein erstes reines Hochfrequenzbandfilter, das auch an sich notwendig wird, um zunächst ein genügend breites Empfangsband herzustellen; denn ein zu schmales Band kann durch weitere Filter naturgemäß nicht wieder verbreitert werden. So besteht ein moderner Zwischenfrequenzempfänger zunächst aus einem reinen Hochfrequenzbandfilter, das eine mittlere Bandbreite erzeugt, dann aus

einer Mischröhre, die die Zwischenfrequenz herstellt und weiterhin aus einem Zwischenfrequenzhochfrequenzverstärker, der zugleich als endgültiges und gutes Bandfilter wirkt. Dieser Verstärker ist als Zweiröhrenverstärker in Fig. 16 angedeutet. Als erstes Zwischenfrequenzfilter wirken zwei auf diese Frequenz abgestimmte gekoppelte Kreise, die so gekoppelt sind, daß gerade das Band von 9000 Hertz herausgeschnitten wird. Ein zweites Filter besitzt genau die gleiche Anordnung und hat zur Folge, daß die Flankensteilheit der Filterkurve noch zunimmt. In der auf

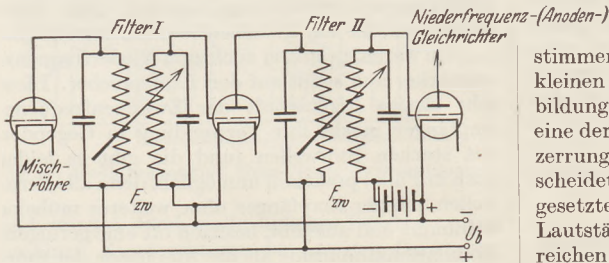


Fig. 16.
Zwischenfrequenzverstärker in Bandfilterschaltung.

das zweite Bandfilter folgenden Röhre wird die Zwischenfrequenz gleichgerichtet und auf die Modulationsfrequenz umgeformt. Als Gleichrichter ist hier ein Anodengleichrichter (Richtverstärker) gewählt; ein Audion (Gittergleichrichter) leistet dieselben Dienste. Da die Zwischenfrequenz ebenfalls unter der Wellenlänge 4000 m liegt, müssen Schirmgitterröhren benutzt werden; sie sind nicht eingezeichnet, um die Übersicht nicht zu gefährden.

Die Vorrichtungen zum Ausgleich des Schwundeffektes.

Es ist bekannt, daß die Amplituden des Feldes eines fernen Senders in hohem Maße zeitlichen Schwankungen unterworfen sind, ein Vorgang, den man als Schwundeffekt bezeichnet (engl. Fading). Der Grund für diese sehr lästige Erscheinung ist zum großen Teil sicherlich auf gegenseitige Störungen von Empfangsapparaten untereinander zurückzuführen, die sich sehr nahe sind, wie es in Städten die Regel bildet. Doch bestehen ohne Zweifel auch Schwunderscheinungen, die auf diese Weise nicht zu erklären sind. Der wechselnde Zustand der Atmosphäre spielt eine große Rolle, der rechnerisch nicht erfaßt werden kann. Eine andere Hypothese macht die sog. „Heavisideschicht“ für den Schwundeffekt verantwortlich. Sie befindet sich in etwa 100 km Abstand über der Erdoberfläche (Nordlichtzone) und bildet (nach der Hypothese) einen guten Leiter, an dem auftretende Rundfunkwellen zurückgeworfen werden (Spiegel). Es besteht eine Bodenwelle und eine Raumwelle des Senders, die an der Heavisideschicht gespiegelt wird, und der Schwundeffekt entsteht durch Überlagerung beider Wellen, deren Phase wechselt. Es ist zu betonen, daß diese Vorstellungswiese lediglich eine Hypothese darstellt, die sich jeder auch angenäherten theoretischen

Übersicht und erst recht einem exakten Versuch entzieht. Es ist vorläufig weit besser zu sagen, daß eine gute Erklärung des Schwundeffektes noch aussteht. Jedenfalls lehrt die Erfahrung, daß der Schwundeffekt um so lästiger wird, je kleiner bis zu einer gewissen Grenze die Wellenlänge ist, und daß dann auch die Zeitfolge des Schwundes häufiger wird. In der Gegend der Rundfunkwellen ist er sehr häufig, und es war deswegen natürlich, daß man nach Mitteln gesucht hat, die Schwundwirkung, d. h. das Schwanken der Schallamplitude des Lautsprechers, möglichst aufzuheben. Bei allzugroßer Lautstärke wäre zur Herabsetzung der Amplitude wohl ein Verstimmen des Empfängers möglich (wie das bei kleinen Ortsempfängern ohne Schaden für die Abbildung geschieht), bei selektiven Empfängern ist eine derartige Maßnahme stets mit erheblicher Verzerrung des Modulationsbandes verbunden, sie scheidet aus. Im übrigen ist ja auch eine entgegengesetzte Wirkung, nämlich eine Erhöhung der Lautstärke bei starkem Schwund, nicht zu erreichen. Es muß vielmehr versucht werden, die Eingangsamplitude bei eintretendem Schwund zu erhöhen, im anderen Falle zu erniedrigen, und zwar ohne daß eine Verstimmung eintritt. Eine solche Wirkung ist in neuester Zeit durch die Verwendung sog. Exponentialröhren erzielt worden, deren Prinzip kurz erläutert sei. Trägt man den Anodenstrom einer Röhre als Funktion der Gitterspannung auf, so erhält man bekanntlich die Charakteristik der Röhre. Sie ist in gewissen

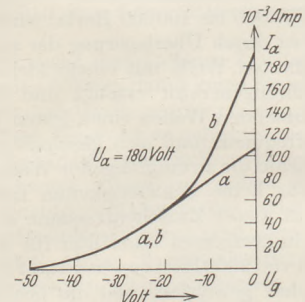


Fig. 17. *a* Charakteristik einer normalen Röhre (RE 604).
b Desgl. von parallel geschalteten Röhren mit verschiedenem Durchgriff (vgl. Fig. 18).

Grenzen geradlinig (Fig. 17, Kurve *a*), ihre „Steilheit“ ist durch die Emissionsfähigkeit der Röhre und durch den Durchgriff gegeben. Die Anodenspannung hat theoretisch keinen Einfluß auf die Steilheit, sondern ihre Größe verschiebt nur die Charakteristik nach links oder rechts. Eine Röhre mit gleichbleibender Emissionsfähigkeit zeigt eine um so größere Steilheit, je kleiner der Durchgriff wird, weil dann immer kleinere Gitterspannungen zum Steuern des Anodenstromes ausreichen. Ein Versuch möge diese theoretische Ableitung erläutern. Es sei die Charakteristik einer Röhrenanordnung aufgenommen, die aus einer Röhre mit größerem Durchgriff (z. B. 25%) und aus drei weiteren Röhren mit kleinerem Durchgriff (10%) besteht;

die Teile aller Röhren seien parallel geschaltet (Fig. 18). Als Röhre mit größerem Durchgriff sei die bekannte Type RE 604, als Röhre mit kleinerem Durchgriff die RE 134 genommen. Von letzterer seien drei gewählt, um den Versuch recht einleuchtend zu machen. Sobald in einem Bereich mit größerer negativer Gitterspannung gearbeitet wird (— 40 bis — 15 Volt), sind die Röhren mit kleinerem Durchgriff völlig stromlos, da die für sie zu große negative Vorspannung keinen Anodenstrom zuläßt. Sobald jedoch der Sperrbereich überschritten ist, tragen die Röhren RE 134 stark zum Gesamtstrom bei, die Charakteristik der Röhrenanordnung erhält einen Knick, und die Kurve rechts vom Knick verläuft erheblich steiler (Fig. 17, Kurve b). Die Anordnung läßt sich natürlich weitgehend variieren. In einer einzigen

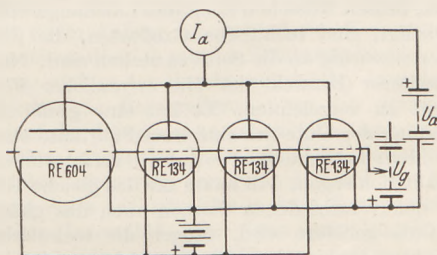


Fig. 18. Versuch zur Erklärung der Exponentialröhre.

Röhre ist ebenfalls der gleiche Effekt herzustellen, wenn das Gitter der Röhre nicht in gleicher, sondern gesetzmäßig in ungleicher Maschenweite ausgebildet wird. Dann tragen die Fadenteile, die den dichteren Maschen gegenüberliegen, erst später zur Strombildung bei, und es ergibt sich eine ähnliche Charakteristik nach Art der Kurve b. Sie verläuft steiler bei kleinerer negativer Gittervorspannung, und die Röhre erhält dementsprechend eine um so bessere Steuerfähigkeit. Nach dem gesetzmäßig gekrümmten Verlauf der Charakteristik, der je nach der Konstruktion der Röhre eine andere Gestalt annehmen kann, heißen diese Röhren Exponentialröhren. Ihre Anwendung zum Ausgleich des Schwundeffektes kann auf zweierlei Art erfolgen. Eine willkürliche Regulierung der Gittervorspannung im Niederfrequenzteil des Empfängers an einer Exponentialröhre setzt ihre Anodenwechselstromamplitude und die aller folgenden Röhren herauf und herab, je nachdem sie im steileren (geringere negative Vorspannung) oder im flacheren Teil (größere negative Vorspannung) der Charakteristik von der in beiden Fällen gleichen Gitterwechselspannung gesteuert wird. Wird die Lautstärke zu groß, so erhöht man also die negative Vorspannung des Gitters der Exponentialröhre, im anderen Falle setzt man sie herab. Die Vornahme dieser Lautstärkenregulierung ist grob und muß von Hand geschehen. Weit eleganter ist die automatische Regulierung, also eine Vorrichtung, die selbsttätig die Einstellung einer konstanten Lautstärke gestattet, den Schwundausgleich also schon durch die Apparatur selbst ausführen läßt. Es gibt bereits eine Reihe Schaltungen zum Teil sehr verwickelter Art, die diesen

Schwundausgleich herbeiführen. Sie beruhen alle darauf, daß die Erhöhung der Amplitude im Niederfrequenzteil des Empfängers eine automatische Vergrößerung der negativen Vorspannung einer der Hochfrequenzverstärkerröhren herbeiführt, die zu diesem Zwecke eine Exponentialröhre sein muß. Damit verringert sich in der vorhin beschriebenen Weise die Wechselstromamplitude im Anodenkreis der Röhre und aller folgenden Kreise. Die Verwirklichung der Methode zeigt in einer einfachen Ausführung Fig. 19. Die Röhre links sei eine Hochfrequenzröhre, die rechte die Gleichrichterröhre, wobei die Gleichrichtung nach Art der Fig. 9 erfolgen soll, d. h., der Anodenstrom nimmt zu mit zunehmender Hochfrequenzamplitude (Anodengleichrichtung). Ein im Anodenkreis in Serie mit dem Transformator¹ geschalteter Widerstand R erzeugt zwischen den Punkten P_b und P_g einen Spannungsabfall, der um so größer sein wird, je größer der Anodenstrom wird, je höher also die Hochfrequenzamplitude ist. Eine Leitung verbindet den Punkt P_g mit dem Gitterkreis der Eingangsröhre über eine Batterie B , die den Zweck hat, die positive Gleichspannung des Punktes P_g auszugleichen und die resultierende Gleichspannung nahe auf Null zu bringen. Die Gleichspannung wird über die Spule S auf das Gitter übertragen, während der Kondensator C die Gleichspannung und niederfrequente Wechselspannung gegen die Kathode absperrt. Nimmt nun infolge der wachsenden Hochfrequenzamplitude die niederfrequente Amplitude zu, so erhöht sich die negative Vorspannung der Exponentialröhre, und ihre Anodenstromamplitude nimmt

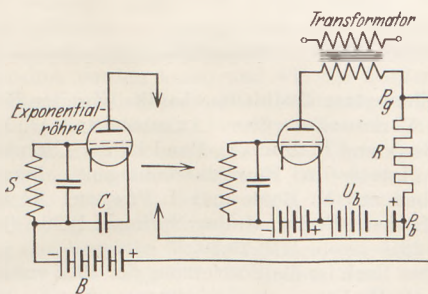


Fig. 19. Schaltung zum automatischen Ausgleich des Schwundeffektes.

ab; im anderen Falle tritt der umgekehrte Vorgang ein. Bei der Gittergleichrichtung werden die Einrichtungen verwickelter, weil hier die Amplitude der Hochfrequenz eine Abnahme des Anodenstromes bewirkt, doch bleibt das Prinzip erhalten. Die rückwirkende Steuerung kann auf eine beliebige Hochfrequenzröhre erfolgen und wird um so wirksamer, je weiter im Anfang die Steuerung erfolgt. In der Fig. 19 ist deswegen ein Freiraum gelassen, um anzudeuten, daß die Ortswahl der Röhre freibleibt; diese muß aber

¹ Selbstverständlich kann auch ein Widerstandsverstärker benutzt werden, also an die Stelle des Transformators ein Hochohmwiderstand treten.

dann eine Exponentialröhre sein. Der automatische Schwundausgleich ist vor allen Dingen bei den großen Kurzwellenempfängern der Sendegesellschaften eingeführt, die die Übersee-Sendungen aufnehmen, aber auch eine Anzahl Rundfunkempfänger besitzen schon diese Einrichtung.

Schlußbemerkung.

In den vorstehenden Ausführungen ist versucht worden, ein Bild von einer Entwicklung zu geben, die keineswegs als abgeschlossen gelten kann. Im Gegenteil, schon nach einem Jahre kann das hier Gesagte teilweise überholt sein. Grundsätzlich Neues ist allerdings in den letzten Jahren mit Ausnahme der Exponentialröhre kaum gefunden worden, aber in der zweckmäßigeren Anordnung und der weiteren technischen Durchbildung können zweifellos weitere Fortschritte gemacht werden. Hoffnungslos erscheint heute noch die hinreichende Überwindung der Störsender aller Art; sie wird wohl nicht in der besseren Durchbildung der Empfänger gefunden werden. Es gilt vielmehr, die Störungen an ihrer Quelle selbst zu unterdrücken, wozu bereits mancherlei Einrichtungen mit mehr oder weniger gutem Erfolg gefunden worden sind. Diese Entstörungseinrichtungen beruhen alle auf dem gleichen Prinzip, Spulen und Kondensatoren als Sperr- bzw. Kurzschlußorgane für die entstehenden Störschwingungen zu benutzen. Sicherlich wäre hier der Fortschritt schon weit größer, wenn die Einführung solcher Vorrichtungen sich heute nicht aus finanziellen Gründen oft verbieten

würde. Endlich noch ein kurzer Hinweis auf die rein technische Entwicklung, die hier bei Erörterung physikalischer Probleme naturgemäß hat zurücktreten müssen. Es muß aber gesagt werden, daß die großartige konstruktive Durcharbeitung aller Einzelteile der Empfänger erst die Ausnutzung der physikalischen Erkenntnisse möglich gemacht und deren quantitative Festlegung sehr erleichtert hat.

Die Einknopfbedienung, die auch dem krassesten Laien heute die Bedienung eines empfindlichsten und selektivsten Empfängers spielend ermöglicht, die Entwicklung der indirekt geheizten Röhren, die Umformung der Netzspannung für den Empfänger, die Ausmerzung des sog. Netztones auf ein ganz geringes Maß, endlich die Ausgestaltung des ganzen Gerätes zu einem Schmuckstück, dessen Aussehen auch das Laienauge völlig befriedigt, sind technische Großtaten, die jeder anderen würdig an die Seite zu stellen sind. Noch in weiterer Hinsicht ist ein erfreulicher Fortschritt zu verzeichnen. Es hat eine große Angleichung der Güte der einzelnen Fabrikate stattgefunden; der Schund ist so gut wie verschwunden. Es läßt sich sagen, daß heute für das gleiche Geld von den verschiedenen Firmen auch das gleiche an Güte geliefert wird. Mögen die technischen Ansichten der einzelnen Firmen auch auseinandergehen, so herrscht doch zweifellos der unbeirrte Trieb, das Beste zu geben und dem Fortschritt dienen zu wollen. Das festzustellen und zu betonen, ist für den objektiven Beobachter eine angenehme Pflicht.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Elementare Quantenmechanik. (Zweiter Band der Vorlesungen über Atommechanik.) Von M. BORN und P. JORDAN. Band IX der „Struktur der Materie in Einzeldarstellungen“, herausgegeben von M. BORN und J. FRANCK. XI und 434 Seiten. Berlin: Julius Springer 1930. Geh. RM 28,—; geb. RM 29,80.

Das Buch ist die Fortsetzung der 1925 erschienenen „Vorlesungen über Atommechanik“ [besprochen in dieser Zeitschrift 38, 157 (1925)]. Die Verfasser sind, wie sie im Vorwort ausführen, der Überzeugung, daß die Verbindung zwischen klassischer und neuer Mechanik nicht so sehr auf der formalen Ähnlichkeit der wellenmechanischen Differentialgleichungen und Randwertbedingungen mit den Methoden der klassischen Kontinuumsphysik beruht als vielmehr auf dem Korrespondenzprinzip von NIELS BOHR; sie wollen zeigen, daß die neue Mechanik keine Annäherung an die klassischen Vorstellungen, sondern einen logischen Ausbau der BOHRschen Begriffsbildungen bedeutet. Für den vorliegenden Band legen sie sich die Beschränkung auf, im wesentlichen nur mit „elementaren“, das soll heißen, mit algebraischen Mitteln zu arbeiten. Ein späterer Band soll die eigentliche Wellenmechanik behandeln.

Die 7 Kapitel behandeln folgende Themen: Physikalische Grundlegung; mathematische Grundlagen; die Gesetze der Matrizenmechanik; die Sätze über den Drehimpuls; Störungstheorie; statistische Deutung der Quantenmechanik; Einleitung in die Quantentheorie des Lichts. Die Verfasser gehen von HEISENBERG'S Betrachtungen über korrespondenzmäßige Kinematik aus. Die Ähnlichkeit zwischen den Regeln für die Multiplikation zweier Fourierreihen und für die von Matrizen führt zur Einführung der Matrizen. Es wird postuliert, daß jede physikalische Größe durch eine Matrix beschrieben werden kann. Die Werte, die eine Größe (z. B. die Energie eines abgeschlossenen Systems) annehmen kann, sind die Eigenwerte der zugehörigen Matrix. Verallgemeinernd kann man die physikalischen Größen durch sog. Hilberttensoren beschreiben. Auf die Einzelheiten der allgemeinen Ableitungen und Folgerungen kann hier nicht eingegangen werden. Es werden einzelne spezielle Probleme behandelt, z. B. der lineare harmonische Oszillator, Zeeman-, Kerr-, Faraday-Effekt, Integrale der Bewegungsgleichungen beim H-Atom, Dispersionstheorie u. v. a. Das letzte Kapitel führt in die DIRAC'SCHE Theorie der Lichtemission und -absorption ein.

Das Buch gibt in dem angedeuteten Sinne eine gute Einführung in die Quantenmechanik. Der Anfänger muß sich nur hüten, das Wort „elementar“ anders als in dem oben erklärten Sinne zu verstehen. *Lamla.*

Die Prinzipien der Quantenmechanik. Von P. A. M. DIRAC. Ins Deutsche übertragen von WERNER BLOCH. XI und 274 Seiten. Leipzig: S. Hirzel 1930. Geh. RM 18,—; geb. RM 20,—.

Das vorliegende Buch des bekannten Forschers auf dem Gebiet der Quantenmechanik, P. A. M. DIRAC in Cambridge, der übrigens in W. BLOCH einen vorzüglichen Übersetzer gefunden hat, verlangt von seinen Lesern eine sehr erhebliche Abstraktionsfähigkeit, gibt dafür aber andererseits eine geschlossene und abgerundete Darstellung. „Die einzige Aufgabe der Physik“, so heißt es im Anfang, „besteht darin, Voraussagen zu machen, die sich mit der Erfahrung vergleichen lassen, und es ist durchaus unnötig, irgendeine befriedigende Beschreibung über den gesamten Verlauf der Vorgänge zu geben.“ Das ist wohl zu beachten, wenn den Leser etwa die Vorstellung zunächst eigenartig anmutet, daß bei der Zerlegung eines Lichtstrahles in zwei Komponenten gleicher Intensität, die dann zur Interferenz kommen, ein einzelnes Photon teilweise in jeder der beiden Komponenten enthalten ist, und daß es so nur mit sich selbst interferiert. Man darf nicht „aus anschaulichen Überlegungen falsche Folgerungen ziehen“.

Ein Zustand (im Raum-Zeitgebiet) wird durch ein Symbol ψ (bzw. das konjugierte φ) gekennzeichnet; ähnlich werden die „Observablen“ durch gewisse Symbole dargestellt, ohne daß der genaue Begriff beider Arten von Größen im einzelnen zunächst definiert wird. Für diese Symbole werden nun Rechengesetze aufgestellt; im wesentlichen gelten für sie die formalen Gesetze der Algebra außer dem kommutativen Gesetz bei der Multiplikation. Es zeigt sich sodann, daß die abstrakten Symbole durch gewisse Systeme wirklicher Zahlen „dargestellt“ werden können, die sich bei den Observablen zu einer Matrix ordnen. Die ersten 5 Kapitel des Buches bringen die Darstellung der abstrakten Theorie. Ihre Abstraktheit ist Nachteil und Vorteil zugleich: sie führt zur Behandlung der Quantenbedingungen, der Eigenwerte der Observablen usw., ohne daß z. B. von Koordinatensystemen u. dgl. die Rede zu sein braucht; andererseits vermißt der Leser leicht den Zusammenhang mit dem wirklichen Experiment.

In den folgenden 7 Kapiteln behandelt der Verfasser: Bewegungsgleichungen und Quantenbedingungen; elementare Anwendungen (Wellenpakete, Oszillator); Bewegung in einem zentralen Kraftfeld; Störungstheorie; Stoßprobleme; Gebilde, die mehrere gleichartige Teilchen enthalten; Strahlungstheorie; relativistische Theorie des Elektrons (einschließlich Elektronenspin).

Klarheit und Folgerichtigkeit der Darstellung sind hervorzuheben. Nicht nur der Anfänger, sondern auch derjenige, der bereits einen Zugang

zur Quantentheorie gefunden hat, wird aus dem Buch viel entnehmen können. *Lamla.*

Vorlesungen über Wellenmechanik. Von A. LANDÉ. IV und 132 Seiten, mit 15 Abbildungen. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 1930. Kart. RM 9,50.

In der Einleitung (Atomismus und Quantentheorie) gibt Verfasser eine sehr feine und klare Auseinandersetzung über die grundsätzlichen Grenzen der Meßgenauigkeit, die sich aus der atomistischen Struktur auch der Meßapparate ergeben, sowie darüber, daß die Quantentheorie grundsätzlich auf die kausale Determiniertheit der „Partikelschicksale“ verzichtet. „Bedeutet also Kausalität, daß aus einem scharf gemessenen Anfangszustand der zukünftige Zustand scharf determiniert sei, so ist schon die Prämisse, der scharf zu messende Anfangszustand, unerfüllbar“ und „aus dem nur unscharf gemessenen Zustand der Gegenwart folgt eine ganze Schar verschiedener Zukunftsmöglichkeiten mit mehr oder weniger großer Wahrscheinlichkeit“. Das erste Kapitel behandelt den Dualismus zwischen Wellen und Korpuskeln bei Licht und Materie (Elektronenbeugung u. a.). Recht klar und anschaulich führt das nächste Kapitel die quantentheoretische Unschärfe ein. Betrachtet man 2 Wellen mit den Schwingungszahlen ν und $\nu + \Delta\nu$, so ist zur Messung der Differenz $\Delta\nu$ aus den Schwebungen mindestens die Zeit $\Delta t = 1/\Delta\nu$ nötig; aus dieser Bedingung $\Delta\nu \cdot \Delta t = 1$ ergeben sich auch die übrigen Ungenauigkeitsrelationen. Auf ein Kapitel über Quantenstatistik folgt ein solches über die Wellengleichung von SCHRÖDINGER. Hier wird insbesondere gezeigt, wie diese Gleichung aus optisch-mechanischen Analogiebetrachtungen abgeleitet werden kann, und wie die Forderung gewisser „natürlicher“ Randbedingungen (Eindeutigkeit, Stetigkeit, Verschwinden im Unendlichen u. ä.) ohne weiteres dazu führt, daß die Gleichung nur dann Lösungen besitzt, wenn die Energie gewisse „Eigenwerte“ annimmt. Die Einführung der Matrizen, die physikalische Deutung der einzelnen Matrizengrößen und die statistische Deutung der Wellenfunktion erfolgt wieder in sehr verständlicher und übersichtlicher Art. Sehr erfreulich ist es, daß nun ein großes Kapitel mit „Beispielen zur Schwingungsgleichung“ folgt, das fast $\frac{1}{3}$ des Buches ausmacht (Rotator, Oszillator, Keplerbewegung, Wasserstoff, Helium, Zeemaneffekt, Überwindung eines Potentialberges durch Partikel mit geringer Energie u. v. a.). Die letzten Kapitel endlich behandeln die Wellenmechanik zeitlich veränderlicher Systeme und die relativistische Wellenmechanik.

Die Darstellung ist überall klar, anschaulich und gut verständlich. Als besonderen Vorteil des Buches sehe ich es an, daß es sich nicht mit allgemeinen Ausführungen begnügt, sondern auch Beispiele in ausreichender Menge bringt. Das Buch kann Studenten und auch Lehrern an höheren Schulen zur Einführung in die Quantenmechanik bestens empfohlen werden. *Lamla.*

Die Quantenstatistik und ihre Anwendung auf die Elektrentheorie der Metalle. Von LEON BRILLOUIN. Aus dem Französischen übersetzt von E. RABINOWITSCH. Band XIII der Sammlung „Struktur der Materie in Einzeldarstellungen“, herausgegeben von M. BORN und J. FRANCK. X und 530 Seiten, mit 57 Abbildungen. Berlin: Julius Springer 1931. Geh. RM 42,—; geb. RM 43,80.

Das Buch ist die Übersetzung der ein Jahr zuvor erschienenen französischen Ausgabe; doch ist das Kapitel über die Grundlagen der Wellenmechanik wesentlich geändert worden. Nach einer sehr anschaulichen Auseinandersetzung über die Begriffe Phasen-, Gruppen-, Signal- und Energietransportgeschwindigkeit werden die Strahlungsgesetze in klarer und einleuchtender Form behandelt, ohne daß alle Einzelheiten wirklich abgeleitet werden. Das 3. Kapitel knüpft die Photonenhypothese an den lichtelektrischen Effekt, behandelt den Comptoneffekt und anschließend die Grundlagen der Wellenmechanik; die Wellengleichung von SCHRÖDINGER wird auf einfache Beispiele (harmonischer Oszillator u. a.) wirklich angewandt. Es folgen 3 Kapitel über statistische Thermodynamik, Quantenstatistik und Statistik der Strahlung. Das 7. und 8. Kapitel (Anwendung der Fermistatistik auf die freien Elektronen in Metallen und Bestimmung der mittleren freien Weglänge der Elektronen) machen den Hauptteil des Buches aus. Verfasser geht von der SOMMERFELDSchen Theorie der elektrischen und thermischen Leitfähigkeit der Metalle aus und zeigt, wie die verschiedenen bekannten Erscheinungen theoretisch zu begründen sind. Das 8. Kapitel ist der mathematischen Erfassung des Problems der Leitfähigkeit vom wellenmechanischen Standpunkt aus gewidmet. In den letzten Kapiteln werden Probleme der Entartung, der Atomstruktur und der Atomquantelung behandelt. Ein Anhang enthält mathematische Hinweise (insbesondere Kombinatorik) und Besprechungen zweier Arbeiten von NORDHAUSEN und von PEIERLS.

„Der ganze erste Teil des Buches sollte so gehalten werden, daß er einem Studierenden verständlich sein könnte, der sich zum erstenmal mit den hier behandelten Problemen befaßt.“ Dieses vom Verfasser selbst gesteckte Ziel ist durchaus erreicht. Sind die ersten Kapitel zur Einführung bestimmt, so führen die weiteren Teile des Buches in die Tiefe der Probleme.

Lamla.

Die experimentellen und theoretischen Grundlagen der Elektronenbeugung. Von H. MARK und R. WIERL. Fortschritte der Chemie, Physik und physikalischen Chemie, Bd. 21, H. 4, herausgegeben von Prof. Dr. A. EUCKEN. 126 Seiten mit 60 Abb. Berlin 1931. Verlag von Gebrüder Borntraeger. Subskriptionspreis geh. RM 12,—, geb. RM 13,60, Einzelpreis geh. RM 16,—, geb. RM 18,—.

Der Stoff ist in dieser Monographie in umgekehrter Reihenfolge, wie der Titel angibt, behandelt. Das Hauptgewicht legen die Verfasser

allerdings auf die Besprechung der „experimentellen Grundlagen der Elektronenbeugung“. Ihnen sind 32½ Seiten elementare Darstellung der Wellenmechanik freier Elektronen und ihrer Zerstreuung durch Materie vorausgeschickt. Der experimentelle Teil wird durch eine historische Übersicht über die experimentellen Beweise der Elektronenbeugung eingeleitet. Darauf folgen ausführliche Darstellungen der von den Verfassern benutzten Anordnung für Beugungsversuche mit schnellen Elektronen und der Anordnungen anderer Forscher für Beugungsversuche mit langsamen Elektronen, die höhere vakuumtechnische Anforderungen stellten. Bei der Besprechung der experimentellen Ergebnisse ist wiederum klar geschieden zwischen den mit schnellen und den mit langsamen Elektronen gewonnenen. Hier sind so ziemlich alle bis Anfang 1931 erschienenen Untersuchungen zusammengetragen. Dadurch ist das Büchlein für den auf diesem oder einem der Anwendungsgebiete Arbeitenden sehr wertvoll. Man findet nicht nur die quantitativen Bestätigungen der DE BROGLIESchen Theorie für Elektronenstrahlen und nicht nur nach verschiedenen Methoden mittels Elektronenstrahlen ausgeführte Kristallstrukturbestimmungen, sondern auch Beugungsversuche an einzelnen Molekülen, an hochmolekularen Stoffen, Untersuchungen über die Struktur von Flüssigkeitsoberflächen und Gasadsorptionsfragen, die mit dieser Methode in Angriff genommen wurden.

Den Schluß des Buches bildet neben einem Namen- und einem kurzen Sachverzeichnis eine vollständige Literaturzusammenstellung aller Elektronenbeugungsarbeiten (202 Arbeiten) bis 1. April 1931, die demjenigen, der sich in das Gebiet einarbeiten will, eine ausgezeichnete Hilfe leistet.

Ein paar Worte mögen noch den Mängeln dieser zweifellos wertvollen Bereicherung der rühmlichst bekannten Sammlung gewidmet sein, die in einer späteren Auflage unschwer auszumergen sein dürften. Der dem behandelten Gegenstand fernstehende Leser muß ein beträchtliches Maß an Kritik aufbringen, um über zahlreiche kleinere Irrtümer in der Darstellung hinwegzukommen und zu erkennen, welche der aufgeführten Ergebnisse bereits endgültig festzustehen scheinen, und welche das sicher noch nicht tun. Die unkritischen Referate, die manchenorts verlangt werden, sind hier, wo kein Redaktionsstift zu fürchten war, bedauerlich. Die sachlichen Irrtümer werden durch die beigefügte Druckfehler-Berichtigung leider nicht hinreichend gutgemacht. Gelegentlich finden sich Sätze, deren Sinn auch bei längerem Verweilen nicht ganz klar wird. Mit diesen notwendigen Hinweisen ist dem anziehenden und wirklich wertvollen Buch ein großer Leserkreis zu wünschen.

R. Schnurmann.

Braunische Kathodenstrahlröhren und ihre Anwendung. Von Dr. phil. E. ALBERTI, Regierungsrat und Mitglied des Reichspatentamtes Berlin. 214 S. Mit 158 Textabbildungen. Berlin: Ver-

lag Julius Springer 1932. Preis geb. RM 22,20, geh. RM 21,—.

Im Jahre 1897 veröffentlichte F. BRAUN in Wied. Annalen die ersten grundlegenden Angaben über einen Apparat, der seitdem den Namen „BRAUNsche Röhre“ trägt und zur Untersuchung von elektrischen Wechselvorgängen unentbehrlich geworden ist. Mit Recht ist dieser Name, wie ALBERTI sagt, beibehalten worden, denn andere Bezeichnungen wie Kathodenstrahl-oszillographen, Gasentladungsröhren u. a. sind nicht umfassend genug und deuten auf ein kleineres Anwendungsgebiet hin, als dem der BRAUNschen Röhre entspricht. Man muß ALBERTI beistimmen; denn so vielseitig auch die technischen und physikalischen Änderungen sein mögen, die seither getroffen worden sind, das Grundprinzip der ersten Röhre von BRAUN ist nicht verlassen worden. In einer eingehenden historischen Betrachtung nennt ALBERTI zunächst die Forscher, die vor und nach BRAUN zur Entwicklung und Anwendung des Instruments beigetragen haben. Mit der photographischen Aufzeichnung veränderlicher Magnetfelder mittels Kathodenstrahlen beschäftigte sich bereits vor BRAUN im Jahre 1894 HESS, der indessen Aufnahmen nicht veröffentlicht hat. BRAUN selbst benutzte zur Zeitauflösung den rotierenden Spiegel, er gibt jedoch bereits das Verfahren mittels LISSAJOUSScher Figuren an. EBERT verwandte zum erstenmal zur Ablenkung des Kathodenstrahls elektrische Felder anstatt magnetischer mittels außerhalb der Röhre angebrachter Kondensatorplatten, und WIECHERT erreichte durch die Striktionsspule eine Zusammenziehung des Kathodenstrahls und dadurch eine größere Helligkeit des Flecks auf dem Schirm. ÅNGSTRÖM benutzte 1899 den Apparat zur Herstellung von Hysteresisschleifen, und SIMON und REICH fanden eine brauchbare Lösung zur Darstellung von Kondensatorentladungen. WEHNELT entwickelte wirklich brauchbare Innenelektroden, und RYAN bildete das Aufnahmeverfahren mittels LISSAJOUSScher Figuren zu großer Vollkommenheit aus (1903). — Während bis dahin die Auslösung des Elektronenstrahls in kalten Gasentladungsröhren vorgenommen wurde, gab WEHNELT ein grundsätzlich neues Verfahren hierzu an, indem er gemäß seiner Entdeckung der hohen Elektronenemission von Oxyden in die BRAUNsche Röhre eine Glühkathode einbaute. Hierdurch konnten die hohen Anodenspannungen stark herabgesetzt werden, und außerdem wurde die Röhre empfindlicher, weil die weit langsamere Elektronengeschwindigkeit eine größere Ablenkbarkeit des Kathodenstrahles ermöglichte. Die sehr vermehrte Elektronenmenge bewirkt außerdem eine große Helligkeitszunahme des Flecks auf dem Leuchtschirm. — Der erste Glühkathoden-oszillograph wurde 1905 von WEHNELT angegeben. Mit einer gasgefüllten Röhre konnte WEHNELT auch die Elektronenbahn sichtbar machen. DUFOUR nahm (1914) mit großem Erfolge die Versuche von HESS wieder auf, die Kurven des Kathodenstrahls direkt zu photographieren, und LANGMUIR verbesserte den Glühkathodenoszi-

lographen. Die Forscher, die sich um die weitere Verbesserung der einzelnen Anordnungen und um die Erweiterung der Anwendungsgebiete der BRAUNschen Röhre verdient gemacht haben, zu denen auch ALBERTI selbst zählt, können hier nicht alle genannt werden. Im Abschnitt B seines Buches gibt ALBERTI eine Übersicht über die physikalischen Grundlagen der BRAUNschen Röhre, die hier als im wesentlichen bekannt vorausgesetzt werden dürfen. Im Abschnitt C wird der Aufbau der Röhre behandelt. Hier werden die verschiedenen Arten, die im Laufe der Entwicklung entstanden sind, genau beschrieben. Neben den bereits erwähnten Typen (kalte Kathode, Glühkathode, Röhre mit Gasfüllung) ist noch eine andere Form entwickelt worden, die auf der Auslösung von Sekundärelektronen durch den Primärstrahl beruht. Eine größere praktische Bedeutung scheint diese Form noch nicht erlangt zu haben. Einen großen Raum nimmt in diesem Kapitel die Beschreibung der Einzelteile der Röhre ein, zu denen neben anderen besonders die Ablenkungskondensatoren, die Ablenkungsspulen, die Leuchtschirme, die Blenden und Anoden, die Mittel zur Konzentrierung der Kathodenstrahlen und endlich einige weitere Mittel zur Vermeidung der Vor- und Nachbelichtung gehören, die bei photographischer Fixierung der Vorgänge notwendig werden. Den Leuchtschirm benutzte bereits BRAUN; dieses Mittel zur Sichtbarmachung der Vorgänge ist dem Prinzip nach beibehalten worden, wenn sich auch die Art und Gestalt des Schirmes im Laufe der Zeit geändert hat. Von den Materialien, die als Leuchtsubstanz auf dem Schirm dienen, hat sich Zinksulfat wegen seines intensiv grünen Lichtes zur visuellen Beobachtung, Calciumwolframat wegen seines blauen Lichtes für photographische Aufnahmen und Zinksulfid wegen seines blaugrünen Leuchtens für beide Zwecke gleich gut geeignet erwiesen. Die Mittel zur Konzentrierung des Elektronenstrahls werden nötig, weil die Elektronen aus der Kathode (insbesondere bei Glühkathoden) unter sehr verschiedenen Richtungen austreten. In Analogie zur Optik blendet man daher mittels Blenden zunächst ein feines Bündel heraus, das dann jedoch eine weitere Konzentrierung erhalten muß, weil die Elektronen sich gegenseitig abstoßen und der Kathodenstrahl sich deswegen automatisch verbreitert. Eine ganze Reihe von Konzentrierungsmitteln sind angegeben worden, z. B. die ein mit dem Strahl koaxiales Feld erzeugende Striktionsspule, die nach BUSCH wie eine optische Linse auf Lichtstrahlen wirkt und bei geeigneter Anordnung entweder den Elektronenquellpunkt oder die Öffnung der Blende auf dem Schirm abzubilden gestattet; eine andere Möglichkeit, den Strahl zu konzentrieren, besteht in der Erzeugung eines zirkularen Magnetfeldes, das ein innerhalb der Röhre angebrachter stromdurchflossener Leiter erzeugt. Auch eine Reihe von elektrostatischen Mitteln zur Strahlkonzentrierung, die besonders bei Glühkathoden Verwendung finden, sind erdacht worden. — Die verschiedenen Aufnahmeverfahren mit Hilfe der BRAUNschen

Röhre behandelt Abschnitt D. Zur qualitativen Beurteilung des zu untersuchenden Vorgangs genügt bekanntlich oft (z. B. für Demonstrationszwecke) ein bloßes Ansehen des Leuchtbildes, dessen Zeitauflösung am besten mit dem rotierenden Spiegel geschieht. Die dauernde Festhaltung des Bildes erfolgt am primitivsten durch Nachzeichnung, eine Methode, die naturgemäß Fehlerquellen enthält und auch nicht immer anwendbar ist. Zur genauen quantitativen Untersuchung der Vorgänge befähigt nur die photographische Fixierung des Bildes, für die wiederum eine Reihe von Methoden erdacht sind. Am einfachsten ist die Aufnahme durch Einstellen einer guten Optik auf den Leuchtschirm. Das Verfahren eignet sich nur für lichtstarke Vorgänge (LISSAJOUSSCHE Figuren), nicht aber dafür, um einmalig schnell ablaufende Vorgänge festzuhalten, wofür empfindlichere Methoden angewandt werden müssen. Hierher gehören die Leuchtschirmkontaktphotographie und die Photographie durch unmittelbare Schwärzung der Platte. Bei ersterer wird die lichtempfindliche Schicht unmittelbar auf die Rückseite des Schirmes gelegt, dessen Wandstärke genügend dünn sein muß, um scharfe Bilder zu erhalten und Absorptionsverluste zu vermeiden. Da die Schirmwand dem Luftdruck ausgesetzt ist, ist die Wandstärke unter 2 bis 3 mm kaum zu bringen. ROGOWSKI und seine Mitarbeiter haben ein Verfahren ausgearbeitet, das eine Vorvakuumkammer verwendet, in der sich der sehr dünne Schirm dauernd befindet; zur Einbringung der Platten in das Vorvakuum müssen Schleusen benutzt werden, deren Beschreibung hier nicht möglich ist. — Das Verfahren zur unmittelbaren Schwärzung der Platte oder des Films hat DUFOUR nach dem Vorgang von HESS wieder aufgenommen, indem er die Platte in den Innenraum der Röhre brachte. Die Notwendigkeit, die Röhre bei Auswechslung der Platten öffnen zu müssen, ist neuerdings auch beseitigt worden. Zu der Methode der direkten Schwärzung gehören noch die Aufnahmen durch einen Spalt in der Wandung der BRAUNSCHE Röhre und durch ein LENARDSCHES Fenster. — Im letzten Abschnitt behandelt ALBERTI die Anwendungsgebiete der BRAUNSCHE Röhre, die bereits außerordentlich umfangreich sind; eine große Zahl von meßtechnischen Aufgaben werden mit Hilfe der BRAUNSCHE Röhre gelöst. Hierher gehören die Aufnahme von Leistungs- und Verlustdiagrammen, von Magnetisierungskurven, von Arbeitsdiagrammen der schwingenden Elektronenröhre, von Resonanzkurven, von Fehlerortsbestimmungen an Freileitungen und Kabeln, von Wanderwellen usw. Neuerdings wird die BRAUNSCHE Röhre auch zur Bildübertragung und zur Übertragung von Fernsichtbildern benutzt.

ALBERTI gibt in seinem Buch eine eindrucksvolle Vorstellung von der umfangreichen und mühsamen Arbeit, die in fast 40 Jahren von einer großen Zahl von Forschern geleistet werden mußte, bis die BRAUNSCHE Röhre zu dem exakten Werkzeug wurde, das sie heute ist. Freilich ist

das Arbeiten mit diesem Werkzeug niemals leicht gewesen und ist es auch heute noch nicht. Allerdings sind einfache Demonstrationsversuche seit der Durchbildung des Glühkathodenoszillators verhältnismäßig leicht zu machen. Vorzüglich sind in dem Buche die Literaturangaben, die 292 Aufsätze und Patentanmeldungen umfassen und sich außer auf deutsche auch auf englische, amerikanische, französische und schwedische Quellen beziehen. Italienische Literatur fehlt merkwürdigerweise. — Ein Sach- und Namenverzeichnis vervollständigt das Werk, desgleichen eine große Zahl von Abbildungen, deren Lesen bisweilen schneller gelingen würde, wenn wenigstens bei den schwierigeren Figuren eine genaue Angabe der Einzelteile wie im Text so auch unter dem Bild selbst stehen würde. *F. Moeller.*

Entwicklung des Fernsehens. Von F. FUCHS. Schriftenreihe „Deutsches Museum“, Abhandlungen und Berichte, 3. Jahrgang, Heft 5. DINA 5, II u. 30 Seiten mit 19 Abbildungen. Berlin: VDI-Verlag G. m. b. H. 1931. Brosch. RM 1,— (VDI-Mitgl. RM 0,90).

Wenn nicht alle Anzeichen trügen, wird die allgemeine praktische Nutzbarmachung und Einführung der Fernbildübertragung bzw. des Fernsehens (Fernkino!) nicht mehr allzulange auf sich warten lassen. Da ist es angezeigt, in einem geschichtlichen Rückblick noch einmal die Entwicklung am geistigen Auge vorüberziehen zu lassen, die zu dieser neuesten Errungenschaft der Technik geführt hat. Die vorliegende Abhandlung vermittelt einen umfassenden Einblick in diesen Entwicklungsgang, der zugleich belehrend und interessant ist. Er verschafft auch dem fachlich nicht Vorgebildeten eine Vorstellung von den für das Fernsehen maßgebenden technischen und physikalischen Vorgängen. Geschichtlich interessant ist, daß auch hier wieder, wie so oft in der Technik, sämtliche Mauern des Erfindungsgebäudes fertig dastehen, der Bau selbst aber trotzdem jahrzehntlang unvollendet bleibt, weil der noch einzufügende Schlußstein — in diesem Fall die Verstärkerröhre — fehlt.

Das Studium des kleinen Werkes kann jedem, der sich über den Gegenstand unterrichten möchte, empfohlen werden. *Holm.*

Über die Wissenschaften und physikalischen Theorien, ein geschichtlicher Überblick. Von ÉMILE PICARD, Mitglied der französischen Akademie, ständiger Sekretär der Akademie der Wissenschaften in Paris. Stuttgart 1932. Franckische Verlagshandlung. Preis: geheftet RM 2,80.

Mit dem Worte „Wissenschaften“ sind hier die Naturwissenschaften, mit Ausschluß der Biologie, und die Mathematik gemeint. Was der gelehrte Verfasser in dem 56 Seiten umfassenden Heft bringt, ist, wie er selbst sagt, nur ein flüchtiger Blick auf die wissenschaftliche Entwicklung im Laufe der Jahrhunderte und eine an einige Beispiele angelehnte Darstellung der Auffassung, die man sich von dem Wesen und dem Zweck der Wissenschaft in den verschiedenen Epochen

bildete. Mit Ägypten und Chaldäa beginnend, führt der Verfasser den Leser durch die Jahrhunderte bis zur Gegenwart, indem er aufzeigt, welche Wandlungen die Auffassung des Begriffs „Wissenschaft“ und der Leistungen, die die Menschheit von ihr erwartete, durchgemacht hat. Von PLATO und den Pythagoräern rührt die Auffassung her, daß zwar die sinnliche Erkenntnis der vergänglichen Dinge nützlich sei, daß aber die eigentliche Wissenschaft erst dann beginne, wenn man durch die sinnlich wahrnehmbaren Erscheinungen zu den ewigen Gesetzen, denen sie gehorchen, hindurchdringt und die treibenden Ursachen zu finden versucht. Auf diese Weise ist z. B. die Entstehung des bewundernswerten astronomischen Weltbildes des Altertums zu erklären. Immer aber war man der Auffassung, daß die Wissenschaft bei diesen Konstruktionen die wahre, bessere Wirklichkeit aufzeige. Auch HUYGENS sieht in der Wissenschaft „ein sicheres Fundament zum Aufbau einer Naturphilosophie“, in der notwendig von der Kenntnis der Wirkungen zu der der Ursachen fortgeschritten werden muß. Von dem heute berüchtigten Äther, der für FRESNEL ein elastischer fester Körper ist, verkündete LORD KELVIN, daß er kein Phantasieprodukt der spekulativen Philosophie, sondern daß er für uns ebenso wirklich wie die Luft sei, die wir atmen.

Ganz anders sieht die Sache in der modernsten Wissenschaft aus. In gewissen Theorien der modernen Physik erscheint die Natur als ein ausgedehntes Netz mathematischer Symbole, bei dem unser Anschauungsvermögen zum Teil versagt. Von jeder mystischen Bedeutung befreit, scheint der alte Grundsatz eines Pythagoräers wahr zu bleiben, der verkündete, daß „alle unserem Verstande zugänglichen Dinge eine Zahl besitzen“, denn ohne diese können wir weder etwas begreifen noch erkennen. Man kommt zu dem Schluß, daß es dem Menschen nicht möglich ist, hinter die Dinge zu sehen, und man ist zufrieden, die Erscheinungen mathematisch wenigstens zu meistern. So gewinnt die Äußerung GALOIS' ihre volle Berechtigung: „Die Wissenschaft ist das Werk des menschlichen Geistes, der viel mehr dazu bestimmt ist, zu forschen als zu erkennen, die Wahrheit zu suchen, als sie zu finden.“

Die von einem wissenschaftlich hochstehenden Verfasser geschriebene Arbeit kann wohl nur von physikalisch einigermaßen geschulten Lesern verstanden werden, Laien dürften nur zum geringeren Teile den Gedankengängen folgen können. Es werden etwa 35 Namen von französischen Forschern und Schriftstellern genannt, an deutschen Namen finden sich nur 14 vor. Bei der Beleuchtung des energetischen Gesichtspunktes wird zwar, um nur ein Beispiel anzuführen, der gewiß nicht zu unterschätzende SADI CARNOT genannt, aber die Namen ROBERT MAYER und HELMHOLTZ werden in dem ganzen Heft nicht einmal erwähnt. Die Arbeit dürfte deshalb nur für französische Leser geschrieben sein, und es ist ein Zweifel am Platze, ob sich die Mühe des

Übersetzers überhaupt gelohnt hat, die doch nur den Zweck verfolgen konnte, die kleine Schrift einem weiteren Kreise zugänglich zu machen. Diejenigen, die an der Arbeit ein besonderes Interesse haben, sind meines Erachtens in der Lage, sie im Original zu lesen.

Steindell.

Faraday und Maxwell. Von E. COHN. Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte, 4. Jahrgang (1932), Heft 1. DIN A 5, II u. 29 Seiten mit 12 Abbildungen. Berlin: VDI-Verlag G. m. b. H. 1932. Brosch. RM 0,90 (VDI-Mitgl. RM 0,80).

Die Schrift vermittelt in fesselnd geschriebenem Stil einen Einblick in das Wirken und Werden der im Titel genannten beiden großen Männer der Wissenschaft. Man erhält eine Vorstellung von den Gedankengängen, die FARADAY durch viele Jahre teils vergeblichen Experimentierens schließlich zur Entdeckung der magnetischen Induktion führten. Die Gesetze MAXWELLS, die dieser auf Grund der FARADAYschen Arbeiten ableitete und zumeist in mathematischer Form festlegte, werden unter Verzicht auf eine solche in leicht faßlicher Form begrifflich umrissen.

Die Abhandlung erfüllt ihren Zweck, auf sehr beschränktem Raum eine Vorstellung von dem Werdegang der beiden Forscher und ihrer Bedeutung für die Physik im allgemeinen und die Elektrotechnik im besonderen zu vermitteln.

Holm.

Thermodynamische Rechnungsgrundlagen der Verbrennungskraftmaschinen und ihre Anwendung auf den Höhenflugmotor. Von Dr. Ing. ASMUS HANSEN. Forschungsheft 344. (Beilage zur „Forschung auf dem Gebiet des Ingenieurwesens“, Bd. 2. Ausgaben B, Mai 1931.) DIN A 4, IV u. 28 Seiten mit 28 Abbildungen, 22 Zahlentafeln und 18 Rechentafeln. Berlin: VDI-Verlag G. m. b. H. 1931. Brosch. RM 5,— (VDI-Mitgl. RM 4,50).

Die vorliegende Arbeit stellt sich vor allem die Aufgabe, die recht umständliche und zeitraubende Arbeit der thermodynamischen Berechnung von Verbrennungskraftmaschinen durch Zahlentafeln und Kurvenblätter derart zu erleichtern, daß der Einfluß der Änderung einzelner Faktoren in übersichtlicher Form erkennbar wird. Die Lösung dieser Aufgabe ist nicht ganz einfach, da man an einem Verbrennungsmotor kaum eine Zustandsgröße ändern kann, ohne gleichzeitig sämtliche übrigen mehr oder weniger erheblich mit zu beeinflussen. Der Verfasser löst sie in ganz geschickter Weise, indem er zwischen Einflußfaktoren erster und zweiter Ordnung unterscheidet, diese zunächst als konstant annimmt und entweder ihren vernachlässigbar geringfügigen Einfluß auf das Berechnungsergebnis nachweist oder durch nachträglich vorzunehmende einfache Korrekturrechnungen berücksichtigt. Die Tafeln, aus denen man zum Beispiel für einen angenommenen Verbrennungsverlauf die mittleren indizierten Drücke und vieles andere in Abhängigkeit von der Gasüberschußzahl, Kompression usw.

ablesen kann, sind eine wertvolle Hilfe für die Berechnung von Verbrennungsmotoren.

Ebenso interessant ist die Anwendung der Rechnungsgrundlagen auf den Höhenflugmotor. Den Erwägungen und Schlußfolgerungen bezüglich der möglichen Weiterentwicklung dieser Motorengattung sowie der erreichbaren Leistungen, vor allem der Zweitaktmotoren, kann dagegen nicht restlos zugestimmt werden. Bei diesen sind vor allem die Strömungswiderstände beim Spülen und Aufladen in der Rechnung nicht berücksichtigt. Sie sind aber, wie schon eine einfache Überschlagsrechnung und bisher nicht veröffentlichte Versuche zeigen, so erheblich, daß sie das Ergebnis ganz wesentlich beeinflussen. Die Berechnungen des Verfassers liefern deshalb viel zu optimistische, in der Praxis nicht zu verwirklichende Motorleistungen.

Das Spülen mit geringem und Aufladen mit hohem Druck ist bei Zweitaktmotoren naheliegend und bekannt (vgl. die Großgasmaschinen von EHRHARDT und SEHMER und der MAN!) und kann deshalb wohl kaum als „neues Gaswechselverfahren“ angesprochen werden. Wenn es bei Zweitakt Höhenflugmotoren bisher noch nicht angewendet wurde, so ist das wohl lediglich darauf zurückzuführen, daß es solche Motoren bisher noch nicht gab.

Interessant und lehrreich sind wieder die Ausführungen über die Abgasturbinen mit Freiauspußdüsen.

Im ganzen kann die Forschungsarbeit dem Interesse aller Fachkreise empfohlen werden.

Holm.

Probleme der Wasserwellen. Von Dr. H. THORADE. (Probleme der kosmischen Physik, Bd. XIII und XIV). Henri Grand, Hamburg 1931. Preis RM 20,—.

Die Meereskunde hat in neuerer Zeit einen gewaltigen Aufschwung genommen und sich dabei immer mehr zu einer selbständigen Wissenschaft entwickelt. Sie hat heute nur noch wenig Berührung mit der Geographie, viel mehr mit der Physik und der Mathematik. Die großen, schon erzielten Fortschritte dürfen aber nicht darüber hinwegtäuschen, wieviel offene Fragen noch ihrer Lösung harren. Es ist daher äußerst dankenswert, daß der Verfasser in diesem Buch eine Bilanz aufstellt für das Gebiet der Wasserwellen jeder Art. Das Ergebnis ist recht niederdrückend. Lord RAYLEIGH'S Ausspruch trifft im wesentlichen auch heute noch zu, „daß es zwar möglich sein könnte, Wellen von gleichförmiger Geschwindigkeit mathematisch einwandfrei zu berechnen, so daß sie den physikalischen Gesetzen nicht widersprechen, daß es aber keinerlei Gewißheit dafür gäbe, daß solche Wellen auch in der Natur vorkämen!“ Auch der Verfasser des Buches kommt schon bei den einfachen Oberflächenwellen zu dem Ergebnis: „Volle Übereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung wurde selten festgestellt; wo sie aber gefunden wurde, erscheint sie zudem noch verdächtig.“

Die vorhandene Literatur wurde einer gründlichen Durchmusterung und wirklichen Durcharbeit unterzogen, eine große Zahl von Zeichnungen hinzugefügt, die Beobachtungen weitgehend herangezogen. Für jede Unterabteilung wird dann in scharfer Formulierung das noch offene Problem herausgestellt. So ergeben sich im ganzen 37 wichtige und vielfach scheinbar elementare Fragen, die auf eine Lösung warten. Welcher Art sie sind, mögen einige Beispiele zeigen:

Problem 6: In welcher Weise nimmt die Wellenbewegung mit der Tiefe zu?

Problem 8: Welche systematischen Abweichungen von der Trochoidenform treten bei Windwellen auf?

Problem 20: Wie vollziehen sich Schaukelbewegungen von Sprungschichten?

Problem 32: Welche Bewegungen gehen in einer brandenden Welle vor sich?

Durch diese klaren Fragestellungen wird das Buch auf lange Zeit die Grundlage für weitere Forschungen bilden. Das umfangreiche Buchverzeichnis ist wertvoll für jeden, der es mit Untersuchungen von Wellen aller Art zu tun hat.

Scheer.

Grundbegriffe der Chemie. Von Dr. E. RABINOWITSCH. Sammlung Göschel Nr. 804. Berlin u. Leipzig 1930. Walter de Gruyter & Co. 148 S. Preis geb. RM 1,80.

Die Grundbegriffe der allgemeinen Chemie werden methodisch geschickt, klar und anschaulich dargestellt. Der Stoff zerfällt in die beiden Hauptteile: 1. Die Elemente und die chemischen Verbindungen, 2. Die chemischen Reaktionen. — Das Werkchen stellt eine leichtverständlich abgefaßte allgemeine Chemie dar, die den Studierenden oder auch den gebildeten Laien in die Begriffswelt des modernen Chemikers einzuführen geeignet erscheint. Ohne Anwendung mathematischer Hilfsmittel werden sogar die Grundzüge der Atom- und Molekülphysik und des chemischen Gleichgewichts recht gut verständlich gemacht. *Dm.*

Quantitative chemische Analyse. Von AUTHENRIETH-ROJAHN. 5. Aufl., bearbeitet von Prof. Dr. C. A. ROJAHN. 283 S. mit 13 Abb. Dresden 1931. Theodor Steinkopff. Preis geh. RM 12,—; geb. RM 13,50.

Die bekannte „Quantitative chemische Analyse“ von AUTHENRIETH, die an chemischen und besonders pharmazeutischen Hochschulinstituten weit verbreitet ist, hat von ihrem neuen Herausgeber eine gründliche Neubearbeitung erfahren. Die theoretischen Betrachtungen sind verkürzt worden, veraltete und überflüssige Vorschriften sind gefallen, darunter leider auch ohne Neubearbeitung das Kapitel über Roheisen; die Kolorimetrie ist neu aufgenommen, die Abschnitte über „Künstliche Düngemittel“ und „Untersuchungen aus dem Gebiet der angewandten Chemie“ wurden erweitert. Den Charakter des

Buches, wesentlich für Pharmazeuten bestimmt zu sein, erkennt man daran, daß eine große Reihe von Untersuchungsmethoden des Deutschen Arzneibuches aufgenommen sind. Um das Buch nicht zu umfangreich und damit zu teuer zu gestalten, hat der Verfasser für viele, oft wiederkehrende Worte Abkürzungen eingeführt, vielfach Formeln und Symbole gebraucht, Vorschriften im Telegrammstil gegeben und für ganze Kapitel Kleindruck verwandt.

Wie üblich wird auch hier zunächst das Wägen, das Herstellen, Auswaschen und Filtrieren von Niederschlägen u. dgl. besprochen. Der erste Abschnitt behandelt dann die gewichtsanalytische Bestimmung der Metalle und der wichtigeren Säuren, die wichtigsten Trennungen und die Untersuchung einiger Mineralien und Silikatgesteine. Der zweite Abschnitt bringt dann die Maßanalyse in der üblichen Einteilung in Alkalimetrie, Oxydometrie, Jodometrie und Fällungsanalysen mit einem weiteren Kapitel über Untersuchungen aus dem Gebiet der angewandten Chemie, die aber wie in den vorangehenden Kapiteln dieses Abschnitts sich wesentlich auf pharmazeutische Präparate erstrecken. Sehr eingehend ist der folgende Abschnitt über die chemische Untersuchung des Wassers, recht gut die folgenden über die Untersuchung von Phosphordüngemitteln und die Kolorimetrie. Dagegen ist der letzte Abschnitt über „Elektrolytische Bestimmungen“ sehr kümmerlich weggekommen; die gegebenen Vorschriften erstrecken sich über ganze zwei Seiten. Man hätte auf dieses Gebiet ganz verzichten sollen oder es dem Rahmen des Buches entsprechend ausführlicher darstellen müssen.

Trotz dieses Mangels macht das Buch im ganzen einen sehr guten Eindruck, die Vorschriften sind klar, knapp und vielseitig, die Apparaturen einfach, die Hinweise auf besonders zu beachtende Punkte bei der Durchführung der Analysen sehr nützlich. Vornehmlich in der Hand des angehenden Apothekers und Nahrungsmittelchemikers dürfte das Buch ausgezeichnete Dienste leisten.

Isberg.

Ausgewählte Untersuchungsverfahren für das chemische Laboratorium. Von Prof. Dr. L. WINKLER. 155 S. mit 38 Abb. Stuttgart 1931. Ferdinand Enke. Preis geh. RM 17,50; geb. RM 19,50. Bd. 29 der Sammlung: **Die chemische Analyse.** Herausgegeben von Prof. Dr. W. BÖTTGER.

Bei dem Gesamtwerk „Die chemische Analyse“ handelt es sich um eine Sammlung von Einzeldarstellungen auf dem Gebiet der chemischen, der technisch-chemischen und der physikalisch-chemischen Analyse. Der vorliegende 29. Band berichtet über analytische Arbeiten des Verfassers und seiner Schüler, die teils in Zeitschriften zerstreut, teils noch unveröffentlicht sind.

Nach einem Nachruf für den verstorbenen Begründer des Gesamtwerkes, Prof. MARGOSCHES, und einer programmatischen Erklärung des neuen Herausgebers, Prof. BÖTTGER, behandelt der erste Teil physikalische Untersuchungsmethoden. Für

die Dichtebestimmung fester und flüssiger Körper finden wir neue Pyknometerformen, die eine große Genauigkeit ermöglichen. Wie in allen Teilen des Buches finden wir schon hier zahlreiche Versuchsergebnisse, notwendige Korrekturgrößen und zahlreiche Literaturhinweise mitgeteilt. Daneben fällt die sehr genaue und eingehende Beschreibung der Versuche auf. Für die Bestimmung der Dampfdichte ist eine neue, einfache Apparatur angegeben, und Schmelzpunkts- und Siedepunktsbestimmungen, darunter eine Siedepunktsbestimmung, bei der die Thermometerkugel in die siedende Flüssigkeit taucht und sehr genaue Resultate liefert, sind eingehend beschrieben.

Die chemischen Untersuchungen behandeln verschiedene, nicht zusammenhängende Gebiete der Analyse. Für die Gasanalyse wird eine etwas komplizierte Apparatur benutzt, die aber, am Beispiele der Analyse der Luftgase im Wasser belegt, sehr gute Ergebnisse liefert. Bei den Titrationsmethoden finden wir Angaben über Maßnahmen zur Erreichung höchster Genauigkeiten. Auch hierfür wird eine Reihe von Beispielen angeführt und besonders die Bestimmung der Jodbromzahl ausführlich dargestellt. Interessant ist auch die Methode zur Bestimmung von Brom neben Chlor. Es folgen einige gravimetrische Verfahren und dann Lösungsverfahren, z. B. zur Trennung der Alkali- und Erdalkalimetalle. Den Beschluß bilden Fällungsanalysen, für die zunächst ein Präzisionsverfahren mit allen Schikanen und dann ein Schnellverfahren beschrieben wird. Überall, wo eine Genauigkeit von $\frac{1}{2}$ bis 1% ausreicht, empfiehlt der Verfasser sein Schnellverfahren, das ein Halbmikroverfahren ist. Seine Durchführung wird für die am meisten vorkommenden Metalle und Säuren genau angegeben. Während also die im ersten Teil mitgeteilten Verfahren im wesentlichen den Wissenschaftler interessieren, dürfte das Schnellverfahren auch für die chemisch-technische Analyse sehr zu beachten sein.

Isberg.

Die Maßanalyse. Von Dr. J. M. KOLTHOFF, unter Mitwirkung von Dr. Ing. H. MENZEL. II. Teil: Die Praxis der Maßanalyse. Berlin 1928. Verlag Julius Springer. 612 S. mit 71 Abb. Geb. RM 29,40.

In dieser Zeitschrift (43, 92; 1930) ist die erste Auflage dieses ausgezeichneten Werkes besprochen und zur Anschaffung für die Handbücherei höherer Schulen warm empfohlen worden. Die vorliegende zweite Auflage hat von der großen Zahl der inzwischen veröffentlichten Neuerungen auf maÑanalytischem Gebiet nur das aufgenommen, was dem Verfasser zur Vertiefung der wissenschaftlichen Grundlagen und zur methodischen Vervollkommnung der maÑanalytischen Praxis von Bedeutung zu sein schien. In das Kapitel Oxydations- und Reduktionsreaktionen ist z. B. die Cerisulfat-Methode aufgenommen worden, die in vielen Fällen an die Stelle der Permanganat-Titration treten kann. Die Cerisulfatlösung ist sehr viel besser haltbar als die Permanganatlösung; doch fehlt bei ihr der deutliche Farb-

umschlag, und man ist genötigt, Methylenblau als Indikator zu benutzen. — Im Anschluß an die Bestimmungen der Säure-, Verseifungs- und Esterzahlen der Fette wird auf die diesen entsprechenden auf Normalität bezogenen SCHOORLSCHEN „Normen“ hingewiesen, die zur Ermittlung des mittleren Molekulargewichts der Fettsäuren dienen können. — Der Anwendungsbereich der Maßanalyse ist heute so groß geworden, daß man fast alle häufiger vorkommenden Anionen und Kationen titrimetrisch bestimmen kann. Das vorliegende Werk stellt eine kritische Zusammenfassung der zuverlässigsten Titriermethoden dar und ist mit reichen Literaturnachweisen versehen, die den Benutzer zum Weiterstudium anregen. *Dm.*

Praktische Anweisungen für Lichtbildner; besonders auch für photographische Übungen an Schulen. Von HERBERT DIETINGER. 21 Seiten mit 10 Abbildungen und 2 Planskizzen. 1932. Villach. Verlag Joseph Baier. Preis RM 1,—.

Das kleine Heft schildert in kurzer und anschaulicher Weise die wichtigsten photographischen Arbeitsverfahren: Die Aufnahme bei natürlichem und künstlichem Licht, das Entwickeln der Platten und Filme, Abschwächen und Verstärken, Kopieren, Vergrößern, Tönen der Abzüge und Diapositivherstellung.

Zum Unterschied von anderen Büchern ist hier für jede Arbeitsweise nur ein Verfahren, und zwar ein in langjähriger Arbeit erprobtes, dargestellt. Da alles Überflüssige und den Anfänger leicht Verwirrende fortgelassen ist, eignet sich das Heft gut zur ersten Einführung der Schüler bei photographischen Arbeitsgemeinschaften. Die beigelegten Skizzen und Anweisungen zum Bau eines einfachen Vergrößerungsapparates bilden eine wertvolle Bereicherung, und die gute Auswahl beigegebener Musteraufnahmen ist zur ästhetischen Schulung und Anregung über künstlerische Auswahl von Motiven vorzüglich geeignet. *Otto.*

Maß, Zahl und Gewicht in der Vergangenheit, ein Kapitel aus der Vorgeschichte des sogenannten quantitativen Zeitalters der Chemie, von Prof. Dr. Dr. Ing. e. h. PAUL WALDEN. Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge. Begründet von F. B. AHRENS. Herausgegeben von Prof. Dr. H. GROSSMANN. Neue Folge, Heft 8. 106 S. Stuttgart 1931, Ferdinand Enke. Preis geb. RM 10,—.

Wann, wie und wo beginnt die quantitative experimentelle Erforschung der Stoffwandlung nach Maß, Zahl und Gewicht, und welche Wege hat die quantitative Erforschung der chemischen Vorgänge im Verlaufe der geschichtlichen Entwicklung eingeschlagen? Die Beantwortung dieser Fragen bildet den Gegenstand der WALDENSCHEN Schrift. HERMANN KOPP schrieb noch im Jahre 1843 in seiner Geschichte der Chemie: „Das neue Zeitalter, dessen Begründung den Sturz der phlogistischen Theorie in sich schließt, und welches wir als das der quantitativen Untersuchungen

bezeichnen, begreift in sich die Zeit von dem letzten Viertel des XVIII. Jahrhunderts bis zur Gegenwart.“ Und noch bis in die neueste Zeit schreiben selbst wissenschaftliche Lehrbücher, daß LAVOISIER das Gesetz von der Konstanz der Masse bei chemischen Vorgängen im Jahre 1785 zuerst ausgesprochen habe. Nach anderen Autoren sollen VAN HELMONT und J. REY die Waage zuerst bei chemischen Vorgängen benutzt haben. Es steht aber fest, daß die Anwendung der Waage schon früher zu der Erkenntnis des Gesetzes von der Erhaltung des Gewichts und zu der Erfahrung führte, daß die Metalle bei der Verkalkung eine Gewichtszunahme erfahren.

Die quantitativen Untersuchungen zahlreicher Forscher, namentlich die von C. FR. WENZEL und J. B. RICHTER werden in der vorliegenden Schrift eingehend gewürdigt, um zu zeigen, daß bereits vor dem Beginn des sog. „Zeitalters der quantitativen Chemie“ eine quantitative Chemie bestanden hat.

Dem Lehrer der Chemie an höheren Schulen kann die Schrift Anregungen und Material für seinen Unterricht liefern; auch ältere, für chemische Fragen interessierte Schüler werden sie mit Nutzen lesen. *Dm.*

Praktikum der Warenkunde. Ein Hilfsbuch für die chemisch-physikalische und mikroskopische Warenprüfung. Von Dr. phil. EDMUND GRÜN-STEIDL. 196 S. mit 215 Abb. Wien 1931. Julius Springer. Preis kart. RM 10,50; geb. RM 11,50.

Das Praktikum der Warenkunde von GRÜN-STEIDL ist für Studierende an kaufmännischen Hoch- und Mittelschulen, aber auch für Praktiker, wie Kaufleute, Zollbeamte, Techniker usw. bestimmt. Daher versucht der Verfasser komplizierte Apparaturen zu vermeiden und seine Untersuchungsvorschriften einerseits den Ergebnissen moderner Forschung anzupassen, andererseits sie auch dem chemisch und physikalisch minder Geschulten leicht verständlich zu machen. Daher werden auf den ersten 80 Seiten des Buches einfache, oft nicht ganz eindeutige chemische und physikalische Untersuchungen der wichtigsten anorganischen und organischen Waren gebracht, während der zweite Abschnitt mikroskopischen Untersuchungen gewidmet ist. Die Zahl der Versuche dürfte für ein Praktikum weit größer sein. An einfachen Untersuchungsmethoden fehlt die Schmelzpunktsbestimmung.

Der Stoff ist in folgender Weise eingeteilt:

1. Metalle und Legierungen, 2. Skulptur- und Bausteine, 3. Glas und Wasserglas, 4. Brenn- und Leuchtstoffe und 5. Mineralfarben. Unter den im 2. Abschnitt behandelten organischen Waren sind die Textilwaren und die Nahrungsmittel besonders gut dargestellt. Der zweite mikroskopische Teil des Buches ist seine Stärke. Nach einer gründlichen Einführung in den Gebrauch des Mikroskops werden eingehend mikroskopische Untersuchungsmethoden für Textilfasern, Papier, Stärke und Zerealien, sowie kurz für eine Reihe weiterer Stoffe beschrieben, die für die Unter-

scheidung und Wertbestimmung der Waren in der Praxis von größter Bedeutung sind. Wenn auch der erste Teil des Buches hier und da etwas

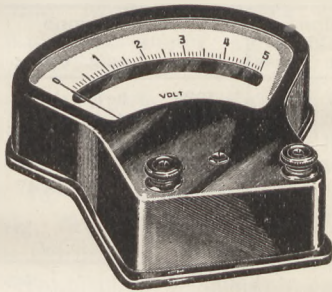
eingehender sein könnte, so wird es seinen Zweck, für den es geschrieben ist, doch voll erfüllen.
Isberg.

Aus Werkstätten.

Präzisions-Sektor-Volt- und Amperemeter für physikalische Schülerübungen.

Das in dieser Zeitschrift 21, 68 und 278; 1908 angezeigte Präzisions-Demonstrationsgalvanometer der Firma Gans & Goldschmidt ist auf HERMANN HAHN'S Anregung zu einem für Schülerübungen geeigneten Meßgerät ausgestaltet worden (HERMANN HAHN: Handbuch für physikalische Schülerübungen, 3. Aufl., S. 239, Berlin 1929). Neuerdings hat Ingenieur FELIX GOLDSCHMIDT, Berlin N 65, Fennstr. 1, eine Einheitstypen von Meßgeräten herausgebracht, die unter der Bezeichnung „FELGÖ“ eine Weiterentwicklung der weit verbreiteten HAHN'schen Instrumente für exakte Messungen darstellt.

An Stelle der Taschenmeßgeräte, Einbau-, Aufbau- und tragbaren Volt- und Amperemeter ist die Sektorform gewählt, deren Skalenlänge



fast doppelt so groß ist, obgleich das Drehspulsystem nicht größer ist als das der feinsten Tascheninstrumente.

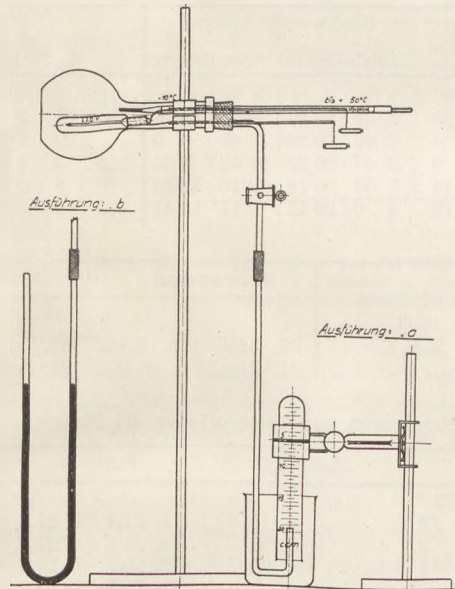
Ebenso wie bei den großen HAHN'schen Instrumenten finden auch hier Ringmagnete aus Wolframstahl Verwendung, in deren Ausbohrung die Aluminiumdrehspule um einen Eisenkern in Edelsteinen gelagert frei schwingt. Das Drehspulsystem wiegt nur einige Gramm und trägt einen feinen Aluminiumzeiger über der spiegelunterlegten Skala mit Feineinteilung. Der Sockel und das Gehäuse sind aus best-isolierendem Preßstoff und werden durch 2 Verschraubungen wasserdicht zusammengehalten, die in ihrer Verlängerung Gewindezapfen tragen und zum Anschluß mit 2 Kordelmuttern versehen sind. Durch den Deckel führt außerdem ein Einstellknopf für die Nullpunktkorrektur des Zeigers. Die obstehende Figur stellt ein Präzisionsvoltmeter dar. Die Zeigerlänge ist 60 mm, das Gewicht beträgt etwa 250 g. Die Meßbereiche der Instrumente werden für Schülerübungen für 0 bis 1 oder 0 bis 10 Volt oder 0 bis 1 oder 0 bis 10 Ampere geliefert, aber

auch beliebige andere Meßbereiche können angefertigt werden; dann werden auswechselbare Vor- oder Nebenwiderstände mitgeliefert. Mit Trocken- gleichrichtern ausgerüstet werden die Geräte für Wechselstrommessungen geeignet gemacht.

Trotz großer Genauigkeit und eleganter Bauart sind diese Einheits-Sektormessgeräte sehr billig, so daß auch bei knappen Beschaffungsmitteln die Anschaffung guter und stabiler Übungsgeräte möglich wird.

Neuer sogenannter Gay-Lussac-Apparat.

Die Firma Richard Müller-Uri in Braunschweig hat auf Anregung von A. HARTMANN einen neuen Apparat herausgebracht, der auf schnelle, saubere und exakte Weise folgende 5 Aufgaben lösen läßt: 1. Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten aller Gase (GAY-LUSSAC).



Neuer GAY-LUSSAC-Apparat.

2. Verhältnis der Gas-Volumina zu den entsprechenden absoluten Temperaturen. 3. Verhältnis der inneren Gasdrucke zu den absoluten Temperaturen. 4. Wärmestrahlung (äußere) bei elektrischen Glühbirnen (JOULE-THULE). 5. Spezifische Wärme der Luft.

Es erübrigt sich, den neuen Apparat hier in seinen Einzelheiten zu beschreiben, da aus der beigefügten Figur das Wesentliche zu erkennen ist. Interessenten sendet die Firma genaueste Angaben. Preis vollständig RM 23,50.

Himmelserscheinungen im Juli und August 1933.

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

0h W.Z.	Sonne ☉				Merkur ♀		Venus ♀		Mars ♂		Jupiter ♃		Saturn ♄	
	AR.	Dekl.	Zeitgl. ¹	Sternzeit ²	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.
1933	h m	o	m s	h m s	h m	o	h m	o	h m	o	h m	o	h m	o
Juni 29	6 30	+23,3	+ 3 5	18 26 30	8 19	+20,3	7 49	+22,5	11 45	+ 2,1	11 13	+ 6,4	21 13	-17,0
Juli 4	6 50	22,9	4 3	18 46 13	8 39	18,2	8 15	21,3	11 55	+ 1,0	11 16	6,1	21 12	17,1
.. 9	7 11	22,5	4 53	19 5 55	8 53	16,2	8 40	20,0	12 5	- 0,2	11 18	5,8	21 11	17,2
.. 14	7 31	21,8	5 33	19 25 38	8 59	14,5	9 5	18,3	12 15	1,3	11 21	5,5	21 10	17,3
.. 19	7 51	21,0	6 2	19 45 21	8 58	13,4	9 29	16,5	12 25	2,5	11 24	5,2	21 8	17,4
.. 24	8 11	+20,0	+ 6 18	20 5 4	8 50	+13,0	9 53	+14,5	12 35	- 3,7	11 27	+ 4,8	21 7	-17,5
.. 29	8 31	18,9	6 20	20 24 47	8 36	13,5	10 17	12,3	12 46	5,0	11 30	4,5	21 5	17,6
Aug. 3	8 51	17,7	6 5	20 44 29	8 22	14,7	10 39	10,0	12 57	6,2	11 34	4,1	21 4	17,8
.. 8	9 10	16,3	5 36	21 4 12	8 15	16,1	11 2	7,6	13 8	7,4	11 37	3,7	21 3	17,9
.. 13	9 29	14,9	4 52	21 23 55	8 18	17,3	11 24	5,1	13 19	8,6	11 41	3,3	21 1	18,0
.. 18	9 48	+13,3	+ 3 54	21 43 38	8 33	+17,9	11 46	+ 2,6	13 31	- 9,9	11 44	+ 2,9	21 0	-18,1
.. 23	10 6	11,7	2 44	22 3 20	8 58	17,5	12 8	0,0	13 43	11,1	11 48	2,5	20 58	18,2
.. 28	10 24	10,0	+ 1 23	22 23 3	9 32	15,9	12 30	- 2,6	13 55	12,3	11 52	2,1	20 57	18,3
Sept. 2	10 43	+ 8,2	- 0 8	22 42 46	10 9	+13,2	12 51	- 5,1	14 8	-13,4	11 55	+ 1,7	20 55	-18,4

¹ Zeitgleichung = mittlere Zeit - wahre Zeit.

² Die Korrektion der Sternzeit für einen Ort λ° östlich bzw. westlich von Greenwich ist $\mp 0^\circ.657 \cdot \lambda^\circ$.

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

	Sonne		Mond			Sonne		Mond			Sonne		Mond	
	Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.		Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.		Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.
1933	h m	h m	h m	h m	1933	h m	h m	h m	h m	1933	h m	h m	h m	h m
Juni 29	3 39	20 27	10 34	23 8	Juli 24	4 7	20 5	5 49	20 54	Aug. 18	4 46	19 20	1 0	18 29
Juli 4	3 43	20 25	17 46	0 9	.. 29	4 14	19 58	12 24	21 51	.. 23	4 54	19 9	7 29	19 36
.. 9	3 47	20 22	21 48	5 56	Aug. 3	4 21	19 50	18 54	0 24	.. 28	5 2	18 58	14 35	21 16
.. 14	3 53	20 18	22 46	12 49	.. 8	4 29	19 41	20 31	7 50	Sept. 2	5 11	18 47	18 11	2 25
.. 19	4 0	20 12	0 17	18 41	.. 13	4 37	19 31	21 44	14 19					

Mondphasen	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
	1933 M.E.Z.	22. Juli	17h 3,1m	30. Juli	5h 43,6m	7. Juli	12h 50,6m	14. Juli
	21. Aug.	6 47,9	28. Aug.	11 13,3	5. Aug.	20 31,6	13. Aug.	4 49,3

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

	Merkur ♀		Venus ♀		Mars ♂		Jupiter ♃		Saturn ♄	
1933	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Juni 29	—	—	Da 21,1	U 21,6	Da 22,3	U 23,5	Da 22,1	U 23,3	Da 22,3	Dm 1,8
Juli 9	—	—	Da 21,0	U 21,5	Da 22,2	U 23,0	Da 21,9	U 22,7	Da 22,1	Dm 2,0
.. 19	—	—	Da 20,8	U 21,3	Da 21,9	U 22,5	Da 21,6	U 22,1	Da 21,9	Dm 2,4
.. 29	—	—	Da 20,5	U 21,0	Da 21,5	U 21,9	Da 21,3	U 21,5	Da 21,5	Dm 2,7
Aug. 8	—	—	Da 20,2	U 20,7	Da 21,1	U 21,4	—	—	Da 21,1	Dm 3,1
.. 18	A 3,1	Dm 3,6	Da 19,8	U 20,3	Da 20,6	U 21,0	—	—	Da 20,6	Dm 3,5
.. 28	A 3,7	Dm 4,0	Da 19,5	U 19,9	Da 20,2	U 20,5	—	—	Da 20,2	U 2,9
Sept. 7	—	—	Da 19,1	U 19,6	Da 19,8	U 20,0	—	—	Da 19,8	U 2,1

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

2. Juli 22h M.E.Z. Erde in Sonnenferne. 21. August von etwa 4¹/₂h bis 6h M.E.Z. partielle Sonnenfinsternis.
 Kohl.

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

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung gestattet.

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