

Über wichtigere Resonanz-Erscheinungen und deren experimentelle Vorführung.

Von

Dr. R. Hartmann-Kempf in Frankfurt a. M.

Resonanz und Konsonanz.

Das Wort Resonanz entstammt der Akustik¹⁾. Man versteht unter Resonanz schlechtweg das starke auffällige Mitschwingen eines elastischen Gebildes von bestimmter Eigenschwingungszahl.

Dieses starke, längere Zeit oder wenigstens eine Weile andauernde Ansprechen geschieht jedoch nur bei Konsonanz dieser Schwingungszahl mit der Schwingungszahl der periodischen Kraftquelle, von welcher aus das abgestimmte System in Schwingungen versetzt wird. Sofern keine Konsonanz vorliegt, tritt zwar ebenfalls Resonanz (Wiedertönen — Mitklingen — Mitschwingen) ein, nur bleibt diese so schwach, daß sie unserer Beobachtung meistens entgeht.

Wir untersuchen zunächst, wie Resonanz entsteht, und zwar an einseitig eingespannten Stahlfederbändern, sogenannten Zungen, von denen der Demonstrations-Apparat (Fig. 1) drei Stück enthält.

Diese elastischen Gebilde reagieren auf jeden äußeren Kraftimpuls. Die drei Zungen haben verschiedene Länge, aber gleiche Dicke. Die Schwingungszahlen sind 25, 50 und 100 pro Sekunde. — Schlägt man mit einem Hämmerchen gegen das untere Ende in der Nähe der Wurzel, so beobachtet man ein Ausschlagen der Zunge, das indessen sofort kleiner wird (abklingt) und bald ganz verschwindet. Das gleiche findet statt, wenn man eine der drei Zungen anzupft, d. h. am oberen Ende faßt, herausbiegt und dann losläßt.

Der Vorgang des Abklingens ist in Fig. 2 graphisch dargestellt. Es bedeutet a_1 die Anfangsamplitude, a_2 die nächste, bereits um das Stück d_1 verkleinerte, usw. bis a_n .

Die Zunge klingt ab, weil sie ihre durch den Anstoß mit dem Hammer oder das Ausbiegen mit der Hand erhaltene Bewegungsenergie an die Umgebung verliert; z. B. setzt sie die Luft in Hin- und Herbewegung; besonders aber bringt sie den Befestigungsgriff ins Vibrieren. Dies und anderes verzehrt ihre Energie. Man erkennt bald, daß die Zungen von höherer Schwingungszahl schneller abklingen als die tieferen Zungen.

¹⁾ Außer dieser hier zu besprechenden „mechanischen“ oder „akustischen“ Resonanz gibt es noch Resonanz bei optischen und elektrischen Systemen, die aber im wesentlichen den gleichen physikalischen Grundgesetzen folgt.

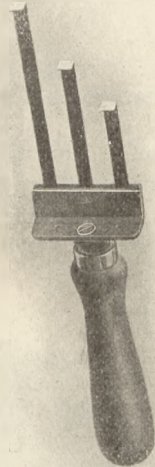


Fig. 1.

Stationäre Schwingungen.

Will man die Amplitude dauernd auf gleicher Größe erhalten, so genügt es, wie ohne weiteres ersichtlich, der Zunge jeweils einen neuen Anstoß zu geben, der ihr gerade den Verlust an Energie von einer zur nächstfolgenden Schwingung wieder ersetzt. Natürlich müssen diese Stöße im Rhythmus der Eigenschwingungen und jeweils in Richtung der Eigenbewegung erfolgen. Man sieht in Fig. 2, daß diese Kraft nicht größer zu sein braucht, als der Abnahme d entspricht, mithin sehr gering ist; sie ist um so kleiner, je schwächer die Dämpfung durch Luft bzw. Energieabgabe an die feste Unterlage oder dgl. ist.

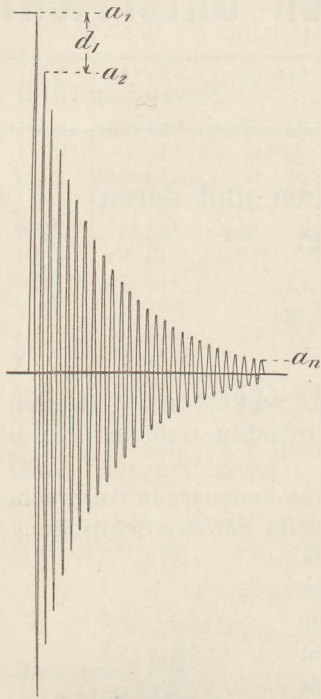


Fig. 2.
Abklingen eines Federbandes.

drehen. Der magnetische Zug ist indessen so klein, daß man ihn kaum bemerkt, wenn der Magnet langsam genähert oder entfernt wird.

Sobald der Kreisel durch Abziehen der aufgewickelten Schnur aufgezogen wird (zunächst nicht allzu stark!), dreht er sich sehr schnell, z. B. mit einer anfänglichen Tourenzahl von 1800 in der Minute = 30 in der Sekunde, die sich ganz langsam verringert.

Man beobachtet zuerst keinerlei Wirkung auf die Zungen; aber allmählich beginnt die erste Zunge (42) sichtbar zu reagieren und sich bald zu einem deutlichen Schwingungsbild zu verbreitern. Die Schwingungen erreichen ihr Maximum und werden zusehends wieder schwächer. Aber schon ist die Nachbarzunge in Resonanz gekommen; auch sie erreicht ihre größte Amplitude und klingt wieder ab; dann folgen in gleicher Weise die dritte, vierte und fünfte Zunge. Das Resonanzbereich und die zugehörige Tourenzahl (21 bis 19 Umdrehungen per Sekunde) ist durchlaufen; es herrscht wieder völlige Ruhe. Plötzlich tritt

abermals Resonanz auf, wenngleich schwächer: dann nach einer Pause abermals, und zwar bei $14 - 12\frac{2}{3}$ Umdrehungen. Aber die Resonanz kehrt noch mehrmals deutlich wieder, z. B. in der Nähe von 5, 4 und 3 Umdrehungen per Sekunde, freilich ziemlich schwach.



Fig. 3.
Resonanz-Kreisel.

Volle und Partial-Resonanz.

Wie soll man sich diese Resonanzerscheinungen, namentlich dieses mehrmalige Reagieren bei den verschiedenen Tourenzahlen erklären?

Wie die erstmalige starke Resonanz entsteht, können wir an Hand der Fig. 4 ohne weiteres einsehen. Sobald nämlich die kleinen Stöße bzw. magnetischen Zug-Impulse regelmäßig mit der Eigenperiode der Zunge zusammentreffen, addieren sich deren Wirkungen, so daß die Zunge immer stärker schwingt. Das Maximum wird dann erreicht, wenn die Energie-Abgabe infolge von Luftwiderstand und dergl. gleich ist der Zufuhr an Energie, welche der rotierende Magnet zweimal pro Umlauf der Zunge wiedergibt, indem er die eben ins schwächere Schwingen geratende Zunge um einen kleinen Betrag (nämlich d) stärker ausbiegt. Sowohl Nordpol wie Südpol wirken hierbei magnetisch anziehend, mithin verstärkend auf die Ausbiegung der Zunge.

Wählt man den Magnet schwächer, so fällt die Resonanzerscheinung ebenfalls schwächer aus, aber sie vollzieht sich im übrigen in genau gleicher Weise. Ein noch kräftigerer Magnet würde entsprechend noch stärkere Resonanzschwingungen hervorrufen (was bei dem Versuchsmodell im Interesse der Haltbarkeit der Zungen nicht wünschenswert sein könnte); jedoch würde die Resonanz immer wieder bei den gleichen Tourenzahlen auftreten. Vgl. auch Fig. 9.

Wenn nun die Resonanz mehrmals, d. h. außer bei 20 Touren auch bei $13\frac{1}{3}$, 10, $6\frac{2}{3}$, 5, 4 usw., d. h. also bei zwei Drittel, bei der Hälfte, bei ein Drittel, ein Viertel, ein Fünftel usw. wieder auftritt, so ist das leicht zu erklären. Wir denken uns, daß der Kreisel, wenn er 5 Touren macht, 10 anziehende Impulse auf die Zungen abgibt. In der Zwischenzeit, nämlich vom einen bis zum nächsten Impuls, schwingt die Zunge 4mal hin und her; der nächste Impuls beginnt gerade zur rechten Zeit, um die vierte Schwingung zu verstärken. Hinsichtlich der Wirkung verteilt sich daher der Impuls auf 4 ganze Schwingungen; pro ganze Schwingung wäre demnach die anregende periodische Kraft nur ein Viertel so stark. Die Resonanzamplitude ist freilich noch größer geblieben als der vierte Teil der erstbeobachteten; das kommt daher, daß bei den an sich kleineren Schwingungen das Abnehmen (Dekrement) viel geringer ist als bei großen Schwingungen, mithin die jeweilige Kraftzufuhr ebenfalls wesentlich geringer zu sein braucht, um schon einen verhältnismäßig großen Gesamteffekt zu erzielen²⁾.

Wir sehen also, daß die Resonanz mehrmals auftritt, und zwar in der Weise, wie Grundton und Oberton oder die einzelnen „Partialtöne“ zueinander stehen. Daher wollen wir von einer „Partial-Resonanz“ sprechen. Man begegnet ihr im alltäglichen Leben noch öfter als der Grundton-Resonanz.

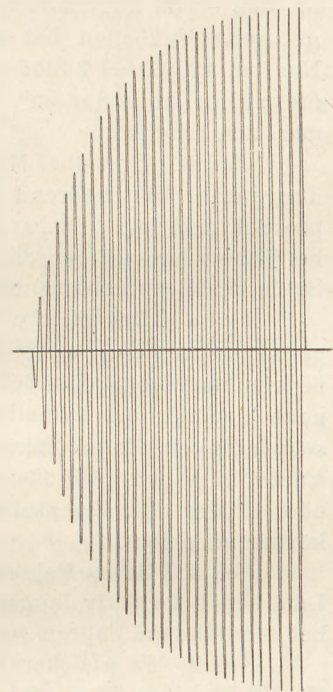


Fig. 4.
Anwachsen in Resonanzschwingungen.

²⁾ Daß die Resonanz auch bei $13\frac{1}{3}$ Touren deutlich wiederkommt, erklärt sich auf demselben Wege, nämlich folgendermaßen: Während die Zunge 40 ganze Schwingungen, also 40 Hin- und 40 Herbewegungen ausführt, im ganzen also 80 halbe Schwingungen macht, erteilt der Kreisel der Zunge $26\frac{2}{3}$ Impulse, so daß jede dritte halbe Schwingung einen magnetischen Impuls erhält. Dieser Impuls wechselt aber die Richtung. Aus den später folgenden Erklärungen der Schwingungen polarisierter Zungen wird dieser Vorgang besser verständlich.

Fälle von Resonanz-Erscheinung.

Fälle von Resonanzschwingungen, die wir mitunter beobachten können, sind folgende:

Fall 1. Beim Anschlagen einer ganz bestimmten Taste eines Klaviers hört man ein störendes rasselndes Mitklingen des Messingrahmens einer auf dem Klavier stehenden Photographie; durch keinen anderen Ton vermag man das Mitklingen zu erzielen. Der Grund ist, daß der Messingrahmen, oder ein Teil von ihm, von Natur aus den gleichen Ton besitzt, wie er beim Anschlagen der einen Taste entsteht.

Fall 2. Eine im Keller stehende Maschine, z. B. ein Benzinmotor, läuft mit 1500 Touren pro Minute. Beim Anlaufen des Motors, etwa wenn er die Tourenzahl 420 erreicht, kommt der Fußboden in starke Schwingungen.

Grund: Der Motor gibt pro Umdrehung einen kleinen Stoß, der zwar so schwach ist, daß er im allgemeinen unbemerkt bleibt. Aber der auf elastischen Eisenträgern gelagerte Fußboden hat eine Eigenschwingung von 7 Schwingungen pro Sekunde. Nur bei $420/60 = 7$ Stößen kommt er in Resonanz und zittert stark, während er auf die „nicht konsonanten“ Stöße der tiefer oder höher liegenden Tourenzahl kaum merklich reagiert.

Fall 3. Derselbe Motor bringt ein Fenster zum Rasseln, und zwar bei der Tourenzahl 480, während das Fenster eine Eigenschwingung von 32 Schwingungen pro Sekunde hat. Es handelt sich also um „Partial-Resonanz“, indem das Fenster bei jeder vierten Eigenschwingung einen neuen Impuls durch die kurzen aber harten Stöße des Benzinmotors erhält.

Fall 4. Das gleiche beobachtet man im Eisenbahnwagen. Auch hier tritt bei ganz bestimmten Fahrgeschwindigkeiten Resonanz auf. Beispielsweise schlägt bei 60 km eine Eisenstange polternd an die Wagenboden. Weder vorher bei langsamerem noch nachher bei schnellerem Fahren, sondern gerade bei einer bestimmten Geschwindigkeit, die pro Sekunde etwa 2 oder 4 von den Schienenübergängen herrührende kurze, aber heftige Stöße auf das Wagengestell überträgt, kommt eine Stange mit 4 oder 8 oder dgl. Eigenschwingungen in heftige Resonanz, so daß sie an den Wagenkörper anschlägt.

Fall 5. Beim Fahren im Automobil kann man beobachten, daß eine seiner Laternen bei relativ langsamer Geschwindigkeit plötzlich in starkes Wackeln gerät; bei schnellerem Fahren steht sie wieder ruhig.

Fall 6. In gleicher Weise beobachtet man durch das Federn des Wagens oder der gepolsterten Sitze ein plötzliches starkes Schaukeln der Insassen, aber nur bei bestimmter Fahrgeschwindigkeit.

Stärkeverhältnis von erzwingender Kraft und erzwungener Schwingung.

Bei sämtlichen angeführten Beispielen, deren sich leicht eine große Anzahl finden ließe, muß auf ein gemeinsames Merkmal hingewiesen werden: Immer sind es relativ kleine Kräfte, die einen großen Effekt herbeiführen, aber sie entspringen einer ungleich stärkeren Kraftquelle im Verhältnis zu der elastischen Kraft des in Resonanz versetzten Systems.

Das soll heißen, daß die erzwungene Resonanzschwingung keinen wesentlichen rückwirkenden Effekt auf die periodische Kraftquelle ausübt.

Die Klaviersaite klingt ebenso stark und ebenso lange, gleichgültig ob der Bilderahmen mitrasselt oder nicht. Der Benzinmotor im Keller läuft ungestört weiter, ohne von den Resonanzschwingungen des Fußbodens im Dachgeschoß beeinflusst zu werden. Die Lokomotive und die Schienenstöße erleiden keine Rückwirkung durch das Klappern des Wagengestells.

Eine Schiffsmaschine läuft darum nicht langsamer, wenn der gesamte Schreibsalon oben auf dem Deck bei einer bestimmten Umdrehungszahl erzittert.

Das gleiche kann man von der überwiegenden Mehrheit der sichtbaren Resonanzerscheinungen aussagen, die wir im praktischen Leben und insbesondere in der Technik beobachten. Die Resonanzerscheinung ist stark, ihre Rückwirkung schwach. Aber auch in vielen analogen Vorgängen in der Physik, z. B. in der drahtlosen Telegraphie mit abgestimmten Empfängern, liegen die Verhältnisse ähnlich. Und darum sollen auch die hier zu behandelnden Erscheinungen der Resonanz, insbesondere diejenige der Schwebungen, von dem Gesichtspunkte aufgefaßt werden, daß die in erzwungene Schwingungen versetzten Systeme eine wesentlich kleinere Energie aufspeichern als die Energiequelle, aus deren periodischer Wirkung sie entstammen. Dementsprechend sind auch die Demonstrationsapparate wie der Kreisel und die elektro-akustischen Frequenzmesser gebaut. Sie eignen sich daher zur Erklärung der Resonanzerscheinungen der besprochenen Art weit besser als die vielfach gebräuchlichen Stimmgabelversuche, Pendel u. dgl.

Ein Mitklingen bei Konsonanz tritt ja, wie schon angedeutet, auch unter anderen Kräfteverhältnissen auf, z. B. vermag von zwei gleichen Stimmgabeln die eine angeschlagene Stimmgabel eine benachbarte ins Mitschwingen zu versetzen. Auch dann entsteht ein übersichtlicher Resonanzvorgang. Sobald aber der geringste Tonhöhenunterschied zu Schwebungen führt, beeinflussen sich die Stimmgabeln gegenseitig in einer schwer verständlichen und von den anfangs genannten Resonanzerscheinungen gänzlich verschiedenen Weise. Uns interessieren aber zunächst nicht die Störungen in den Resonanzsystemen, sondern die sinnfälligen Erscheinungen der Resonanz und ihre Ursachen.

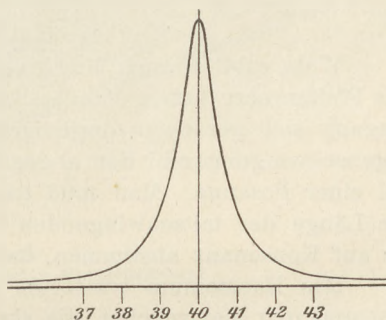


Fig. 5.
Idealer Resonanzverlauf eines elastischen Systems von konstanter Eigenschwingungszahl bei schwacher Dämpfung.

Eine graphische Darstellung des Verlaufs der Resonanzschwingungen gibt Fig. 5. Sie stellt die sogenannte Resonanzkurve vor. Beträgt die periodische erregende Kraft genau 40 Schwingungen, ist sie also mit der Eigenschwingung der Zunge genau konsonant, so ist das Maximum der Resonanzkurve erreicht.

Andauernde Resonanzschwingungen. Resonanz und Konsonanz.

Wir haben an dem aufgezogenen Kreisel beobachtet, daß die Zungen allmählich in Resonanz kamen, eine größte Amplitude der Schwingungen erreichten und dann ebenso schnell wieder verloschen. Die Erklärung dieses Vorganges ergibt sich ohne weiteres aus der abnehmenden Tourenzahl des Kreisels, die sich nur für einen Augenblick mit der Eigenschwingungszahl einer Zunge in „Konsonanz“ befand.

Wir müssen genau unterscheiden zwischen Resonanz und Konsonanz. Die erstere tritt, wie wir sahen, nur bei Konsonanz in auffällige Erscheinung, und daher kommt es, daß man dieses Phänomen schlechtweg mit Resonanz bezeichnet. Aber bei genauer Betrachtung merken wir, daß die Zungen bei jeder Tourenzahl des Kreisels mitschwingen; diese Schwingungen sind sehr klein, viel weniger als $\frac{1}{10}$ der Resonanz bei Konsonanz. Diese beiden aus der Akustik stammenden Worte besagen: Wiederklingen bei Gleichklang. Schon Leonardo da Vinci erwähnte das Experiment, daß die Saite einer Baßgeige laut wiedertönte, wenn der gleiche Ton auf einer anderen Baßgeige stark angestrichen wurde, wiewohl das mittönende „konsonierende“ Instrument in der anderen Ecke des Zimmers stand. Die Resonanzschwingung, der „Widerhall“ dieser Saite fiel auf, z. B. dadurch, daß eine aufgesetzte Flaumfeder aufhüpfte. Das ist also die Resonanz bei Konsonanz. Was tun aber die anderen, nicht konsonierenden Saiten? — Auch diese vibrieren mit, jedoch so schwach, daß man es

nicht sieht, wohl aber mit dem zart aufgelegten Finger spüren kann. Man entdeckt dann auch, daß der gesamte „Resonanz“boden der Baßgeige mitvibriert. Er gerät bei jedem Ton ins Mitschwingen, anscheinend nur schwach; aber die breite Fläche des Holzbodens gibt diese Bewegung an eine ebenso breite Luftfläche ab, so daß die Wirkung auf unser Ohr dennoch eine große ist. Solche Holzplatten werden bei der Geige, beim Klavier und dergleichen Instrumenten mit genauer Erkenntnis ihrer Tätigkeit „Resonanzböden“ genannt. Sie „resonieren“, d. h. widerklingen bei jedem der Töne und geben dessen Schwingungsenergie an die Luft als Vermittlerin der Schallwellen ab. Es sind also keine „Konsonanz“böden. Wären sie dieses, d. h. kämen sie bei einem bestimmten Ton in auffallend starkes Schwingen, so müßte dieser Ton auffallend laut klingen, was als sehr unschön und störend empfunden würde.

Luftsäulen-Resonanz.

Wohl gibt es auch Musikinstrumente mit „Konsonanz“wirkung, z. B. die Orgel. Die Pfeifenrohre haben eine bestimmte Länge, so daß die vibrierende Luft am Pfeifen-
eingang sich gerade in derjenigen Schwingungszahl aufrecht erhalten kann, die der Eigenschwingungszahl der abgegrenzten Luftsäule entspricht. Das gleiche geschieht bei einer Posaune. Man muß daher, um verschieden hohe Töne blasen zu können, die Länge der mitschwingenden konsonierenden Luftsäule verlängern; man muß sie auf Konsonanz abstimmen, damit eine starke Resonanz eintritt.

Das Harmonium wiederum gehört im Gegensatz zu der Pfeifenorgel zu den Instrumenten, bei welchen die elastischen Körper, die Zungen, ihre bestimmte Eigenschwingung haben wie die Saiten beim Klavier und bei der Geige. Der Harmoniumkasten sowie sonstige Schallräume dienen nur zur Verstärkung infolge von Resonanz auf jeden der vorkommenden Töne.

Stationäre Resonanz.

Eine andauernde oder „stationäre“ Resonanz, d. h. ein gleichbleibendes Schwingungsbild der Stahlzunge, kann man nur bei andauernd gleichbleibender Konsonanz erhalten. Bei dem Resonanzkreisel erreichte man diesen Zustand durch Antreiben von einer mit konstanter Tourenzahl umlaufenden Welle aus, an welcher ein dünner Schnurlauf (am besten ein starker Faden von insgesamt 1 m Länge) um den Schaft des Kreisels geschlungen wird.

Man kann jede der Zungen allmählich in Resonanz bringen und zeigen, wie sich der Resonanzgrad zu dem Konsonanzgrad verhält, d. h. wie gemäß der Fig. 5 zu jeder Frequenz der magnetischen Stöße eine bestimmte Resonanzamplitude gehört.

Auf dieser Eigenschaft der Zungen mit skalenartiger Abstimmung, zu jedem Frequenzwert ein zugehöriges Schwingungsbild zu liefern, beruhen die Resonanzfrequenzmesser, die im Jahre 1900 vom Verfasser dieser Abhandlung für Meßzwecke in der Elektrotechnik ersonnen wurden³⁾, und die neben ihrer Zweckmäßigkeit zur Erläuterung der Resonanzerscheinungen eine derartige Bedeutung als Frequenz- und Geschwindigkeitsmesser erlangt haben, daß schon aus diesem Grunde die Kenntnis der Kategorie von „Resonanzinstrumenten“ für den Studierenden wünschenswert sein dürfte.

Zum genauen Studium der verschiedenartigen Resonanzerscheinungen ist der Resonanzkreisel zu primitiv. Besser eignet sich das nachstehend beschriebene Demonstrationsinstrument.

³⁾ Die Priorität der Anordnung der Zungen in einem Skalenausbruch zwecks Beobachtung des Schwingungsbildes von oben her, wie sie bei den technischen Frequenzmessern jetzt allgemein angewandt wird, dürfte dem Engländer Mallock gebühren. Später hat auch Frahm diese Form angewandt. Auch Elisha Gray benutzte viel früher als genannte Autoren abgestimmte Zungen zur telegraphischen Übermittlung verabredeter Zeichen. (z. B. der Buchstaben).

Der optisch-akustische Frequenzmesser von Hartmann & Braun.

Dieser nach dem elektro-akustischen Resonanzprinzip gebaute Frequenzmesser ist so universell eingerichtet, daß er alle wichtigen Resonanzerscheinungen für Auge und Ohr vernehmlich vorzuführen gestattet. Deshalb weist er außer einer Reihe von 13 Zungen, welche die Resonanz durch weithin sichtbare Schwingungsbilder anzeigen, noch fünf stark tönende Zungen auf, die ähnlich gebaut, aber wie bei einem Harmonium mit besonderen Schallkästen und Schallkammern versehen sind.

Die Abstimmung der 13 nicht tönenden Zungen erfolgt bei vorhandener normaler Frequenz von

50 Perioden für ein Meßbereich von 47 bis 53 Schwingungen in Intervallen von 0,5 Schwingungen. Dies entspricht einer mittleren Abstufung (Intervall) von 1%. Zur Erregung dieser Zungen dient ein langgestreckter, aus Eisenblechen von Doppel-T-Form zusammengesetzter Elektromagnet e_1 (Fig. 6 und 8), der von einer Wechselstromquelle (nötigenfalls dem 12 poligen Magnetinduktor, S. 340) gespeist wird. Behufs besserer Anpassungsfähigkeit an verschiedene Spannungen, dann aber auch, um zwei

Ströme von verschiedener Frequenz oder Stromart auf den nämlichen Magnet wirken zu lassen, besteht die Bewicklung aus zwei bifilaren, an besondere Anschlußklemmen geführten Spulen I und II. Jede wird normal für ca. 50 Volt eingerichtet. Außerdem kann der Magnet (nach Lösen der Flügelschrauben) nach Bedarf näher oder weiter gerückt werden, damit man bei maximaler Resonanz ein Schwingungsbild zwischen 20 und 30 mm Breite erhält, wie es Fig. 7 zeigt.

Ein ähnlicher Elektromagnet erregt die fünf tönenden Zungen. Letztere tragen ebenfalls Fähnchen zur Beobachtung der durch die Zelluloidfenster hindurch sichtbaren Schwingungen, die aber nicht mehr als 20 mm betragen sollen. Hierbei wird der Ton schon sehr stark; dem größten Auditorium sind bereits Schwingungen von

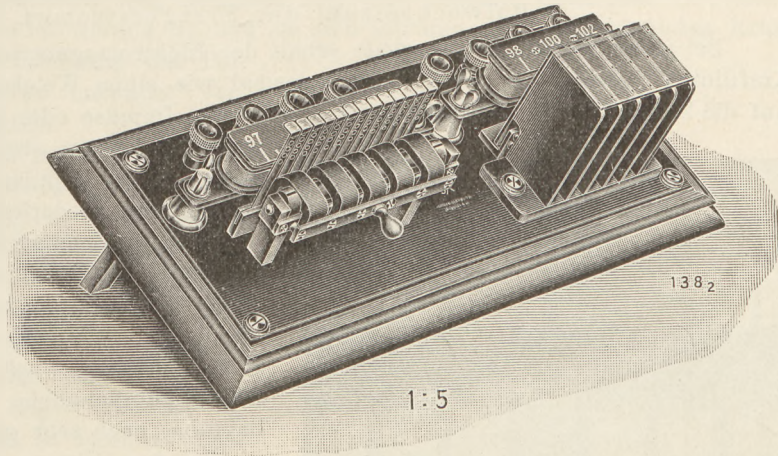


Fig. 6.
Optischer und akustischer Frequenzmesser.

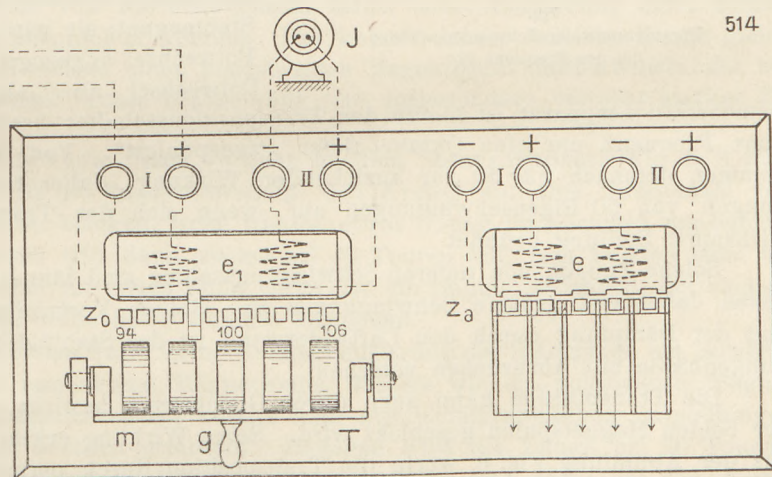


Fig. 6 a.
Schaltungs-Schema des Demonstrations-Frequenzmessers (Fig. 6).

10 mm ab sehr gut vernehmlich, so daß man das Hineinwachsen der Schwingungen in die volle Resonanz aus der Tonverstärkung allein sehr deutlich verfolgen kann, insbesondere bei Schwebungen. (S. 339.)

Verhältnis von Eigenschwingungszahl zur Periodenzahl und der Polwechselzahl des Erregerstromes.

Bei jeder Wechselstromperiode erhält der Elektromagnet positive und negative Kraftlinien, welche die Stahlzungen jedesmal wie einen Weicheisenanker anziehen. Auf die Zunge wirken demnach pro Periode zwei Impulse oder pro Wechsel ein Impuls; sie kommt also dann in Resonanz, wenn diese Impulse bei jeder vollen Schwingung wiederkehren.

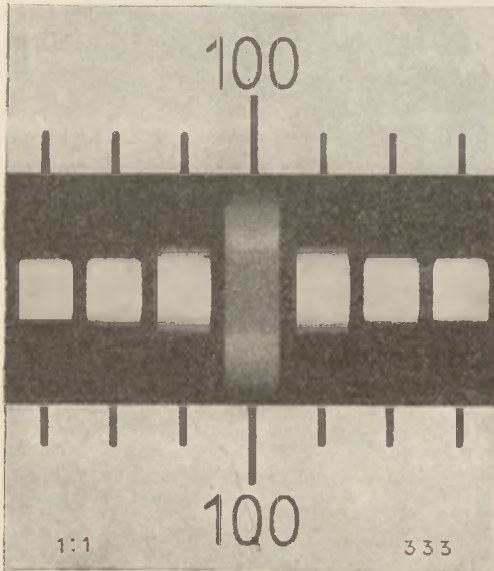


Fig. 7.
Photographie der Schwingungsbilder
bei der Frequenz 99,7.

Demgemäß entspricht die Eigenschwingungszahl der Zunge von 100 pro Sekunde einem Wechselstrom von 50 Perioden oder 100 Polwechseln. Man hört diesen Ton (der mehr als doppelt so hoch ist als der tiefste gebräuchliche Orchesterton einer Baßtuba) noch sehr genau.

Bei den Zungen, deren Resonanz ausschließlich durch Schwingungsbilder beobachtet werden soll, sucht man möglichst tiefe Schwingungszahlen zu verwenden. Man polarisiert deshalb die Wicklung des Wechselstrommagnetfeldes, indem man die Zungen dem Streufeld von permanenten Magneten aussetzt. Alsdann wirkt die Zunge selbst nicht mehr wie ein Weicheisenanker, sondern wie ein permanenter Stabmagnet; sie wird daher bei dem einen Polwechsel angezogen, von dem nächsten Polwechsel aber abgestoßen. Bei dem

Demonstrationsapparat ist hierzu der Transpositionsschalter bestimmt, der die wirksame Frequenz um eine Oktave tiefer „transponiert“. Von den 100 Polwechseln kommen demnach nur 50 zur anziehenden Wirkung; daher tritt die Resonanz bei Zungen von 50 Eigenschwingungen auf, wenn sich der Transpositionsschalter in wirksamer Stellung befindet.

Solche Zungen von tieferen Schwingungszahlen sind länger und biegsamer und lassen daher viel größere Schwingungen zu. Behufs Verminderung des Gewichtes und der Dämpfung durch den Luftwiderstand ist das Stahlfederband in der oberen Zungenhälfte mit Ausbrüchen versehen.

Die Transposition kann auch durch Gleichstrom bewirkt werden, der in eine der beiden Magnetspulen geschickt wird. Seine Wirkung erklärt sich ohne weiteres aus der Abbildung Fig. 8, worin die Transposition durch permanente Magnete dargestellt ist.

Transpositionsschalter.

Die Abbildung zeigt den Erregermagnet, die Zungenreihe und den Transpositionsschalter im Querschnitt.

Eine Anzahl permanenter Magnete m ist auf eine Schiene geschraubt, die sich in zwei Lagern dreht. In der dargestellten Schaltung sind die Zungen der Transpositionswirkung ausgesetzt. Durch Drehen des Handgriffs g um 90° in der Pfeilrichtung wird die transponierende Wirkung der permanenten Magnete ausgeschaltet.

Es bedeutet f eine Fußleiste, in welche sämtliche Zungen eingelötet sind, p den Träger für den Elektromagnet e_1 , dessen Entfernung von den Zungen in einer Schlitzführung veränderlich ist.

Man sieht nun, daß die Streulinien des permanenten Magnets, welche zwar hauptsächlich den nächsten Weg zwischen S und N nehmen, doch zum Teil durch die Stahlzungen geleitet werden, so daß sie sich mit den von e_1 austretenden Kraftlinien je nach der Richtung des Polwechsels der letzteren entweder verstärken oder schwächen.

Abgesehen von der Wirkung polarisierter Wechselstrommagnete zum Zwecke der Erzeugung von großen Schwingungsbildern, bietet diese Einrichtung die Möglichkeit, die nämliche Zungenreihe für zwei um eine Oktave verschiedene Frequenzen zu benutzen. Denke man sich eine aus 41 Zungen bestehende Reihe, abgestimmt auf 40 bis 80 Schwingungen, so sprechen diese Zungen direkt auf 40—80 Polwechsel an und nach erfolgter Transposition auch bei 40—80 ganzen Perioden, d. i. 80 bis 160 Polwechseln. Ein etwaiger Zweifel über die Oktavenlage bzw. darüber, ob Polwechsel oder Perioden angezeigt werden, wird durch Ein- und Ausschalten der Transposition behoben. Wenn bei eingeschalteter Transposition die Zungen schneller und stärker ansprechen als ohne diese, so bezieht sich die Resonanzanzeige auf ganze Wechselstromperioden.

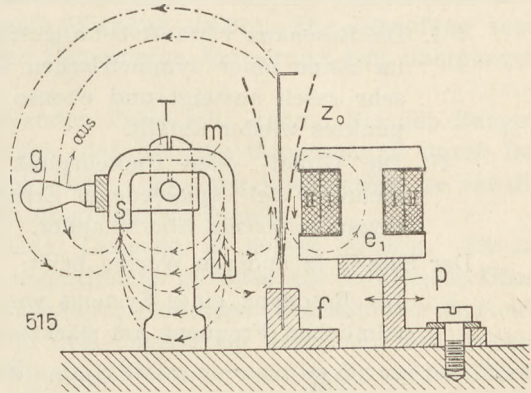


Fig. 8.
Transpositionsschalter.

Es ist hier am Platze, darauf hinzuweisen, daß Zungen von 50 Eigenschwingungen auch auf Wechselstrom von 100 Polwechseln selbst ohne Anwendung eines zusätzlichen Magnetfeldes ansprechen können. Das kommt daher, daß eine Zunge gleich beim erstmaligen Polwechsel einen permanenten Magnetismus zurückbehält, der bereits polarisierend wirkt. Diese Erscheinung tritt insbesondere bei sehr starker Erregung auf.

Es ist hier am Platze, darauf hinzuweisen, daß Zungen von 50 Eigenschwingungen auch auf Wechselstrom von 100 Polwechseln selbst ohne Anwendung eines zusätzlichen Magnetfeldes ansprechen können. Das kommt daher, daß eine Zunge gleich beim erstmaligen Polwechsel einen permanenten Magnetismus zurückbehält, der bereits polarisierend wirkt. Diese Erscheinung tritt insbesondere bei sehr starker Erregung auf.

Sehr anschaulich kann dieser Vorgang an dem Resonanzkreisel (Fig. 3, S. 326) vorgeführt werden. Es ist dazu notwendig, den Kreisel auf eine Tourenzahl von über 40 pro Sekunde zu bringen, wozu freilich etwas Übung im Abziehen der Schnur gehört⁴⁾. Die Resonanz tritt dann zuerst bei 40 Touren auf, zum zweiten Male bei 20 Touren pro Sekunde; im ersten Falle wirkt also ein Impuls anziehend, der nächste abstoßend, im zweiten Falle beide Impulse anziehend.

Es tritt also im ersten Falle keine Ummagnetisierung der Stahlzunge ein, sondern diese behält so viel remanenten Magnetismus, daß sie wie ein polarisierter Magnet wirkt. Daß dies tatsächlich so ist, konnte man aus photographischen Darstellungen dieser Schwingungen deutlich ermitteln. Dagegen wird die Zunge bei 20 Touren, also 40 magnetischen Anzügen, jedesmal entmagnetisiert und wirkt wie ein Weicheisenanker.

Resonanzkurven.

Wir kehren nun zur genaueren Betrachtung der bei den Versuchen mit dem Resonanzkreisel bereits beobachteten Erscheinung der Resonanz zurück und stellen

⁴⁾ Vorsicht, um sich nicht zu verletzen, den rotierenden Kreisel nicht anfassen! Eine Bremsung zur Verringerung der Tourenzahl erzielt man durch langsames Hin- und Herbewegen des Kreisels, wodurch man seinem ziemlich beträchtlichen gyrodätischen Moment entgegenwirkt.

uns zuerst die Frage, inwieweit die Stelle maximaler Resonanz von der Stärke der erregenden Kraft unabhängig sei. Dazu wird der Elektromagnet (m_1) in den Flügel-schrauben gelöst und aus seiner weitesten Stellung rasch in die nächste gerückt. Sofern die Erregerfrequenz während des Versuches gleich bleibt [selbstredend ist dies eine strenge Voraussetzung!]⁵⁾, wird man außer der entsprechenden Zunahme des Resonanzbildes keine wesentliche Änderung wahrnehmen.

Man könnte demnach folgende Lehrsätze aufstellen:

- I. Die Resonanz verläuft bei abgestimmten Systemen von geringer Dämpfung im Sinne einer symmetrischen Kurve, die in der Nähe der Konsonanz sehr rasch ansteigt und ebenso schnell nach Überschreitung des Gipfelpunktes wieder abfällt.
- II. Die Gipfel- oder Umkehrpunkte (Maximal- und Resonanzamplituden) mehrerer bei verschiedener Erregungsstärke gewonnener Resonanzkurven liegen senkrecht übereinander.

Der Satz II in anderen Worten heißt:

Die Resonanz eines Systems von geringer Dämpfung tritt immer bei der nämlichen Frequenz am stärksten auf. Vgl. die idealisierte Fig. 9.

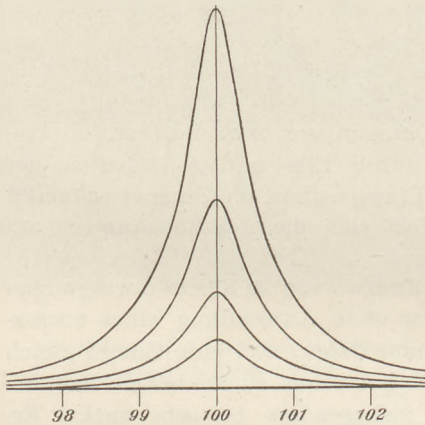


Fig. 9.

Resonanz bei wechselnder Stärke
der Erregung.

Für die Genauigkeitsbegriffe der Praxis kann dieser Satz als zutreffend angesehen werden; er gilt aber nur von Systemen mit geringer Dämpfung, also von solchen, die nur einer kleinen Energiezufuhr zur Erhaltung ihrer Schwingungen bedürfen.

Deformationen der Resonanzkurven.

Exakte und sehr schwierige experimentelle Messungen haben ergeben, daß die Resonanzkurven nicht ganz genau symmetrisch verlaufen und bei der gleichen Frequenz ihr Maximum erreichen. Einerseits liegt dies daran, daß sich die Eigenschwingungszahl bei allen abgestimmten Systemen mit der Amplitude etwas ändert. Eine stark angerissene Klaviersaite klingt anfänglich etwas höher, weil mit der von der

Schwingungsamplitude bedingten Durchbiegung bzw. Verlängerung des Stahldrahtes auch seine Spannung wächst und hiermit seine Tonhöhe. Bei einer Stahlzunge wird der Ton bei großer Amplitude deshalb höher, weil sich das Trägheitsmoment infolge der Verkürzung einer durchgebogenen Zunge verringert. Diese Fehler liegen in der Größenordnung von 1—2 Tausendstel der Eigenschwingungszahl. Man kann also bei einer Klaviersaite, einer Stahlzunge und den übrigen physikalisch analogen Systemen streng genommen nur dann von einer konstanten Eigenschwingungszahl reden, wenn diese auf eine bestimmte Amplitude bezogen wird.

Ein anderer, auf die Eigenschwingungszahl verstimmend wirkender Umstand liegt in der mit den Schwingungen wachsenden Dämpfung durch die Luftmassen,

⁵⁾ Zur Erzeugung einer konstanten Frequenz mit Hilfe schwächerer Generatoren ist es notwendig, diese mit einer großen Schwungmasse zu versehen bzw. einen kleinen antreibenden Gleichstrommotor mit möglichst hoher Tourenzahl laufen zu lassen. Geeignet ist zur Erzeugung einer variablen Frequenz ein Elektromotor von etwa $\frac{1}{3}$ PS. und etwa 2000 Touren in Verbindung mit einem 12 poligen Induktor (Fig. 12 auf S. 340). Der Antrieb geschieht mittels eines flachen Leinenbandes von etwa 1 m Gesamtlänge. Übersetzung 1:4. Zum Regulieren der Tourenzahl des Motors benutzt man am besten Schleifdrahtwiderstände.

welche von der Zunge (u. dgl.) hin- und hergeworfen werden müssen. Eine weitere Dämpfung entsteht durch magnetische Kraftlinien. Diese gehen einestheils von dem Wechselfeld des Elektromagnets aus und erzeugen Wirbelströme in den Metallmassen der Zunge; ebenso entstehen Wirbelströme infolge des Kraftlinienschnittes einer schwingenden Zunge innerhalb eines Magnetfeldes. Es ist zu bedenken, daß das Magnetfeld nicht immer nur gerade so lange besteht, als notwendig ist, um eine Zunge anzuziehen; auch beim Zurückschwingen der Zunge bleibt noch ein Teil der Wechselstromperiode übrig, welcher eine bremsende Wirkung ausübt. Die Dämpfung setzt den Eigenton herunter aus Gründen, deren theoretische Erörterung hier übergangen werden soll.

Alle diese Faktoren sind im vorliegenden Falle sehr klein. Bei den Zungen der Resonanzapparate trifft es sich glücklich, daß sich die Tonerhöhung durch Deformation ziemlich mit der Tonerniedrigung durch Dämpfung kompensiert, so daß die Resonanzmaxima auf 1—2 Promille genau übereinander liegen.

Die aus Satz I und II hervorgehende Tatsache ist äußerst wichtig. Sie ist Grundbedingung für die Verwendbarkeit abgestimmter Systeme zur wahlweisen Übertragung von Zeichen. Einer der bedeutendsten Anwendungen abgestimmter Systeme mit schwacher Dämpfung begegnen wir auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie. Hier werden sogenannte geschlossene Schwingungskreise verwendet, die auf bestimmte Frequenzen abgestimmt werden, in der Idee genau so wie die Zungen des elektroakustischen Resonanzapparates, nur mit dem Unterschiede, daß es sich dort um oszillierende Ströme von zehntausendmal so hoher Eigenschwingungszahl handelt.

Wie die Schwingungszahl eines Stahlbandes von seiner Länge und seiner Spannkraft abhängt, so wird analog die Schwingungszahl in den elektrischen Kreisen von der Größe der Selbstinduktion einer Spule und von der Kapazität eines Kondensators beeinflusst. Als dämpfendes Moment treten in beiden Fällen diejenigen Faktoren hinzu, welche Energie verzehren: bei einer schwingenden Zunge der Luftwiderstand, die innere Reibung, die Wirbelströme usw.; bei dem elektrischen Stromkreis der Drahtwiderstand, in welchem Wärme entwickelt und daher Arbeit umgesetzt wird. Beide Dämpfungen drücken die Eigenschwingungszahl herunter, und zwar um so mehr, je stärker die Systeme erregt werden.

Einfluß starker Dämpfung auf Tonhöhe und Resonanzverlauf.

Wir wollen nun sehen, in welcher Weise die Resonanzkurve verläuft, wenn die Eigenschwingung durch eine starke Dämpfung beträchtlich vertieft wird. Eine Dämpfung durch Foucault-Ströme ist am leichtesten und in beliebiger Stärke herbeizuführen.

Die eine Spule des Elektromagnets m_1 wird an den Wechselstromkreis angeschlossen (am besten an das Netz einer Zentrale) und die Stromstärke durch Vorschalten von Widerständen so bemessen, daß bei transponierten Zungen Schwingungsbilder von 25 mm auftreten. In die andere Spule leiten wir Gleichstrom, etwa 50 Volt, wobei es sich empfiehlt, einen Regulierwiderstand (Ruhstratsche Schleifwiderstände sind praktisch) vorzuschalten. Man probiert (bei Anwesenheit des Wechselstromes) etwa folgende Stärkegrade des permanenten Feldes aus:

1. Die ruhenden Zungen zeigen keine merkliche Annäherung, aber ein Stückchen Eisenblech haftet an. Stromverbrauch der Spule ca. 0,04 Amp. Gleichstrom.
2. Die Zungenenden rücken beim Einschalten des Gleichstroms um etwa 0,1 mm näher

$$i = 0,1 \text{ Amp.}$$

3. Die Zungen rücken um 0,2 mm näher

$$i = 0,2 \text{ Amp.}$$

Es werden nun die Zungen zunächst mit normaler Wechselstromstärke erregt und dann der Gleichstrom zugeschaltet.

Versuch 1. Die Zungen schwingen unverändert. Der Magnetismus genügt gerade zur Transposition. (NB. Der Transpositionsschalter befindet sich in inaktiver Stellung!)

Versuch 2. Die Resonanz tritt etwas stärker auf und bei einer um etwa 1 Polwechsel höheren Stelle. Das heißt, die normal höhere Zunge ist vertieft worden; Zunge 101 spricht bereits bei 100 Wechseln an.

Diese Versuche wirken aber viel sinnfälliger bei Benutzung eines stärkeren permanenten Magnets in Hufeisenform⁶⁾. Man lege ein magnetisch isolierendes Stück Pappdeckel oder dgl. von 2 mm Stärke auf einen Elektromagnet, setze hiernach den einen Pol des Hufeisenmagnets auf diese Unterlage und nähere seinen Pol den Zungen bis auf 5 mm Abstand.

Bei einer Frequenz von 100 Polwechseln schwingt die Zunge 50 mit größter Amplitude. Stellt man den Magnet den tieferen Zungen gegenüber, so wird man zunächst keinen wesentlichen Einfluß beobachten. Verschiebt man aber den Magnet, bis er schließlich der schwingenden Zunge gegenübersteht, so verschwindet deren Resonanzbild fast gänzlich.

Dagegen gelingt es, bei den Zungen von höheren Eigenschwingungen eine Resonanz hervorzurufen, und zwar wird man beobachten, daß schließlich selbst die höchsten Zungen dieser Reihe in Resonanz gebracht werden, wenn man ihnen den Magnet nur genügend nähert. Die Resonanzamplitude ist hierbei etwa die Hälfte der bei ungedämpfter Schwingung beobachteten maximalen Resonanz, aber sie tritt bei sämtlichen vor dem Magnet stehenden Zungen zu gleicher Zeit und mit nahezu gleicher Stärke auf.

Hieraus muß man zwei Schlüsse ziehen:

1. Es wird der Eigenton der magnetisch stark gedämpften Zunge tiefer; es spricht daher eine von Natur aus höhere Zunge bereits bei einer entsprechend tieferen Frequenz an.
2. Diese Resonanz bei stark gedämpften Systemen kann kein ausgeprägtes Maximum haben. Vielmehr muß eine Abflachung der Resonanzkurve erfolgen, derart, daß die stark gedämpfte Zunge für ein längeres Frequenzbereich mit gleichgroßer Amplitude in Resonanz kommt.

Diese Verstimmung des Eigentons kann unter Umständen 10 % und mehr betragen, und zwar wächst die Verstimmung etwa quadratisch mit der Stärke der Dämpfung, so daß man behaupten darf, daß schwache Dämpfungen bis zu einem gewissen Grade den Eigenton nur um unbedeutende Beträge herabmindern, stärkere Dämpfungen jedoch den Eigenton gänzlich nach der Tiefe verlegen können.

An anderer Stelle sind diese Erscheinungen genauer experimentell verfolgt und in Kurven veranschaulicht worden. Es haben sich hierbei die obengenannten Schlußfolgerungen bestätigt gefunden, deren wichtigste Ergebnisse durch die Kurven der nachfolgenden Abbildung Fig. 10 veranschaulicht werden.

Zu dieser Abbildung Fig. 10 ist folgendes zu bemerken:

Die mittlere Eigenschwingungszahl einer Zunge soll 100 betragen. Genau genommen besitzt sie diesen Wert nur bei einer ganz kleinen Amplitude⁷⁾, und ein

⁶⁾ Ungefähre Maße eines solchen Hufeisenmagnets in mm: Gesamtlänge 250, Querschnitt 40×8 , Öffnung der parallel verlaufenden Schenkel 50 mm.

⁷⁾ R. Hartmann-Kempf, „Über den Einfluß der Amplitude auf Tonhöhe und Dekrement von Stimmgabeln und zungenförmigen Stahlfedern“. Dissertation, Würzburg 1903. Ann. d. Physik **13**, 1904, S. 124 ff.: „Über den Einfluß der Amplitude auf die Tonhöhe und das Dekrement“; **13**, 1904, S. 271 ff.: „Über den Resonanzverlauf erzwungener Schwingungen“.

zweites Mal bei einer ziemlich großen Amplitude von etwa 20 mm Gesamtausschlag (ohne Fähnchen gemessen). Die Kurve e stellt diesen eigenartigen Verlauf der Eigenschwingungszahl eines solchen Federbandes dar. Er erklärt sich durch den starken Einfluß der Verkürzung des Schwingungsradius auf das Trägheitsmoment bei starkem Ausschlagen, wodurch der Ton trotz der vertiefenden Wirkung der Luftdämpfung mit wachsender Amplitude merklich höher wird.

Dieser erhöhende Einfluß zeigt sich auch an den bei ungedämpften Schwingungen beobachteten Resonanzkurven u_1-u_3 , welche bei verschieden starker Erregung bzw. Maximal-Amplitude gewonnen sind. Die Umkehrpunkte dieser Kurven liegen daher nicht genau übereinander, sondern differieren nach jeder Richtung hin um etwa $\pm 1-2$ Promille.

Die für starke Schwingungen merkliche erhöhende Verstimmung kann indessen durch eine kleine zusätzliche magnetische Dämpfung zum Teil kompensiert werden. Der Resonanzverlauf einer solchen schwach gedämpften Zunge ist durch die Kurve g_1 dargestellt. Man sieht, daß

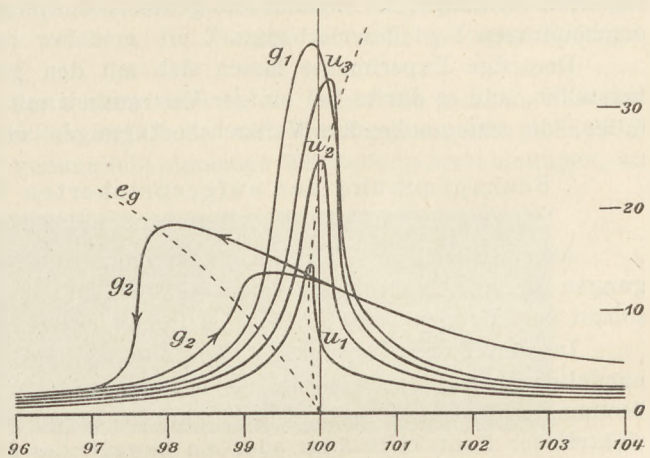


Fig. 10.

er einer idealen Resonanzkurve sogar noch näher kommt als die übrigen Kurven u_1-u_3 , welche nur unter dem Einfluß der sehr geringen Luftdämpfung stehen. Auch verläuft die Resonanz weniger steil, welcher Umstand sich bei der Verwendung solcher Zungen zu Frequenzmessern als günstig erweist.

Ganz anders gestaltet sich jedoch der Verlauf der Resonanz, wenn die Schwingung durch Magnetismus oder durch Aufsetzen eines großen Windflügels und dgl. stark gedämpft wird. Alsdann tritt eine Verflachung der Resonanzkurve ein, d. h. das Maximum ist nicht mehr so deutlich an einem Frequenzwert ausgeprägt, ganz abgesehen davon, daß es bei gleicher Stärke der Erregung kaum die Hälfte der sonstigen maximalen Resonanzamplitude erreicht. Ferner beobachtet man, daß die Resonanz bei aufsteigender Frequenz anders verläuft als bei absteigender.

Diese letztere eigentümliche Erscheinung findet ihre Erklärung, sobald man sich vergegenwärtigt, daß die stark gedämpfte Zunge eine Eigenschwingungszahl besitzt, welche mit zunehmender Amplitude stark abnimmt, etwa in der durch die gestrichelte Linie e_g angedeuteten Weise. Es ist daher begreiflich, daß die schwingende Zunge mit zunehmender Amplitude stets in einen anderen Resonanzgrad hineinwächst, d. h. in eine für die Möglichkeit, starke Resonanzschwingungen auszuführen, stets wechselnde Bedingung. Auf diese Art ist es möglich, daß eine Zunge von 100 Schwingungen bei einer erregenden Frequenz von 98 Polwechseln sehr große Resonanzschwingungen ausführen könnte, wenn es gelänge, sie auf eine größere Amplitude zu bringen, bei welcher ihr Eigenton infolge der Dämpfung ungefähr 98 wäre.

Bei der erregenden Frequenz in aufsteigender Richtung kommt man zwar bei 100 an die Konsonanzstelle mit der Eigenschwingungszahl der kleinen Amplitude; sowie diese Zunge etwa größere Resonanzschwingungen ausführen will, verstimmt sie sich derartig, daß sie aus dem günstigen Konsonanzverhältnis heraustritt. Daher kann die gesamte Konsonanz nicht sehr groß ausfallen. Das Maximum verschiebt sich zudem um etwa 1% nach unten, d. h. es tritt bei 99 statt bei 100 ein.

Bei absteigender, etwa bei 104 beginnender Frequenz deckt sich die Resonanzkurve ziemlich mit der erstgewonnenen, bis zu dem Werte 100. Dann spaltet sich die Kurve, weil sich nun für die schwingende Zunge infolge der bereits vorhandenen großen Resonanzschwingungen der Eigenton in einer für die andauernde Konsonanz günstigen Weise verstimmt, so daß es für sie möglich ist, noch eine Weile lang mit großer Resonanzamplitude auf die erregende Frequenz zu antworten. Dieser Resonanzzustand muß jedoch einmal ein Ende finden, sobald nämlich die erregende Frequenz tiefer sinkt als der bei der vorhergehenden Resonanzamplitude herrschende mittlere Eigenton der Zunge. Es entsteht infolgedessen ein plötzlicher, von starken Schwebungserscheinungen begleiteter Absturz.

Derartige Experimente lassen sich mit den genannten Apparaten ohne Mühe herstellen, und es dürfte bei einiger Vertrautheit mit dem Apparat auch nicht schwer fallen, die entsprechenden Versuchsbedingungen von Fall zu Fall herauszufinden.

Beanspruchung der aufgespeicherten Schwingungsenergie. Resonanzrelais.

Anschließend an diese Beobachtungen an stark gedämpften Resonanzschwingungen ist eine Betrachtung über die Verhältnisse am Platz, welche sich ergeben, sobald man dem gedämpften System irgend eine Leistung zumutet.

In der Praxis werden ja mechanisch abgestimmte Systeme der bisher behandelten Art bei den sogenannten Resonanzrelais verwendet. Hierbei soll bei einer bestimmten Frequenz infolge der starken Frequenzschwebungen einer Zunge ein elektrischer Kontakt betätigt oder ein bewegliches System von einer Stellung in die andere geschleudert werden, oder dgl. mehr.

Man verlangt also eine Energieabgabe von solchen Zungen. Diese ist nur unter der Bedingung möglich, daß man dem elastischen System gestattet, zunächst ungehindert in Resonanz zu kommen und dann plötzlich einen Teil seiner potentiellen Energie zur Betätigung der Relaisorgane abzugeben. Dagegen ist es nicht möglich, eine derartige Leistung von dem schwingenden System, also von der Zunge usw. zu erreichen, ehe sie in starke Resonanz gekommen ist. Wenn man nämlich diese beweglichen Organe der Zunge in kleinen Abständen gegenüberstellt, so werden die Resonanzschwingungen gleich beim Entstehen gedämpft, und sie können sich in keiner Weise entfalten, auch dann nicht, wenn Eigenton und erregende Frequenz genau übereinstimmen. Abgesehen von diesem Nichterfüllen der erhofften Leistung, tritt aber auch noch eine Verstimmung infolge der starken Dämpfung auf, in ganz ähnlicher Weise, wie wir es oben an der Resonanzkurve gesehen haben. Aus diesem Grunde ist es z. B. nicht möglich, mehrere abgestimmte Zungen mit Schreiborganen zu versehen, oder sie zur Betätigung von Schreiborganen verwenden zu wollen, etwa zu dem Zweck, eine variable Frequenz zu registrieren, denn sobald von den Zungen eine dauernde Arbeit verlangt wird, verstimmt sich ihr Eigenton in der genannten Weise. Auch ein direkter Kontaktschluß durch schwingende Zungen ist deshalb unmöglich.

Etwas Analoges läßt sich von den sogenannten elektrisch abgestimmten Systemen sagen, wie sie in der drahtlosen Telegraphie und dgl. verlangt werden. Diese elektrische Resonanz entfaltet sich nur dann, wenn die dämpfenden Widerstände klein sind, bzw. wenn von dem gesamten System keine große Arbeitsleistung verlangt wird. Im Grunde offenbart sich darin nichts als der Satz von der Erhaltung der Energie. Die durch die großen Schwingungen überraschenden Resonanzerscheinungen stellen ja nichts anderes vor als das Resultat einer Anzahl von kleinen Kräften, welche in günstiger Weise nacheinander zur Wirkung kamen. Ebenso wie wir gesehen haben, daß die Resonanz nicht sofort auftritt, sondern erst nach einer Anzahl von stetig wachsenden Schwingungen erreicht wird, ebenso schnell

verzehrt sich die in der Resonanzschwingung aufgespeicherte Kraft, wenn man dem System pro Schwingung auch nur einen ganz kleinen Teil Energie mehr entnimmt, als man ihm wieder zuführt. Es wäre also sinnwidrig, aus einem Resonanzsystem sich mehr Energieentnahme zu versprechen, als man geopfert hat, um die Resonanzschwingungen zu erzeugen.

Schwebungen.

Wir beobachten beim Einschalten des Stromes, daß diejenigen Zungen, deren Eigenschwingungszahl sich in der Nähe der herrschenden Frequenz befindet, zuerst einige Schwebungen ausführen, bis sich ein gleichmäßiger, sogenannter stationärer Zustand herangebildet hat, bei welchem die Zungen mit sehr geringer Resonanzamplitude schwingen.

Die gleiche Erscheinung kann man beobachten, wenn die starken Resonanzschwingungen einer Zunge plötzlich aufhören, weil die Frequenz sich schnell geändert hat. Die Abbildung 11 versinnlicht derartige Schwebungserscheinungen, und

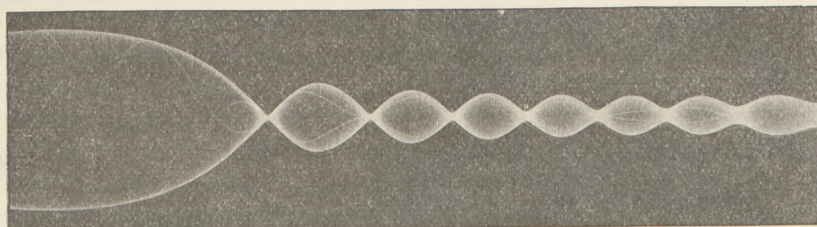


Fig. 11.
Schwebungen.

zwar bei einem Resonanzkörper, der in starke Resonanzamplituden gebracht wurde und durch eine verhältnismäßig schnelle Frequenzänderung aus diesem Zustand herauskam. Die photographische Aufnahme wurde an einer Stimmgabel gemacht, weil sich die Schwebungen bei einem derartigen massiven Körper noch viel deutlicher ausprägen als bei schwachen Zungenbändern. (Die eigentümlichen sinusartigen punktförmigen Linien dienen besonderen Beobachtungen, welche hier nicht besprochen werden sollen.)

Man sollte zunächst vermuten, daß derartige Schwebungen dauernd anhalten, und es ist als eine besondere Eigentümlichkeit der gesetzmäßig verlaufenden Resonanzerscheinungen zu betrachten, daß sich die Schwebungen nach einiger Zeit verlieren. Es hat sich nämlich dann ein bestimmter Phasenabstand herausgebildet, in welchem die Zunge in bezug auf die Phase der erregenden periodischen Kraft schwingt, d. h. daß der Moment der größten Stärke des Wechselstrommagnets zeitlich nicht zusammenfällt mit dem Moment der größten Schwingung. Der Resonanzkörper (Zunge, Stimmgabel und dgl.) ist bestrebt, sich hinsichtlich seines Schwingungszustandes mit einer Phasendifferenz von 90° auf die Phase der erregenden Kraft einzustellen; dies geschieht aber nur bei größtmöglicher Konsonanz, woselbst dann auch die Resonanzamplituden am stärksten werden. Ändert sich der Konsonanzgrad, so ändert sich auch der Resonanzgrad, und damit auch der Phasenabstand, der je nach den Verhältnissen größer oder kleiner ist als 90° .

Ändert man durch besondere Mittel, z. B. durch eine plötzliche Änderung der Frequenz (oder durch das Bremsen einer Resonanzschwingung mit der Hand) diese Phase, so treten die Schwebungen von neuem auf, und zwar so lange, bis sich der Resonanzkörper wieder in die für ihn passende Phase hat einstellen können.

Außer diesen vorübergehenden Schwebungen gibt es aber auch dauernde Schwebungen, und zwar treten diese in solchen Fällen deutlich auf, wo es sich um zwei verschiedene Kräfte handelt, die nebeneinander bestehen können, ohne sich

gegenseitig wesentlich zu beeinflussen. Solche periodischen Ströme können z. B. zwei Wechselströme verschiedener Frequenz sein. Diese Wechselströme verstärken oder schwächen sich periodisch in einem Rhythmus, der durch die Differenz der Frequenzen gegeben ist. Beträgt diese Differenz etwa 5 Polwechsel pro Sekunde, so treten in der Sekunde 5 Schwebungen auf. Beträgt die Differenz aber nur $\frac{1}{10}$ Polwechsel, so entstehen entsprechend langsame Schwebungen, die 10 Sekunden lang andauern.

Um solche Schwebungserscheinungen sichtbar zu machen, kann man ebenfalls wieder den Frequenzmesser mit skalenförmig abgestimmten Zungen benutzen. Am deutlichsten wird die Erscheinung dann, wenn es sich um ganz geringe Frequenzschwankungen handelt. Es wird dann diejenige Zunge, welche sich in Nähe der

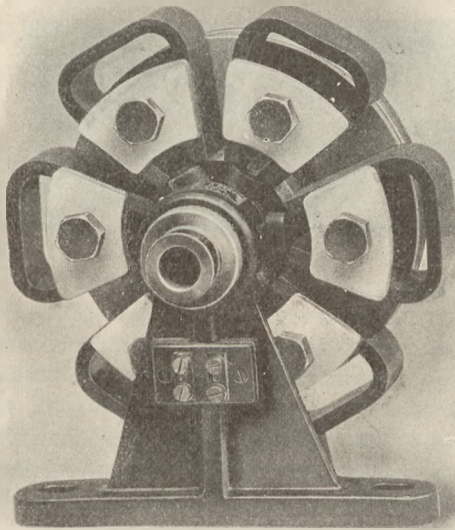


Fig. 12.
Magnet-Induktor in offener Bauart. 1:4.

herrschenden Frequenzen befindet, mit großen Schwebungen antworten, die sich vollkommen den Schwebungen des Wechselstrom-Magnetfeldes anpassen. Der Elektrotechniker kann hier von eine sehr wertvolle Anwendung machen, indem er sich des Resonanz-Synchronisators bedient, um Frequenz und Phasengleichheit zweier Generatoren zu bestimmen. Diese Notwendigkeit ist in den meisten elektrischen Wechselstromzentralen gegeben, sobald es sich darum handelt, einen Maschinensatz zu einem bereits in Betrieb befindlichen zuzuschalten.

Der Resonanz-Synchronisator besteht aus einer Anzahl in Intervallen von $\frac{1}{2}\%$ abgestimmter Zungen, so daß für jede herrschende Frequenz eine Zunge mit großer Amplitude schwingen bzw. Schwebungen

ausführen kann. Diese Schwebungen lassen Frequenz und Phasengleichheit sehr viel schärfer erkennen als sonstige, zum gleichen Zweck übliche Anzeigeinstrumente.

Auch mit dem vorhandenen Demonstrations-Frequenzmesser kann man das Experiment sehr schön vorführen. Es eignen sich hierzu besonders die 5 tönenden Zungen, weil die Schwebungen nicht nur sichtbar, sondern durch den Ton von schneidender Schärfe sehr deutlich im größten Auditorium zu vernehmen sind.

Zur Erregung dieser Schwebungen benutzt man beide Wicklungen eines Magnet-systems, von denen man eine etwa an das Wechselstromnetz der Stadtzentrale anlegt, während in die andere ein Wechselstrom aus einem besonderen regulierbaren Generator entnommen wird. Zu solchen Versuchszwecken wurde von der Firma Hartmann & Braun ein besonderer 12poliger Magnetinduktor in offener Bauart (Fig. 12) ausgeführt, der von irgend einem (nicht zu schwachen) Elektromotor durch einen Schnurlauf angetrieben werden kann. Es ist darauf zu achten, daß der Motor hierbei ziemlich schnell läuft, da naturgemäß durch die Transformatorwirkung des erregenden Magnets dem Induktor eine gewisse Energie von dem ersten Wechselstromkreis her zugeführt wird, welcher das Bestreben hat, den kleineren Magnetinduktor in Synchronismus zu bringen.

Es findet zwar in der Technik ganz das gleiche statt, indem eine Maschine bemüht ist, die andere hinzukommende mit sich zu reißen, so daß beide mit gleicher Schnelligkeit und gleicher Phase laufen. Zur Vorführung andauernder Schwebungen, welche freilich in der Praxis bei solchen Maschinen gerade ängstlich vermieden werden, aber theoretisch interessant sind, ist es notwendig, den antreibenden Motor für den 12poligen Magnetinduktor so stark zu wählen, daß er auf diese selbsttätige synchronisierende Wirkung nicht reagiert.

Nach Fertigstellung der vorliegenden Abhandlung erhalte ich durch Herrn FRAHM Mitteilung von der gelungenen Lösung eines sehr wichtigen Problems, welches ebenfalls in das Gebiet der Resonanzschwingungen gehört und mit den vorliegenden Betrachtungen in einem gewissen Zusammenhange steht. Es betrifft eine Vorrichtung, um die Resonanzschwingungen von Seeschiffen, das sogenannte „Schlingern“, zu verhindern. Solche Schiffe pendeln um ihre Längsachse in einem bestimmten Rhythmus, der sich zwar beim Heben und Senken des Schiffes auf stürmischem Meere ändert, aber immerhin mit den Wellenstößen derartig in Konsonanz geraten kann, daß das Schiff starke Resonanzschwingungen ausführt; mit anderen Worten, daß es stark schaukelt. FRAHM dämpft diese Schlinger- oder Schaukelbewegung durch einen schmalen, quer über das Schiff gelegten, mit Wasser gefüllten Schacht, einen sogenannten Schlingertank. Hierdurch werden sowohl die andauernden Resonanzschwingungen wie auch die schwebungsartigen Schlingerperioden auf etwa $\frac{1}{5}$ ihrer Amplitude herabgesetzt.

Es handelt sich hier ebenfalls um eine dämpfende Wirkung von ziemlich kompliziertem Charakter. Ein ähnlicher Vorgang läßt sich bei jedem Resonanzapparat beobachten, wenn man an die elastischen Teile unelastische Teile locker befestigt, etwa ein Stückchen Kork, ein mit Quecksilber gefülltes Röhrchen oder dgl. Es ist alsdann nicht mehr möglich, große Resonanzschwingungen hervorzurufen.

Eine ähnliche Einrichtung benutzte OLIVETTI zur Dämpfung der Zeiger elektrischer Meßinstrumente, die bekanntlich ebenfalls eine Eigenschwingungszahl besitzen und bei plötzlichem Ausschlagen oder bei periodischen Impulsen in starke Pendelungen geraten. Olivetti versieht das Zeigersystem mit einer runden röhrenförmigen Kammer, in welcher eine Flüssigkeitsmenge durch eine Scheidewand zu passieren hat.

Die beschriebenen Apparate wurden sämtlich nur zu Demonstrationszwecken ersonnen und von der Firma Hartmann & Braun A.-G., Frankfurt a. M., hergestellt.

Meßeinrichtung für Gleich- und Wechselströme.

Von

Prof. Dr. H. Rudolph in Pfaffendorf a. Rh.

Der idealste Stromzeiger für Schulen ist immer ein Lichtzeiger. Weil aber ein feineres Spiegelgalvanometer für viele Schulversuche zu empfindlich wäre, muß man daneben eine Anzahl von Instrumenten für die verschiedenen Meßbereiche haben und den passenden Strommesser oder den passenden Nebenschluß dazu erst aussuchen. Mit Nebenschlüssen, die für den speziellen Versuch berechnet oder ausprobiert werden, arbeitet man aber nicht so bequem und so sicher, wie es zur Vermeidung jeder Überlastung eines guten Feingalvanometers beim Schulbetrieb wünschenswert ist, und will man sich überdies nicht auf relative Strommessungen

beschränken, so wird auch oft noch eine Eichung des gerade verwendeten Schulgalvanometers vorhergehen müssen.

Sollen ferner etliche der so lehrreichen und anschaulichen Parallelversuche mit Gleich- und Wechselstrom ausgeführt werden, so macht sich das Fehlen eines für beliebige Stromarten brauchbaren und nicht so kostspieligen Galvanometers, wie es die Elektrodynamometer sind, erst recht fühlbar. Denn die dafür vorhandenen besonderen Instrumente sind alle weniger empfindlich oder ihr Meßbereich ist weniger ausgedehnt als bei der Kombination, die ich für das Kaiser Wilhelm-Realgymnasium in Koblenz zusammengestellt habe, und bei der alle Strommessungen rasch und sicher durch ein und dasselbe Drehspulgalvanometer mit Lichtzeiger gemacht werden. Mit wenigen, stets in derselben Reihenfolge stattfindenden Handgriffen, die nach aufgedruckter Anweisung erfolgen, ist jeder gewünschte Meßbereich schnell aufgefunden und ein übermäßiger Ausschlag des Lichtzeigers mit seinen schädlichen Folgen für das Instrument ausgeschlossen. Jede Ablesung kann innerhalb zweier oder dreier Meßbereiche stattfinden, und dadurch ist der jeweilige Skalenwert leicht empirisch festzustellen, falls absolute Strommessungen vorgenommen werden sollen.

Das Verfahren besteht in der Einschaltung eines auf Brückengleichheit justierten Thermoelementsystems von Dr. GUGGENHEIMER mit etwa $0,25 \Omega$ Widerstand. Durch die Heizwirkung des zu messenden Stromes entsteht darin der wirklich gemessene Thermostrom, und weil zum Heizen der einen Lötstelle auch Gleichstrom dienen kann, braucht man wie bei Hitzdrahtinstrumenten zur Ermittlung des Skalenwertes nur ein Milliampereometer in den Heizstromkreis zu bringen, um dann Wechselströme ebenso gut messen zu können. Ist ferner die Empfindlichkeit des zweckmäßig mit zwei Wicklungen von 100Ω und von ca. 5Ω Widerstand versehenen Drehspulspiegelgalvanometers schon empirisch ermittelt, so kennt man auch den Abschwächungskoeffizienten für die zu messenden Ströme.

Weil aber die Skala wie bei allen auf der Stromwärme beruhenden Einrichtungen quadratischen Charakter hat, wovon man sich durch 2 bis 3 Messungen bei bekannter Stromstärke überzeugt, erfordert die Methode für alle Experimentierströme von 1 bis 0,1 Ampere, für welche die Schalttafelinstrumente gewöhnlich nicht mehr brauchbar sind, noch eine weitere Abschwächung der Empfindlichkeit. Das Thermosystem gibt nämlich mit etwa 0,005 Ampere bei ca. 5 m Skalenabstand den kleinsten deutlich erkennbaren Ausschlag von ungefähr 0,5 cm. Zur Messung so schwacher Wechselströme muß freilich das Zimmer schon einige Zeit auf derselben Temperatur gehalten worden sein, sonst existiert ein übergelagerter Thermostrom gleicher Größenordnung. Nimmt man den äußersten, zwar bereits zu großen Ausschlag des Lichtzeigers zu 4,5 m an, so wäre dies das 900fache des obigen, und man hätte daher die 30fache der angegebenen Stromstärke oder 0,15 Ampere zu erwarten. Da man aber bis 1 Ampere, d. i. bis zur $6\frac{2}{3}$ fachen Stromstärke, die den 44fachen Ausschlag ergibt, kommen soll, müßte man die Empfindlichkeit bis auf $\frac{1}{44}$ herabsetzen können. Theoretisch läßt sich dies durch Einschaltung eines 44^2 mal so großen oder ca. 2000fachen Widerstandes, bei 5Ω Galvanometerwiderstand also etwa 10000Ω , in den Galvanometerstromkreis erreichen. Die Ausschläge sind durch verschiedene Nebenumstände aber so viel kleiner, daß man schon mit der vorletzten Stufe des gleich zu beschreibenden Vorschaltwiderstandes auskommt.

Während also der Ausschlag proportional i^2 wächst, wenn i den Thermostrom bedeutet, müßte bei Vernachlässigung der Nebenumstände die Empfindlichkeit proportional \sqrt{w} abnehmen, wobei w den Widerstand im Thermostrom bezeichnet. Man sieht dies leicht ein, indem man den Heizstrom und damit die verfügbare Energie zur Hervorbringung des Thermostromes konstant denkt, den erzeugten Thermostrom i aber proportional $\frac{1}{\sqrt{w}}$ annimmt. Dann ist die im Thermoelement umgewandelte

Energie $i^2 w$ oder proportional $\left(\frac{1}{\sqrt{w}}\right)^2 \cdot w$; d. h. der Nutzeffekt ist der frühere, wie es auch sein muß. Das Thermoelementsystem verträgt Heizströme bis zu 1,5 Ampere, so daß Messungen bis 1 Ampere sehr wohl zulässig sind.

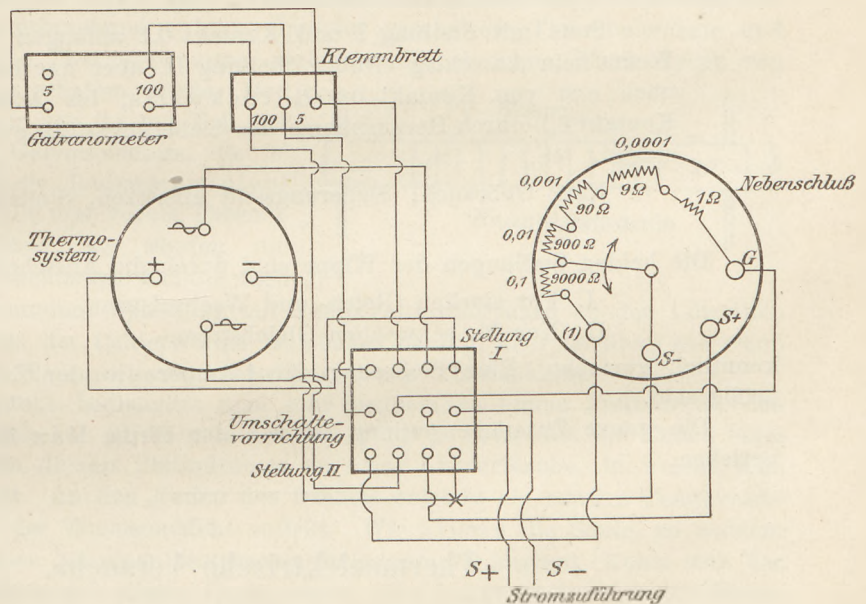
Nun läßt sich ein Widerstand bis 10000 Ω in bequemer Weise mit dem billigen Ayrtonschen Nebenschluß vorschalten, den man bei der Messung von Gleichströmen unterhalb 0,01 Ampere ohnedies braucht, wenn nur der Zweigstrom unterbrochen wird. Auf diese Weise entsteht aus folgenden Teilen:

1. einem Drehspulgalvanometer für Ströme bis etwa $5 \cdot 10^{-9}$ Ampere,
2. einem Thermoelementsystem,
3. einem Ayrtonschen Nebenschluß und
4. der von mir hinzugefügten Umschaltvorrichtung

eine Meßkombination für Gleichströme von $5 \cdot 10^{-9}$ Ampere aufwärts bis 1 Ampere, also mit einem Bereich von $1:2 \cdot 10^8$, und für Wechsel- oder Wellenströme von $5 \cdot 10^{-3}$ Ampere aufwärts bis 1 Ampere oder mit einem Wechselstrombereich von $1:2 \cdot 10^2$.

Die Umschaltvorrichtung besteht aus einer Quecksilberwippe mit 12 Näpfchen in 3 Reihen zu je vieren, und die Stromleitung bei ihren beiden Stellungen I und II

ist aus der nebenstehenden Skizze ersichtlich. Der Ayrtonsche Nebenschluß hat 4 Stufen: 0,0001, 0,001, 0,01 und 0,11 mit dem bei Anlegung des 100 Ω -Galvanometerwiderstands berechneten Gesamt-Widerstand der so entstehenden Verzweigung von 1 Ω , 10 Ω , 99 Ω und 901 Ω . In der Hauptleitung muß bei dieser Verwendung natürlich vor der Abzweigung ein größerer Balancierwiderstand liegen.



Ein letzter, 5. Kontakt mit der Stufenbezeichnung 1 ist mit einem Sicherungsstift versehen, da sich sein Gesamtverzweigungswiderstand zu nur 99 Ω berechnet und daher bei geringem Widerstand vor der Abzweigung der Strom im Galvanometerzweig auf die 9,1fache Stärke derjenigen der vorhergehenden Stufe, gleichzeitig aber auch der Gesamtstrom im Maximum bis auf das 9,1fache, der Ausschlag mithin unter Umständen auf das ca. 83fache anwächst, wobei eine Überlastung des Galvanometers wahrscheinlich wäre. Der Sicherungsstift wird nur bei ganz schwachen elektromotorischen Kräften abgenommen, die keinen größeren abschwächenden Widerstand in der Hauptleitung mehr zulassen, wenn also das Galvanometer zur direkten Strommessung dient; etwa bei Versuchen über Wärmestrahlung mit dem Mellonischen Apparat.

Will man nun eine Messung vornehmen, so überzeugt man sich zunächst an der Schalttafel, ob der Strom unter 1 Ampere liegt, wenn man dies nicht schon im voraus

weiß, und beginnt entsprechend der aufgedruckten Anweisung stets mit Stellung I der Wippe und Kontakt 0,1 des Nebenschlusses. Hierbei durchfließt der zu messende Strom das Thermosystem als Heizstrom, und der Nebenschluß dient nur als Vorschaltwiderstand im Galvanometerkreis. Bei unmerklichem Ausschlag geht man dann auf die Kontakte 0,01, 0,001 und 0,0001 des Nebenschlusses, wobei nach der Schaltungsskizze der vor den Galvanometerwiderstand von 5Ω vorgeschaltete Widerstand von 1000Ω auf 100 , 10 und 1Ω sinkt. Bleibt der Ausschlag auch dann noch unmerklich, so legt man, aber nur bei Gleichstrom, die Wippe in Stellung II um und schaltet dadurch das Thermoelementsystem aus, den Nebenschluß jedoch ein. Letzterer steht noch auf Stufe 0,0001. Man geht nun zurück auf 0,001, 0,01 und 0,1, bis sich ein brauchbarer Ausschlag zeigt. Sollte derselbe auch dann noch nicht auftreten, so nimmt man den Sicherungsstift für Stufe 1 ab und erhält schließlich ein Ergebnis, wenn der zu messende Strom nicht schwächer als $5 \cdot 10^{-9}$ Ampere ist.

Die Kombination ohne das Galvanometer habe ich bei unserer Einrichtung in der Versenkung des Experimentiertisches untergebracht, welche zum Anwärmen der bei reibungselektrischen Versuchen gebrauchten Gegenstände vorgesehen war, die aber fast gar nicht benutzt wurde, weil sich die Heizkörper der Dampfheizung im Winter viel besser dazu eignen. Eine Tafel neben der Wippe trägt in deutlicher Schrift folgende Anweisung zum Gebrauch:

Stets mit Stellung I und Kontakt 0,1 anfangen, dann ev. bis 0,0001.

Wenn kein Ausschlag erfolgt: Stellung II, aber nur bei Gleichstrom. Hiernach erst von Kontakt 0,0001 rückwärts, bis Ausschlag erfolgt; nach Kontakt 0,1 durch Herausnahme des Sicherungsstifts ev. auch Kontakt 1 einstellen.

Nach Gebrauch: Sicherungsstift einsetzen, Stellung I und Kontakt 0,1 einstellen.

Die beiden Stellungen der Wippe sind durch die Aufschrift:

I. Für starken Gleich- und Wechselstrom.

II. Nur für schwachen Gleichstrom.

kenntlich gemacht. Eine Sicherung für 1 Ampere in der Zuleitung wird zweckmäßig sein.

Die ganze Zusammenstellung ist von der Firma Max Kohl in Chemnitz zu beziehen.

Thermoelektrische Versuche.

Von

J. Weiß in Pforzheim.

Von den thermoelektrischen Erscheinungen ist am leichtesten die Thermokraft zu demonstrieren. Hierzu sind rahmenförmige Thermoelemente üblich, deren eine Substanz Wismut ist. Diese Thermoelemente haben aber den großen Nachteil, daß sie in den Händen Unerfahrener leicht ruiniert werden, weil das Wismut einen tiefen Schmelzpunkt besitzt; man darf heiße Flammen nur mit Vorsicht verwenden. Frei von diesem Übelstand sind Thermoelemente der Kombination Konstantan-Kupfer. Lötet man ein 1 cm breites, 3 mm dickes Kupferblech auf ein 5 mm dickes und 1 cm breites Konstantanstück in der in Fig. 1 angegebenen Weise, so erhält man bei einer Temperaturdifferenz von 10°C eine elektromotorische Kraft von rund

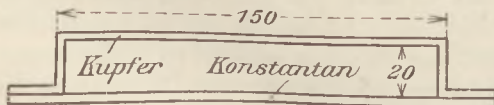


Fig. 1.

$4 \cdot 10^{-4}$ Volt und daher einen Strom von $\frac{1}{4}$ Ampere Stärke (spezif. Widerstand von Kupfer = $1,8 \cdot 10^{-6}$ Ohm, von Konstantan $5 \cdot 10^{-5}$ Ohm). Natürlich kann man leicht noch größere Temperaturdifferenzen und daher auch größere Stromstärken erzielen. Zum Löten hat man Hartlot anzuwenden, damit man vor einem Aufgehen des Gelöteten geschützt ist¹⁾.

Die Voltasche Spannung, die von der Größe der Spannung galvanischer Elemente ist, entsteht unter der Mitwirkung von Leitern zweiter Klasse. Die eigentliche Kontaktpotentialdifferenz zwischen zwei sich berührenden Metallen läßt sich wegen der beständigen Gegenwart einer sehr dünnen Wasserhaut nur sehr schwer nachweisen und kommt deshalb für die Demonstration vorläufig nicht in Betracht.

Auch das PELTIERSche Phänomen ist nicht leicht zu zeigen. Die von WEINHOLD angegebene Methode ist für Schüler nicht beweiskräftig; das Differentialthermometer versagt meist. Am besten gelingt noch der Nachweis mit Hilfe des Thermokreuzes, doch erfordert diese Methode ein empfindliches Galvanometer. Man kann den Effekt vervielfachen, indem man eine große Anzahl von gleichen Wismut- und Antimonstäben, die kurz sein dürfen, aneinanderlötet. Man kann auch Eisen und Konstantan wählen, die eher erhältlich und besser zu verarbeiten sind. Hat man z. B. n Konstantan- und $n + 1$ Eisenstäbe, so tritt an n Eisen-Konstantankontakten bei Durchleiten eines Stromes Peltierwärme, an den n andern Lötstellen Kälteentwicklung auf. Man hat daher nach Stromunterbrechung n hintereinander geschaltete Thermoelemente und erhält so die $2n$ -fache Thermospannung, welche man bei einem Thermokreuz von entsprechenden Maßen erhalten würde. Man braucht nun auch nur den $2n$ -ten Teil der Empfindlichkeit des Galvanometers. Es ist bemerkenswert, daß die Joulewärme nicht zur Geltung kommt. Hat man vorher Thermosäulen durchgesprochen, so werden die Schüler ohne weiteres schließen, daß die nach

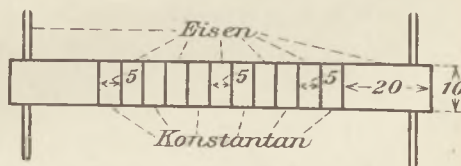


Fig. 2.

Stromdurchgang vorhandene Spannung auf Temperaturdifferenzen an den Lötstellen beruht. Der Nachweis der Peltierwärme ist ebenso bündig, aber leichter, wie wenn man nur ein einziges Thermoelement verwendet (beim Thermokreuz).

Den Thomsonscheffekt beobachtet man sehr bequem an einem Platindraht, den man durch den elektrischen Strom zum Glühen bringt²⁾. Man lötet die Enden eines Stückes 0,2 bis 1 mm dicken Platindrahtes an zwei Kupferbleche, in welche man den Strom hineinleitet. An den Enden des Drahtes entsteht ein starkes Temperaturgefälle, so daß hier der Thomsonscheffekt auftritt. Wir fixieren die Stelle, an welcher das Glühen des Drahtes bei einer bestimmten Stromrichtung beginnt. Kehrt man den Strom um, so verschiebt sich dieser Punkt etwas. Bei Platin ist je nach der Stromrichtung der aus den Figuren ersichtliche, dick gezeichnete Teil des Drahtes glühend; dieser Teil erscheint also der Stromrichtung entgegen verschoben. Dort, wo der elektrische Strom nach kälteren Teilen hinfließt, entwickelt er nicht die volle Joulesche Wärme, d. h. der Thomsonscheffekt (die spezifische Wärme der Elektrizität) ist in Platin negativ. Der Effekt ist bei rascher Stromumkehr sehr deutlich zu sehen. Selbstverständlich hat man zu kontrollieren, ob sich die Stromstärke beim Kommutieren nicht etwa geändert hat. Man verwendet daher am besten Quecksilberkontakte (Wippe). Über den glühenden Draht setzt man eine Glasglocke, damit keine störenden Luftströmungen entstehen.

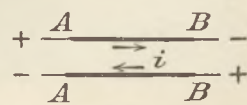


Fig. 3.

¹⁾ Wie ich aus dem neuesten Katalog von Kohl ersehe, schlägt Müller die Kombination Eisen-Konstantan vor; bei letzterer könnten aber die Schüler auf den Gedanken kommen, daß der Ausschlag der Magnetnadel von eventuellem Magnetismus des Eisens herrührt.

²⁾ Methode von W. König, vgl. diese Zeitschr. 1911, S. 236.

Wenn man den Effekt einem größeren Zuhörerkreis sichtbar machen will, so projiziert man den glühenden Draht durch sein eigenes Licht auf einen weißen Schirm. Biegt man den Draht U-förmig, so kann man die Verschiebung der Punkte *A* und *B* gegeneinander beobachten, wodurch die Erscheinung noch augenfälliger wird. Alle andern untersuchten Materialien eignen sich weniger gut als Platin zu diesem Demonstrationsversuch.

Über die Pole gerader Drahtmagneten.

Von

Prof. Dr. Friedrich C. G. Müller zu Brandenburg a. H.

In der Abhandlung von Ruoss, diese Zeitschr. XXI, 306, findet sich die Bemerkung, daß die von mir zur Bestätigung des Coulombschen Grundgesetzes benutzten 200 cm langen Drahtmagnete ihren Zweck verfehlten, da ihre Pole im Abstand von

40—80 cm nicht anders wirkten wie die einer 20 cm langen Stricknadel in 4 bis 8 cm. Demnach sollen bei gleicher Dicke die Pole der 10mal längeren Stäbe auch 10mal weiter vom Ende abliegen und die Polregion ebensovielfach länger sein. Daraufhin wurde in meinen Abhandlungen, diese Zeitschr. XXII, 10 und XXII, 73, recht deutlich hervorgehoben, daß bei besagten Magneten die ganze Polregion nur 8 cm lang sei und bei noch dünneren Stahldrähten fast auf einen Punkt verkürzt erscheine. Selbstverständlich ist diese so leicht mittels Streukurven festzustellende Tatsache schon längst bekannt gewesen und in den Büchern nachzulesen. Trotzdem erscheint es angebracht, nochmals auf diesen Gegenstand zurückzukommen, weil noch neuerdings im Fahrwasser der Stricknadelmagnetometrie segelnde Didaktiker mit der überkommenen festen Verhältniszahl $\frac{1}{12}$ Stablänge rechnen. Der Kürze und Anschaulichkeit wegen beschränke ich mich auf die Wiedergabe einer in natürlicher Größe aufgenommenen Photographie (Fig. 1) der über einem Pole meiner 2 Meter langen, 2,15 mm dicken Drahtmagnete erhaltenen Streukurven. Das gleiche Bild wird von einem 20 cm langen magnetisierten

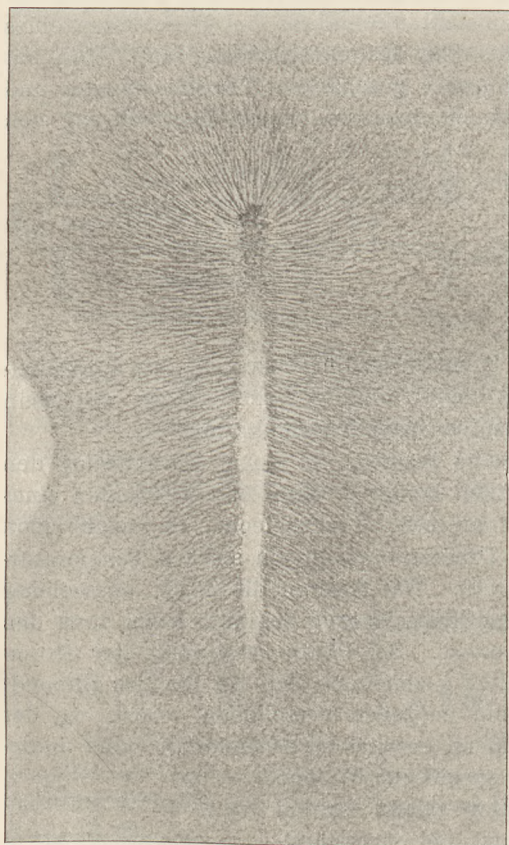


Fig. 1.

Stück des nämlichen Drahts oder von einer gleichstarken Stricknadel erhalten. Dünnere oder dickere Drähte geben kürzere oder längere, aber durchaus ähnliche Figuren. Von 15 cm aufwärts ist Größe und Beschaffenheit der Figur von der Länge des Drahtmagneten unabhängig. Ein regelrecht magnetisierter längerer Stahldraht zeigt, abgesehen von den kurzen Polregionen, keine Spur von freiem Magnetismus.

Ein ausgezeichnete Punkt dieser Bilder ist derjenige, von dem die Linien senkrecht zur Achse ausstrahlen und dabei die größte Reichweite haben. Er liegt in unserm Bilde etwa 1 cm vom Stabende entfernt. In der folgenden Tabelle sind für einige Drahtdicken d die Abstände a des besagten Punkts vom Stabende in Millimetern eingetragen zugleich mit der Länge b der Eisenstaubfigur.

$d = 0,93$	1,25	2,15	5,0	6,3
$a = 6$	6	10	24	30
$b = 30$	30	60	200	220.

Es bedarf kaum der Bemerkung, daß der so bestimmte Punkt keineswegs gleichbedeutend ist mit dem Pol des Magneten. Er bezeichnet offenbar die Stelle des stärksten freien Magnetismus. Als Pol hingegen ist derjenige Punkt definiert, welcher in einem homogenen Felde, insonderheit im Erdfelde, als Angriffspunkt und zugleich als Sitz des Gesamtmagnetismus gelten kann. Die Bestimmung des Pols bietet bei relativ kurzen Magneten außerordentliche Schwierigkeiten, worüber man außer bei KOHLRAUSCH auch in der eingangs genannten Abhandlung von RUOSS das Nötige nachlesen kann. Eine Behandlung dieses Problems im Unterricht ist völlig ausgeschlossen. Die wissenschaftliche Magnetometrie und Galvanometrie hat ihre grundlegenden Methoden auch so gestaltet, daß der aus der ungenauen Kenntnis der Pollage entspringende Fehler verschwindend klein wird.

Alle Schwierigkeiten der Polbestimmung fallen nun bei geraden Drahtmagneten fort, wenn man sie so lang macht, daß man es praktisch mit einpoligen Feldern zu tun hat. Dann läßt sich mittels einer sehr kleinen Lichtzeiger- oder Bussolennadel der Polpunkt des ihr nahegebrachten Stabendes leicht auffindig machen. Meine in dieser Zeitschr. XXII, 10 beschriebene Magnetometerbank hat eine für diesen Zweck besonders bequeme Einrichtung. In Fig. 2 soll A die nur 0,8 cm lange Lichtzeigernadel von oben gesehen bedeuten, BB den langen Drahtmagneten, MM die auf der Meßleiste eingetragene Meridianlinie. Wird nun BB in seiner Längsrichtung so geschoben, daß die Nadel unabgelenkt bleibt, so bezeichnet der Kreuzungspunkt von BB und MM die Lage des Poles P , vorausgesetzt, daß der Abstand r hinreichend groß ist. Da trotz 2 m Länge die Wirkung des zweiten Poles noch merklich ist, wurde vor Anstellung der Messungen die von diesem nach dem Herumlegen des Magneten hervorgerufene kleine Ablenkung der Nadel mittels eines Richtmagneten aufgehoben.

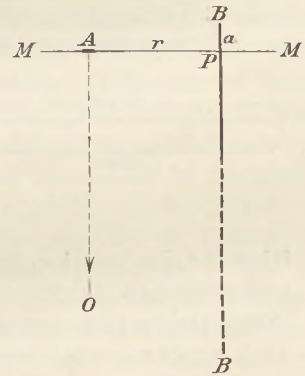


Fig. 2.

In der nachfolgenden Tabelle sind in Zentimetern die in den Entfernungen r gefundenen scheinbaren Polabstände a zusammengestellt.

$r = 50$	40	30	20	15	10	5	4
$a = 1,8$	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7	1,5	1,4.

Der Pol liegt also 1,8 cm vom Stabende entfernt. Ferner zeigt sich, daß bis auf einen Abstand r von 15 cm herab der Gesamtmagnetismus in diesem Punkte angenommen werden darf, was bei der geringen Länge der ganzen Polregion auch einleuchtend ist. In bezug auf nähere Punkte rückt der Kraftmittelpunkt freilich mehr nach dem Stabende hinaus, bis er schließlich den oben festgestellten Punkt stärkster Kraft in 1 cm Endabstand erreicht. Außerdem ist zu beachten, daß unter diesen Verhältnissen das Kraftzentrum keineswegs auf der Stabachse, sondern hinter derselben zu suchen ist, wie vom Verf. (diese Zeitschr. XXII, 73) theoretisch und experimentell ausführlicher begründet worden.

Die soeben mitgeteilten Zahlen gelten nun auch für kürzere Stäbe derselben Dicke bis zu 15 cm hinab; denn deren Kraftlinienbilder sind, wie oben hervorgehoben

worden, völlig gleich. Bei einer Stricknadel von 20 cm Länge und 2,15 mm Dicke würde der Polabstand $\frac{1}{11}$ der Länge sein. Bei einer etwas dünnern ergäbe sich zufällig der hergebrachte Quotient $\frac{1}{12}$ ebenso wie bei einer 22 cm langen. Der Polabstand ist nur vom Querschnitt bestimmt, nicht von der Stablänge, solange diese verhältnismäßig groß bleibt. Der Polabstand ist etwa das 0,3-fache der durch die Streufigur sichtbar gemachten Länge der Polregion.

Chemische Versuche mit einer neuen Form von Probiertgläsern.

Von

Prof. O. Ohmann in Berlin.

Eine Reihe von Demonstrationsversuchen sowie chemischen Schülerübungen verläuft in der Art, daß in einem Reagenzglas ein Stoff erhitzt wird und mittels durchbohrten Stopfens nebst Ableitungsrohr ein bei der Reaktion sich entwickelndes Gas fortgeleitet wird. Insbesondere gehören Erhitzungsversuche in schwerschmelzbaren Probiertgläsern hierher. Um nun bei diesen Versuchen glatter experimentieren zu können — nicht nur um die Mühe des Abpassens von Stopfen, Glasrohr usw. zu ersparen — ließ ich mir aus dem vorzüglichen Jenaer Verbrennungsröhrenglas (in dem Glaswerk Schott & Gen. zu Jena) schwerschmelzbare Probiertgläser herstellen, bei denen die Mündung in ein engeres Rohr ausgezogen ist, und zwar nicht in regelrechter Verjüngung, sondern in der Form, die entsteht, wenn ein Glasrohr inkorrekt zur Spitze ausgezogen wird (Fig. 1). Die Weite des Hauptrohres ist etwa gleich der

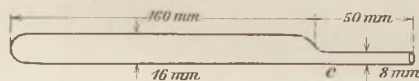


Fig. 1.

der gewöhnlichen Probiertgläser, die Weite des engeren Teiles *c* derartig, daß gerade noch ein engeres Trichterrohr hindurchgeht; da indessen die Rohre der Trichter mit längerem Trichterrohr meist ziemlich dickwandig sind, empfiehlt es sich, ein dünnwandiges, in *c* hineinpassendes Glasrohr auszusuchen und an diesem mittels kurzen Schlauchstücks einen gewöhnlichen kleinen Trichter zu befestigen (bis zur Berührung der Glasränder). In dieser Weise lassen sich feste Substanzen, die im allgemeinen fein zu pulverisieren sind, noch unschwer einbringen, besonders wenn man mit einer ganz dünnen Stricknadel nachhilft. Auch eine längere Rinne aus dünnem Kupferblech leistet beim Einbringen gute Dienste.

Gegenüber dem kleinen Nachteil, daß manche feste Stoffe sich nicht so bequem einführen lassen wie in gewöhnliche Reagenzgläser, haben die gekennzeichneten Probiertgläser mannigfache Vorteile. Einmal fällt das Montieren mit durchbohrtem Stopfen und Glasrohr fort; der engere Teil des Rohres wird vielmehr unmittelbar an den Kautschukschlauch angeschlossen. Dann aber wird der große Übelstand beseitigt, daß sich leicht kondensierbare Dämpfe, insbesondere Wasserdampf, in der Zone unterhalb des Stopfens ansammeln, wodurch bekanntlich der Versuch bei weiterem Erhitzen leicht ein vorzeitiges Ende erreicht. Ferner vermag ein solches Probiertglas in verschiedenen Fällen eine kleine schwerschmelzbare Retorte zu ersetzen. Die Lage des Probiertglases beim Erhitzen ist hierbei, wie überhaupt in den meisten Fällen, die horizontale. Die Abweichung von der regelrechten Verjüngung hat den Zweck, daß irgendwelche Kondensationsprodukte ungehindert abfließen können, wobei das Probiertglas die mit Fig. 1 gegebene Lage einzunehmen hat. Andererseits können, bei einer Drehung von 180° um die Längsachse, infolge der nun vorhandenen Hemmung gewisse Kondensationsprodukte (z. B. Quecksilber) behufs Demonstration zurückgehalten

werden. Weitere Vorteile sind bei der Beschreibung der einzelnen Versuche zu ersehen.

Aus der großen Anzahl von Versuchen, für welche sich das neue Probierglas besonders eignet, seien einige herausgegriffen und im folgenden näher gekennzeichnet.

1. *Versuch.* Wasserstoffgewinnung aus Wasserdampf und glühendem Eisen. Die von mir bereits in dieser Zeitschr. (XIV, S. 4, 5) angegebene Ausführungsform dieses Fundamentalversuches erhält durch das neue Probierglas eine noch weitergehende Vereinfachung. Man bringe in das Probierglas mittels Rohr nebst Trichter 4 ccm Wasser ein; durch ein zweites, ganz trockenes, nur bis zur Mitte reichendes Rohr schütte man allmählich 30 g Eisenpulver hinzu — bei reinem Material ist ein Nachhelfen mit der Stricknadel kaum nötig. Danach richtet man das Probierglas derart horizontal, daß der verengerte Teil sich unten befindet (vgl. Fig. 2), erschüttert es mehrfach (durch Klopfen mit dem Finger), so daß ein Teil des oberen, trocken gebliebenen Eisenpulvers sich nach dem Teil *b* hin ausbreitet, befestigt den Schlauch und spannt nun das Probierglas an diesem engeren (hinreichend kräftigen) Rohr (*c*) wagrecht in das Stativ, so daß dieses den Schlauch umfaßt. Das Erhitzen geschehe — wenigstens während

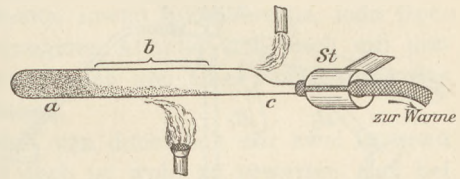


Fig. 2.

der ganzen ersten Periode — freihändig, mit zwei Brennern, die anfangs nur knapp entleuchtet sind. Man erhitze zuerst den engeren Teil (bei *c*) von oben wie von unten, stets mit fächernder Flamme, so daß sich hier Kondensationen überhaupt nicht bilden können, gehe dann allmählich zu *b* über und erhitze den ganzen Teil mit dem trockenen Eisen kräftig. Schon jetzt bildet sich bald etwas Wasserdampf bzw. Wasserstoff, und man braucht mit dem anderen Brenner nur ganz allmählich und schwach erwärmend bis *a* vorzugehen — ab und zu auch *c* wieder etwas erhitzend —, um schließlich alles Wasser zu vertreiben. Die Ausbeute an Wasserstoff ist beträchtlich; man kann auf der Brücke einen ziemlich großen Fußzylinder — $\frac{2}{3}$ bis 1 Liter — bereit halten. — Man kann übrigens schon bei diesem Versuche die in Versuch 4 empfohlene kleine Asbestschutzplatte mit Vorteil verwenden (vgl. Fig. 4).

2. *Versuch.* Wasserstoffgewinnung mittels Zink. In ganz ähnlicher Weise läßt sich in dem neuen Probierglase Wasserstoff mittels Zinkpulver (Zinkstaub) darstellen.

3. *Versuch.* Zerlegung von Quecksilberoxyd. Für diesen Versuch ist es zweckmäßig, das Probierglas — nach Einbringen von ~ 15 g Quecksilberoxyd — in der bereits oben erwähnten zweiten Stellung (vgl. Fig. 3) zu verwenden. Es sei zudem schwach aufwärts geneigt (Fig. 3, I). Man erhitze die Substanz vorerst nur am Rande *b* — lasse den ganzen vorderen Teil des Probierglases kalt — und rücke nur langsam nach *a* vor, mit zwei Brennern kräftig erhitzend. Alles Quecksilber sammelt sich unterhalb der Verengung an und läßt sich gegen den Schluß der Operation — nach schwachem Abwärtsneigen des Rohres (Fig. 3, Stellung II) und vorsichtigem Klopfen — in der Ausbuchtung bei *c* vereinigen und so sehr gut zur Demonstration bringen. — In dieser Form ist der Versuch qualitativ gedacht; in ~ 5 Min. sind leicht 100 ccm Sauerstoff zu erhalten. Man kann indessen mit dem Glase den Versuch auch quantitativ gestalten, indem man etwa 3 g HgO anwendet und das Probierglas mittels Kautschukschlauch in bekannter Weise mit Meß- und Niveaurrohr verbindet.

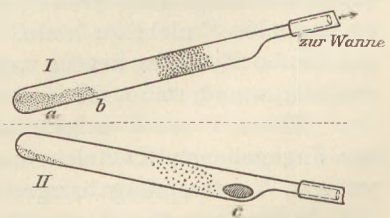


Fig. 3.

4. Versuch. Zersetzung der Salpetersäure durch Hitze. An diesen Versuch, für den verschiedene ziemlich komplizierte Anordnungen vorliegen — letzthin wurde noch eine verhältnismäßig einfache in dieser Zeitschr. (XXI, S. 252) von L. DOERMER angegeben — ging ich nicht ohne gewisse Bedenken. Gilt doch im allgemeinen das Erhitzen von Flüssigkeiten in den gewöhnlichen, schwerschmelzbaren Probierröhrchen als eine etwas heikle Operation. Die Bedenken wurden jedoch durch den guten Erfolg völlig zerstreut, und der Versuch, der nur einige Aufmerksamkeit erfordert, zeigt die Leistungsfähigkeit dieser Probierröhrchen von einer neuen Seite. — In das Probierröhrchen bringe man 3 ccm konz. Salpetersäure (1,4), schiebe zum Schutz der Stativklammer eine kleine Asbestplatte (A, Fig. 4) darüber und befestige und

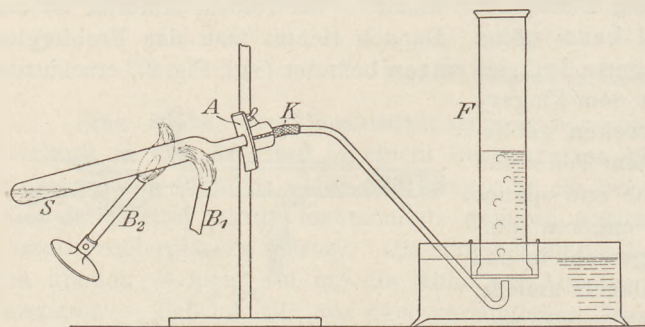


Fig. 4.

verbinde wie bei den früheren Versuchen. Auch hier beginne das Erhitzen mittels knapp entleuchtetem Brenner am vorderen Teil des Glases. Mit einem zweiten Brenner (B_2) erhitzt man freihändig eine Partie im vorderen Drittel, die Flamme allmählich bis zur größten Intensität steigernd. Während man diesen Brenner möglichst konstant hält, bestreicht man mit dem Brenner B_1 die übrigen

Partien des Glases und geht zeitweise auch an den Rand S der Flüssigkeit fächernd heran. Es bedarf nur ganz geringen temporären Erhitzens, um die Säure in ruhigem Sieden zu erhalten; währenddessen benutzt man den Brenner B_1 immer mit zur intensiven Erhitzung des übrigen Rohres, besonders auch des engen Teiles. Sobald übrigens die Säure- bzw. Wasserdämpfe alle Luft vertrieben haben, sind bei etwaiger Kondensation die Bedingungen zur Bildung eines Vakuums gegeben, und in dem Gasableitungsrohr zuckt gelegentlich das Wasser etwas in die Höhe. Man braucht dann nur wieder mit dem Brenner B_1 nach der Flüssigkeit zu gehen und neue Dämpfe nachzuschicken. Gegen Ende der Operation empfiehlt es sich (indem man den Brenner B_2 beiseite stellt und den Brenner B_1 mit der linken Hand faßt, um die rechte freizubekommen), das Gasableitungsrohr aus der Wanne ganz herauszunehmen und durch Verdampfung des letzten Tropfens der Säure den Wasserrest herauszustößen. Gelingt diese Operation nicht gut, so durchschneide man mit einer bereitgelegten Schere schnell das Schlauchstückchen K , denn man muß unter allen Umständen vermeiden, daß Wasser aufwärts und in das heiße Probierröhrchen dringt. Die Entwicklung von Sauerstoff ist beträchtlich (über 190 ccm) und erreicht fast den theoretischen Wert; man wähle deshalb den Fußzylinder F nicht zu klein. Vor dem endgültigen Prüfen schüttele man den herausgehobenen Zylinder kräftig und öffne ev. noch einmal unter Wasser. Man erhält so ein klares und reines Glas.

Dieser Versuch zeigt, daß man in dem neuen Probierröhrchen unter Beobachtung der angegebenen Kautelen auch kleine Mengen von Flüssigkeiten gefahrlos zur völligen Verdampfung bringen kann.

5. Versuchsreihe. Zerlegung organischer Stoffe. Für die trockene Destillation der Steinkohle (in geringen Mengen von ~ 8 g) ist das Probierröhrchen zwar auch zu verwenden — etwa für Schülerübungen —, doch ist dieser wichtige Unterrichtsversuch aus didaktischen Gründen in größerem Maßstabe vorzunehmen. Indessen eignet sich das Glas recht gut zu Erhitzungsversuchen mit anderen organischen Substanzen, z. B. den Kohlehydraten, zumal auch die Destillate sich leicht fortführen lassen. Auch bei diesen Versuchen ist es, wie oben bei Versuch 1, angezeigt, den vordersten

Teil (c, Fig. 1) zuerst fächernd zu erhitzen, um Kondensationen vorzubeugen, und ihn auch während der ganzen Operation, die im allgemeinen mit freihändig gehaltenen Flammen auszuführen ist, mit zu bedenken. a) 8 g reiner Kartoffelstärke gaben ein reichliches Destillat — $4\frac{1}{2}$ ccm — und einen Gewichtsverlust von nahezu 6 g, während der Gasstrom eine ausreichende Flamme speiste. b) 3 g Sägespäne (Sägemehl, direkt eingebracht), die fast das ganze Rohr ausfüllten, gaben eine mäßig große, aber stark leuchtende Flamme und ein Destillat von etwa $1\frac{1}{2}$ ccm, während die restierende Kohle nur 0,4 g wog. c) Rohrzucker läßt sich mit gleich guten Resultaten destillieren.

Daß die neue Form der Probiergläser sich noch zu vielen anderen Versuchen verwenden läßt, braucht nicht näher ausgeführt zu werden. Mit einer zweiten Form solcher schwerschmelzbaren Probiergläser, bei der die Verjüngung regelmäßig ist, habe ich gleichfalls Versuche angestellt. Diese Gläser zeigen bereits die meisten Vorteile der anderen, entbehren aber der spezifischen Vorzüge, die mit der ungleichmäßigen Verjüngung verknüpft sind; da andererseits, soweit ich übersehe, jede Operation, die man mit diesem anderen Typus vornehmen könnte, sich auch mit den oben angewendeten Gläsern ausführen läßt, so möchte ich von einer Empfehlung der Probiergläser mit gleichmäßiger Verjüngung absehen.

Der Preis der neuen Form der Probiergläser, von denen ich mir zwei Dutzend hatte herstellen lassen, betrug pro Stück 0,40 M; doch ist wohl zu erwarten, daß bei einer Fabrikation in größerem Umfange der Preis sich beträchtlich ermäßigen wird. Die ziemlich starkwandigen Gläser, die die charakteristische blaue Färbung des Jenaer Kaliglasses zeigen, besitzen — sofern man nur ein zu plötzlich-intensives, einseitiges Erhitzen (ohne fächerndes Vorwärmen) und das Zurücktreten von Kondensationen vermeidet — eine große Haltbarkeit und außerordentliche Widerstandskraft, so daß ich wohl einen Versuch damit den Herren Fachgenossen glaube empfehlen zu dürfen.

Kleine Mitteilungen.

Die Stellung der Mondsichel zum Horizont.

Von H. Meyer in Steckborn, Schweiz.

Im Märzheft 1911 dieser Zeitschrift regt Herr E. WEBER in Pasewalk zu Beobachtungen über die Lage der Verbindungslinie der Mondsichelspitzen zum Horizont an. Der Zufall und wahrscheinlich auch der Mangel eines genau messenden Instrumentes ließ wohl den aus jenen Messungen resultierenden Winkel mit der geographischen Breite des Beobachtungsortes ungefähr übereinstimmen. Da die Mondsichel allein zwischen Auf- und Untergang schon ihre Stellung zum Horizont fortwährend ändert (siehe auch M. KOPPE im Maiheft 1911 dieser Zeitschrift), und zwar um so stärker, je näher der Beobachter von den Polen gegen den Äquator vorrückt, so nimmt allerdings die Sichel täglich auch ein- bis zweimal jene der geographischen Breite entsprechende Stellung ein. Es bedürfte aber umständlicher Arbeiten und umfangreicher Tabellen zur Bestimmung der Zeiten, zu denen für verschiedene Beobachtungsorte auf der Erde diese Übereinstimmung stattfinden müßte.

Wenn nun auch demzufolge die Stellung der Mondsichel zum Horizont sich nicht zur Bestimmung der geographischen Breite eignet, so mag die Anregung im Märzheft doch manchen Leser zu Beobachtungen veranlaßt haben. Ich beobachtete in der geographischen Breite von $47\frac{2}{3}^{\circ}$ und fand erstmals die Sichel fast senkrecht zum Horizont stehend, was mich natürlich sofort stutzig machte. Gegen Untergang neigte sich die Sichel immer mehr und forderte also zu Messungen heraus; vielleicht stimmte die Sache, wenn der Mond im Horizont stand. Ich nahm einen Rahmen-

winkel, band einen Faden an eine Seite und hängte das Taschenmesser als Gewicht daran. Es war aber schwierig, Winkelkante und Mondspitzen zur Deckung zu bringen, da das Auge nicht beides zugleich scharf sehen konnte. Glaubte ich die richtige Lage gefunden zu haben, so drückte ich den Faden an den Winkel an und maß auf dem Tisch mit einem Transporteur den Winkel. Ich suchte nun die so gewonnenen ungenauen Resultate zu verbessern und kam auf die Idee, über den

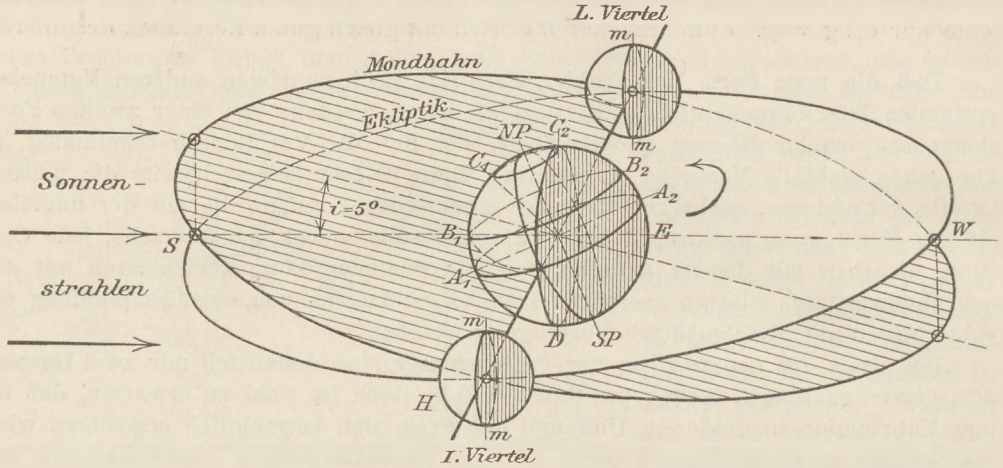


Fig. 1. (Der Winkel i ist $15'$ gezeichnet.)

Die Sonne ist links in der Ekliptik zu denken im Sommersolstitium S ; das I. Viertel im Herbstpunkt H .

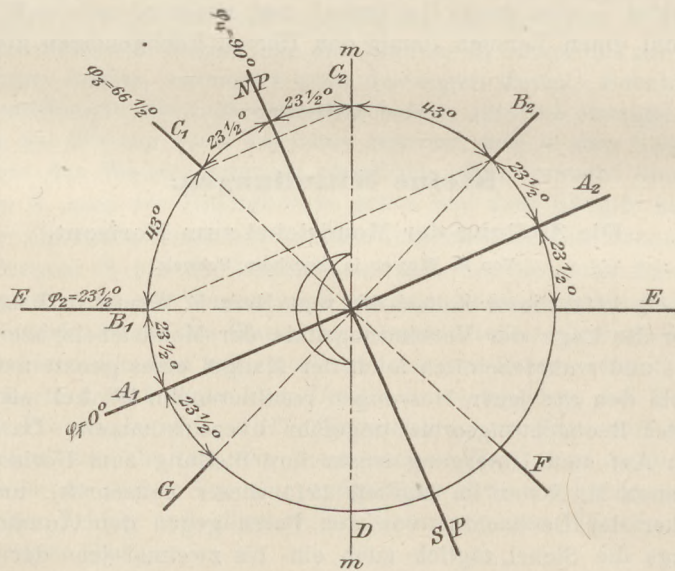


Fig. 2.

$NP-SP$ = Erdachse; A_1-A_2 = Äquator; $E-E$ = Ekliptik; $m-m$ = Sichelinie.

Winkel mit dem einen freien Auge zu visieren nach dem Monde, dessen Bild ich mit dem andern Auge durch einen Feldstecher näherholte. Den Winkel drückte ich dabei in der richtig gefundenen Lage an das Fensterkreuz, legte dann den Feldstecher ab und hielt mit der frei gewordenen Hand den Faden fest an den Winkel, um nun wieder auf einem Tisch mit dem Transporteur zu messen. Auf diese Weise waren viel genauere Ablesungen möglich. Diese Beobachtungsweise dürfte vielleicht in Anbetracht der Einfachheit der verwendeten Instrumente für Schülerbeobachtungen da

und dort Anwendung finden. Durch Mitteln aus mehreren kurz aufeinander folgenden Beobachtungen können die Resultate verbessert werden.

In Fig. 1 ist eine einfache Stellung von Sonne, Erde und Mond zueinander dargestellt (Sonne in einem Solstitium, Mond erstes Viertel bzw. letztes Viertel in einem Knoten, Knotenlinie senkrecht auf dem Solstitialcolor). Dieselbe eignet sich gut zur Darstellung des Lagenwechsels der Mondsichel zu verschiedenen Erdhorizonten, indem ohne weiteres aus Fig. 2 zu sehen ist, wie sich, von der Erde aus betrachtet, die Mondsichel zu 4 verschiedenen Erdhorizonten jeweils bei Auf- und Untergang stellt. Diese Lagen sind in folgender Tabelle übersichtlicher zusammengestellt.

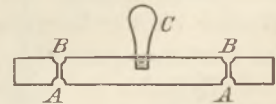
Geographische Breite	Für den Beobachter bei		Dessen Horizont bei		Winkel der Sichelnie gegen den Horizont bei	
	Aufgang	Untergang	Aufgang	Untergang	Aufgang	Untergang
I. $\varphi_1 = \pm 0^\circ$	A_1	A_2	$NP - SP$	$NP - SP$	$23\frac{1}{2}^\circ$	$23\frac{1}{2}^\circ$
II. $\varphi_2 = + 23\frac{1}{2}^\circ$	B_1	B_2	$C_2 - D$ oder $m - m$	$C_1 - F$	0°	47°
III. $\varphi_3 = + 66\frac{1}{2}^\circ$	C_1	C_2	$B_2 - G$	$E - E$	43°	90°
IV. $\varphi_4 = + 90^\circ$	NP		$A_1 - A_2$		$66\frac{1}{2}^\circ$	$66\frac{1}{2}^\circ$

Andere Lagen zwischen Auf- und Untergang können allerdings aus Fig. 2 nicht direkt entnommen werden, sind aber an einem Tellurium-Lunarium u. dgl. oder beispielsweise an Mangs Universalapparat mehr oder weniger leicht darzustellen und zu messen. Für meine Bedürfnisse konstruierte ich einen ganz einfachen Apparat aus Holz, der mit verschiedenen Teilkreisen versehen ist und sich trotz seiner außerordentlichen Einfachheit ausgezeichnet zur Erklärung und Darstellung einer großen Zahl astronomischer Begriffe und Erscheinungen eignet. Seiner Billigkeit wegen (ca. 20 M.) dürfte derselbe von Schulen und Privaten leicht angeschafft werden können¹⁾.

Ein Experiment über den Luftdruck.

Von H. J. Oosting, den Helder.

In eine runde eben gedrehte eiserne Scheibe (Fig. 1) ist an der einen Seite eine kreisförmige Rinne AA mit halbkreisförmigem Durchschnitt gedreht. In zwei diametral einander gegenüberliegenden Punkten sind von der Rinne nach oben die Kanäle BB gebohrt. Die Scheibe ist in der Mitte mit einem Griff C versehen. Man legt die Scheibe auf eine Glasplatte und bringt Quecksilber in eine der Öffnungen B , so daß die Rinne damit gefüllt wird. Faßt man dann den Griff an, um die Scheibe aufzuheben, so hebt man die Glasplatte mit auf. Man kann als Dimensionen z. B. nehmen: Durchmesser der Scheibe 9 cm, Durchmesser der Rinne 6 cm, Durchmesser des halbkreisförmigen Durchschnittes der Rinne 3—4 mm.



Diese Vorrichtung hat Ähnlichkeit mit dem Stück Leder, das Knaben gebrauchen, um Steine aus dem Boden zu ziehen. Ein Stück Leder, an dessen Mitte ein Faden befestigt ist, wird naß gemacht und mit dem Fuß auf den Stein gedrückt. Dann wird an den Faden gezogen, das Leder wird in der Mitte ein wenig gehoben, es entsteht ein luftleerer Raum zwischen dem Leder und dem Stein und der Stein wird mit aufgehoben.

¹⁾ Prospekte bei H. Meyer, Lehrer, Steckborn, Schweiz.

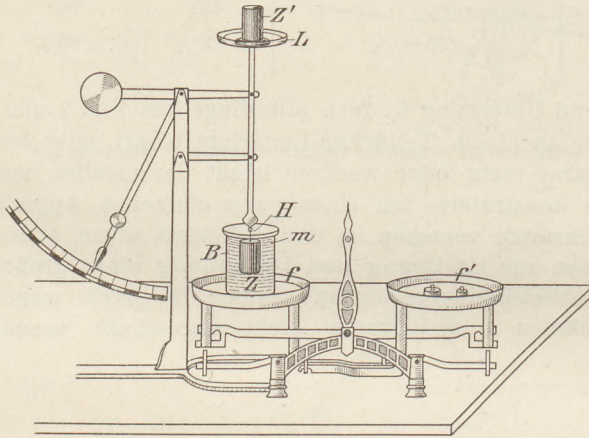
Ich habe den Versuch gefunden durch die Wiederholung eines Versuches von WORTHINGTON über die Teilung des Quecksilberringes in Tropfen¹⁾. Soll das Experiment von WORTHINGTON gelingen, so muß man die Scheibe allein heben können. Dazu ist es nötig, daß in den von der kreisförmigen Rinne umschlossenen Teil der Scheibe ein Kanal gebohrt ist, um die Außenluft in Verbindung mit der Unterseite der Scheibe zu bringen.

Die oben angegebenen Dimensionen sind etwas anders genommen als diejenigen, welche WORTHINGTON für seinen Zweck angibt.

Zum Archimedischen Prinzip.

Von Prof. Dr. E. Grünfeld in Wien.

Daß der beim Eintauchen eines Körpers in eine Flüssigkeit bei diesem entstehende scheinbare Gewichtsverlust eine ebensogroße Gewichtszunahme der letzteren zur Folge hat, wird bekanntlich so dargetan, daß das Becherglas, in welches der Körper beim ersten Versuch eingetaucht war, auf die eine Schale einer Wage gestellt und ins Gleichgewicht gebracht wird. Wird dann der beim ersten Versuche benutzte Vollzylinder in das Wasser des Bechers getaucht, so senkt sich die Schale mit dem letzteren, und Gleichgewicht tritt erst wieder ein, wenn mit dem Heber so viel Wasser herausgesogen wird, daß es den Messinghohlzylinder, in welchen der Vollzylinder genau hineinpaßt, bis zum Rande anfüllt. Daß beide Erscheinungen durch einen einzigen Versuch gezeigt werden können, ist bisher nirgends noch erwähnt worden. Die Ausführung erfordert zwei Wagen, eine hydro-



statische und eine Tafelwage, erstere wird am besten durch eine große Zeigerwage, wie die nach Hartl, ersetzt. Der Hohlzylinder Z' , mit dem Bodenhäkchen in einer Korkleiste L steckend, wird oben auf die Schale der Zeigerwage gestellt, der Vollzylinder Z unten in den Haken H gehängt und in den auf der Schale S der Tafelwage stehenden, mit Wasser bis zur Marke m gefüllten und austarierten Becher B getaucht. Sofort senkt sich die Schale S , und der Zylinder Z steigt empor; beide Wagen kommen erst dann wieder ins Gleichgewicht, wenn mittels Heber aus dem Becher B Wasser bis zur Marke m gesogen und in den Hohlzylinder Z' eingefüllt wird: Es steht im letzteren genau bis zum Rande. Das Zurückweichen der beiden Körper: Wasser und Zylinder in entgegengesetzten Richtungen, ist dem Stoße elastischer Körper vergleichbar.

¹⁾ A. M. Worthington, On the spontaneous segmentation of a liquid annulus, Proceedings Royal Society London 30, S. 49, 1879—1880. Auch kurz erwähnt in Worthington, The splash of a drop, London 1895. —

Die Messung der Zug- und Druckkomponente auf der schiefen Ebene.

Von Dr. K. Krüse in Bozen.

Eine auf Gramm genaue Zeigerwage wird mit einer Wagschale versehen, welche unter verschiedenen Winkeln gegen den Horizont eingestellt werden kann. Diese Neigungswinkel sind an einem etwa von 5 zu 5 Grad geteilten Kreisbogen ablesbar (Fig. 1a). Als Belastung dient ein Messingzylinder von passendem Gewicht, der an einem Drahtbügel mit Haken drehbar befestigt ist (Fig. 1b). Die Wage wird an einem Stative festgeklemmt und an ihr die Druckkomponenten abgelesen, während man die Zugkomponenten am besten mittels einer empfindlichen Federwage ermitteln kann, wobei darauf zu achten ist, daß der Faden, der das Gewicht mit der Federwage verbindet, parallel zur Wagschale eingestellt wird. Der Vorteil dieser Versuchsanordnung liegt darin, daß beide Komponenten gemessen werden können, und daß die Definition des Gewichtes als Druck auf die horizontale Unterlage anschaulich begründet werden kann. Bei den gebräuchlichen Modellen der schiefen Ebene findet eine direkte Messung der Druckkomponente überhaupt nicht statt. In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse einer Messung für die Neigungswinkel von 10 zu 10 Grad angeführt und daneben die durch Rechnung ermittelten Werte: $G \cos \alpha$ für die Druckkomponente, $G \sin \alpha$ für die Zugkomponente, welche die befriedigende Übereinstimmung des Experimentes mit der Theorie bezeugen.

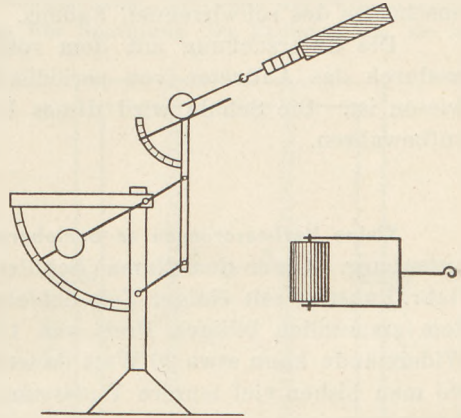


Fig. 1 a.

Fig. 1 b.

Die Aufstellung einer solchen Tabelle und eine graphische Darstellung der beobachteten und berechneten Werte ist jedenfalls eine sehr geeignete Aufgabe für physikalische Schülerübungen.

Winkel in Graden	Druckkomponente		Zugkomponente	
	gemessen g	berechnet g	gemessen g	berechnet g
0	107	107	0	0
10	105	105	20	19
20	101	101	38	37
30	92	93	55	54
40	81	82	70	69
45	75	76	76	76
50	66	69	82	82
60	51	54	92	93
70	35	37	100	101
80	18	19	105	105

Für die Praxis.

Schwingungen an einer Einfadenglühlampe. Von H. Rudolph in Pfaffendorf a. Rh. Zu einem Drehspulspiegelgalvanometer für das Kaiser Wilhelm-Realgymnasium in Koblenz wurde eine Einfadenglühlampe bezogen, deren leuchtender Faden beim Schließen des 120 voltigen Wechselstroms stets sehr bald in Schwingungen geriet.

Eine Anfrage bei der liefernden Firma ergab, daß andere Lampen die Erscheinung nicht zeigten. Die Erklärung ist wohl darin zu suchen, daß der Bügel den Kohlefaden der Lampe zufällig gerade so straff spannt, daß die Eigenschwingung des letzteren mit den 50 Perioden des Wechselstroms, welche 100 Verlängerungen und Verkürzungen in der Sekunde auf thermischem Wege hervorbringen, in Resonanz steht. Erst wenn bereits unmerkliche seitliche Bewegungen des Fadens vorhanden sind, ruft dieser Wechsel der Fadenspannung energische Schwingungen hervor und verwandelt das scharfe Bild des ruhenden Fadens auf der Skala fast plötzlich in ein unscharfes des schwirrenden Fadens.

Die Untersuchung mit dem rotierenden Spiegel ergab getrennte Fadenbilder, wodurch das Auftreten von periodischen Unterschieden in der Fadenspannung bewiesen ist. Die Schule wird dieses Unikum von Einfadenlampe zur Demonstration aufbewahren.

Kleine Verbesserungen an Schieberwiderständen. Von Wilhelm Volkmann in Charlottenburg. Unter dem Namen Schülerwiderstände bringt die Elektrizitätsgesellschaft Gebr. Ruhstrat seit einiger Zeit Schieberwiderstände von 1,8 Ohm bis 12 000 Ohm zu dem erstaunlich billigen Preis von 1,60 bis 2 Mark in den Handel. Jeder dieser Widerstände kann etwa 30 Watt dauernd vertragen, reicht daher in vielen Fällen aus, wo man bisher viel teurere Widerstände benutzen mußte. Bei der Prüfung einiger Exemplare fand ich nun, daß ein recht empfindlicher Mangel vorhanden ist, der sich darin äußert, daß bei ungeeigneter Bewegung der Reguliervorrichtung der Strom zeitweise ganz aussetzt. Es gelang mir aber, diesen einzigen Nachteil durch Anbringung einer kleinen Feder zu beseitigen. Die Fabrikanten haben sich bereit erklärt, die Widerstände, sobald es gewünscht wird, mit dieser Verbesserung zu liefern.

Dieselbe Fabrik hat vor einiger Zeit Regulierwiderstände auf den Markt gebracht, die bei geringem Gewicht und niedrigem Preis eine sehr große Belastung vertragen. Sie bestehen aus langen Neusilberspiralen, die über aufgereichte Porzellanröllchen in zwei Wicklungen nebeneinander angeordnet sind. Ein über beide greifender Kontaktschieber stellt eine leitende Verbindung zwischen ihnen her. Der Strom wird in die eine Wicklung geleitet, tritt durch den Schieber in die andere und wird von ihrem Ende aus weitergeleitet, oder man schaltet beide Wicklungen parallel und entnimmt den Strom, der ihren beiden Enden zugeführt ist, aus der Gleitstange des Schiebers. Dem Vorzug der Widerstände, daß sie bei 1 bis 2 kg Gewicht 1 bis 2 Kilowatt aufnehmen können, steht der Nachteil entgegen, daß die Regulierung ziemlich grob ist. Dem kann dadurch abgeholfen werden, daß man vor die eine der beiden Wicklungen einen der oben genannten Schülerwiderstände legt. Er tut seinen Dienst ebensogut bei Hintereinanderschaltung wie bei Parallelschaltung der beiden Zweige. Die Ruhstratgesellschaft hat sich bereit erklärt, auf Wunsch den Spiralen-schieberwiderständen einen passenden Schülerwiderstand gleich fest anzubauen.

Bei der Benutzung der Schieberwiderstände ist man nicht selten genötigt, eine als zweckmäßig ausprobierte Stellung des Schiebers mehrfach wieder herzustellen. Das tritt besonders bei Vorlesungsversuchen, oft aber auch bei Messungen ein. Muß man diese Stellung jedesmal unter Beobachtung der Meßinstrumente wiederfinden, so verliert man viel Zeit und kann unter Umständen leicht durch ein Versehen Schaden anrichten. Um dem zu entgehen, tut man gut, durch ein auf die Führungsstange des Schiebers geklemmtes Hindernis seine Bewegung zu begrenzen. Die Elektrizitätsgesellschaft Gebr. Ruhstrat in Göttingen wird solche Begrenzungsklemmen nach meinem Vorschlag in den Handel bringen.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Zur Demonstration der Gesetze der Wellenfortpflanzung. Unter dem Titel *Un metodo didattico per ricavare le due leggi fondamentali della propagazione ondulatoria* hat A. G. Rossi im *Nuovo Cimento* (6. vol I, Aprile 1911) eine didaktische Studie veröffentlicht, aus der wir im

folgenden einen Auszug geben.

Zuerst wird die Übertragung der Bewegung von einer großen schwingenden Masse auf eine kleine gezeigt; an einer großen Bleikugel, die an einem Faden von veränderlicher Länge hängt, ist eine zweite winzig kleine Kugel befestigt (Fig. 1); sind beide in vollkommener Resonanz, so genügen ganz schwache

Schwingungen der großen Kugel, um die kleine in starke Schwingungen zu versetzen. Bei nicht vollkommener Resonanz treten Stöße ein. Der Versuch erläutert den Übergang der Bewegung von einer Stimmgabel auf die Luftmasse des Resonanzkastens.

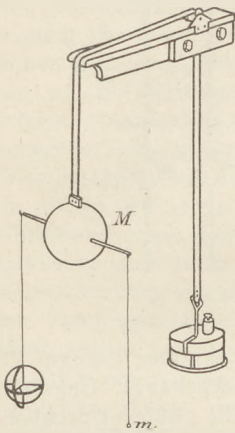


Fig. 1.

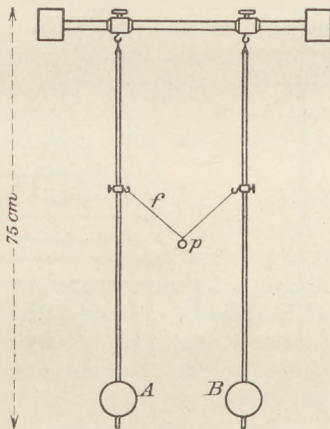


Fig. 2.

Zur Demonstration der Übertragung der Bewegung zwischen zwei gleichen Massen dient das bekannte Oberbeck'sche Doppelpendel (d. Zeitschr. 1888; vgl. Fig. 2); die Energie geht hier zwischen den beiden Pendeln hin und her. Der Versuch zeigt, daß die

Energie eines schwingenden Körpers in demselben Maße abnimmt, in dem ein mit ihm verbundener Resonator Energie absorbiert. Der Hin- und Hergang der Energie findet periodisch statt; die Dauer der Periode hängt von der Spannung des Fadens f ab, sie ist

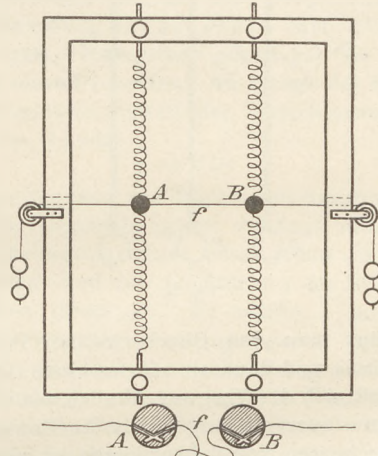


Fig. 3.

um so kürzer, je größer die Spannung; wird der Faden durch eine starre Verbindung ersetzt, so wird die Periode verschwindend klein, d. h. die beiden Pendel schwingen zusammen wie ein einziges.

Ein ähnliches Verhalten zeigen zwei elastische Pendel A, B (Fig. 3); jedes besteht aus

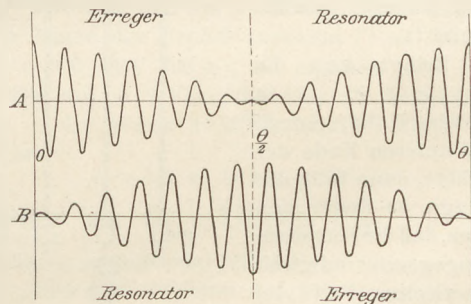


Fig. 4.

einer Bleikugel, die durch zwei gleiche Spiralen aus Messingdraht gehalten wird. Die Kugeln sind durch einen Gummifaden oder einen Seidenfaden verbunden, der einer veränderlichen Spannung unterliegt, wie die Figur zeigt. Auch hier geht die Energie, wenn die eine Kugel A in Schwingung versetzt wird, periodisch auf die andere B über und kehrt

dann von dieser zur ersten zurück. In Figur 4 ist die Abnahme bzw. Zunahme der Amplituden graphisch dargestellt. Im ersten Intervall ist *A* Erreger, *B* Resonator, im zweiten Intervall ist das Verhältnis umgekehrt. Die Rückkehr der Bewegung von *B* nach *A* stellt eine Reflexion der Energie dar.

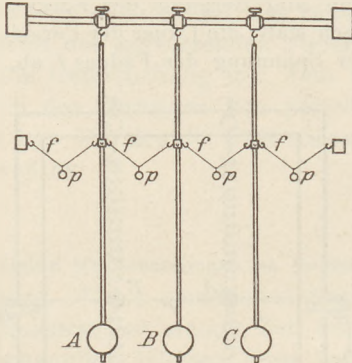


Fig. 5.

Fügt man den Oberbeck'schen Pendeln ein drittes und dann ein viertes hinzu (Fig. 5), so spielt sich der Vorgang ähnlich wie vorher ab; nur dauert es länger, bis die Bewegung bis zur letzten Kugel übertragen ist und von dieser zurückkehrt. Wenn in der Reihe der Pendel (Fig. 6) die zwei letzten *C* und *D* eine andere Schwingungsperiode haben als die beiden ersten, so geht die Energie nur zwischen *A* und *B* hin und her, ohne merklich auf *C* und *D* überzugehen, und dasselbe gilt für *C* und *D*.

Bringt man die Kugeln *A*, *B*, *C*, *D* in gleiche Höhe, einmal am unteren Ende der Drähte, dann in $\frac{2}{3}$ der Länge, so findet man auch, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im zweiten Fall viel größer als im ersten ist; sie vermindert sich, wenn die Schwingungsdauer der Pendel sich vermindert. Ebenso wie mit transversalen lassen sich die Versuche auch mit longitudinalen Schwingungen der Kugelreihe ausführen.

Um das Gesetz zu finden, nach dem die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von der Zahl der Resonatoren, der Spannung der zwischen

ihnen bestehenden Verbindung und von der Eigenschwingungsperiode der Resonatoren abhängt, bedient man sich eines Apparats mit einer größeren Zahl (12–15) Pendel, von der in Fig. 7 eine Hälfte dargestellt ist. Die Pendel bestehen aus dünnen Aluminiumstäben (5 mm), die an den Enden Bleikörper von 100 g tragen,

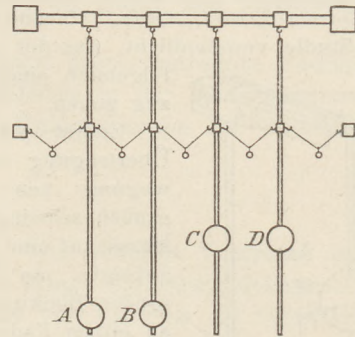


Fig. 6.

und sind an einer horizontalen Stange *TT* in gleichen Abständen aufgehängt. Ungefähr in der Mitte tragen alle Stäbe Durchbohrungen (*a*, *b*, *c*...) von 2 mm, durch diese geht eine Schnur aus weißer Seide, die an beiden Enden über je eine Rolle geführt und durch Gewichte (beiderseits von gleichem Betrage)

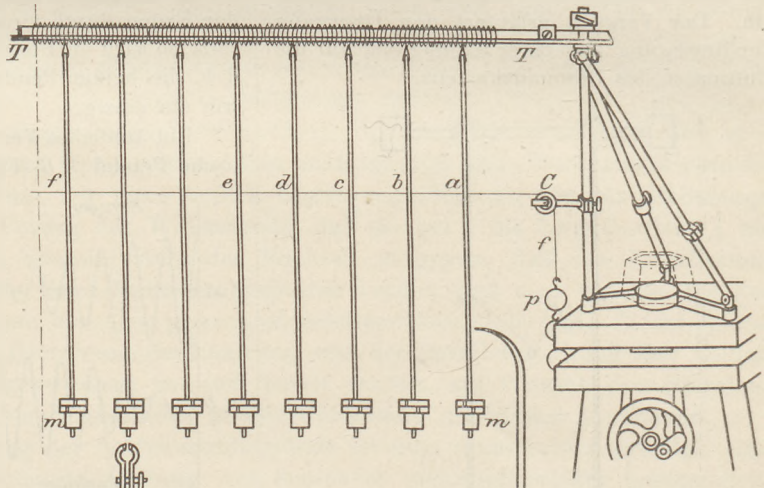


Fig. 7.

belastet ist. Auf diese Art sind sämtliche Pendel mit gleicher Spannung verbunden, wenn nur die Schnur ohne Spielraum durch die Öffnungen geht. Vor dem Durchziehen der Schnur müssen die Pendel durch richtige Stellung der Bleigewichte auf genaue Resonanz eingestellt sein, auch kann die Bleimasse durch Auflegen von weiteren 100 g

vergrößert werden. Die Pendel müssen, losgelassen, 10–15 Minuten lang in Resonanz bleiben. Auch dürfen die Schwingungen während einiger Minuten nicht merklich durch den Tragbalken übertragen werden. Der Tragbalken besteht aus einem T-Eisen von 3–4 cm Basis und 175 cm Länge; er ist durch zwei Säulen mit seitlichen Weinholdschen Stützen getragen, auf deren Basis Gewichte von 10 kg gesetzt werden. Auch ist noch eine Vorrichtung angebracht, die die Übertragung der Schwingungen durch den Tragbalken verhindert. Diese besteht aus Spiralen von 11–13 Windungen, die aus 2–3 mm dickem Messingdraht hergestellt und abwechselnd entgegengesetzt gewickelt sind. (Dies geschieht erst über einem Zylinder, der ein wenig weiter ist als der Umfang des T-Eisens erfordert, dann werden sie über dieses geschoben und soweit gestreckt, daß die Windungen ca. 1 cm von einander abstehen.) An den Vereinigungspunkten sind die Spiralen durch Schrauben an das Eisen befestigt, in der Mitte einer jeden Spirale ist je eines der Pendel angehängt, und zwar mit einem Ring aus Seidenfäden, der durch eine Bohrung am oberen Ende des Pendelstabes (parallel zu $a, b, c \dots$) geführt ist. Der Ring kann sich während einer Schwingung des Pendels auf der Windung der Spirale ein wenig hin und her schieben, und überdies werden die etwa auf die Spirale übertragenen Bewegungen dadurch aufgehoben, daß sie an den gemeinsamen Befestigungsstellen mit den Bewegungen der benachbarten entgegengesetzt gewundenen Spirale zusammentreffen und so einander schwächen. Man erreicht so, daß ein einzelnes Pendel der Reihe zehn Minuten lang schwingt, ohne die andern in Mitbewegung zu versetzen.

Der ganze Apparat steht auf zwei Stativtischen von etwa 1 m Höhe, auf den Fußboden können andere Stative gestellt werden mit Klemmen zum Feststellen eines der Pendel oder mit Zeigern zum Messen der Amplituden. Ein Metronom dient zur Kontrolle, ob die Schwingungsdauer während eines Versuchs konstant bleibt, und wie sie sich bei Variation der Versuchsbedingungen ändert. Sind die Pendelkörper weiß gestrichen, so läßt sich die Form der Schwingungen gut von weitem beobachten.

Der Apparat dient zunächst dazu, zu zeigen, daß die Zeit zwischen einem Maximum und einem Minimum, gemessen durch die Zahl der Pendelschwingungen, um so kleiner wird, je straffer die hindurchgezogene

Schnur durch Zuggewichte gespannt ist. Man führt den Versuch mit einer zunehmenden Zahl von Pendeln aus, indem man nacheinander einzelne der Pendel durch die beschriebene Klemmvorrichtung arretiert. Es ergibt sich, daß die Dauer eines vollständigen Prozesses, d. h. eines Hin- und Rückgangs durch die ganze Reihe, der Zahl der beteiligten Pendel direkt proportional ist, oder, da die Pendel gleichförmig über die ganze Länge verteilt sind, daß die Fortpflanzung der Schwingungsenergie mit gleichförmiger Bewegung geschieht. Ist τ die Dauer eines Prozesses, l die Länge der Reihe, v die Geschwindigkeit der Fortpflanzung, so ist $v\tau = 2l$ oder

$$\tau = 2l/v \quad (I)$$

(erstes Gesetz der Wellenfortpflanzung).

Die Geschwindigkeit v hängt nun von der Schwingungsdauer eines jeden der „Resonatoren“ und von der Stärke f der Bindung zwischen ihnen ab. Es wächst v mit der Größe f , wie die vorausgegangenen Versuche lehren. Um die Art der Abhängigkeit von der Schwingungsdauer und von f zu finden, läßt man beide Größen variieren, während die Zahl der Pendel (also die Länge $2l$) unverändert bleibt. Ist die Bindung f stark, so sind die Pendel viel mehr von der Elastizität als von der Schwere beeinflusst; man kann sie im Grenzfall als nur von der ersteren beeinflusst ansehen; dann ist die Aufgabe, experimentell zu finden, wie die Größe v von der Elementarmasse m der einzelnen Resonatoren und von der Spannung f abhängt.

Man läßt nun bei konstanter Spannung f die Masse der Pendel variieren ($f = 150$ g, $m = 100, 200, 300$ g); es ergaben sich im Mittel aus je 4 Versuchen für die Zeiten τ_1, τ_2, τ_3 die Werte $10,22^{\text{sec}}, 14,22^{\text{sec}}, 16,45^{\text{sec}}$, daher

$$\tau_1 : \tau_2 : \tau_3 = 1 : 1,39 : 1,68$$

$$\text{oder} \quad = \sqrt{m_1} : \sqrt{m_2} : \sqrt{m_3},$$

daher v proportional mit $1/\sqrt{m}$.

Man variiert dann bei konstanter Masse die Spannung f_1 durch Anhängen von Gewichten an beide Enden des Fadens im Betrage von $p, 2p, 3p, 4p$, wo $p = 75$ g.

Es ergaben sich wieder als Mittel aus je 4 Versuchen für τ die Werte $16,45^{\text{sec}}, 11,5^{\text{sec}}, 9,5^{\text{sec}}, 8,6^{\text{sec}}$, woraus

$$\tau_1 : \tau_2 : \tau_3 : \tau_4 = 1 : 0,700 : 0,578 : 0,522$$

$$\text{oder} \quad = 1 : \frac{1}{\sqrt{2}} : \frac{1}{\sqrt{3}} : \frac{1}{\sqrt{4}},$$

somit v proportional mit \sqrt{f} und demnach das zweite Gesetz der Wellenfortpflanzung

$$v = k \sqrt{\frac{f}{m}}. \quad (\text{II})$$

Zur Prüfung der Richtigkeit ist durch einen einzigen Versuch zu zeigen, daß v ungeändert bleibt, wenn f und m in gleichem Verhältnis geändert werden. Am bequemsten ist es dabei, die Welle von dem mittelsten Pendel ausgehen zu lassen und die Zeit zu bestimmen, die zwischen zwei aufeinanderfolgenden Ruhelagen dieses Pendels verfließt.

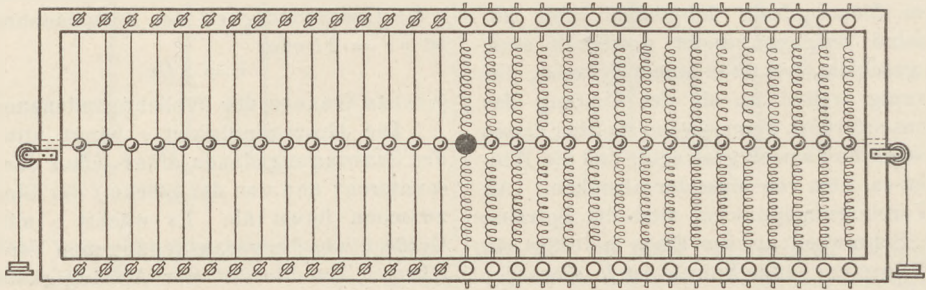


Fig. 8.

Da die Massen gleichförmig verteilt sind, kann man m auch als die Masse der Längeneinheit definieren; f ist die elastische Kraft, durch welche die Pendel in die Ruhelage zurückgezogen werden, und die je nach der Art der Schwingungen verschieden ist. Zur Demonstration kann ein Apparat dienen (Fig. 8), der nach dem Muster von Fig. 3 gebaut ist, aber aus einer größeren Zahl (31) elastischer Pendel besteht. Hier lassen sich drei Fortpflanzungsgeschwindigkeiten, entsprechend den drei Arten möglicher Schwingungen (zweier transversalen und einer longitudinalen), nachweisen.

Es bleibt nun noch der gedankliche Übergang zu den Schwingungen eines linearen homogenen Kontinuums auszuführen. Indem man zum Grenzfall unzählig vieler, dicht benachbarter Resonatoren übergeht und die Bindungskraft in gleichem Maße wachsen läßt, gelangt man zu Elementarmassen, die durch die benachbarten so stark gedämpft sind, daß sie aufhören, Resonatoren zu sein, sondern vielmehr jede periodische Erregung durch das Kontinuum fortzpflanzen; sie konstituieren also dann einen Strahl der sich ausbreitenden Schwingungsenergie ohne irgendwelche selektive Eigenschaft. Unter allen möglichen Schwingungsperioden sind aber nur diejenigen zur Resonanz durch das gegebene System geeignet, die an ihm stehende Schwingungen

hervorrufen: Die Grundschiwingung ist diejenige, bei der jedes Element einmal hin und her schwingt, während die Welle durch das ganze System hin und zurück geht usw.

Allerdings muß man die Schüler hinterher veranlassen, den Apparat zu vergessen, und ihre Aufmerksamkeit den realen Fällen der schwingenden Saite, der schwingenden Luftsäule usw. zuzuwenden und sich zu überzeugen, daß die analytische Behandlung des Problems zu Resultaten von viel größerer Allgemeinheit führt als die Versuche an einem mechanischen Modell. —

Der Apparat Fig. 8 soll auch dazu dienen, den Übergang der Schwingung aus einem Medium in ein anderes von verschiedener Dämpfung zu zeigen. Die eine Hälfte der Pendel (auf der linken Seite) ist zu diesem Zweck aus elastischen Gummifäden gebildet. Ein hindurchgeführter Faden hält die ganze Reihe auf konstanter Spannung. Das mittelste Pendel trägt eine größere Bleikugel von beträchtlicher Masse. Die Welle pflanzt sich nach rechts mit fast unverminderter Amplitude fort, während sie auf der linken Seite stark gedämpft erscheint. Auch den Einfluß der Diskontinuität (durch Änderung der Masse oder der Spannung), der sich in einer Reflexion mit Verlust oder Gewinn an Phase äußert, gestattet der Apparat zu demonstrieren.

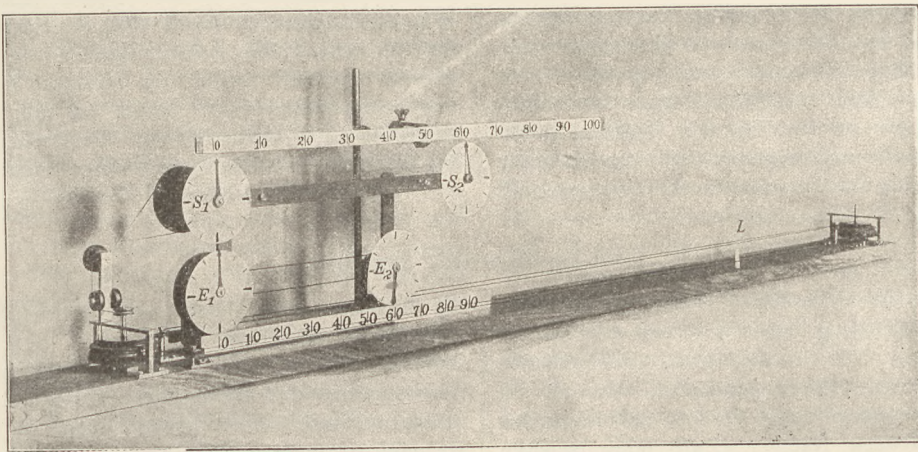
Es wird noch darauf hingewiesen, daß man den äußersten Pendeln rechts und links einen hinreichend großen Abstand von den Rollen geben muß (was in der Figur nicht dargestellt ist), damit die spannende Schnur einen gewissen Spielraum hat. Die Spiralen müssen sehr sorgfältig und gleichmäßig hergestellt sein, wenn der Apparat gut funktionieren soll.

P.

Ein Modell zur Erläuterung der Relativitätstheorie. E. COHN gibt in seinem Vortrag „Physikalisches über Raum und

Zeit¹⁾. in welchem er das Relativitätsprinzip in allgemein verständlicher Form auseinandersetzt, ein äußerst instruktives Modell an, das dazu dienen soll, das Relativitätsprinzip etwas anschaulicher zu machen, und sehr geeignet ist, die in demselben liegenden Schwierigkeiten scharf hervortreten zu lassen. Es wird in diesem Modell die Messung der Lichtgeschwindigkeit demonstriert, und zwar von einem auf der Erde ruhenden und einem in Bewegung befindlichen Körper aus. Das geschieht auf folgende Weise. Der ruhende Körper besitzt an zwei um eine gewisse Strecke entfernten Stellen je eine von zwei synchron laufenden Uhren (das sind je ein um eine Achse über einem

Punkten wieder je eine zweier synchron laufender Uhren. Setzt man die Marke in Bewegung, so fängt auch der Wagen an, sich zu bewegen, und desgl. die beiden Uhren. Von dem Wagen aus, welcher als geschlossenes System zu betrachten ist, können wir also auch die Geschwindigkeit der Marke messen, indem wir die Zeit an den Uhren ablesen, die verstreicht vom Abgang der Marke von der ersten Uhr bis zur Ankunft an der zweiten. Die Marke können wir nun, wie aus Obigem ersichtlich, auch in umgekehrter Richtung mit der gleichen Geschwindigkeit (gemessen von dem ruhenden Körper aus) laufen lassen. Wir tun das. Der Wagen geht also mit $\frac{2}{3}$ Markengeschwindigkeit der



Zifferblatt drehbarer Zeiger). Eine Marke (Lichtblitz) läuft von der einen zur zweiten Uhr, wozu sie eine an der Uhr ablesbare Zeit braucht. Die Entfernung dividiert durch die verstrichene Zeit gibt die Geschwindigkeit. Durch geeignete Einrichtung kann man nun die Marke auch in entgegengesetzter Richtung von der zweiten zur ersten Uhr laufen lassen. Die Geschwindigkeit, durch die bei der Bewegung an der Uhr ablesbare Zeit gemessen, ist die gleiche. Das entspricht der Forderung des Relativitätsprinzips und der Erfahrung, daß die Lichtgeschwindigkeit für einen Beobachter in dem System des Beobachters nach allen Richtungen hin den gleichen Wert haben soll. — Nun enthält das Modell ferner einen Wagen, der z. B. etwa mit $\frac{2}{3}$ der Geschwindigkeit der Marke (also $\frac{2}{3}$ der Lichtgeschwindigkeit), wieder gemessen mit den beiden Uhren des ruhenden Körpers, sich parallel zu der Marke bewegt. Dieser Wagen trägt an entfernten

Marke entgegen, und der Beobachter im ruhenden Körper urteilt, daß die Marke schneller von der zweiten Uhr des Wagens zur ersten gelangt als vorher umgekehrt von der ersten Uhr zur zweiten, da sich ja vorher Wagen und Marke in gleicher, nachher in entgegengesetzter Richtung bewegen. Von der Verschiedenheit der Geschwindigkeit der Marke in entgegengesetzten Richtungen darf nun aber — das ist die Forderung des Relativitätsprinzips — ein Beobachter auf dem Wagen selbst nichts merken. Wir wollen jede Uhr des Wagens mit einem Beobachter ausgerüstet denken; die beiden Beobachter können durch Lichtsignale wohl den vorausgesetzten Synchronismus ihrer Uhren prüfen, nicht aber, ob die Zeiger ihrer Uhren zu gleicher Zeit, im Sinne der Zeitrechnung des Beobachters im ruhenden System, auf 12 stehen. Vielmehr stellt der bei Uhr 2 befindliche Beobachter bei Ankunft der Marke den Zeiger so, daß er, von einer verabredeten Anfangsstellung des Zeigers an gerechnet, die Hälfte der Zeit angibt, die der Beob-

¹⁾ 24 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1911. M. 0,60.

achter an der ersten Uhr verstreichen sieht von dem Augenblick des Abgangs der Marke von seiner Stellung bis zum Wiedereintreffen, wenn die Marke sofort nach Ankunft bei der zweiten Uhr mit gleicher, aber entgegengesetzt gerichteter Geschwindigkeit von der zweiten Uhr wieder fortgeht. Macht in der Zeit der Zeiger der ersten Uhr z. B. $\frac{1}{2}$ Umdrehung, so stellt der Beobachter an der zweiten Uhr den Zeiger so, daß er bei Ankunft der Marke $\frac{1}{4}$ Umdrehung anzeigt, gerechnet von einer Anfangsstellung des Zeigers, welche die Zeit angibt, zu der der Verabredung zwischen den beiden Beobachtern gemäß die Marke von der ersten Uhr abgehen soll. Die beiden Beobachter besitzen ja kein anderes Mittel, sich über Gleichzeitigkeit zu orientieren als mit Hilfe der Zeigerstellung ihrer Uhren, die mit Benutzung der Lichtsignale (Markensignale) gestellt und auf Synchronismus geprüft werden können. Vom ruhenden Körper betrachtet, scheint die zweite Uhr des Wagens gegen die erste Uhr nachzugehen und zwar um einen Betrag, der von der relativen Geschwindigkeit

des Wagens gegen das ruhende System abhängt. Umgekehrt scheint vom Wagen aus betrachtet die erste Uhr des ruhenden Körpers gegen die zweite Uhr um den gleichen Betrag nachzugehen. Gleichzeitigkeit ist ein relativer Begriff.

Auch die Abhängigkeit der Länge von der Geschwindigkeit läßt sich an dem Modell anschaulich zeigen.

Die nebenstehende Abbildung des fertigen Modells ist der oben angeführten Schrift entnommen, in der noch Genaueres über den Gebrauch des Modells zu finden ist.

Es scheint mir empfehlenswert, ein solches Modell sich herzustellen und es bei Vorlesungen zu benutzen. Es läßt sich äußerst einfach ausführen, indem Uhren (Räder), Wagen, Lichtmarke durch einfache Schnüre, die um eine Achse geführt sind, in Betrieb gesetzt werden. Ein in der hiesigen Werkstatt hergestelltes Modell bildet den sehr zeitgemäßen und vortrefflichen Wandschmuck des Hörsaals meines physikalischen Instituts.

Valentiner, Clausthal a. H.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Aus der Akustik. Über die Schallverbreitung bei Explosionskatastrophen. Von G. v. D. BORNE¹⁾. Bei Dynamitexplosionen, Vulkanausbrüchen u. ä. ist die Beobachtung gemacht worden, daß nur in der unmittelbaren Nachbarschaft einer solchen intensiven Schallquelle ein regelmäßiges Gebiet „normaler Hörweite“ sich befindet. Diesem folgt ein sehr viel ausgedehnteres Gebiet „abnormaler Hörweite“, das von dem ersten Gebiet durch eine etwa 100 km breite „Zone des Schweigens“ getrennt ist. Das Vorhandensein einer Zone des Schweigens zwischen beiden Hörbarkeitsgebieten läßt auf eine Schallfortpflanzung längs gekrümmter oder geschlossener Schallbahnen schließen. Dabei dürfte in erster Linie die Schallbrechung in der Atmosphäre eine Rolle spielen. Der Verf. betrachtet in der Atmosphäre zwei Gruppen von Schichten: die unteren (Sockel-)Schichten, bis etwa 12 km Höhe, in denen die Temperatur von unten nach oben zu abnimmt, und die oberen (Höhen-)Schichten von konstanter Temperatur. In den Sockelschichten kann das mittlere Molekulargewicht als konstant angenommen werden; in den Höhenschichten nimmt es wahrscheinlich mit der Höhe ab, weil hier

die leichteren Gase immer mehr überwiegen. Bei diesen Annahmen findet man, daß die Schallstrahlen in den Sockelschichten nach oben konkav, daß sie dagegen in den Höhenschichten nach unten konkav sind, so daß sie nach unten zurückkehren, weil wegen des sinkenden Molekulargewichts die Schallgeschwindigkeit größer wird. Der Verf. berechnet, daß Schallstrahlen, die unter Winkeln von 20 bis 80° gegen die Horizontale ausgehen, in einer Entfernung von 114 bis 300 km wieder die Erdoberfläche erreichen. Die wirklichen Beobachtungen haben ein ringförmiges Gebiet abnormaler Hörweite von 125 bis 220 km ergeben. Die gute Übereinstimmung der Rechnung mit den Tatsachen führt zu dem Schlusse, daß die gemachten Annahmen, auch die über die Änderung der Zusammensetzung der Luft mit der Höhe, als ziemlich zutreffend anzusehen sind.

2. Untersuchung stehender Schall-schwingungen mit Hilfe des Widerstandsthermometers. Von K. NEUSCHELER²⁾. Dem Verf. gelang es, mit Hilfe eines Widerstandsthermometers die adiabatischen Temperaturänderungen in den Knoten stehender Luftschwingungen nachzuweisen. Die stehenden Schwingungen wurden erzeugt durch

¹⁾ Phys. Zeitschr. 11, 483 (1910).

²⁾ Ann. d. Physik 34, 131 (1911).

eine gedeckte Orgelpfeife, deren Grundton etwa 33 Schwingungen in der Sekunde besaß. Die Länge der Pfeife war 2,35 m, der Querschnitt 11 bzw. 8,5 cm. Der Verf. bestimmte mit Hilfe des Kundtschen Maximum- und Minimummanometers die maximale Druckänderung in den Knoten bei dem Grundton gleich 0,2 cm Wasser. Welche Temperaturänderung $\delta\theta$ der Druckänderung δp entspricht, läßt sich aus der allgemeinen Gasgleichung und der Gleichung einer Adiabate berechnen; es ist nämlich

$$\delta\theta = \frac{k-1}{k} \frac{\theta}{p} \delta p,$$

wo θ die absolute Temperatur, p der Atmosphärendruck, k das Verhältnis der beiden spezifischen Wärmen der Luft bedeutet. Für $\delta p = 0,2$ cm Wasser, $\theta = 291^\circ \text{C}$., $p = 1000$ cm Wasser, $k = 1,41$ ergibt sich $\delta\theta = 0,02^\circ \text{C}$. Im Knoten der Pfeife haben wir also eine sinusförmig vor sich gehende Temperaturänderung von der Amplitude $0,02^\circ \text{C}$. und der Periode $\frac{1}{33}$ Sek. Die adiabatische Temperaturänderung hält nur etwa $\frac{1}{100}$ Sek. an und bedarf zum Nachweise eines Thermometers von sehr geringer Trägheit und großer Empfindlichkeit. Als solches zeigte sich geeignet ein Wollastondrahtbolometer in Verbindung mit einem Einthovenschen Saitengalvanometer. Das letztere besteht bekanntlich aus einem zwischen den Polen eines starken Elektromagneten ausgespannten versilberten Quarzfasen. Die Spannung des Quarzfasen wurde nun so groß gemacht, daß die Empfindlichkeit des Galvanometers für einen sinusförmigen Wechselstrom von 33,5 Perioden bei dem vorhandenen Magnetfeld gerade ein Maximum war. Die Empfindlichkeit des so erhaltenen Saitengalvanometers betrug für 33,5 Perioden $1,72 \cdot 10^{-8}$ Amp. Brachte man das Bolometer in den Knoten der Pfeife, und erzeugte man bei einem Batteriestrom von 70 Volt stehende Schwingungen, so zeigte das Galvanometer bei dem Grundton Amplituden von etwa 1 mm, bei dem ersten Oberton von etwa 4 mm, bei dem zweiten Oberton von etwa 3 mm. Auf einer umgedrehten Trommel erhielt man gute photographische Aufnahmen der Schwingungen; die aus diesen mit Hilfe von Zeitmarken berechneten Tonhöhen ergaben für den Grundton $n_1 = 33,5$, für den ersten Oberton $n_2 = 100,5$, für den zweiten Oberton $n_3 = 167,5$, woraus man $n_1 : n_2 : n_3 = 1 : 3 : 5$ erhält.

Setzt man in der oben gegebenen Formel für k den für Kohlensäure gültigen Wert

1,31 und berechnet das Verhältnis der Temperaturänderungen

$$\delta\theta_{\text{Luft}} : \delta\theta_{\text{CO}_2} = \left(\frac{k-1}{k}\right)_{\text{Luft}} : \left(\frac{k-1}{k}\right)_{\text{CO}_2},$$

so erhält man 1,23:1. Eine experimentelle Bestimmung dieses Verhältnisses ergab 1,26:1. Da beide Werte bis auf 3% übereinstimmen, so ist damit exakt nachgewiesen, daß der vom Galvanometer angezeigte Wechselstrom tatsächlich durch die adiabatischen Temperaturänderungen erzeugt wird. Mit diesem Versuch ist eine neue, sehr geeignete Methode zur Bestimmung von c_p/c_v für Gase gefunden. Man bringt in ein möglichst niederes Gefäß von großem Querschnitt den Draht eines Widerstandsthermometers, schließt das Gefäß oben durch eine möglichst dünne Membran ab und setzt dasselbe so in die Dackung einer langen Orgelpfeife ein, daß die Membran der Mundöffnung der Pfeife zugekehrt ist. Bringt man nun die Pfeife durch einen konstanten Anblasedruck zum Tönen und mißt die Amplituden, die das Widerstandsthermometer angibt für den Fall, daß das eine Mal Luft, das andere Mal das zu untersuchende Gas in dem Gefäß vorhanden ist, so läßt sich das Verhältnis c_p/c_v aus beiden Beobachtungen berechnen, wenn es für Luft gegeben ist.

Aus den bekannten Konstanten der Versuchsanordnung und der Widerstandsänderung im Bolometer wurde die absolute Größe der adiabatischen Temperaturänderung berechnet. Man erhielt so für das Bolometer von 0,001 mm Dicke, bei einem Anblasedruck der Pfeife von 12 cm Wasser für den ersten Oberton von 100 Schwingungen im Knoten eine adiabatische Temperaturänderung von $\pm 0,130^\circ \text{C}$. Mit Hilfe dieser Zahl läßt sich die Bewegung der Luft in jedem Querschnitt der Pfeife bestimmen. So ergab sich die Gesamtverschiebung (doppelte Amplitude) eines Teilchens im Bauch der Schwingung bei dem ersten Oberton = 0,116 cm, die Maximalgeschwindigkeit eines Teilchens im Bauch der Schwingung = 37 cm/sec, in der Mundöffnung = 1,99 m/sec. Die Energiedichte im Bauch der Schwingung war 0,44 Erg/cm.
Schk.

Der lichtelektrische Effekt. Die bisherigen Versuche von R. POHL und P. PRINGSHEIM über den lichtelektrischen Effekt der Alkalimetalle im polarisierten und spektral zerlegten Licht hatten zu der Annahme geführt, daß es zwei verschiedene Arten des

lichtelektrischen Effektes gibt, einen „normalen“ und einen „selektiven“¹⁾. Der normale Effekt erstreckt sich von einem durch den elektropositiven Charakter des Metalles bedingten Grenzwert abwärts über das ganze kurzwellige Spektrum. Die Zahl der Elektronen, die von der Einheit der absorbierten Lichtenergie erzeugt werden, wächst ständig mit abnehmender Wellenlänge, und die Orientierung der Lichtvektoren beeinflusst die Zahl der Elektronen nur insoweit, als sie die Absorption des Lichtes bedingt. Der selektive Effekt ist dagegen auf ein enges Wellenlängenintervall beschränkt; er erfährt einen resonanzartigen Anstieg, aber nur dann, wenn die Orientierung der Lichtvektoren eine zur Metallfläche senkrecht gerichtete Komponente der elektrischen Feldstärke zustande kommen läßt. Beide Effekte sind voneinander völlig unabhängig; den Verf. gelang es, Zellen zu erhalten, in denen der normale Effekt fast ganz verschwand, während der selektive Effekt sehr bedeutend war. Der selektive Effekt ist in erheblicher Weise von dem Einfallswinkel abhängig. Die Versuche hierüber wurden mit einer Zelle angestellt, die 70,4% *K* und 29,6% *Na* in einer Wasserstoffatmosphäre enthielt. Die Photoströme wurden für die sechs intensiven *Hg*-Linien $\lambda = 254, 313, 365, 405, 436, 546 \mu\mu$ bei 8 Einfallswinkeln von 11° bis 80° gemessen; die elektrische Komponente befand sich parallel der Einfallsebene. Stellt man die Abhängigkeit des selektiven Photostroms von der Wellenlänge graphisch dar, so zeigt sich die erhebliche Zunahme desselben bei größeren Einfallswinkeln. Das Maximum verschiebt sich mit wachsendem Einfallswinkel um etwa $20 \mu\mu$ von kürzeren zu größeren Wellenlängen. Die Kurven sind nur für mittlere Einfallswinkel symmetrisch; für kleinere Einfallswinkel liegt der steilere Anstieg bei kurzen, für größere bei langen Wellenlängen. Die Höhe des Maximums, auf gleiche absorbierte Energie bezogen, wächst mit zunehmendem Einfallswinkel beständig und strebt für streifende Inzidenz einem bestimmten endlichen Grenzwert zu.

Versuche mit flüssigen Amalgamen von *K* und *Na* hatten auch in solchen Gebieten keinen selektiven Effekt gezeigt, in denen reines *K* und *Na* einen sehr starken Effekt zeigten. Die Verf. suchten dieses so zu deuten, daß der selektive Effekt keine Eigenschaft des Alkalimetallatoms allein ist,

sondern von der molekularen Bindung des Atoms beeinflusst wird. Diese Ansicht wird durch Versuche an *K-Hg*-Legierungen verschiedener Zusammensetzung sehr wahrscheinlich gemacht. Denn 2,5 bis 17,3 Atomprozent Kalium zeigen in den *K-Hg*-Legierungen nicht den bekannten selektiven Effekt des *K* bei $\lambda = 436 \mu\mu$, ja es vermögen sogar schon 21 Atomprozent *Hg* diesen selektiven Effekt sowohl in fester wie in flüssiger Phase vollständig zu unterdrücken. Bei Konzentrationen zwischen 17 und 70 Atomprozent *K* tritt ein neuer selektiver Effekt auf, dessen Maximum gegen den des reinen Kaliums um etwa 50% nach kürzeren Wellenlängen verschoben ist, während die Existenz eines weiteren selektiven Effektes unterhalb $\lambda = 313 \mu\mu$ bei 5 bis 10 Atomprozent *K* wahrscheinlich ist.

Um die Frage über den Einfluß des Molekülbaus auf den selektiven Photoeffekt weiterzuprüfen, untersuchten die Verf. noch andere Verbindungen des Kaliums. Von den schwer schmelzbaren und stark oxydablen Metallverbindungen ließen sich zu lichtelektrischen Untersuchungen brauchbare Oberflächen durch Zerstäuben im Vakuum herstellen. Benutzt wurden zuerst Verbindungen des *K* mit *Bi*, *Sb*, *P*, dann mit *Tl*, *Pb*, *Hg*. Das Ergebnis der Versuche läßt sich in folgender Weise zusammenfassen; „Bei gleicher Atomkonzentration des Kaliums verschiebt sich in Verbindungen die Grenze des normalen Photoeffektes desto mehr nach kürzeren Wellenlängen, je chemisch elektronegativer die zweite Komponente der Legierung ist. Ist ein selektiver Effekt vorhanden, so ist er um so weiter nach dem Ultraviolett verschoben und gleichzeitig desto stärker gedämpft, je elektronegativer die zweite Komponente der Legierung ist.“ Es erscheint den Verf. aussichtsreich, eine Spannungsreihe für die Affinität zwischen Elektronen und Metallen mittels des Photoeffektes zu definieren.

Nach Elster und Geitel waren durch Kathodenstrahlen gefärbte Hydride von Alkalimetallen lichtelektrisch 3–4mal empfindlicher als die reinen Metalle (d. Zeitschr. XXIII, 181). Elster und Geitel hatten diese Erscheinung mit der vergrößerten Lichtabsorption in Beziehung gesetzt. POHL und PRINGSHEIM sind der Meinung, daß sie auch mit der kolloidalen Beschaffenheit der benutzten Oberflächen zusammenhängt²⁾. Nach Wood und Kossonogoff bestehen nämlich die kolloidalen Häute der Alkalimetalle aus kleinen

¹⁾ Verh. d. Deutschen Phys. Ges. 12, 682, 697, 1039 (1910).

²⁾ Verh. d. Deutschen Phys. Ges. 13, 219, 1911.

Tröpfchen, die im Ultramikroskop Beugungsscheibchen von der Größe $0,1-0,5\mu$ ergeben, also selbst erheblich kleiner sind. Die Verf. zeigen nun, daß solche Tröpfchen auf die Elektronemission ähnlich wirken müssen wie eine absorbierende Oberflächenschicht. Dem entspricht auch die oben erwähnte Beobachtung, daß bei dem selektiven Photoeffekt mit wachsendem Einfallswinkel vor allem das langwellige Ende der Empfindlichkeitskurve stark in die Höhe geht. Untersuchungen, die die Verf. dann mit kolloidalen Schichten bei Kalium und Natrium anstellten, zeigten ebenfalls im langwelligen Spektralgebiet im Vergleich zu den reinen Metallflächen sehr hohe Werte der lichtelektrischen Empfindlichkeit.

Da die von β - und γ -Strahlen radioaktiver Stoffe sowie von Röntgenstrahlen an dünnen Metallplatten erzeugten Sekundärstrahlen an der Austrittsseite der Primärstrahlen intensiver sind als an der Einfallsseite, so lag es nahe, zu untersuchen, ob auch der lichtelektrische Effekt verschieden ist bei einfallendem und durchgehendem Licht. O. STUHLMANN hat diese Untersuchung ausgeführt³⁾. Auf zwei Quarzplatten von 1 qcm Fläche und 1 mm Dicke wurden von einer Platinkathode durch Zerstäuben im Vakuum dünne Platinfilme niedergeschlagen. Die beiden Platten *A* und *B* wurden dann mit parallelen Flächen in zwei verschiedenen Stellungen den ultravioletten Strahlen einer Eisen-Bogenlampe ausgesetzt. Bei der einen Stellung waren die Platinfilme beider hintereinanderstehenden Platten dem Lichte zugekehrt, bei der zweiten Stellung war die dem Lichte fernere Platte *A* unverändert, die nähere Platte *B* aber umgekehrt gestellt, so daß beide Filme einander zugekehrt waren. Der auf den Platinflächen erregte elektrische Effekt wurde also in der ersten Stellung bei beiden Platten vom auffallenden Licht, in der zweiten Stellung bei *A* vom auffallenden, bei *B* vom durchgehenden Licht ausgelöst. Es ergab sich, daß das Verhältnis der Wirkungen *A/B* in der ersten Stellung 1,12mal, bei Berücksichtigung der Quarzabsorption sogar 1,17mal so groß war als in der zweiten Stellung. Die Absorption des Lichtes in der nur $0,3 \cdot 10^{-6}$ cm dicken Platinschicht konnte außer Betracht gelassen werden. Aus den Versuchen geht hervor, daß auch beim lichtelektrischen Effekt auf der Austrittsseite der Lichtstrahlen mehr Elektronen ausgelöst werden als auf der Einfallsseite.

³⁾ Phil. Mag. 20, 331 (1910).

Die lichtelektrische Wirkung von Metalloberflächen erfährt mit der Zeit eine Abnahme. Diese lichtelektrische Ermüdung hatte bereits Hallwachs als nicht von der Belichtung veranlaßt gefunden; dagegen fand er, daß die Größe des die Metallfläche enthaltenden Gefäßes darauf von Einfluß sei. H. S. ALLEN machte die Frage zum Gegenstand einer neuen Untersuchung, bei der die lichtelektrische Ermüdung einer Zinkplatte bestimmt wurde⁴⁾. Es ergab sich, daß das Licht in der Tat nicht die primäre Ursache der Ermüdung war, da diese bei der im Dunkeln gehaltenen Platte ebenso erfolgte, als wenn sie dauernd dem Lichte ausgesetzt war. Ebenso war die Ermüdung unabhängig von dem elektrischen Felde; sie fand in gleicher Weise statt in einer Atmosphäre von Wasserstoff wie in gewöhnlicher Luft. Dagegen schritt die Ermüdung langsamer vor, wenn die Platte in einem kleinen Gefäß sich befand. Daraus würde zu schließen sein, daß die Hauptursache der lichtelektrischen Ermüdung in dem Zustand des an der Oberfläche der Platte befindlichen oder innerhalb des Metalls okkludierten Gases zu suchen ist.

Daß Gase bei der lichtelektrischen Ermüdung eine erhebliche Rolle spielen, geht auch aus andern Beobachtungen hervor. J. A. CROWTHER glaubte einen Einfluß von Radiumstrahlen auf die lichtelektrische Empfindlichkeit der Metalle wahrzunehmen⁵⁾. An Kupfer, das in einem kleinen verschlossenen Gefäß vier Tage lang der Einwirkung von α -, β -, γ -Strahlen und der Emanation ausgesetzt war, beobachtete er Ermüdungen von mehr als 90%. Bei Bestrahlung mit β - und γ -Strahlen allein erlitten die Kupferplatten in 2 Stunden eine Empfindlichkeitsabnahme von 3,6%. H. DEMBER, der die Versuche wiederholte, fand ebenfalls auf einer von α -, β -, γ -Strahlen getroffenen Kupferplatte in Luft 32,8% Ermüdung, bemerkte aber gleichzeitig in dem Beobachtungsgefäß einen deutlichen Ozongeruch⁶⁾. Dagegen zeigten Versuche im äußersten Vakuum keinerlei Einwirkung der Radiumstrahlen; diese ist daher in der Tat als eine Folge des von den Strahlen in Luft erzeugten Ozons anzusehen. Am Platin fand im äußersten Vakuum durch das Auftreffen von α -Strahlen sogar eine Erhöhung der lichtelektrischen Wirkung statt, die sich durch eine von den Strahlen

⁴⁾ Phil. Mag. 20, 564 (1910).

⁵⁾ Phys. Zeitschr. 9, 1147, 1910.

⁶⁾ Verh. d. Deutschen Phys. Ges. 13, 313, 1911.

veranlaßte Befreiung der Metalloberfläche von den adsorbierten Gasen erklärt.

Schon 1906 hat A. Pochettini den lichtelektrischen Effekt bei Anthrazen beobachtet, indem er dasselbe auf einem Kupferteller durch eine Netzelektrode hindurch mit einer Bogenlampe bestrahlte. Stark und Steubing machten später entsprechende Versuche mit festem und dampfförmigem Anthrazen. Da bei allen diesen Versuchen die störende Wirkung der Elektrode nicht ausgeschlossen erschien, so haben A. Byk und H. Borck die Frage, unter Elimination der möglichen Fehler, noch einmal eingehend geprüft⁷⁾. Sie benutzten dabei die Pochettinische Versuchsanordnung, fanden aber, daß sowohl der Kupferteller allein schon einen Photoeffekt zeigte, als auch, daß das in einem Achatmörser pulverisierte Anthrazen selbst unter Umständen stark positiv geladen war. Beide Fehler wurden dadurch eliminiert, daß das Anthrazen vor der Beobachtung (durch Reiben in einem Glasmörser) negativ geladen wurde. Es zeigte sich dann, daß diese negative Ladung während der Belichtung stärker abnahm als im Dunkeln. Bei länger fortgesetzter Belichtung nahm das Anthrazen dann deutlich eine positive Ladung an. Bei einer anderen Versuchsanordnung wurde das Leitvermögen einer Lösung von Anthrazen in Petroläther zwischen Platinelektroden im Licht und im Dunkeln bestimmt. Es wurde eine deutliche Erhöhung des Leitvermögens im Licht beobachtet, die von einer an der Elektrode niedergeschlagenen Anthrazenschicht herrührt. Nach allen diesen Versuchen scheint die photoelektrische Empfindlichkeit das Anthrazens festzustehen. Die Verhältnisse es daher für wahrscheinlich, daß die Photopolymerisation des Anthrazens in einer Abspaltung von Elektronen oder in einer Zerlegung des neutralen Moleküls in zwei entgegengesetzt geladene Teile besteht.

Schk.

Kathodenstrahlen. Die Abhängigkeit der Kathodenstrahlabsorption von der Strahlgeschwindigkeit war sowohl bei sehr raschen (β -Strahlen radioaktiver Substanzen) als bei sehr langsamen (lichtelektrischen) Strahlen beobachtet worden. So fand Rutherford für die β -Strahlen des Ur.-X, deren Geschwindigkeit (nach H. W. Schmidt) $2,76 \cdot 10^{10}$ cm/sec beträgt, den auf die Masseneinheit bezogenen Absorptionskoeffizienten $\alpha_0 = 7,5 \text{ g}^{-1} \text{ cm}^2$. Für die

β -Strahlen des Ra E mit der Geschwindigkeit $v = 2,31 \cdot 10^{10}$ cm/sec war $\alpha_0 = 20 \cdot \text{g}^{-1} \text{ cm}^2$. Das Minimum der Absorption von Kathodenstrahlen ($\alpha_0 = 4,85$) zeigen die schnellsten β -Strahlen des Ra B und Ra C (v vielleicht $= 2,83 \cdot 10^{10}$). Mit den sehr langsamen lichtelektrischen Kathodenstrahlen hatte Lenard, neuerdings Robinson, Absorptionsmessungen vorgenommen, wobei gefunden wurde, daß mit abnehmender Strahlgeschwindigkeit nicht nur die Absorption aller Körper in hohem Maße wächst, sondern dieses Anwachsen für jeden Körper in sehr verschiedener Weise erfolgen kann. Der Einfluß der Substanzmasse auf die Absorption überwiegt noch bei Geschwindigkeiten von etwa $0,033 \cdot 10^{10}$ cm/sec, für welche $\alpha_0 = 20000000 \text{ g}^{-1} \text{ cm}^2$, also etwa 4 Millionen mal größer ist als der den schnellsten β -Strahlen zugehörige Wert. Für die schnellsten lichtelektrisch erzeugten Kathodenstrahlen, für die bisher die Absorption untersucht worden ist, ist $v = 0,37 \cdot 10^{10}$ cm/sec und $\alpha_0 = 820000$.

Für Strahlen mittlerer Geschwindigkeit, wie sie von einer Entladungsröhre erzeugt werden, bestimmte A. Becker die Beziehung der Absorption zur Geschwindigkeit¹⁾. Die Geschwindigkeit der Strahlen wurde fixiert durch eine der Röhre parallel geschaltete Funkenstrecke. Die Strahlen gelangten durch ein Aluminiumfenster in einen metallisch abgeschlossenen Gasraum, dessen Leitfähigkeit als Maß der Strahlintensität diente. Untersucht wurde die Absorption der Luft für fünf verschiedene Strahlgeschwindigkeiten v , wie sie den auf die Funkenschlagweiten von 2, 2,5, 3, 3,5 und 4 cm eingestellten Gasverdünnungen in den Entladungsröhren entsprechen. Die entsprechenden Werte von v waren: 1,23, 1,355, 1,42, 1,48, $1,51 \cdot 10^{10}$ cm/sec; die dazu gehörigen Werte von α_0 bzw.: 1323,6, 981,6, 507,9, 307,1, $234,9 \text{ g}^{-1} \text{ cm}^2$. Auch hier ist die Beziehung zwischen v und α_0 stark hervortretend. Aus der Gesamtheit der Versuche über diese Beziehungen findet Becker, daß die Absorption innerhalb des großen Gebiets von $v = 1,0 \cdot 10^{10}$ bis $2,83 \cdot 10^{10}$ cm/sec annähernd proportional ist der sechsten Potenz der reziproken Geschwindigkeit. Beim Übergang zu kleineren Strahlgeschwindigkeiten ändert sich die Absorption immer weniger stark mit der Geschwindigkeit; für $v \leq c/3$ ($c =$ Licht-

¹⁾ Sitzungsber. d. Heidelberger Akad. d. Wiss. math. naturw. Kl. **19**, 16 (1910); Naturw. Rundschau **25**, 664 (1910).

⁷⁾ Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **12**, 621, 1910.

geschwindigkeit) läßt sich α_0 durch den Ausdruck $a \cdot (c/v)^{1/3} v/c$ darstellen, wo a der für Strahlen von Lichtgeschwindigkeit maßgebende Absorptionskoeffizient ist. Mit Hilfe dieser Formel läßt sich die Geschwindigkeit solcher Strahlen berechnen, für die nur die Absorptionswerte bekannt sind.

Die Frage nach einem von den Kathodenstrahlen erzeugten magnetischen Felde hatte zuerst Hertz, später J. v. Geitler zu beantworten gesucht; beide gelangten aber zu keinem positiven Resultat. Ein solches erhielt zwar 1908 Klupathy; aber nur beim Einsetzen und Ausschalten des Stromes wurde bei harten Röhren der Ausschlag einer Magnetnadel beobachtet, nicht aber eine statische Ablenkung bei stationärem Zustande. Es gelang A. JOFFÉ, alle Nebenwirkungen der Entladung auszuschalten und die magnetische Wirkung der Kathodenstrahlen zu beobachten²⁾. Benutzt wurde eine Entladungsröhre mit Wehneltkathode. Ein Strahlenbündel traf durch eine Öffnung in der Anode in ein innen versilbertes, außen mit Stanniol umwickeltes Rohr und gelangte auf eine an dessen Ende befindliche Elektrode; von dieser wurde die Ladung aufgenommen und durch ein Galvanometer zur Anode zurückgeleitet. Die Kathodenstrahlen bildeten so einen Teil einer geschlossenen Strombahn. Das von ihnen erzeugte Magnetfeld wurde durch ein astatiches System gemessen. Es wurden immer gleichzeitig der die Ladung der Kathodenstrahlen messende Galvanometeraussschlag G und der Ausschlag des Magnetsystems M abgelesen. Das Verhältnis M/G für Kathodenstrahlen war bis auf 5 Proz. dem gleichen Verhältnis eines entsprechenden Leitungsstroms im Metalldraht gleich.

Über die Natur der Magnetokathodenstrahlen (d. Zeitschr. XVII, 363, XXIII, 365) entwickelt H. THIRKILL eine ganz neue Auffassung³⁾. Während die bisherigen Erforscher dieser Strahlen, Villard und Righi, bei ihnen keine elektrische Ladung nachzuweisen vermochten, fand er tatsächlich eine negative Ladung der Strahlen. Er benutzte zu diesem Nachweis einen Faraday-Zylinder mit Galvanometer; bei den früheren Versuchen war ein Elektrometer benutzt worden, wobei die Leitfähigkeit des Gases im Entladungsrohr eine störende Wirkung ausübte. THIRKILL

²⁾ Ann. d. Physik **34**, 1026 (1911).

³⁾ Proceed. of the Royal Soc. **83**, 324 (1910); Naturw. Rundsch. **26**, 9 (1911).

hält die Magnetokathodenstrahlen daher für langsame negative Teilchen, die durch das magnetische Feld in eine enge Spirale aufgewunden werden, und zeigt, daß auch die Beobachtungen von Villard und Righi sich hierdurch erklären lassen. Das Magnetfeld bewirkt eine Konzentration der Kathodenstrahlen und eine Erhöhung der Stromdichte längs der magnetischen Kraftlinien. Die Ablenkung der Strahlen senkrecht zu einem magnetischen Feld statt parallel zu diesem stimmt mit theoretischen Überlegungen von J. J. Thomson, der zeigte, daß in eine Spirale aufgewundene negative Teilchen durch ein elektrostatisches Feld so abgelenkt werden, daß die Achse der Spirale senkrecht zur Feldrichtung verschoben wird. Dies erweckt den Anschein, als ob die Strahlen selbst senkrecht zur Feldrichtung abgelenkt wären. Die von dem Verf. berechnete Größe dieser Ablenkung stimmt mit dem beobachteten Werte überein.

Die Größe der von den Kathoden zerstäubten Teilchen suchte M. HOULLEVIGUE durch Beobachtung der elektrischen Leitfähigkeit zu bestimmen⁴⁾. Dazu wurden Silberteilchen auf der Oberfläche eines Glasstreifens niedergeschlagen, der den einen Arm einer Wheatstoneschen Brücke bildete. Sobald die Teilchen des Niederschlags sich berühren, tritt Leitfähigkeit ein. Werden n Teilchen vom Durchmesser d pro Sek. und qmm abgeschieden, und berühren sie sich nach der Zeit Θ , so muß $n\Theta = 1/d^2$ sein. Läßt man die Teilchen sich während einer bestimmten Zeit T niederschlagen, bis die Schicht die meßbare Dicke e erhält, so wird $e = n \cdot T \cdot \frac{1}{6} \pi d^3$. Aus beiden Gleichungen läßt sich Θ und d bestimmen. Der Verf. erhält aus zwei Versuchsreihen für d die Werte $26 \mu\mu$ bzw. $22 \mu\mu$. Da Zsigmondy für die Größe kolloidaler Silberschichten $50 \mu\mu$ bis $77 \mu\mu$, also Werte von derselben Größenordnung erhielt, so ist anzunehmen, daß die durch Kathodenzerstäubung erzeugten Teilchen mit den in kolloidalen Lösungen erhaltenen identisch sind. Schk.

Röntgenstrahlen. Die auf ein Metall fallenden Röntgenstrahlen erzeugen hier Elektronen von sehr verschiedener Geschwindigkeit. Nach den Untersuchungen von Bestelmeyer, Inues und Laub nimmt ihre maximale Geschwindigkeit

⁴⁾ C. R. **150**, 1237; Naturw. Rundsch. **25**, 461 (1911).

mit der Härte der erzeugenden Röntgenstrahlen zu. Die Messungen wurden bisher nur mit Entladungsspannungen der Röntgenröhren über 35000 Volt ausgeführt. W. S. MITZ machte entsprechende Versuche mit Spannungen von 2500 bis 6000 Volt¹⁾. Die durch ein Aluminiumfenster aus der Kathodenröhre austretenden Röntgenstrahlen trafen auf eine Platinplatte; die von dieser kommenden Elektronen gelangten durch ein Drahtnetz in einen Faradayschen Zylinder. Es wurde dann elektrometrisch die Elektronenmenge gemessen, die bei verschiedenen verzögernden bzw. beschleunigenden elektrischen Feldern in den Zylinder eintrat. Es zeigte sich, daß die Elektronen durch ein verzögerndes Feld von nahezu derselben Spannung zurückgehalten wurden, wie die Entladungsspannung in der Röntgenröhre betrug. Aus den Versuchen ist zu schließen, daß der weitaus größte Teil der Elektronen nur einen kleinen Bruchteil der Maximalgeschwindigkeit besitzt. Diese Maximalgeschwindigkeit ist aber vermutlich gleich der der Kathodenstrahlen, welche die Röntgenstrahlen hervorgebracht haben.

Auf die Geschwindigkeit der durch Röntgenstrahlen in Luft erzeugten Ionen üben, wie schon Townsend fand, Spuren von Wasserdampf großen Einfluß aus. Dieses hat R. T. LATTEY in folgender Weise gezeigt²⁾. Ein Ionenstrom von der Geschwindigkeit v bewegt sich zwischen zwei Drahtnetzen, deren Entfernung d ist, eine Zeit t hindurch. Das zweite Drahtnetz wird nur getroffen, wenn $t > d/v$. Läßt man t allmählich abnehmen, so kann man mittels des Elektrometers feststellen, wann die Ionen gerade aufhören, das zweite Drahtnetz zu erreichen; dann ist $t = d/v$. Die Ionen wurden durch Röntgenstrahlen in Luft von geringem Druck erzeugt. In trockener Luft war die Geschwindigkeit der positiven Ionen direkt proportional der Feldstärke und umgekehrt proportional dem Druck. Beim Zulassen von Feuchtigkeit nahm ihre Geschwindigkeit um 40% ab. Bei negativen Ionen war der Unterschied noch größer. So war bei 18,2 mm Druck in trockener Luft die Geschwindigkeit der negativen Ionen = 7500 cm/sec.; beim Zuleiten einer geringen Menge Wasserdampf sank dieser Wert auf 100 cm/sec.

¹⁾ Phys. Zeitschr. **11**, 705 (1910).

²⁾ Proceed. of the Royal Soc. **84**, 173 (1910); Naturw. Rundsch. **26**, 162 (1911).

Die Strahlung einer Röntgenröhre ist nicht konstant; beim Betriebe nimmt der Druck ab, und die Röhre wird härter. C. RÜMELIN suchte diese Druckveränderungen dadurch zu beseitigen, daß ein möglichst konstanter, rascher Luftstrom durch die Röhre gepumpt wurde; eine Druckverminderung wird so durch Verstärkung des Zuströmens und durch Abnahme des Abfließens kompensiert³⁾. Eine große, konstante Pumpgeschwindigkeit läßt sich mit dem Gaedeschen Aggregat rotierender Luftpumpen erreichen. Es war vorteilhaft, mit einer Röhre zu arbeiten, die schon bei relativ hohen Drucken Röntgenstrahlen zu erzeugen gestattet. Vor die Zuströmungskapillare wurde ein Vorvakuum gelegt, das auf konstantem Druck gehalten wurde. Die mit einem Elektroskop gemessene Strahlintensität erwies sich nach etwa 45 Minuten des Betriebes der Pumpen als völlig konstant.

Bei Benutzung von Röntgenröhren für medizinische Zwecke wurde F. DESSAUER zu einigen wichtigen Beobachtungen geführt⁴⁾. Bei jedem Induktionsstoß tritt zuerst ein Ansteigen, nach erfolgtem Durchbruch dann ein Sinken der Spannung ein. Dem Spannungsvorstoß entspricht eine härtere, der sinkenden Spannung eine allmählich weicher werdende Strahlung. Bei Einschaltung einer Funkenstrecke erfolgt der Abbruch der Entladung viel früher, und es geht nur der erste, höher gespannte Entladungsteil durch die Röhre. Nach jeder Entladung ist der Gasinhalt der Röhre wesentlich leistungsfähiger als vorher; die Röhre bedarf jedesmal einer gewissen Erholungspause, um zu ihrem ursprünglichen Widerstand zurückzukehren. Diese Pause ist von der Intensität des vorangegangenen Induktionsschlages abhängig. Mit einer besonderen Anordnung konnte gezeigt werden, daß, wenn der Öffnungsfunke eine Entladung hervorgerufen hatte, die Schließungsinduktion sich nur dann bemerkbar machte, wenn die Röhre sich noch innerhalb der Erholungspause befand. Das Verhältnis der Stromdurchgangszeit zu der Pause war bei einigen Versuchen mit kräftigen Entladungsschlägen 9:10, d. h. die Röhre ging schließungsfrei, wenn die Pause zwischen zwei Schlägen 10mal so lange war als die Dauer des Durchgangs selbst. Als ökonomischste Methode des Betriebes an Röntgenröhren, um bei möglicher Konstanz der Strahlung und geringster

³⁾ Phys. Zeitschr. **11**, 908 (1910).

⁴⁾ Phys. Zeitschr. **12**, 14 (1911).

Erwärmung große Strahlenmengen zu entnehmen, erwies sich der Betrieb mit kräftigen, durch verhältnismäßig lange Pausen getrennten Einzelschlägen. Diese Versuche führten zur Konstruktion von therapeutischen Röntgeninstrumentarien, bei denen sich die Schlagzahl pro Sekunde aufs feinste abstufen läßt und bei denen die Röhre bei völlig konstanter Strahlung unter relativ hoher Belastung sehr lange eingeschaltet werden kann.

Mit Hilfe der lichtelektrischen Wirkung gelang es H. DEMBER, im äußersten Vakuum sehr weiche Röntgenstrahlen zu erzeugen⁵⁾. In dem Entladungsrohr befand sich als Kathode eine lichtelektrisch empfindliche Magnalium- oder Kupferplatte *M*, die durch ein Quarzfenster von den Strahlen einer Quecksilberdampfampe getroffen wurde. Der Platte *M* gegenüber stand die unter 45° geneigte Platinantikathode *A*, bei der durch eine Influenzmaschine ein konstantes positives Potential von 100 bis 10 000 Volt aufrechterhalten wurde. Die bei *M* lichtelektrisch ausgelösten Elektronen erhielten durch die Potentialdifferenz zwischen *M* und *A* eine Beschleunigung und erzeugten durch Aufprall an *A* Röntgenstrahlen. Diese passierten ein Drahtnetz und gelangten in einen Ansatzstutzen, der eine Aluminiumkassette mit photographischer Platte enthielt. Zur Evakuierung diente zuerst eine Gaedepumpe, dann Holzkohle in flüssiger Luft; der Druck war kleiner als 10^{-5} mm Hg. Der Verf. erhielt so bei einer angelegten Spannung von 4000—6000 Volt und 2 Stunden Exposition das deutliche Bild eines Bleistreifens auf der in schwarzes Papier gehüllten photographischen Platte. Allerdünnste Aluminiumfolien ließen unterhalb einer Potentialdifferenz von 2000 Volt die Wirkung dieser Röntgenstrahlen noch hindurch. Um die untere Grenze der zur Beschleunigung der primären Kathodenstrahlen nötigen Potentialdifferenz zu bestimmen, wurde die durch die Röntgenstrahlen auf einer polierten Platinscheibe infolge sekundärer Elektronenbildung hervorgerufene positive Ladung gemessen. Es zeigte sich, daß z. B. bei 6000 bzw. 1000 Volt Potentialdifferenz zwischen *M* und *A* die Röntgenelektronen eine Geschwindigkeit von 2 bzw. 1,1 Volt besaßen; unterhalb 250 Volt Geschwindigkeit der primären Elektronen war eine Röntgenbestrahlung nicht mehr zu erkennen. Daraus folgt, daß Elektronen von einer

Energie von $3,9 \cdot 10^{-10}$ erg noch Röntgenimpuls erzeugen können. Auch hier ist die Erregung, d. h. die Geschwindigkeit der sekundären Elektronen, abhängig von der Härte der Röntgenstrahlen.

Auch R. WHIDDINGTON beobachtete, daß unterhalb einer bestimmten Kathodenstrahlgeschwindigkeit Röntgenstrahlen nicht mehr erzeugt werden⁶⁾. Derselbe Verfasser fand, daß das Metall der Antikathode auf die Röntgenstrahlbildung von erheblichem Einfluß ist; bei 2500 Volt-Kathodenstrahlen war die Reihenfolge der Metalle in bezug auf ihre Wirksamkeit als Antikathode: Aluminium, Platin, Silber, Blei, Zinn, Nickel, Kadmium, Eisen, Antimon, Kupfer, Zink.

Die von Barkla näher beschriebenen homogenen Sekundärstrahlen treten von einer Reihe von Elementen in mehreren Gruppen aus; wahrscheinlich sendet jedes Element ein ganzes Linienspektrum solcher Strahlen aus, bei dem jede Linie mit wachsendem Atomgewicht des Radiators sich nach dem durchdringenderen Ende des Spektrums hin bewegt. Die Homogenität und das Durchdringungsvermögen war bisher immer nur für je eine Linie bestimmt worden. BARKLA und NICOL versuchten nun diese Bestimmung auf zwei Gruppen von Linien auszudehnen, von denen die eine (Gruppe A) durch sehr weiche, die andere (Gruppe B) durch sehr harte Primärstrahlen erzeugt wurde⁷⁾. Für jede Gruppe wurde die Homogenität festgestellt und der Absorptionskoeffizient λ für Aluminium von der Dichte ρ bestimmt. Als Sekundärstrahlen dienten Antimon, Jod und Barium. Es ergaben sich für λ/ρ bei Gruppe A: *Sb* 435, *J* 306, *Ba* 224; bei Gruppe B: *Sb* 1,21, *J* 0,92, *Ba* 0,8. Auch beim Silber wurden zwei Strahlengruppen ähnlicher Art beobachtet; außer diesen scheinen noch andere vorhanden zu sein.

Die homogenen Sekundärstrahlen untersuchte GLASSON bei Metallsalzen darauf hin, ob die Art der chemischen Verbindung oder ein Wechsel der Valenz von Einfluß ist⁸⁾. Durch Versuche mit absorbierenden Aluminiumschienen wurde festgestellt, daß die Strahlung eines Metallsalzes aus zwei Teilen besteht, aus der homogenen Strahlung des reinen Metalls und aus der zerstreuten Strahlung des

⁵⁾ Cambridge Proc. **15**, 574 (1910); Beibl. **35**, 496 (1911).

⁷⁾ Nature **84**, 139 (1910).

⁸⁾ Proc. of the Cambridge Phil. Soc. **15**, 437; Naturw. Rundsch. **25**, 499 (1910).

⁵⁾ Verhandl. d. Deutsch. Phys. Ges. **13**, 601 (1911).

Säurerestes, die viel härter ist und nur einen geringen Bruchteil der gesamten Strahlung ausmacht. Durch Versuche an $FeSO_4$, Fe_3O_4 und Fe_2O_3 wurde festgestellt, daß die Strahlung unabhängig ist von der Valenz des reinen Metalls. Es kann daher der Absorptionskoeffizient auch für Strahlen solcher Elemente bestimmt werden, die nicht im metallischen Zustande verwendet werden können. So bestimmte der Verf. den Absorptionskoeffizienten der Sekundärstrahlen des Mangans und fand ihn mit dem von Barkla aus dem Atomgewicht des Mangans berechneten übereinstimmend.

Während bei den bisherigen Untersuchungen der homogenen Sekundärstrahlung die Radiatoren gewöhnlich im festen Zustande benutzt wurden, erzeugte J. C. CHAPMAN diese Strahlen an Dämpfen⁹⁾. Der Dampf befand sich in einem eisernen Kasten mit Aluminiumfenstern, der so aufgestellt war, daß die das Elektroskop treffenden Strahlen nur von dem Dampf her kamen. Durch Einschieben eines Aluminiumblättchens von bestimmter Dicke wurde dann der von diesem absorbierte Bruchteil der Strahlung und hieraus der Koeffizient λ/ρ bestimmt. Es ergab sich, daß λ/ρ bei Methylbromiddampf gleich 16,4 war. Eine gleichzeitige Bestimmung der von festen Bromverbindungen ausgehenden Strahlung ergab für $NaBr$ 16,2, für $Br(OH)$ 16,3, also fast die gleiche Zahl. Für Methyljodiddampf war $\lambda/\rho = 2,3$, für festes Jod ebenfalls 2,3.

Es geht hieraus hervor, daß die Elemente im festen und gasförmigen Zustande dieselbe Strahlenart aussenden.

Die Frage, ob die homogene Sekundärstrahlung eines Elements die Folge eines fortgesetzten Bombardements der Atome durch die von den Primärstrahlen befreiten Elektronen sein könne, suchten CHAPMAN und PIPER durch einen mit einer Silber-Kupfer-Legierung angestellten Versuch zu beantworten¹⁰⁾. Ein Bündel primärer Röntgenstrahlen von solcher Härte, daß durch sie wohl die homogenen Kupferstrahlen, nicht aber die homogenen Silberstrahlen erregt wurden, fiel auf die aus 2 Teilen Silber und 1 Teil Kupfer bestehende Legierung. Es zeigte sich, daß auch von der Legierung nur die Kupferstrahlung, nicht aber die Silberstrahlung ausging, daß also die Kupferelektronen durch Bombardieren der Silberatome diese nicht zur Strahlung zu bringen vermochten. Ein entsprechender Versuch wurde mit Äthylbromiddampf gemacht, der einmal mit Kohlensäure, ein anderes Mal mit Wasserstoff zusammen in das Untersuchungsgefäß gebracht wurde. Auch hier hätte bei der obigen Annahme ein Unterschied in der Strahlung zu bemerken sein müssen. Das war aber nicht der Fall. Daraus ist zu schließen, daß die homogene Sekundärstrahlung nicht durch das fortgesetzte Bombardement der Atome durch ausgesandte Korpuskeln veranlaßt werden kann.

Schk.

4. Unterricht und Methode.

Anleitung der bayrischen Unterrichtsverwaltung für den Unterricht in Physik. Diese speziell für Real- und Oberrealschulen bestimmte Anweisung soll den Lehrern und den Direktoren (die häufig Nichtfachmänner sind) Zweck und Ziel des Unterrichtsganges nach den neuen Lehrplänen erläutern. Sie bietet treffliche, kurz gefaßte Darlegungen über die Aufgabe des physikalischen Unterrichts, die Methode des Unterrichts, die Verteilung des Lehrstoffs, die Anforderungen an den Lehrer, die Ausstattung der Unterrichtsräume, die Apparate für Schülerübungen, und fügt endlich ein Normalverzeichnis von Gegenständen für die Ausrüstung des Schülerübungsraumes bei. Nach den uns vorliegenden Mitteilungen haben sich die Übungen überraschend schnell eingebürgert und den Beifall der Lehrer, trotz der Mehrbelastung,

sowie der Schüler und der Eltern gefunden. Die erhöhten Opfer für die Schulen werden von den beteiligten Verwaltungsbeamten gern und willig getragen. Die Anleitung ist durchweg von modernem Geiste durchweht, wie aus der nachstehenden Wiedergabe der letzten Abschnitte der Schrift erkennbar sein wird.

An Unterrichtsräumen werden vier gefordert: ein Lehrzimmer, ein Sammlungsraum, ein Vorbereitungsraum und ein Zimmer für Schülerübungen. (Dies entspricht ganz den Vorschlägen der Unterrichtskommission der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte von 1905.) „Die Benutzung des Sammlungsraums zu Übungszwecken ist zu vermeiden.“ Das Lehrzimmer muß für physikalische Versuche eingerichtet sein, also Verdunkelungsvorrichtung, Gas- und Wasserleitung und einen genügend großen einfachen

⁹⁾ Phil. Mag. 21, 446 (1911).

¹⁰⁾ Phil. Mag. 19, 897 (1910).

Experimentiertisch besitzen. Wo es zugänglich ist, soll dasselbe an den elektrischen Strom angeschlossen werden. Um Schwachstrom jederzeit zur Verfügung zu haben, sind entweder vier Akkumulatoren, in einfacheren Verhältnissen 6—8 Leclanchéelemente oder einzelne Chromsäureelemente, deren Erneuerung keine großen Kosten verursacht, stets gebrauchsfertig aufzustellen. Ferner ist die übersichtliche Aufstellung eines Ampere- und Voltmeters empfehlenswert, so daß die Einheiten Ω , V , Am von Anfang an bei Besprechung der Erscheinungen benützt werden können. Für optische Versuche ist ein Projektionsapparat nicht zu entbehren. Als Lichtquelle kann ein Handregulator dienen, für Wechselstrom und in einfacheren Verhältnissen auch bei Gleichstrom ist eine Projektions-Nernstlampe empfehlenswert. Daß eine mäßig überhöhte Anordnung der Sitze erwünscht ist, braucht nicht weiter betont zu werden.

Der Sammlungsraum soll die nötige Anzahl von gutschließenden Schränken und Gelegenheit zur Aufbewahrung von größeren Apparaten, Karten und Wandtafeln, ferner einen Tisch mit Rollfüßen und einer Stellschraube zur vorübergehenden Abstellung der benötigten oder benützten Apparate enthalten.

Das Vorbereitungszimmer für den Lehrer wird außer den üblichen Möbeln auch einen kleinen Experimentiertisch mit Gas- und Wasserleitung und beim Mangel einer eigenen Werkstätte einen praktisch ausgestatteten Werkzeugkasten, Schraubstock, Gebläsevorrichtung und eventuell eine Drehbank für Metall enthalten, so daß Lehrer und Schüler Gelegenheit haben, die Anfertigung von Hilfsmitteln für die Übungen und von kleineren Apparaten zu betreiben. Die Anfertigung von solchen kleineren Apparaten und Versuchsanordnungen in der Schule selbst bietet eine wertvolle Anregung zum selbständigen Durchdenken der Übungen und ist deshalb innerhalb angemessener Grenzen besonders erwünscht. In diesem Zimmer wird auch eine unbedingt nötige Handbibliothek für den Lehrer, deren Benützung auch den Schülern unter Kontrolle gestattet werden kann, Aufstellung finden.

Im Zimmer für Schülerübungen soll eine genügende Anzahl von Arbeitsplätzen für je zwei Schüler enthalten sein. Empfehlenswert ist für jedes Schülerpaar ein besonderer, einfacher, fester Tisch mit einer Platte von 1,50 m Länge und 0,70 m Breite

in einer Höhe von etwa 0,85 m. 0,35 m über dem Boden soll ein Querbrett zum Abstellen der für jeden Arbeitsplatz notwendigen Hilfsmittel angebracht sein. Zu jedem Tisch gehören zwei Hocker von 0,50 m Höhe (eventuell auch Kistenhocker mit einer offenen Seite), deren Sitzfläche quadratisch mit 0,35 m Seitenlänge ist. Soll das Lehrzimmer gleichzeitig als Übungsraum dienen, so wären in demselben statt Bänke solche Tische aufzustellen. Gas- und Wasserleitung sind so anzubringen, daß für jeden Arbeitsplatz Gasanschluß möglich ist und die Entnahmestellen von Wasser wie die Ausgüsse leicht erreicht werden können. Notwendig ist ferner eine quadratisch eingeteilte Schultafel. Wandgestelle enthalten die notwendigsten Werkzeuge, wie Hammer, Beißzange, Schraubenzieher in mehrfacher Auswahl, sowie Chemikalien. An der Decke sollen Aufhängehaken angebracht sein; Verdunkelungsvorrichtungen und eine Uhr, welche Sekunden oder wenigstens Minuten schlagen kann, sind wünschenswert. Wenn es der Platz erlaubt, sind einfache, flache Wandschränke für die Aufnahme der Übungsapparate anzubringen, um die Sammlung für den Demonstrationsunterricht zu entlasten.

Die sämtlichen Räume müssen beleuchtet werden können, damit der Lehrer in der Lage ist, seine Vorbereitungen jederzeit zu treffen. Wo es angeht, ist die Einführung von elektrischem Licht in alle für den Physikunterricht dienenden Räume anzustreben.

Apparate für Schülerübungen. Die Zusammenstellung der Apparate für Schülerübungen gewährt dem Lehrer den weitesten Spielraum. Das anliegende Verzeichnis kann daher nur Anhaltspunkte dafür geben, was bei normaler Ausstattung der Übungen als nötig angesehen werden kann. Die Preise sind nach den Erfahrungen zusammengestellt, welche an verschiedenen Anstalten gesammelt wurden. Durch geschickte Benützung örtlicher Verhältnisse werden sich nach der einen oder anderen Richtung Einsparungen oder Bereicherungen der Sammlungen erzielen lassen. Sofern der Lehrer Geschick mit Lust und Liebe zur Sache verbindet, wird er eine ganze Reihe von Hilfsmitteln selbst herstellen können. — So haben verschiedene Anstalten sich mit Hilfe eines Meterstabes, der in der Mitte durchbohrt und an dessen einem Ende ein Zeiger angebracht wird, zweier Wagschalen und eines Arretierungsringes eine brauchbare Wage hergestellt. Diese Vorrichtung ist auch verwendbar bei den Ver-

suchen über das Hebelgesetz. Ein Kompaß kann als Galvanometer dienen, Polwagen und Elektroskope wurden an mehreren Schulen von Lehrern und Schülern angefertigt, Solenoide aus Lametta oder isoliertem Draht auf Papierrollen gewickelt, Lamettadraht dient auch zu Versuchen über die Anziehung und Abstoßung parallel gerichteter Ströme, ein Photometer ist ohne große Mühe herzustellen. Die optischen Versuche überhaupt können mit den denkbar einfachsten Hilfsmitteln ausgeführt werden.

Die im anliegenden Verzeichnis angegebenen Apparate sind sowohl für Real- wie für Oberrealschulen nötig. Letztere bedürfen aber noch einer Ergänzung durch Apparate, die ein genaueres Messen gestatten. (Siehe den Schluß der Beilage.) . . . In der Regel sollen die für den Demonstrationsunterricht benötigten Apparate bei den Schülerübungen keine Verwendung finden. Da bei den Frontübungen alle Schülerpaare die gleichen Apparate brauchen, so sind die Preise mit der Anzahl der gleichzeitig arbeitenden Paare zu multiplizieren. Durch Teilung der Klasse in zwei Abteilungen, welche zu verschiedenen Stunden arbeiten, werden sich besonders an kleineren Anstalten die Anschaffungskosten vorläufig beschränken lassen.

Instandhaltung, Ergänzung und Erweiterungen der Sammlungen zum Zwecke einer ersprießlichen Durchführung der Schülerübungen wird eine der vornehmsten Pflichten des Physiklehrers sein müssen, und der Rektor wird darauf bedacht sein, demselben im Rahmen des Etats jährlich eine entsprechende Summe zur Verfügung zu stellen.

Verzeichnis I.

Einrichtungsgegenstände des Übungsraumes, die nur einmal zu beschaffen sind: 1 Kasten oder Gestell mit den nötigen Werkzeugen (darunter Gießlöffel und Gußform) 40 M, 1 Satz Korkbohrer 20 M, 1 Schärfer dazu 1,50 M, Material für Herstellung kleinerer Apparate und Gebrauchsgegenstände 18 M, 2 Tarierbecher für Schrot 2 M, Gummischläuche, die praktisch in großen Flaschen aufbewahrt werden, 10 M, Glasröhren (dabei Kapillarröhren verschiedener Weite) 10 M, Chemikalien (HCl , H_2SO_4 , HNO_3 , NH_3 , $CuSO_4$, Alkohol und Äther in Flaschen mit eingebrannten Namen) 20 M. — Zusammen 121,50 M.

Verzeichnis II.

Einrichtungsgegenstände für jeden Arbeitsplatz: 1 Meterstab 1,80 M, 1 prism. Maßstab 0,40 M, 2 Bunsenstative 3,60 M, dazu 2 Klemmen

4,50 M, 2 Doppelmuffen 2,40 M, 1 Ring 1,10 M, 1 Schraubzwinge 1,40 M, 1 Bunsenbrenner 2 M, 1 Drahtnetz mit Asbest 0,33 M, 1 Satz von 6 Bechergläsern 1,80 M, 2 Keile 1 M, 1 Satz Holzklötze mit 1 qdm Fläche und 1 cm ($2 \times$), 2 cm ($2 \times$), 5 cm ($2 \times$), 10 cm ($1 \times$), 20 cm ($1 \times$) Höhe 6,50 M, Emailtopf passend zum Ring 0,80 M, zusammen 27,63 M.

Notwendige Geräte und Apparate für Schülerübungen der Unterstufe für jede selbständig arbeitende Schülergruppe:

1. Mechanik. 1 Hebelstativ zum Auflegen des Meterstabes bei Hebelversuchen event. als Wage 3 M, 2 Wagschalen, unten mit Anhängelaken zur Bestimmung des spez. Gewichtes und Holzbrücke 3,50 M, 1 Gewichtsatz bis 500 g, 1 eisernes $\frac{1}{2}$ kg und 1 kg Gewicht, Neusilberbruchgramme 10 M, Gewichte mit Haken zu Hebelversuchen 2 M, verschiedenen gestaltete regelmäßige Körper aus verschiedenem Material zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes 6,50 M, 1 Meßzylinder bis 500 ccm 2 M, 1 Meßzylinder bis 100 ccm 1,10 M, Überlaufgefäß 1 M, 1 Pyknometer 0,80 M, 1 Pipette 0,25 M, Spiralfedern zur Herstellung von Federwagen 1 M, 2 Rollen und 2 hölzerne Schraubzwingen mit Öffnungen zum Einstecken der Rollen 2,40 M, 2 lose Rollen 1 M, 1 Eisenkugel zum Pendel mit Öse 0,60 M, 1 Holzkugel ebenso 0,50 M, zusammen 35,65 M.

2. Wärme. 1 Messingrohr (1 m lang) zur Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten 1,10 M, 1 Messingheizgefäß mit Holzgriff und Ansatzrohr 3,50 M, 1 Thermometer (-20° bis 105°) 1,10 M, 1 Glaskolben (Jenaer Kjeldahlkolben) 0,80 M, Korkstopfen 1 M, zusammen 7,50 M.

3. Magnetismus. 2 gute Stabmagnete 2,50 M, 1 kleines (event. selbst herzustellendes) Stativ zur Polwage 1 M, 1 Meßmaßstab mit Spiegelstreifen 0,50 M, 1 Hufeisenmagnet 2 M, 1 Kompaß 0,50 M, zusammen 6,50 M.

4. Elektrizität. Kugeln zum Odstreischen Pendel 0,50 M, Material zur Herstellung einfacher Elektroskope 2 M, 1 kleineres Galvanometer 4 M, 2 Leclanché-Elemente 3,40 M, 1 Satz Widerstände (1, 2, 3, 4, 10, 20 Ω) 20 M, 1 Hartgummistab 1 M, 1 Glasstab 1 M, 1 Wollappen 0,50 M, 1 Elektrophor 4 M, 1 kleine Spule zum Elektromagneten 1,50 M, 1 dazu passender Zylinder aus Weicheisen 0,50 M, Drähte verschiedener Metalle 1,50 M, 6 Klemmschrauben 0,90 M, zusammen 40,80 M.

5. Akustik. 1 Schreibstimmgabel 6 M, 1 Glasplatte zum Beruhen 0,30 M, zusammen 6,30 M.

6. Optik. 1 Papiertransporteur 0,30 M, einige Spiegelstreifen (6×4 cm) 0,50 M, 1 Hohlspiegel in Holzhalter zum Stellen 1 M, 1 dünne möglichst ebene Glasplatte zur Lagebestimmung virtueller Bilder beim Hohlspiegel 0,50 M, 1 gekrümmter polierter, vernickelter Metallstreifen (1×10 cm) zur Beobachtung der Brennlinie 0,50 M, 2 geschliffene Glasplatten zum Brechungsgesetz 3 M, 1 Linsensatz in Kästchen mit Fassung zum Aufstecken der Linsen auf den Maßstab 6 M, 2 Flintglasprismen (mit 30° , 60° , 90° , auf genaue Einhaltung dieser Winkel ist nicht zu dringen, da die Prismen dadurch billiger geliefert werden können) 3 M, 3 Nadeln auf Holzfuß zu Spiegelversuchen 0,25 M, zusammen 15,05 M.

Verzeichnis III.

Wünschenswerte Geräte und Apparate, welche auch teilweise für die Oberstufe verwendet werden können, für jede selbständig arbeitende Schülergruppe.

- ad 1: 1 kleine Hornschale 0,70 M, 1 Schublehre 3,40 M, 1 Wage 35 M (event. Briefwage mit trichterförmigem Aufsatz 5 M), 1 Quetschbahn 0,40 M, 2 Aräometer (für spez. Gew. > 1 und < 1) 7 M.
- ad 2: 1 Mischungskalorimeter 2,50 M, 1 Thermometer $0^\circ - 35^\circ$ ($\frac{1}{5}^\circ$) 3 M.
- ad 4: 1 Batterie Glas mit Platten aus Cu ($2 \times$), Pb ($2 \times$) C, Zn 4 M, 1 kleine elektrische Klingel 1 M, 1 Thermoelement 1 M, 1 Elektrometer 20 M, 1 Amperemeter 12,50 M, 1 Voltmeter 12,50 M.
- ad 6: 1 Sphärometer 5 M, 1 einfache optische Bank 4 M.

Ergänzung der Geräte und Apparate für die Oberstufe für jede selbständig arbeitende Schülergruppe:

1 Wage von größerer Empfindlichkeit, wenn nicht auf der Unterstufe bereits angeschafft, 35 M, 1 Apparat für chronographische Untersuchung der Fallbewegung 10 M, 1 Apparat zum Beweis des Mariotte'schen Gesetzes 12 M, 1 Tangentenbussole 20 M, 1 Wheatstone'sche Brücke nebst Zubehör 12 M, 1 Elektrometer 24 M, verschiedene Hilfsapparate für Galvanismus (Ausschalter, Klemmschrauben, Kupferdraht usw.) 10 M, 1 Amperemeter 25 M, 1 Voltmeter 25 M, Apparate für akustische Versuche (Kundtsche Röhre, Glasröhre zur Resonanz, Monochord) 20 M.“

Anleitung der bayrischen Unterrichtsverwaltung für den Unterricht in Chemie. Auch diese Anleitung enthält zunächst Darlegungen über Aufgabe und Art der Durchführung des Unterrichts in der Chemie.

U. XXIV.

„Die Übungen sollen dem Hochschulunterricht nicht vorgreifen, ihr Ziel kann daher weder die qualitative noch die quantitative Analyse sein, sondern sie haben den bisherigen ausschließlichen Demonstrationsunterricht zu unterstützen und durch eigene Beobachtungen der Schüler zu ergänzen. . . . Wo es mit einfachen Mitteln durchführbar ist, sind in den Übungen auch messende Versuche vorzunehmen, namentlich um die Grundbegriffe festzulegen. Zur Veranschaulichung der gewonnenen Resultate bei messenden Versuchen sind graphische Methoden zweckdienlich. . . . In der Regel soll in der 5. und 6. Klasse wenigstens alle 14 Tage, in den drei oberen Klassen alle 8 Tage eine ein- bis zweistündige Übung stattfinden.

Die auszuführenden Übungen sind in den unteren Klassen jedenfalls, in den oberen Klassen in der Regel Frontübungen. Nur so ist es möglich, auch eine größere Schülerzahl in den Übungen gleichzeitig zu unterrichten. Eine Verbindung der chemischen und physikalischen Schülerübungen in der Art, daß bei geteilter Klasse die eine Hälfte der Schüler physikalisch, die andere gleichzeitig chemisch arbeitet, bietet Vorteile für die Einrichtung des Stundenplanes, ist aber hinderlich, sobald der Chemiker oder der Physiker einmal eine Übungsstunde durch eine Stunde Demonstrationsunterricht ersetzen will.

Die Teilung großer Klassen für die Übungszwecke ermöglicht eine bessere Beaufsichtigung der Schüler bei den Übungen und ist manchen Orts durch die räumlichen Verhältnisse geboten, ist aber selbst bei den Anfangsübungen an sich nicht unbedingt erforderlich. Zweckmäßig wird bei größeren Klassen die Anwesenheit eines zweiten Lehrers (Assistenten oder Praktikanten) sein, welcher den Leiter der Übungen unterstützt.“

Von Unterrichtsräumen sind wenigstens vier erforderlich: ein Lehrzimmer, ein oder besser noch zwei Sammlungsräume, ein Vorbereitungs- und Arbeitszimmer für den Lehrer, ein Zimmer für die Schülerübungen. Über die Ausstattung dieser Räume gibt die Anleitung ausführliche Anweisungen. Besonderes Interesse bieten die Aufstellungen über die Kosten der Ausstattung, woraus zugleich die Art der zum Gebrauch empfohlenen Geräte ersichtlich wird.

Geräte zum allgemeinen Gebrauch.

A. *Einzeln:* Gasgebläselampe 8,50 M, Blasebalg dazu 16 M, 2 m Schlauchleitung 2,50 M

(oder Barthelsche Benzinlampe 18—22 M), Korkpresse 3 M. Zusammen 30 (25) M.

B. Für je 5 Arbeitsplätze: Einfache Analysenwaage 58 M, Gewichtssatz dazu 5,50 M, kleine Briefwaage, wenn möglich mit Gramnteilung 2,50 M, Meßkolben, Stohmannsche Form, 250 ccm, mit Stopfen, 1,50 M, Korkbohrer, je ein Stück 4, 5 u. 6 mm, 1,35 M, Rundfeile 0,15 M, Schere 0,70 M, Abfalltopf aus Steingut 3 M.

C. Für je zwei Arbeitsplätze: Bürste zum Reinigen der Probierröhrchen 0,20 M, Dreikantfeile zum Glasschneiden 0,20 M, Platindraht, in Glasröhrchen eingeschmolzen, dies mit Stopfen in ein Gläschen gepaßt, 1 M, Retorte 100 ccm, mit Vorlage 200 ccm, 0,40 M.

D. Für je einen Arbeitsplatz. Bürette, 25 ccm Inhalt, $\frac{1}{10}$ Teilung, mit Schlauch und Quetschhahn, 1,60 M, Pipette, 5 ccm Inhalt (Vollpipette), 0,25 M, Meßzylinder, offene Form, mit Schnauze, 100 ccm, in ganze ccm geteilt, einfache Zahlenreihe, 0,80 M, Stativ von 45 cm Stablänge, auf Platte, 1,50 M, kleine Klammer ohne Muffe 1,50 M, doppelte Muffe 1 M, Dreifuß, 18 cm Höhe, 0,80 M, einfacher Bunsenbrenner 1,50 M, Schlauch dazu 1,30 M (oder Marshallbrenner 0,80 M, mit Schlauch 1,30 M, oder Spirituslampe v. Glas, m. Kappe, 100 ccm ohne Tubus, 0,70 M), Thermometer 0°—300° 2,50 M, Porzellanmörser, 7 cm mit Keule, innen rauh, 0,35 M, Porzellantiegel, 21/37 mm, mit Deckel, Berliner Porzellan, 0,30 M, Reagierglasgestell (bedingt) 1,20 M, Tiegellange von Eisen, kleine Form, einfach gebogen, 0,40 M, Drahtnetz von Eisen, 12 cm², 0,10 M, Tondreieck, 6 cm Seitenlänge, 0,12 M, Spatel oder Löffelchen von Horn 0,15 M, Unterlegklötze, 2 Stück von verschiedener Höhe, 0,50 M, kleine Abfallschälchen aus Steingut 0,15 M.

Auf fünf Arbeitsplätze berechnet ergibt sich als Summe von *B*, *C* u. *D*, Gaseinrichtung vorausgesetzt, 151,30 M. An Stelle

der Gaseinrichtung Spiritus- bzw. Benzinheizung, ergibt die Summe von 140,80 M.

Reagenzienflaschen.

I. Ist im Schülerlaboratorium ein eigenes Regal mit den am öftesten gebrauchten Reagenzien vorgesehen, so finden dort Platz: 48 Rollflaschen mit eingeriebenem Stopfen, enghalsig, Inhalt 500 ccm, Stück 0,40 M, in Summe 19,20 M, dgl. 30 Rollflaschen mit eingeriebenem Stopfen, weithalsig, Inhalt 300 ccm, Stück 0,36 M, in Summe 10,80 M, also zusammen 30 M.

II. An den Arbeitsplätzen können stehen 8 enghalsige Rollflaschen mit eingeriebenem Stopfen, Inhalt 200 ccm, Stück 0,27 M, in Summe 2,16 M, 1 enghalsige Rollflasche usw., 100 ccm, Stück 0,22 M, 3 weithalsige Rollflaschen usw., 100 ccm, Stück 0,22 M, zusammen 0,66 M, also Kosten für einen Arbeitsplatz: 3,04 M.

Schülerausrüstung.

Die den einzelnen Schülern zu übergebenden Gegenstände sind folgende:

I. In gut gereinigtem Zustande zurücknehmbar: 1 Abdampfschale von Porzellan, 9 cm Durchm., 1 Batteriegelas zu 1 Liter (als Reagierglasgestell), 1 Becherglas, 9 cm hoch, 1 Becherglas, 11 cm hoch, 1 Kochkolben, 200 ccm, 1 Kochkolben, 300 ccm, als Spritzflasche montiert, 1 Glasstab, 12 cm lang, 1 Glasstab, 20 cm lang, 10 Reagensgläser (jeweils nicht weniger als 5 abgebar), 1 Trichter, 7 cm Dm., 1 Uhrglas, 7 cm Durchm.

II. Nicht zurücknehmbar: 10 geschnittene Filter (nicht weniger als 10 abgebar), 5 Bogen Filtrierpapier (nicht weniger als 5 abgebar), 1 Lötrohr, 1 Korkstopfen, 1 photographische Holzklammer als Reagensglashalter.

Ein Verzeichnis dieser Gegenstände nebst Preisen wird für jeden einzelnen Schüler ausgestellt und dient zugleich als Beleg für die am Schlusse des Schuljahres von dem Schüler zu leistenden Entschädigungen.

5. Technik und mechanische Praxis.

Über Gasflammen und Bunsenbrenner. Von P. RITTINGHAUS. Am 31. März 1811 wurde ROBERT BUNSEN geboren, und aus diesem Anlaß wird im laufenden Jahre in Fachkreisen des großen Physiko-Chemikers und seiner Leistungen eingehender gedacht*). Ein Rückblick auf ihn ist aber gegenwärtig auch aus dem Grunde zeitgemäß, weil seine Arbeiten mit ganz neuzeitlichen Aufgaben und Bestre-

bungen noch im engsten Zusammenhange stehen¹⁾.

1838 begannen in Marburg Bunsens grundlegende Arbeiten über die Zusammensetzung der Hochofengase und ihre Benutzung als Brennstoff und lenkten die Aufmerksamkeit auf die Ausnutzung dieser bis dahin verborgenen Energiequellen. Eine Frucht dieser

*) *Anm. der Redaktion:* Man vergleiche auch den Nekrolog in dieser Zeitschr. 13, 76.

¹⁾ Journal für Gasbeleuchtung 1911, S. 293 und 469. — Zeitschrift f. angew. Chemie 1911, S. 577. — Diese Zeitschrift 13, 76.

Studien waren seine 1857 erschienenen „Gasometrischen Methoden“, ein Buch, das noch heute eine Grundlage der exakten Gasanalyse bildet; und die „modernen“ Riesenanlagen auf unseren heutigen Eisenhüttenwerken, die die Gichtgase in Winderhitzern und Gaskraftmaschinen zur Gewinnung von Tausenden von Pferdestärken verwerten und dadurch Millionen sparen, gründen sich auf jene klassischen Arbeiten Bunsens. Bekannter als jenes Buch, wenigstens in den Kreisen des Gasfachs und der Elektrotechnik, ist das Bunsensche Fettfleck-Photometer, das durch seine Einfachheit und praktische Brauchbarkeit die genaue Messung unserer künstlichen Lichtquellen ermöglichte und die anderen Photometer fast ganz verdrängte. Es ist in verschiedenen Abänderungen noch heute, in der Zeit der blühenden Leuchttechnik, in immer ausgedehnterem Gebrauche und sollte in keiner Schule fehlen und unbenutzt sein. (Zu beziehen durch A. Krüß in Hamburg. — Angesehene Lehrbücher der Physik, wie die von Börner, Kleiber, Bremer, stellen seinen Gebrauch noch falsch dar.)

Ein für unsere Schulen ebenfalls empfehlenswerter und für Schülerübungen sehr brauchbarer Apparat ist derjenige zur Bestimmung des spezifischen Gewichts der Gase nach der Methode der Ausflußgeschwindigkeiten. Er ist erdacht von Bunsen und erhielt seine jetzige Form vom Gasdirektor N. H. Schilling in München²⁾.

Wie lange ist nicht das Bunsenelement die zuverlässigste Stromquelle für elektrische Schulversuche gewesen und ist es vielleicht stellenweise jetzt noch! Wie einfach und bequem ist Bunsens Wasserluftpumpe! Aber kein ursprünglicher Laboratoriumsapparat ist auch nur annähernd so bekannt geworden und verbreitet wie der Bunsenbrenner, jene erste durch geniale Einfachheit ausgezeichnete Gaslampe, die heute von Millionen von Menschen gebraucht und geschätzt wird. Als Bunsen im Sommer 1854 das neue chemische Laboratorium, das ihm bei der Übernahme des Heidelberger Lehrstuhls versprochen worden war, ganz nach seinen Plänen baute, hatte die Stadt gerade vor kurzem (1852) Gasbeleuchtung erhalten, und Bunsen zögerte nicht, im Laboratorium das Leuchtgas für Arbeitszwecke anzuwenden. Nur gab es noch keine geeignete rußfrei brennende Lampe, die seine Anforderungen befriedigte, und so machte er

sich selbst ans Erfinden. Nach mancherlei Versuchen und vergeblichen Anläufen entstand endlich unser Bunsenbrenner, von dem der Universitäts-Mechaniker C. Desaga in Heidelberg Ostern 1855 für das neue Laboratorium 50 Stück (zu 1,35 Fl = 2,30 M) lieferte. Aus den chemischen Laboratorien hat sich der Bunsenbrenner erst langsam, dann immer rascher verbreitet in Haus und Küche, auf Straßen und in Eisenbahnwagen, in zahllose Gewerbe, in die breitesten Massen des Volkes. Etwa 25 Millionen Gasglühlampen verdanken in Deutschland ihr Licht dem stehenden oder hängenden Bunsenbrenner, die schwersten Panzerplatten und die feinsten Uhrfedern werden mit Bunsenflammen gehärtet, und die feinen Metallfäden der elektrischen Glühlampen verdanken ihr Dasein den Glühöfen mit Bunsenbrennern.

Erwähnt sei hier, daß auch der Auerstrumpf mittelbar auf Bunsen zurückgeht, denn dieser arbeitete zuerst jahrzehntelang über die Chemie der seltenen Erden, des Cers und seiner Begleiter. Sein Schüler und Mitarbeiter Auer von Welsbach machte dann in erfolgreichster Weise die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung der praktischen Beleuchtung nutzbar und schuf durch seine wunderbare Erfindung eine neue Blüte der Gasbeleuchtung, deren Entwicklung heute noch nicht abgeschlossen ist.

Allerdings ist die Anwendbarkeit des umgekehrten Bunsenbrenners in den Hängelampen erst das Ergebnis langer mühsamer Versuche gewesen (Mannesmann in Remscheid), und auch unser vertrauter Laboratoriumsbrenner ist bekanntlich nicht vollkommen und ohne Mängel und tatsächlich, wenigstens für gewisse Zwecke, noch verbesserungsfähig.

Das Steinkohlengas von durchschnittlicher Zusammensetzung³⁾ gebraucht etwa sein 5—6faches Volumen an Luft zur vollständigen Verbrennung zu Wasser und Kohlendioxyd. Lassen wir aus einem Bunsenbrenner reines Leuchtgas in die Luft ausströmen und hier brennen, so erhalten wir die bekannte unruhig flackernde rußhaltige Flamme. Öffnen wir die Luftlöcher ganz, so wird gemäß den Absichten Bunsens durch die saugende Wirkung des aus enger Düse austretenden Gasstromes die zur Entleuchtung notwendige Menge Luft zugeführt (etwa das 2,5fache des Gases), offenbar also um so mehr, je stärker der Gasstrom saugt, d. h. je höher der Gasdruck ist. Die gewöhnlichen Bunsenbrenner sind für den in

²⁾ N. H. Schilling, Handbuch der Steinkohlengas-Beleuchtung, 1879, S. 100.

³⁾ Siehe Anhang.

den meisten eben gelegenen Städten üblichen Gasdruck von 40–50 mm Wassersäule eingerichtet, in unserer Schule, die etwa 100 m höher als das Gaswerk liegt, ist der Druck 80–90 mm und dementsprechend bei ganz geöffneten Luftlöchern die Luftzufuhr verhältnismäßig reichlich, etwa das dreifache Volumen des Gases. Ähnlich liegen die Mischungsverhältnisse beim Mannesmannlicht. (Versuch ohne Strumpf!)

In den allermeisten Fällen, wo wir den Bunsenbrenner zum Heizen gebrauchen, kommt es darauf an, mit gegebener Gasmenge eine möglichst hohe Temperatur zu erreichen. Daß dies beim Auerlicht der Fall ist, leuchtet ohne weiteres ein, wenn man bedenkt, in welcher Weise die Lichtausstrahlung von der Temperatur des Strumpfes abhängt. Das Leuchten des Auergewebes ist nämlich in der Hauptsache ein Temperaturleuchten, d. h. es gehorcht den für die Strahlung des „schwarzen Körpers“⁴⁾ geltenden Gesetzen, wonach die Gesamtstrahlung (vorwiegend Wärmestrahlung) etwa mit der vierten Potenz der absoluten Temperatur zunimmt, während die Lichtstrahlung etwa mit der 12. Potenz ansteigt.

Zur besseren Anschaulichkeit diene Fig. 1 und 2. Fig. 1 stellt nach Lummer die Ver-

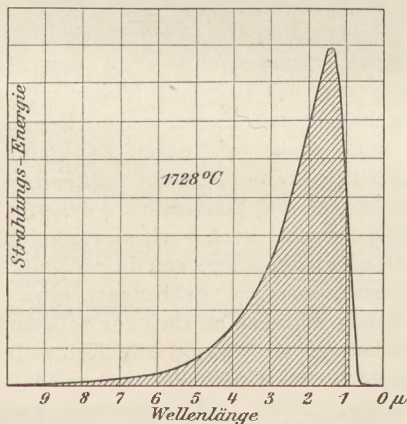


Fig. 1.

teilung der Strahlungsenergie eines schwarzen Körpers bei 1728° C (etwa der Temperatur der Bunsenflamme) dar. Die dunkle Fläche innerhalb der Kurve entspricht der nicht sichtbaren Wärmestrahlung, während der helle Teil zwischen den Wellenlängen $0,4 \mu$ und $0,75 \mu$, für die unser Auge allein empfindlich ist, die Lichtstrahlung darstellt. Wir

⁴⁾ Chwolson, Lehrbuch der Physik 2, S. 203.

sehen, wie wenig Energie als Licht gewonnen wird; das Maximum der Strahlung liegt zwischen den Wellenlängen 1μ und 2μ , also weit im Ultraroten. Mit steigender Temperatur findet nun aber eine beträchtliche Verschiebung dieses Maximums der Strahlungsenergie zu kleineren Wellenlängen nach rechts statt, und zwar nach dem Wienschen Verschiebungsgesetz, das durch Fig. 2 dargestellt

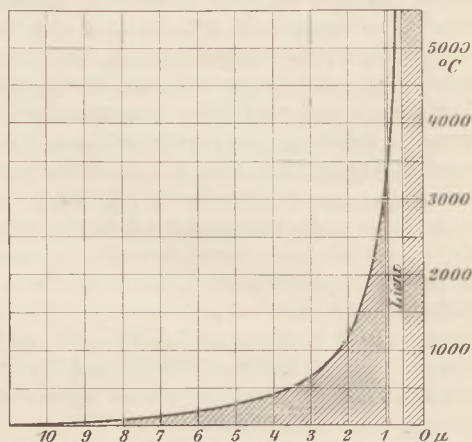


Fig. 2.

wird. Sie sagt uns, daß sich mit der Temperatursteigerung das Maximum der Strahlung immer mehr dem sichtbaren Teil nähert und zwischen 3000–4000° ganz in das sichtbare Gebiet des Spektrums fallen würde.

Damit haben wir die theoretische Begründung des Bestrebens der Lampentechniker, die Temperatur der Bunsenflamme möglichst hoch zu treiben. Die Mittel sind theoretisch, wenn wir von der Verwendung des Sauerstoffs statt Luft absehen, 1. Verkleinerung des Flammenvolumens, 2. Vorwärmung von Gas und Luft. Letzteres geschieht in sinnreicher Weise beim hängenden Gasglühlicht, soll aber hier nicht weiter verfolgt werden. Der erste Zweck kann erzielt werden durch reichliche primäre Luftzufuhr und gute Mischung, wenn möglich, 6 Volumen Luft auf 1 Volumen Gas. Der nächstliegende Gedanke ist also beim Bunsenbrenner unserer Laboratorien: Vergrößerung der Luftlöcher. Jedermann weiß aber, daß das so einfach nicht geht, denn bei mehr als 3 Volumen Luft auf 1 Volumen Gas „schlägt der Brenner durch“. Der Grund ist bekanntlich folgender. Jedes Gasluftgemisch mit mehr als 8 und weniger als 19 Volum.-Proz. Leuchtgas ist explosiv, d. h. findet an einem Punkte Entzündung statt, so schreitet die Verbrennung von selbst durch das ganze Gemisch fort, was wir Explosion

nennen. Die Geschwindigkeit dieser Verbrennungs- oder Explosionswelle ist abhängig vom Mischungsverhältnis⁵⁾, am langsamsten an den oben angegebenen Grenzen, am schnellsten beim „richtigen“ Gemisch 6:1. Bei der luftreichen Bunsenflamme ist der grüne innere Kegel die Explosionswelle⁶⁾, deren Geschwindigkeit abwärts noch eben übertroffen wird von der aufwärts gerichteten Geschwindigkeit des ausströmenden Gemisches. Verschiebt sich das Mischungsverhältnis über 3:1 hinaus, so geht die grüne Farbe der Welle über in hellblau, und die Explosionswelle pflanzt sich schneller fort, als das Gas ausströmt, und steigt im Brennerrohr abwärts.

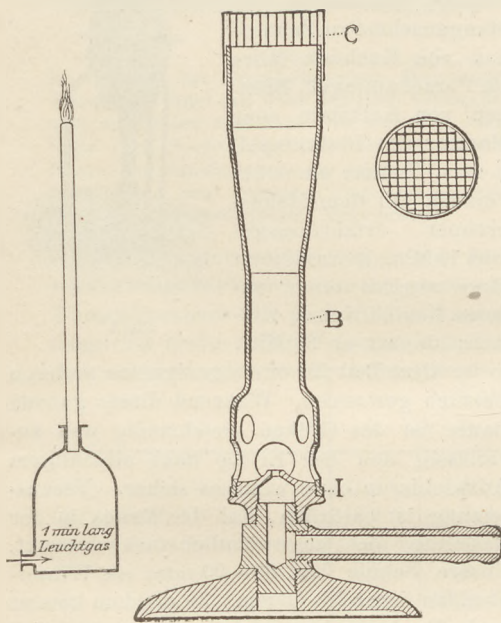


Fig. 3.

Fig. 4.

Dieses Verhalten kann eingehend gezeigt werden an den bekannten Apparaten (vgl. Fig. 3

⁵⁾ Lehrreiche Schülerversuche mit der Explosionsbürette nach Bunte mit verschiedenen Gas-Luft-Gemischen im Dunkeln.

⁶⁾ In ihr findet die unvollkommene Verbrennung des Leuchtgases mit Hilfe der mitgeführten Luft statt, eine Verbrennung von Luft in Leuchtgas. Die Verbrennungsprodukte sind CO_2 , CO , H_2O , H_2 , also ein Gemisch, wie wir es als sogenanntes Wassergas technisch darstellen, nur noch verdünnt durch den Stickstoff der angesaugten Luft. Dieses blaue bis violette Wassergasgemisch diffundiert dann mit der äußeren Luft und verbrennt mit ihr völlig zu CO_2 und H_2O . — Journal für Gasbeleuchtung 1905, S. 1035, und 1909, S. 146. — Diese Zeitschrift 5, S. 118!

und F. Scriba in dieser Zeitschr. XIII, 271.) Die Schwierigkeit des Zurückschlagens kann nun auf zwei Weisen gehoben werden. Zunächst offenbar durch Vergrößerung der Ausströmungsgeschwindigkeit. Dazu ist höherer Druck erforderlich, entweder des Leuchtgases oder der zugeführten Verbrennungsluft. Hierauf beruht die heutige Preßgasbeleuchtung oder meist Preßluftbeleuchtung mit ihren heißen, blendendhellen Hängestrümpfen in Flammen von möglichst kleinem Volumen, mit der man in Berlin, Charlottenburg und anderen Städten durch Lampen von mehreren tausend Hefnerkerzen eine Ökonomie von $0,5 \frac{l}{HK}$ erreicht (gegenüber $2 \frac{l}{HK}$ beim alten stehenden Strumpfe) und mit dem elektrischen Bogenlicht in erfolgreichen Wettbewerb tritt. Wirtschaftlich stehen solche Lampen an der Spitze aller Beleuchtungsarten.

Das zweite Mittel, ohne Erhöhung des Gas- oder Luftdruckes ein Zurückschlagen der luftreichen Bunsenflamme zu verhüten, ist wohl grundsätzlich nicht neu, aber m. W. doch vor kurzem erst von Prof. Meker (Paris) mit gutem Erfolge beim Bunsenbrenner für Laboratoriums- und technischen Gebrauch angewandt worden und besteht in der Anbringung eines Metallnetzes an der Brennermündung. In diesem Mekerbrenner (Fig. 4) ist das Metallnetz ein solides Nickelgitter (Fig. 5). Das Gas erhält durch 8 große Öff-

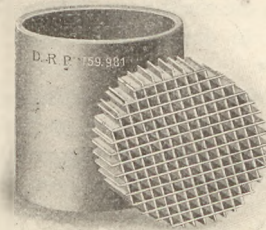


Fig. 5.

nungen das 5–6 fache Volum Luft, und seine Flamme wird durch den kräftigen kalten Nickelkörper am Zurückschlagen gehindert. Eigentlich haben wir so viele enge Bunsenbrenner, wie der Nickelrost Öffnungen hat. Ob und daß die richtige Mischung von Luft und Gas vorhanden ist, sehen wir an den vielen kleinen blauen Kegeln über den Öffnungen des Nickelrostes. Das Geräusch ist sehr gering, viel schwächer als bei der rauschenden gewöhnlichen Bunsenflamme mit grünem Innenkegel. Vermindern wir die untere Luft-

zufuhr, so erhalten wir wieder die eine große grüne kegelige Explosionsflamme. Bei voller Luftzufuhr steigt über der Summe kleiner hübscher blauer Papillen eine sehr homogene und heiße fahlviolette Bunsenflamme empor. Ihre Geschwindigkeit macht sie sehr stetig und fest und wenig empfindlich gegen Luftzug. Fig. 6 zeigt die neue und alte Flamme

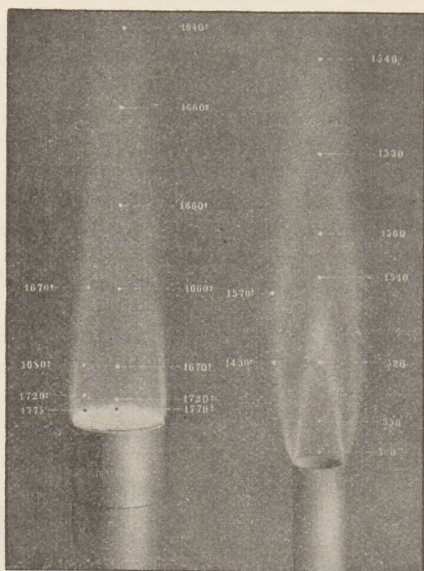


Fig. 6.

nebeneinander mit den thermoelektrisch gemessenen Temperaturen. Wenn diese Art der Temperaturbestimmung hier auch Ergebnisse liefert, die nicht ganz einwandfrei sind⁷⁾, so sind sie in diesem Falle doch jedenfalls vergleichbar.

Ich benutze die Mekerbrenner verschiedener Größe seit einiger Zeit im Laboratorium namentlich bei Schülerübungen anstatt des alten Gebläsetisches (besonders denjenigen von 18 cm Höhe, weniger den Tiegelofen mit Brenner von 25 cm Höhe und Tiegel von 55 mm Durchmesser und 50 mm Höhe, Fig. 7⁸⁾). Meine Erfahrungen sind folgende. Die Benutzung des Gebläsetisches durch Schüler erheischt immer besondere Aufsicht, denn wenn man nicht mehrere Male während ihres Glühversuchs hinter ihnen steht, mißlingt er zu

⁷⁾ Dr. Gehlhoff, Die Strahlungsgesetze. Helios, Fachzeitschrift für Elektrotechnik 1910, Seite 182. Dr. Schmidt, Prüfung der Strahlungsgesetze der Bunsenflamme. Annalen der Physik 1909, Seite 971.

⁸⁾ Bezogen von Ing. P. F. Dujardin & Co in Düsseldorf, Breite Straße 71. Man erbitte sich die lehrreiche Druckschrift über Mekerbrenner.

leicht: die Gasmenge und Hitze reicht nicht, oder die Luft mangelt, und die Flamme rußt, oder bei wüstem Treten wackelt der Tisch, und der Tiegel und sein Inhalt sind gefährdet, oder durch einseitige Erhitzung springt der Tiegel oder dergl. Bei Benutzung des neuen Brenners hingegen kann kaum etwas schief gehen, wenigstens war es mir stets eine Freude, wie glatt und sicher alles gelang, ohne Mühe, ohne stete Anleitung und Hilfe, ohne Zeitverlust, so z. B. Schmelzen und Verdampfen von Zink, Reduktion von Sulfaten durch Kohle, Veraschen von Papier, Darstellung der Manganschmelze, Schmelzen von Kochsalz (alles im Porzellantiegel), Brennen von Kalkstein oder Marmor (im Platintiegel) u. a. m. Dauert ein Glühversuch mit dem Mekerbrenner erfahrungsgemäß 10 Min., so kann man diese sorglos einer anderen Beschäftigung widmen; dauert er 30 Min.,

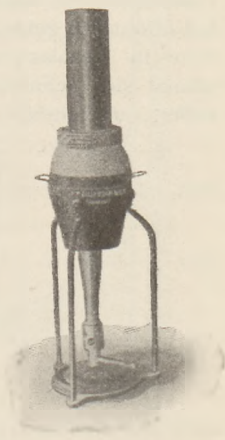


Fig. 7.

so ist diese Zeit für einen geeigneten anderen Versuch gewonnen. Während dieser ganzen Dauer ist das Glühen gleichmäßig und zuverlässig und der Erfolg nach einmaligem Ausprobieren ohne weiteres sicher. (Voraussetzung ist natürlich, daß der Druck in der Gasleitung nicht ungewöhnlich stark schwankt. Unsere Schule hat 80—90 mm, an Winterabenden herab bis 50 mm.) Zu alledem kommt noch die besonders wichtige Tatsache, daß wohl nur wenige Schulen über mehr als einen Gebläsetisch verfügen, sei es des Raum mangels, sei es der Kosten wegen, daß also die angeführten Versuche immer nur von einer Schülergruppe gleichzeitig ausgeführt werden können. Eine Gebläseeinrichtung mit kleinem Fußblasebalg oder mit Wasser-gebläse kostet mindestens 25 M, mit Gebläsetisch etwa 75 M. Ein Mekerbrenner von 18 cm Höhe kostet 9,50 M; für einen Gebläsetisch bekommt man also fast 8 Stück, kann damit also schon Frontübungen machen und spart nach dem Gesagten noch dazu eine Menge Zeit.

Die größeren Mekerbrenner werden auch für Druckluftbetrieb gebaut (Fig. 8). Ich habe mich durch eigene Versuche von ihrer sehr starken Wirkung überzeugt, jedoch haben unsere Schullaboratorien dafür wohl weniger

ein dringendes Bedürfnis als technische Laboratorien und Fabriken.

Zum Erhitzen von Glasgefäßen auf Drahtnetzen u. dergl. sind die Mekerbrenner natür-

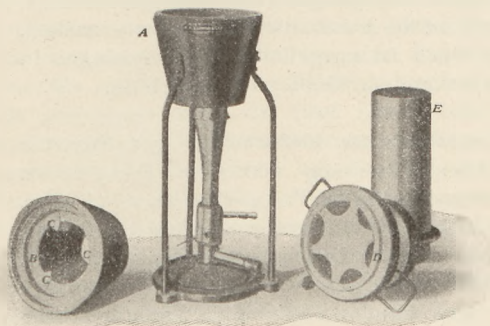


Fig. 8.

In der Mitte der Druckluftbrenner. Das umgebende Eisengestell trägt den links liegenden Schamotte-Einsatz, auf dessen drei Nasen der Porzellan- oder Tontiegel ruht. Rechts liegt der Deckel aus feuerfester Masse, und daneben steht ein Schornstein aus Eisenblech. Fig. 7 zeigt denselben Tiegelofen betriebsfertig mit gewöhnlichem Mekerbrenner.

lich auch zu gebrauchen, haben aber nicht so schwerwiegende Vorzüge vor den gewöhnlichen Bunsenbrennern wie in den Fällen, wo es auf möglichst heiße kleine Flammen ankommt.

Anhang: Durchschnittsanalysen und -Heizwerte des Leuchtgases einiger nieder-rheinischer und westfälischer Städte nach Untersuchungen des Verfassers, zum Teil aus den Vorarbeiten für den Anschluß mehrerer Bergischer Städte an die Gasfernversorgung, die viele Städte des rheinisch-westfälischen Industriegebietes nach Stilllegung ihrer städtischen Gaswerke mit dem Kokereigas der Kohlenzechen bei Hamborn a. Rh., Mülheim a. d. Ruhr, Essen, Gelsenkirchen, Witten versorgt. Ich lasse diese Zahlen hier folgen, weil die Verfasser unserer Schullehrbücher mit vereinzelt Ausnahmen nur spärliche, veraltete und nicht weiter nachgeprüfte Angaben über die Zusammensetzung des Leuchtgases bringen. Liegt doch kaum ein Zweig der angewandten Chemie unseren Schulen im eigentlichsten Sinne des Wortes so nahe wie die Chemie des Leuchtgases oder der Kohlendestillation, von ihrer vielfachen Bedeutung und Fruchtbarkeit für den Experimental-Unterricht gar nicht zu reden. — Die praktisch so wichtige und im Unterricht so dankbare Gasanalyse (im weiteren Sinne⁹⁾ fängt jetzt erst an, in den Universitätslaboratorien besonders gelehrt zu werden¹⁰⁾.

	6 städtische Gaswerke:						Kokereigas für Städtebeleuchtung
	A	B	C	D	E	F	
CO ₂	1,5 %	1,3 %	0,3 %	2,3 %	2,3 %	2,6 %	1,8 %
C ₂ H ₄ , C ₆ H ₆	3,2	3,6	1,8	3,0	2,8	2,4	2,7
O ₂	0,4	1,8	0,7	—	0,5	0,5	0,5
CO	6,7	6,9	6,3	12,0	12,4	14,7	5,2
H ₂	55,1	49,3	58,4	52,5	55,0	52,6	54,0
CH ₄	26,2	27,4	29,0	26,2	21,9	24,3	30,0
N ₂	6,9	9,7	3,5	4,0	5,1	2,9	5,8
Oberer Heizwert	5485	5336	—	5282	5230	—	5200 + 5500 $\frac{WE}{m^3}$

D ist in senkrechten Retorten mit Dampfzuführung erzeugt. E und F enthalten einen Zusatz von Wassergas zum Steinkohlengas, sind sogenanntes Mischgas.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Einführung in die Metaphysik auf Grundlage der Erfahrung. Von Dr. G. Heymans, Prof. an der Universität Groningen. 2. durchgesehene und vermehrte Auflage. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1911. 363 S. M 9,—; geb. M 10,—.

Gelegentlich der 1. Auflage ist in dieser Zeitschr. (18, 114) dargelegt worden, inwiefern dies einen anscheinend fernliegenden

Gegenstand behandelnde Buch doch mit Grundfragen unseres Unterrichtsgebiets zu tun hat. Bilden doch Themata wie „Die Metaphysik und die Naturwissenschaft“, „Der

⁹⁾ Vergl. diese Zeitschrift 4, Seite 251.

¹⁰⁾ Gasanalytische Übungen von Dr. H. Franzen. Leipzig, Veit & Co, 1907. Empfehlenswert!

Erkenntniswert der mechanischen Naturauffassung“, „Der Erkenntniswert der Naturwissenschaft überhaupt“ wichtige Abschnitte in dem Gedankengang dieses Werks, die auch dem Lehrer der Physik Interesse abzugewinnen vermögen. *P.*

Die Sternenwelten und ihre Bewohner. Von Dr. J. Pohle, o. ö. Prof. a. d. Universität Breslau. 6. Aufl. Mit 1 Karte, 4 farbigen und 12 schwarzen Tafeln sowie 60 Abbildungen im Text. Köln, J. P. Bachem, 1910.

Das Buch ist zur ersten Einführung in die Astronomie bestimmt, verfolgt aber zugleich den Zweck, die Frage der Wohnbarkeit der Himmelskörper eingehend zu erörtern. Besonderes Interesse gewinnt dieses Buch dadurch, daß es vom gläubig katholischen Standpunkt geschrieben ist; es ist in kulturhistorischer Hinsicht überaus bemerkenswert, in wie weitherziger Weise sich der Verfasser mit den Traditionen der Kirche auseinanderzusetzen weiß, selbst die Kant-Laplacesche Weltbildungstheorie wird, sofern sie nur wissenschaftlich besser fundiert wäre, mit der Kirchenlehre nicht in unlösbarem Widerspruch gefunden; die Argumente, die bei dieser Gelegenheit vorgebracht werden, haben eine gewisse Ähnlichkeit mit denen der deistischen Aufklärer des 17. Jahrhunderts. Andererseits verleugnet das harte Urteil über Galilei die kirchlichen Traditionen nicht ganz und ist, trotz Herrn W. Meyers ähnlich lautendem Verdikt, mit den neuesten Wohlwillischen Darlegungen nicht gut in Einklang zu bringen. Die Hauptfrage des Buchs, die Wohnbarkeit der Welten, wird bejaht und mit astronomischen wie philosophischen Gründen gestützt. Der eigentlich astronomische Teil bietet eine gut verständliche und leicht lesbare Darstellung unserer Kenntnisse auf diesem Gebiet. *P.*

Physik der Erde. Von M. P. Rudzki, o. Prof. an der Universität Krakau. Mit 60 Abbildungen und 5 Tafeln. 584 S. Leipzig 1911. Chr. Hermann Tauchnitz.

Das Werk ist keine populäre Bearbeitung des Gegenstandes, sondern eine wissenschaftliche Darstellung der darauf bezüglichen Forschungen. Es umfaßt die Untersuchungen über Gestalt der Erde, Dichte und Temperatur des Erdinnern, Seismologie, Deformation, Morphologie des Ozeans, Wellen und Gezeiten, Strömungen, Flüsse, Eis und Gletscher, Eiszeit. Nicht mit aufgenommen sind Erdmagnetismus und Physik der Atmosphäre,

von letzterer urteilt der Verfasser, daß die Zeit für ein Handbuch der Statik und Dynamik der Atmosphäre noch nicht gekommen sei. Auf die mathematischen Theorien ist genauer eingegangen; von besonderem Interesse sind die Abschnitte über Erdbebenwellen. Das Buch ist zu gründlichem Eindringen in das behandelte Gebiet zu empfehlen. *P.*

Taschenbuch für Mathematiker und Physiker.

Unter Mitwirkung zahlreicher Fachgenossen herausgegeben von F. Auerbach und R. Rothe. Mit einem Bildnis Hermann Minkowskis. 2. Jahrgang 1911. Leipzig, B. G. Teubner, 1911. 567 S. Geb. M 7,—.

Den Band eröffnet eine warm geschriebene Skizze des Lebens von H. Minkowski, die namentlich auch auf die Relativitätstheorie näher eingeht. Dieser Theorie ist nachher noch eine genauere Darstellung (S. 282–292) von W. Wien gewidmet. Aus dem reichen Inhalt des Bandes sei besonders noch hervorgehoben ein Abschnitt über Bestimmung der Bahnen von Kometen und Planeten (O. Knopf), ein längeres Kapitel über Radioaktivität (H. Greinacher), über Elektrotechnik (K. Simons). Durchweg tritt das Bestreben der Herausgeber hervor, möglichst Aktuelles zu bieten. Ein Anhang enthält wieder Verzeichnisse von Zeitschriften, Gesellschaftsschriften und neu erschienenen Büchern, eine Totenschau, eine Liste der Hochschullehrer und eine Bezugsquellenliste. *P.*

Lehrbuch der kosmischen Physik. Von Wilhelm Trabert, o. Univ.-Professor und Direktor der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien. Mit 149 Fig. im Text und 1 Tafel. 662 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1911. M 20,—; geb. M. 22,—.

Das alte Ideal Alexander von Humboldts, der Gedanke einer physischen Weltbeschreibung, liegt diesem Werke zugrunde, doch ist es nicht mehr in der ursprünglichen Breite gemeint, sondern beschränkt sich auf eine Darstellung des Weltgeschehens, also auf eine Physik des Kosmos. Aber das Ziel ist das alte Humboldtsche geblieben: der Nachweis, daß die Welt wirklich ein einheitliches Ganze, daß sie ein Kosmos ist. Dieses Ziel gibt auch der Darstellung eine gewisse Einheit und eine Art von Tendenz, die sich namentlich in den astronomischen Abschnitten durch eine Rechtfertigung des Vorzugs der kopernikanischen Weltansicht gegen phänomenologische Anfechtungen zu erkennen gibt

und in dem Satze gipfelt: „Soll eine Wissenschaft vom Kosmos möglich bleiben, dann ist die Wahl des kopernikanischen Standpunkts unabweislich.“ Die um diesen Satz gruppierten Betrachtungen geben dem Buch ein individuelles Gepräge. Zugleich aber bietet es eine übersichtliche Darstellung der Ergebnisse, die auf dem ganzen Gebiet in neuerer Zeit gewonnen sind. In fünf Abschnitten werden behandelt: Erste Orientierung über die Gestalt der Erde und ihre Stellung im Weltall; die Bewegungserscheinungen im Weltall; der Strahlungsvorgang und seine Beeinflussung durch die Atmosphäre; der Energieaustausch und die Energieverwandlungen im Weltall; die Entwicklung des Weltalls. An manchen Stellen wäre ein genaueres Eingehen auf die neuesten Forschungen erwünscht gewesen; so bei den Untersuchungen über die Solarkonstante und bei den neueren Weltbildungstheorien, wo die Darstellung des Verfassers zu sehr in Allgemeinheiten stecken bleibt. Doch wird man über zahlreiche Gegenstände der kosmischen Physik in dem Buch nicht vergebens nach Aufklärung suchen, und insbesondere auch für den Unterricht wird es von Wert sein, über die Anwendung der physikalischen Gesetze auf den Kosmos hier genauere Nachweisungen zu finden. P.

Oberstufe der Naturlehre (Physik nebst Astronomie und mathematischer Geographie). Nach A. Höflers Naturlehre für höhere Lehranstalten des Deutschen Reiches bearbeitet von Dr. Friedrich Poske. 3. verb. und vermehrte Auflage. Mit 494 zum Teil farbigen Abbildungen und 4 Tafeln. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1911. 359 S. M 4,—.

Die vorliegende neue Auflage ist sorgfältig durchgesehen und vielfach ergänzt. Nicht ganz strenge elementarmathematische Ableitungen sind durch strengere ersetzt oder beseitigt. Die Figuren sind besonders um mehrere graphische Darstellungen sowie um die Abbildung einer modernen Hochdruck-Dampfmaschine vermehrt. P.

Beispiele und Übungen aus Elektrizität und Magnetismus. Von Prof. Dr. R. Weber in Neuchâtel. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 1910, VIII u. 330 S. in 8°. Geh. 4,80 M, geb. 5,25 M.

Jeder Lehrer, der den physikalischen Unterricht in den oberen Klassen höherer Lehranstalten erteilt, wird das Bedürfnis empfinden, verwickelte Gesetze an der Hand von Aufgaben den Schülern noch klarer zu machen, als dies durch Versuche geschehen kann, und

die Begriffe einzuüben. Die Aufgaben können in den mathematischen Stunden durchgenommen werden, die dadurch an Wert und Interesse wesentlich gewinnen. Eine besonders große Anzahl von Aufgaben wird man aus der Elektrizitätslehre wählen, weil gerade diese für das praktische Leben von so großer Bedeutung ist. In diesem Sinne dürfte durch das vorliegende Werk wirklich einem Bedürfnisse abgeholfen werden. Die Webersche Sammlung ist sehr reichhaltig; die Anordnung verdient Lob, weil sich die Schwierigkeit der Aufgaben allmählich steigert. An jede Aufgabe schließt sich die Lösung an, die, wenn nötig, mit Erklärungen oder mit einer Begründung verbunden ist. Einige kleine Mängel, die mir aufgefallen sind, will ich nun aber auch erwähnen. In mehreren Abschnitten geht der Verf. wohl etwas zu weit, z. B. bei den Aufgaben über Stromverzweigungen. Das Gebiet ferner, aus dem man die schönsten Aufgaben bilden kann, bei denen auch die Trigonometrie zur Anwendung gelangt, nämlich die Wechselstromtheorie, wird leider ganz übergangen. Die Theorie endlich, die der Verf. in der Antwort einer Aufgabe über den Bleiakкумуляtor entwickelt, ist mir gänzlich unbekannt. Nach dieser soll sich bei der Entladung an beiden Elektroden Pb_3O_4 bilden, und bei der Ladung soll an der positiven Elektrode außer Bleisuperoxyd Bleisulfat entstehen. Überhaupt bedürfen die Aufgaben über Akkumulatoren, besonders diejenigen, in denen das Gewicht vorkommt, einer sorgfältigen Revision. — Im großen ganzen aber verdient die Arbeit des Verf. alle Anerkennung; besonders hat mir gefallen, daß überall mit der Praxis Fühlung gesucht wird. Das Buch kann den Lehrern der Physik vorzügliche Dienste leisten. W. Bernbach-Köln.

Lehrbuch der Physik für höhere Mädchenschulen.

Von E. Grimsehl, Direktor der Oberrealschule auf der Uhlenhorst in Hamburg, unter Mitarbeit von H. Redlich, Lehrerin an der höheren Mädchenschule von E. de Fauquemont in Hamburg. Mit 351 Textfiguren und einer farbigen Tafel. Leipzig und Berlin, Druck und Verlag von B. G. Teubner, 1910. Preis M 2,80. VII und 247 S.

Die Stoffanordnung des Lehrbuches entspricht den preußischen Lehrplänen für höhere Mädchenschulen vom Jahre 1908; dadurch ist eine räumliche Trennung der Mechanik und der Elektrizitätslehre in je zwei Abschnitte begründet. Der Verf. hat bei der Darstellung die erzählende Form gewählt in der Absicht,

die Schülerinnen zu veranlassen, „in dem Buche zu lesen und es nicht nur zum Auswendiglernen einzelner Sätze zu benutzen“. An einigen Stellen des Lehrstoffs sind kleine Aufgaben zur Einübung und Befestigung physikalischer Gesetze eingefügt. Die Darstellung ist klar und geschickt; die äußere Ausstattung des Buches tadellos.

Mathematische Formeln werden nur spärlich gegeben. Der Verf. hätte noch weiter gehen und alle diejenigen Formeln, bei denen er auf den Beweis verzichtet hat, fortlassen können; eine Gleichung für die Bewegungsenergie $E = \frac{mv^2}{2}$ (S. 163) oder für die Zentralbeschleunigung g bei der Kreisbewegung

$$g = \frac{v^2}{r} \quad (\text{S. 169}) \quad \text{oder die Linsenformel} \quad \frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad (\text{S. 96})$$

oder die mathematische Beziehung zwischen dem räumlichen Ausdehnungskoeffizienten und dem linearen (S. 36) haben nur dann irgendwelchen Bildungswert, wenn die Schülerinnen die Herleitung der Formel verstehen.

An Einzelheiten, die verbesserungsbedürftig erscheinen, seien noch folgende erwähnt:

Auf S. 14 bei der Definition der Kraft-einheit: „Die Krafteinheit ist die Kraft, mit der ein Körper von 1 g* Gewicht von der Erde angezogen wird“, muß es anstatt „1 g* Gewicht“ heißen: „die Gramm-Masse (1 g)*“. Bei der Erklärung der Beschleunigung auf S. 11: „Nennen wir die Zunahme des in den einzelnen Sekunden zurückgelegten Weges die Beschleunigung . . .“ hat der Verf. auf Kosten der wissenschaftlichen Strenge eine Konzession gemacht, um den für diese Stufe schwierigen Begriff dem Standpunkt der Schülerinnen anzupassen. Bei der Beziehung zwischen der Stromrichtung in der Drahtspule eines Elektromagneten und der Lage seiner Pole muß ein Hinweis auf die Amperesche Schwimmregel oder die Rechtehandregel erfolgen, da die Schülerinnen sonst nicht einsehen können, warum der Südpol durch einen Zeigerstrom, der Nordpol durch einen Gegenzeigerstrom umflossen wird. Der Satz auf S. 231: „Wenn die Zahl der eine Leiterfläche durchsetzenden magnetischen Kraftlinien vermehrt wird, so entsteht in dem Leiter ein Strom, der für einen in der Kraftlinienrichtung blickenden Beobachter als Gegenzeigerstrom erscheint“, hat zur Voraussetzung, daß an einer vorübergehenden Stelle des Lehrbuchs eine Angabe darüber gemacht worden ist,

daß man magnetische Feldstärken durch „Kraftlinienzahlen“ messen kann; diese Angabe fehlt aber. Eine Beschreibung der verschiedenen Arten Dynamomaschinen (Hauptschluß- und Nebenschlußmaschinen) hat nur dann einen Wert, wenn auf das verschiedene Verhalten derselben beim Angehen und beim Arbeiten eingegangen wird. — Der mittlere räumliche Ausdehnungskoeffizient des Wassers (S. 36) ist nicht 0,00018, sondern 0,000429. Der Satz auf S. 14: „Die Körper setzen der Veränderung ihrer Ruhe oder ihrer Bewegung einen gewissen Widerstand entgegen; dieser Widerstand, das Träge im Körper, heißt die Masse des Körpers“, ist nicht verständlich.

W. Bahrdt-Gr.-Lichterfelde.

Physikalisches Experimentierbuch. I. Teil. Anleitung zum selbständigen Experimentieren für jüngere und mittlere Schüler von Prof. H. Rebenstorff in Dresden. Mit 99 Abbildungen im Text. IV u. 231 S. M 3,—. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1911.

Das vorliegende Büchlein gibt Knaben von 10 bis 16 Jahren in anregender und leicht faßlicher Form Anleitungen, um einfache Experimente aus den verschiedenen Gebieten der Physik planmäßig zu Hause anzustellen; dadurch leitet es den Schüler zu sorgfältigem Beobachten an und lehrt ihn durch eigne, produktive Arbeit das gesetzmäßige Verhalten der Natur erkennen. Die Versuche sind geschickt ausgewählt; sie erregen das Interesse der Schüler und gelingen durchweg bei einiger Handfertigkeit; gute Zeichnungen und eingehende Beschreibungen erleichtern die Herstellung der Versuchsvorrichtungen. Das Büchlein kann aufs wärmste empfohlen werden.

W. Bahrdt-Gr.-Lichterfelde.

Photochemie. Von Dr. phil. Joh. Plotnikow, Privatdozent der Chemie an der Kaiserlichen Universität zu Moskau. Mit 15 Figuren im Text. Halle a. S., Verlag von Wilhelm Knapp, 1910. VIII + 182 S. M 7,50.

Das Buch will das weite Gebiet der Photochemie nicht erschöpfend behandeln, sondern nur einen kurzen Überblick geben und hinweisen auf die vielen noch ungelösten Probleme. Anregend ist es geschrieben; der Beginn ist originell: ein altägyptischer Hymnus an Ammon-Ra, dem sich ein mehr wissenschaftlich gehaltener Páan auf das Licht als Lebensspender anschließt. Der Stoff ist geschickt in drei Abschnitte gegliedert: Licht und chemische Konstitution, Lichtreaktionen, wobei die Photographie eingehend berück-

sichtigt wird, und schließlich Leuchtreaktionen. Überall finden sich interessante historische Exkurse, ebenso Beschreibungen von einfachen und schlagenden Vorlesungsversuchen. — Das Buch kann als interessante Einführung in ein weites und noch kaum zusammenfassend behandeltes Gebiet warm empfohlen werden. Nur sei der Verfasser gebeten, bei einer folgenden Auflage die Orthographie mancher Termini technici von einem auch des Griechischen kundigen Herrn revidieren zu lassen. Worte wie Polimerisation und Metha-Stellung sind direkt ein Hindernis beim Lesen. Auch manche Autornamen bedürfen einer Revision. *W. Roth-Greifswald.*

Themen der physikalischen Chemie. Auf Veranlassung des Vereins Deutscher Ingenieure an der Technischen Hochschule zu Braunschweig gehaltene Vorträge. Von Dr. Emil Baur, Professor an der Technischen Hochschule in Braunschweig. Mit 52 Abbildungen im Text. VI + 113 S. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., 1910. M 4,—.

Das Buch enthält Vorträge aus allen Gebieten der physikalischen Chemie, die Baur an seiner früheren Wirkungsstätte in Braunschweig vor Ingenieuren gehalten hat. Einige Kenntnisse in Mathematik und anorganischer Chemie werden vorausgesetzt. Eine Reihe von ausgezeichneten Vorlesungsversuchen wird mit kurzer Angabe aller erwünschten Einzelheiten beschrieben, so daß das Buch schon deswegen Lehrern, die ihren Chemieunterricht auf einer etwas breiteren, bewährten Grundlage aufbauen wollen, auf das wärmste empfohlen werden kann. Das Buch ist lebendig und frisch geschrieben, mit einer bemerkenswerten Prägnanz des Ausdrucks. Nur ein kleines Bedenken hat der Ref., von ganz unwesentlichen Punkten abgesehen, da, wo der Verf. Vorgänge im Organismus durch Modelle oder Analogien von anorganischen Reaktionen erklären will, z. B. wenn er auf S. 66 nach Ostwald die Nährlösung, in der ein organischer Keim wächst, als übersättigt in bezug auf den Keim auffaßt. Solche Übertragungen und Vergleiche erscheinen dem Ref., so geistreich sie sind, als zu kühn und für nicht ganz kritische Leser gefährlich.

Von den neun Kapiteln des Buches sei namentlich auf die folgenden hingewiesen: 3. Der Hochofen. 4. Aus der anorganischen Großindustrie (Deaconprozeß; Schwefelsäure-Kontaktverfahren; Erzeugung von Salpetersäure usw. aus Luft; Ammoniaksynthese) und

9. Kolloide und Adsorption. Sie sind in ihrer Kürze und Anschaulichkeit meisterhaft und zeigen, was die physikalische Chemie an der Erklärung bekannter Erscheinungen und zur Auffindung neuer Bahnen in der Technik geleistet hat. *W. Roth-Greifswald.*

Einführung in die Chemie. Ein Lehr- und Experimentierbuch von Rudolf Ochs. Mit 218 Figuren und einer Spektraltafel. Berlin, Julius Springer, 1911. 502 S. Geb. M 6,—.

Das Buch soll kein Lehrbuch für Schulen sein, sondern hauptsächlich dem Privatstudium und der privaten Beschäftigung mit Laboratoriumsarbeiten dienen. Es unterscheidet sich von andern Experimentierbüchern dadurch, daß belehrender Text und praktische Anleitung Hand in Hand gehen. Der erste Teil (S. 1—252) behandelt in achtzehn Vorträgen die anorganische Chemie in zusammenhängender systematischer Darstellung, aber frei von aller Trockenheit; vielmehr ist die Schreibweise überaus lebendig, angenehm lesbar und von frischer Begeisterung für die Wissenschaft durchweht. Der Verf. begnügt sich nicht mit populären Auseinandersetzungen, sondern will eine gründliche Belehrung bieten, die auch das Eingehen auf die modernen Theorien, insbesondere die Iontentheorie, sowie die Lehren von der Dissoziation und vom Lösungsdruck nicht scheut. Der zweite Teil (S. 253—485) enthält die Anweisungen für nicht weniger als 582 Versuche, die nach den einzelnen Vorträgen gegliedert sind und den Inhalt nicht nur erläutern, sondern aufs mannigfachste ergänzen. Auch für die Einrichtung eines kleinen Laboratoriums sind praktische Winke gegeben. Den Schluß bilden einige Tabellen, die vielleicht noch vermehrt werden könnten. Auf Einzelheiten, die zu beanstanden wären, wollen wir hier nicht eingehen. Den ausgesprochenen Zweck, die Lust an chemischen Arbeiten anzuregen und zu fördern, wird das Buch sicher erfüllen. *P.*

Stöchiometrie. Grundzüge der Lehre von den chemischen Berechnungen. Mit 59 durchgerechneten Beispielen und 265 Aufgaben. Von Dr. Georg Bornemann, Prof. a. d. Kgl. Gewerbe-Akademie in Chemnitz. Leipzig, F. Hirzel, 1909. 193 S. Geb. M 4,—.

Das Buch behandelt in vier Hauptabschnitten die erfahrungsmäßigen Grundlagen chemischer Berechnungen, die hypothetische Begründung der Gesetze chemischer Verbindungen, ferner die Ausführung chemischer Berechnungen mit Hilfe der Atom- und

Molekulargewichte bzw. Atom- und Molekularvolumen, wobei allenthalben in gründlicher und klarer Weise die entsprechenden Belehrungen aus der physikalischen Chemie angeknüpft werden. Abgesehen von den hierbei exakt durchgerechneten 59 Beispielen, sind zu den Aufgaben 1–157 die „Auflösungen“ in einem besonderen Abschnitt gegeben. Es dürfte sich empfehlen, zu den weiteren „Vermischten Aufgaben“ (Nr. 158 bis 265) entweder die Resultate ebenfalls hinzuzufügen oder bei jeder Aufgabe die frühern anzugeben, auf die sie sich am besten zurückführen läßt. Das Buch ist auch für die Zwecke des chemischen Mittelschulunterrichts gut zu verwerten. *O.*

Agrikulturchemie. Von Dr. P. Krische, Bibliothekar des Kalisyndikats Staßfurt-Leopoldshall. Nr. 314 der Sammlung „Aus Natur und Geisteswelt“. Mit 22 Abbild. Leipzig, B. G. Teubner, 1911. 125 S. Geb. M 1,25.

Im vorliegenden Bändchen sind die wichtigsten Tatsachen der theoretischen und praktischen Agrikulturchemie in geschickter Weise behandelt. Der Wert der anregend geschriebenen Arbeit wird noch bedeutend gehoben durch eine gediegene, 18 Seiten umfassende geschichtliche Übersicht über die Entwicklung der volkswirtschaftlich so eminent wichtigen Wissenschaft. Die originellen Abbildungen tragen viel zur Belebung des Textes bei. Das Buch ist nicht nur für den chemischen, sondern auch für den biologischen Unterricht gut zu verwerten, verdient aber auch allgemeinere warme Empfehlung. *O.*

Praktische Übungen zur Einführung in die Chemie.

Von Dr. A. I. Smith, Prof. d. Chem. a. d. Univ. Chicago. 2. Aufl. Nach der 4. amerikanischen,

von A. Smith und J. Hale überarbeiteten Aufl. ins Deutsche übertragen von Prof. Dr. F. Haber und Dipl.-Ing. F. Hiller. Karlsruhe, G. Braun, 1910. 175 S. Geb. M 3,60.

Das bereits in dieser Zeitschr. (XVII, S. 3 2) eingehend gewürdigte Buch hat in der vorliegenden Ausgabe eine Erweiterung erfahren, so daß es in noch höherem Grade als früher nötig wird, aus dem gebotenen reichen Material eine Auswahl zu treffen, zumal wenn man nicht nur Hochschulverhältnisse, sondern auch die chemischen Schülerübungen der Mittelschule ins Auge faßt. Da übrigens bei dem mit Papier durchschossenen Band die Übersichtlichkeit außerordentlich erschwert wird, wäre es dankenswert, wenn bei der nächsten Auflage des wertvollen Buches die Herren Bearbeiter für ein viel mehr spezialisiertes Inhaltsverzeichnis Sorge tragen würden; das jetzige enthält, auf noch nicht einer ganzen Seite, gar zu knappe Angaben. *O.*

Die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie, elementar dargestellt von W. Ostwald. 5. umgearbeitete Aufl. (8. u. 9. Tausend.) Leipzig, W. Engelmann, 1910. XII u. 233 S.

In der vorliegenden Ausgabe sind hauptsächlich die ersten Kapitel einer Umarbeitung unterzogen worden, insbesondere um die von F. Wald herrührende Auffassung, daß in gewissem Sinne die stöchiometrischen Gesetze sich aus den Methoden zur Herstellung und Kennzeichnung reiner Stoffe ergeben, auch schon in der gegebenen elementaren Darstellung der Analyse zum Ausdruck kommen zu lassen. Da im übrigen das ausgezeichnete Werk bereits mehrfach in dieser Zeitschrift besprochen worden ist, genügt es, auf das Erscheinen der neuen Ausgabe hinzuweisen. *O.*

Mitteilungen aus Werkstätten.

Neuer Wasserzersetzungsapparat mit Scheidewand nach K. Woytaček.

Von EMIL DITTMAR und VIERTH in Hamburg
Spaldingstr. 148.

Der bekannte und heute fast ausschließlich verwendete Apparat nach HOFMANN hat zwei oft empfundene Nachteile. Erstens leistet die verhältnismäßig große, aus technischen Gründen notwendige Entfernung der Elektroden einen großen Widerstand, zweitens ist der zwei- bzw. dreischenkligte Apparat sehr zerbrechlich.

Beide Nachteile sind durch den neuen Apparat beseitigt. Die Scheidewand ermöglicht eine ganz nahe Aneinanderstellung der Elektroden, und die ganze Konstruktion des Apparates schützt diesen ungleich höher gegen Bruch als diejenige des HOFMANNschen Apparates.

Der Apparat besteht, wie nebenstehende Abbildung veranschaulicht, aus einem Rohr mit Scheidewand und ist durch diese in zwei gleiche Hälften geteilt, welche graduiert sind und oben in je einen Glashahn enden. Nahe dem unteren Ende der Röhre sind die



Elektroden so eingeschmolzen, daß sie die Scheidewand fast berühren. Unter den Einschmelzstellen endet die Scheidewand, und etwas unter dieser Stelle mündet das Niveau-Rohr mit Kugel, welches zur Vermeidung der Zerbrechlichkeit ganz an dem Scheidewandrohr anliegt, so daß der Apparat auch mittels einer gewöhnlichen Röhrenklemme in jedes Laboratoriumsstativ eingespannt werden kann.

Der Apparat ist mit einem einfachen, zweckmäßigen Stativ versehen und wird sowohl mit Platin-, als auch mit Kohlenelektroden geliefert. Bei letzteren ist die Röhre unten offen, und die Kohlenelektroden sind mittels eines doppelt durchbohrten Gummistopfens eingesetzt. Preis mit Stativ M 24,—. Modell für Schülereübungen ohne Teilung M 19,50.

**Physikalisches Präzisionsstativ
nach W. Volkmann.**

Von LEPPIN & MASCHE, Berlin SO, Engelufer 17.

Die Firma hat die Sammlung von Stativen und Apparateanteilen, die W. Volkmann 1905 unter dem Titel „Physikalischer Baukasten“ an die Öffentlichkeit gebracht hat, unter Mitwirkung des Autors einer durchgängigen Neubearbeitung unterzogen, um die Mängel des ersten Entwurfs zu beseitigen und die technische Ausführung auf eine möglichst hohe Stufe zu bringen. Der frühere Name ist fallen gelassen worden, da er zu Mißverständnissen Anlaß gab. Um größte Präzision und ein immer gleichmäßiges Fabrikat zu erzielen, sind zahlreiche besondere Werkzeugmaschinen und Fabrikationseinrichtungen beschafft und sorgfältig erprobt worden.

Da mehrere der älteren Formen den Anforderungen an dauernde Erhaltung der Genauigkeit wegen der allmählich eintretenden Abnutzung nicht genügten, so sind nunmehr alle die Formen von Muffen und Klemmeinrichtungen durchaus vermieden, die nur auf eine ganz bestimmte Stabdicke eingerichtet sind. Während früher viele Einrichtungen nur mit den genauen Stabdicken 7, 13, 20 mm verwendbar waren, sind diese Dicken jetzt

nur als obere Grenzen beibehalten, aber es sind auch dünnere Stäbe, etwa bis zur halben Dicke, ebensogut verwendbar. Die Unabhängigkeit von der Stabdicke und von der Abnutzung der Stäbe ist durch eine besondere Form der Ausbohrung der Muffen erreicht.

Von den neuen Klemmenformen sind beistehend drei abgebildet. Die Wand- oder Tischklemme (Fig. 1) besteht aus einer in der

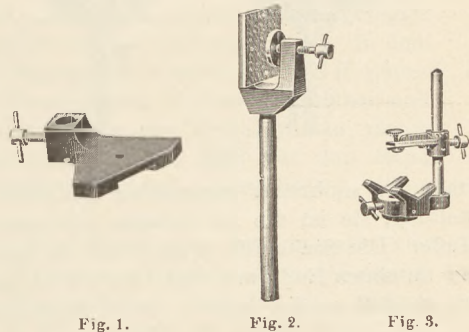


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Mitte durchbohrten dreieckigen Grundplatte, die an einer Ecke mit einer Muffe der neueren Form versehen ist. Zur Befestigung der Klemme an der Wand dient ein eingegipster Drahtdübel und eine in ihn passende Schraube. Am Tischrand macht man die Klemme mit einer gewöhnlichen Schraubzwinde fest; dabei ragt die Muffe derart über den Tischrand, daß die Stäbe nach unten lang vorstehen können. Setzt man auf einen solchen Stab mit Klemmkopf und Nippel eine Tischplatte,

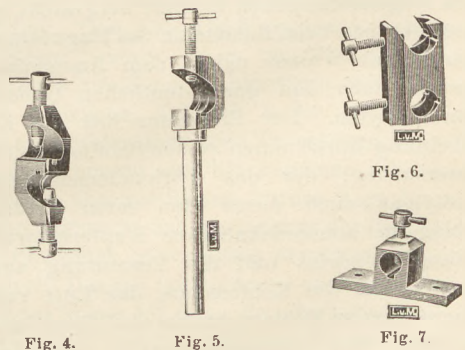


Fig. 4. Fig. 5. Fig. 7.

so hat man einen sehr brauchbaren Stell Tisch. Die Klemme wird in zwei Größen für Stäbe bis 13 und 20 mm Durchmesser angefertigt. Die Parallel- oder Plattenklemme war in der früheren Form nicht widerstandsfähig genug gegen Verbiegung, sie hat nun die in Fig. 2 abgebildete Form erhalten. Die große Klemme (Fig. 3) von 60 mm Spannweite hat keinen Stiel, sondern eine Muffe, mit der sie an einem beliebig langen Stab befestigt werden kann. Ihre Form ist so gewählt, daß die Achse

drehrunder Gegenstände von der Verlängerung der Stabachse getroffen wird. In den Fig. 4—7 sind einige der an den Stativen zur Verwendung kommenden Muffenformen dargestellt. Die Kreuzmuffe (Fig. 4) hält zwei

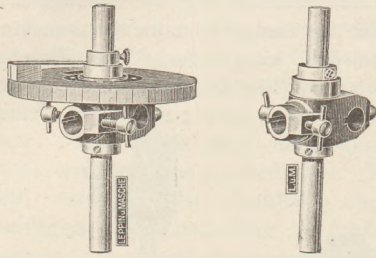


Fig. 8.

Stäbe in senkrecht zueinander gekreuzter Stellung, sie ist die am meisten gebrauchte Muffe. Die Stabmuffe (Fig. 5) ist ein Stab, der an einem Ende mit fester Muffe versehen ist, so daß an ihn andere Stäbe angesetzt

werden können. Die Rohrmuffe (Fig. 6) spannt zwei Stäbe senkrecht zueinander, so daß die Achsen sich schneiden; sie kann sowohl als Parallelmuffe dienen, um zwei Stäbe parallel nebeneinander festzuhalten, wie auch als Verlängerungsmuffe, um einen Stab in axialer Richtung an einen andern anzusetzen. Die Plattenmuffe (Fig. 7) dient zur Befestigung von Skalen, Pappschirmen u. dgl. Die Konusmuffe (Fig. 8) ist auf einen stählernen Konus aufgeschliffen, auf dem sie gedreht und in jeder Stellung festgeklammert werden kann. Sie dient zum Tragen eines Teilkreises. —

Eine vollständige Beschreibung der Sammlung befindet sich in den von der Firma herausgegebenen *Berichten, VIII. Jahrg. 1911, Heft 5 und 6*. Die vorliegenden Neukonstruktionen verdienen unbedingt den Vorzug vor der von anderen Werkstätten noch immer in den Handel gebrachten älteren Form des „Physikalischen Baukastens“.

Korrespondenz.

Entstehung von Azetylen aus der Kohlensäure der Luft. Herr Dr. M. OETTLI (Landerziehungsheim Glarisegg) teilt uns hierüber folgendes mit:

Hat man Magnesiumnitrid nach dem von H. Rebenstorff in dieser Zeitschrift (23, Heft 1) beschriebenen Verfahren durch Verbrennen von Magnesiumspänen in Luft hergestellt, so bemerkt man beim Behandeln des Magnesiumnitrids mit Wasser neben dem Ammoniakgeruch noch den ganz deutlichen Geruch von Azetylen. Der Einsender ließ die Erscheinung durch einen seiner Schüler weiter untersuchen, der das Vorhandensein des Azetylens auch durch den roten Niederschlag in ammoniakalischer Kupferchlorürlösung nachwies und die Vermutung aussprach, daß die Kohlensäure der Luft vom Magnesium zu Kohle reduziert und diese dann in Form von Magnesiumkarbid gebunden worden sei.

Herr H. Rebenstorff schreibt dazu: „Ich habe den Geruch ebenfalls bemerkt und bin auch der Meinung, daß der Kohlenstoff nicht aus den Spänen stammt, da diese mit verdünnten Säuren ein vollkommen geruchloses Gas geben. Ich möchte auch annehmen, daß auf dem erwähnten Wege etwas Karbid entsteht. Ich habe übrigens Anzeichen dafür, daß die sehr geringen Oxydmengen, die auf Magnesiumspänen allmählich entstehen, etwas

Kohlendioxyd enthalten. Ein Leuchten der Flamme ist wohl nicht der Spur von Azetylen, sondern dem reichlich beigemischten Ammoniak zuzuschreiben.

Von Herrn Schulrat K. KRAUS in Wien erhielten wir folgende Zuschrift:

„Im laufenden Jahrgang dieser Zeitschrift, S. 253, hat Herr W. Bahrdt der zweiten Auflage meiner Experimentierkunde eine sehr wohlwollende Besprechung gewidmet, für die ich ihm zu Dank verpflichtet bin. Trotzdem bitte ich, die folgende kurze Entgegnung aufzunehmen.

Herr Bahrdt wendet sich gegen die beiden Versuche über die Darstellung von Kohlenoxyd und Wassergas und behauptet, daß sie, in der beschriebenen Weise angestellt, mißlingen. Durch dieses Urteil könnten viele Lehrer veranlaßt werden, die genannten Versuche gar nicht zu probieren, und das wäre im Interesse des Unterrichts zu bedauern. Die Versuche datieren aus dem Jahre 1905 und wurden seit dieser Zeit von J. Deisinger, dem Urheber der Versuchsanordnung, und vielen anderen anstandslos durchgeführt, so daß ich die Versuchsbeschreibung aus der ersten Auflage der Experimentierkunde von 1906 unverändert in die Neuauflage aufnehmen konnte.“

Herr Oberlehrer Dr. BAURDT erwidert darauf:

„Ich habe die beiden Versuche über Darstellung von Wassergas und Kohlenoxyd erst beanstandet, nachdem ich sie selbst angestellt habe. Meine Gründe sind folgende. Wenn man durch ein glühendes Eisenrohr, in dem sich ein an beiden Seiten durch Eisendrahtknäuel gehaltener Holzkohlepfropfen befindet, Wasserdampf schickt, so entweicht aus der Gasentbindungsröhre Wasserstoff, indem das glühende Eisen dem Wasser den Sauerstoff unter Bildung von Eisenoxyd entzieht. Da Wasserstoff ebenso wie Wassergas mit dunkler Flamme brennt, so ist durch den Versuch nicht der Beweis erbracht, daß sich auch Wassergas gebildet hat. (Soll der Versuch einwandfrei durchgeführt werden, so nehme man statt der Eisenröhre ein schwer schmelzbares Glasrohr von geringer lichter Weite (kleiner als 1 cm); der einige Zentimeter lange Holzkohlepfropfen wird beiderseits durch Asbest gehalten. Eine Umwicklung der Röhre mit Asbestpapier ist überflüssig. Nachdem die Kohle durch einen großen Bunsenbrenner zur hellen Rotglut erhitzt worden ist, schickt man Wasserdampf durch die Röhre. Das nunmehr aus der Gasentbindungsröhre entweichende Gas ist tatsächlich Wassergas.)

Was nun den anderen Versuch, die Darstellung von Kohlenoxyd, betrifft, so fängt man bei der von Herrn Kraus beschriebenen Anordnung ein Gemisch von CO_2 und CO auf; ist der Kohlensäurestrom, der aus einem Kippschen Apparat entweicht, lebhaft, so gelingt es nicht, das Gasgemisch zu entzünden; daher wird z. B. bei der in Heumanns Experimentierbuch (2. Aufl., S. 452) angegebenen Versuchsanordnung zwischen Verbrennungsröhre und Gasentbindungsrohr eine mit Natronkalk gefüllte U-Röhre eingeschaltet, in welcher der größte Teil des unzersetzten Kohlendioxyds zurückgehalten wird. Ich gebe zu, da ich mich durch eigene Versuche davon überzeugt habe, daß der Versuch bei der von Herrn Kraus angegebenen Versuchsanordnung gelingt, wenn man die Gasblasen sehr langsam auffängt. Da dies aber bei Anwendung eines Kippschen Apparats nicht immer sicher gelingt, so benutzte ich bei meinen Versuchen als Gasometer für Kohlensäure eine in Wasser tauchende Bürette, wie ich sie im 23. Jahrgang dieser Zeitschrift, S. 74, bei der Anwendung zu gasvolumetrischen Versuchen beschrieben habe. Anstatt eines Eisenrohres, dessen Verwendung auch bei diesem Versuch wegen des Wasserdampfgehalts der Kohlensäure nicht einwandfrei ist, habe ich eine

dünne, schwer schmelzbare Glasröhre gewählt; auch hier ist ein Asbestmantel überflüssig.“

Zu dem Aufsatz von EHRHARDT über einen „Versuch aus dem Gebiete der magnetischen Kraftlinien“ (Heft 5, S. 271) ersucht uns Herr W. Weiler in Eßlingen mitzuteilen, daß er in dieser Zeitschr. VII (1894) S. 136 bereits einen ähnlichen Versuch beschrieben hat, bei dem statt der Pole eines Hufeisenmagneten ein quer über den Rand des Gefäßes gelegter Stabmagnet zur Anwendung kommt. In dem Buch „Magnetische Kraftfelder“ von H. EBERT ist der Versuch nach WEILER beschrieben und auch der Ersatz des Stabmagneten durch Hufeisenmagnete, die man auf den Rand des Gefäßes legen soll, angegeben.

Berichtigung. In dem Aufsatz von Dr. A. WENDLER „Mikrometerwaage für magnetische Messungen“ — diese Zeitschr., voriges Heft, S. 273 — sind in Figur 2 auf der Scheibe B die beiden Ziffern II und IV zu vertauschen.

Zum Resonanzkreisel. Der von Dr. Losehand in Heft 2 (März 1911) dieser Zeitschrift beschriebene Resonanzkreisel wird in einfacher guter Ausführung zum Preise von M 3,50, in feinerer zum Preise von M 4,50 von Herrn Universitätsmechaniker Schweder in Rostock geliefert.

Von Zeit zu Zeit steht in den Zeitungen ein Artikel: „Die Uhr als Kompaß.“ Jetzt steht dieser Irrtum auch im Märkischen Wanderbuch von Straube, bearbeitet von Dr. GUSTAV ALBRECHT, Teil III, S. 191. Und er ist dort noch weiter getrieben, indem man nun auch „den Kompaß als Uhr“ benutzen soll.

Diesem unausrottbaren Irrtum liegt der Gedanke zugrunde, daß das Azimut der Sonne sich vermeintlich gleichmäßig pro Stunde um 15° ändert. Danach müßte um 3^h nachmittags das Azimut immer 45° sein. Es schwankt aber in Berlin im Winterhalbjahr von 40° bis 52° . Im Sommer zur Zeit der längsten Tage ist es nicht 45° , sondern 67° . Man erhält dann die Süd-Richtung um 22° falsch, d. h. um $\frac{1}{4}$ R., und nach der Straube-Albrechtschen Erweiterung erhalte man die Zeit um $1\frac{1}{2}$ Stunden falsch.

Im hohen Norden wird die Regel richtiger.

Am Äquator dagegen, bei Frühlings- und Herbst-Anfang, steht die Sonne den ganzen Vormittag über genau im Osten, den Nachmittag über im Westen. Die „Regel“ irrt um 90° . —
M. Koppe, Berlin.

Himmelserscheinungen im Dezember 1911 und Januar 1912.

♄ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

		Dezember					Januar						
		4	9	14	19	24	29	3	8	13	18	23	28
♄	AR	18 ^h 8 ^m	18.31	18.45	18.41	18.19	17.51	17.36	17.38	17.53	18.15	18.41	19.10
	D	- 26 ^o	- 25 ^o	- 24 ^o	- 23 ^o	- 21 ^o	- 20 ^o	- 20 ^o	- 21 ^o	- 22 ^o	- 22 ^o	- 23 ^o	- 23 ^o
♀	AR	13 ^h 35 ^m	13.56	14.17	14.39	15. 1	15.24	15.47	16.11	16.36	17. 1	17.27	17.52
	D	- 7 ^o	- 9	- 11	- 13	- 14	- 16	- 17	- 19	- 20	- 21	- 21	- 22
☉	AR	16 ^h 39 ^m	17. 0	17.23	17.45	18. 7	18.29	18.51	19.13	19.35	19.56	20.18	20.38
	D	- 22 ^o	- 23 ^o	- 23 ^o	- 23 ^o	- 23 ^o	- 23 ^o	- 22,9 ^o	- 22,4 ^o	- 21,6 ^o	- 20,8 ^o	- 19,7 ^o	- 18,5 ^o
♂	AR	3 ^h 44 ^m	3.37	3.32	3.29	3.26	3.25	3.26	3.28	3.31	3.35	3.40	3.46
	D	+ 21 ^o	+ 21	+ 21	+ 21	+ 21	+ 21	+ 21	+ 21	+ 21	+ 22	+ 22	+ 22
♃	AR	15 ^h 47 ^m		15.56		16. 4		16.13		16.21		16.29	
	D	- 19 ^o		- 20		- 20		- 20		- 21		- 21	
♄	AR	2 ^h 53 ^m						2.47					
	D	+ 14 ^o						+ 14					
☉	Aufg.	7 ^h 53 ^m	8. 0	8. 5	8. 9	8.12	8.13	8.13	8.12	8. 9	8. 4	7.59	7.52
	Unterg.	15 ^h 46 ^m	15.44	15.44	15.44	15.46	15.50	15.55	16. 1	16. 8	16.16	16.25	16.34
☾	Aufg.	14 ^h 33 ^m	19.24	1. 6	7.27	11. 7	12. 8	14.12	21.29	2.45	8.15	9.55	10.55
	Unterg.	5 ^h 31 ^m	11.40	12.59	14.20	19.14	0.15	7.29	10.42	11.41	14.40	20.48	2. 4
Sternzeit im mittl. Mittg.		16 ^h 48 ^m 35 ^s	17. 8.18	17.28. 1	17.47.43	18. 7.26	18.27. 9	18.46.52	19. 6.35	19.26.17	19.46. 0	20. 5.43	20.25.26
Zeitgl.		- 10 ^m 3 ^s	- 7.58	- 5.40	- 3.14	- 0.44	+ 1.45	+ 4. 9	+ 6.24	+ 8.27	+ 10.15	+ 11.45	+ 12.56

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Wintersanfang am 22. Dezember, 23^h 53^m M.E.Z.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		Dez. 20, 16 ^h 40 ^m Jan. 19, 12 ^h 10 ^m	Dez. 28, 19 ^h 47 ^m Jan. 27, 9 ^h 52 ^m	Dez. 6, 3 ^h 52 ^m Jan. 4, 14 ^h 30 ^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Dezember	unsichtbar	morgens 4 bis 3 ¹ / ₄ Stunden lang sichtbar	abends zuletzt noch 11 ³ / ₄ Stunden lang sichtbar	morgens zuletzt bereits 1 ¹ / ₂ Stunden lang im SO sichtbar	abends 12 ¹ / ₂ bis 10 Stunden lang sichtbar
im Januar	bis gegen Ende des Monats morgens 1 ¹ / ₄ bis 1 ¹ / ₂ Stunde im SO sichtbar	die Sichtbarkeitsdauer sinkt bis auf 1 ³ / ₄ Stunden	die Sichtbarkeitsdauer beträgt zuletzt noch 9 ¹ / ₂ Stunden	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 2 ³ / ₄ Stunden	zuletzt noch 7 ¹ / ₂ Stunden lang sichtbar

Eine **Bedeckung des Mars** durch den Mond findet am Morgen des 5. Dezember statt. Für Berlin verschwindet der Planet um 5 Uhr 35,8 Min. morgens und erscheint am westlichen Mondrande von neuem um 6 Uhr 4,0 Min. M.E.Z.

Der Komet Brooks bewegt sich im November im Bogen durch die Jungfrau nach Süden zu, so daß er am 20. wenig südlich von Spica steht. Am Abendhimmel ist der Komet bereits bald nach Mitte Oktober wegen zu frühen Untergangs unsichtbar geworden.

F. Koerber.

DR. KARL SCHEID

PROFESSOR AN DER II. OBERREALSCHULE
UND REALGYMNASIUM ZU FREIBURG I. B.

VORBEREITUNGSBUCH FÜR DEN EXPERIMENTALUNTERRICHT IN CHEMIE

MIT 233 FIGUREN UND ZAHLREICHEN TABELLEN IM TEXT

[VIII u. 622 S.] gr. 8. 1911. Geh. *M.* 13.—, in Leinwand geb. *M.* 14.—

Aus dem Vorwort.

Unser heutiger chemischer Unterricht bedarf bei seinem wesentlich veränderten Lehrziel, bei seiner zum Teil vollkommen umgestalteten Unterrichtsmethode, bei seinen weit gesteigerten Anforderungen an Lehrer und Schüler auch eines vollkommen neuen Nachschlagewerkes für die experimentelle Technik.

Wohl zusammenhängend mit dem erhöhten Schulbesuch, hat sich der Dienst der Lehrer an allen Schulen gegen früher außerordentlich verschärft, eine Tatsache, die sich vielleicht weniger äußert in vermehrter Stundenzahl, als in der hastenden, nervenzermürenden Kleinarbeit im Unterrichts- und Vorbereitungszimmer. Dazu steht jetzt das Lehrziel unseres chemischen Unterrichts weiter und höher als zuvor. Sammelten frühere Arbeiten der unorganischen Chemie das Material, um gewissermaßen die Verschiedenheiten der Elemente herauszufinden, so ist es die gegenwärtige Aufgabe der Schulchemie, die reich zusammengetragenen Vorräte zu prüfen und die gemeinsamen Kernpunkte herauszuschälen. Damit ist die allgemeine Chemie mehr wie früher in das Arbeitsgebiet der Schule gezogen worden. In zahlreichen

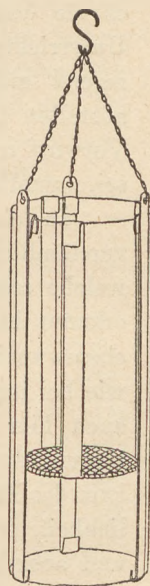


Fig. 152.
Gewichtszunahme
beim Verbrennen
einer Kerze.

Schulen hat ferner die organische Chemie eine Aufnahme gefunden, wo man sie früher nicht kannte. Die bedeutendste Umgestaltung hat die Methodik des chemischen Unterrichts damit erfahren, daß die früher für Lehrer und Schüler freiwilligen Schülerübungen immer mehr in den Mittelpunkt des obligatorischen Unterrichts hineinrücken. Nicht nur der Stellung des Experimentes im Unterricht, sondern vor allem auch der Art desselben haben sich damit ganz neue Gesichtspunkte eröffnet. Alle diese modernen Richtungen und Bestrebungen sind für die gesamte Anlage des „Vorbereitungsbuches“ maßgebend gewesen.

Das vorliegende Handbuch soll dem Lehrer Zeit ersparen bei seiner experimentellen Vorbereitung, sei es für die Versuche des Klassenunterrichtes, sei es bei der Auswahl und Formulierung der Aufgaben für den praktischen Unterricht im Laboratorium. Es setzt keinen Vorlesungsassistenten voraus, welcher die günstigsten Bedingungen für das Gelingen eines Versuches jeweils vor der Unterrichtsstunde ermitteln würde; in den meisten Fällen müßte ja der Lehrer selbst die Arbeit dieses Assistenten leisten! Ebenso verzichtet es von vornherein schon auf die Tätigkeit eines Famulus beim Abräumen und Reinigen der Apparate. Um auf die Anlehnung an irgendein Unterrichtswerk verzichten zu können, handelt es die einzelnen Stoffe systematisch ab; an jeder Stelle jedes beliebigen Unterrichtsganges kann es darum zu Rat gezogen werden. So weit wie irgend möglich, sind die pekuniären Verhältnisse der kleineren Lehranstalten berücksichtigt. Trotzdem aber wird man dem Buch nicht den Vorwurf machen können, daß es nur für ärmliche Verhältnisse geschrieben sei, zumal es aus den Räumen einer sehr reich dotierten Anstalt hervorgeht.

In die vorliegende Sammlung ist neben zahlreichem Neuen selbstverständlich auch manche bewährte Vorschrift wieder aufgenommen worden, welche schon Heumann oder Arendt in ihren Sammlungen als brauchbar erkannt hatten: beim Ausarbeiten chemischer Versuche kann der Einzelne ebensowenig auf die Erfahrungen anderer Experimentatoren verzichten, wie bei irgendeinem anderen Zweig der Naturwissenschaften. Indes wurde auch hier stets den veränderten Unterrichtsverhältnissen Rechnung getragen. Ausschlaggebend für die getroffene Wahl waren neben der Deutlichkeit des Ergebnisses die Rücksichtnahme auf Gefahren jeder Art; die Möglichkeit, den Versuch in kurzer Zeit und ohne Assistenten vorzubereiten und auszuführen; der Kostenpunkt der Apparate; das Reinigen des Apparates nach Gebrauch; der Verbrauch an Glaswaren und Chemikalien, sowie die Verwendbarkeit der Abfallprodukte. Jedenfalls dürfte im vorliegenden Buch kein Versuch beschrieben sein, der nicht schon vom Verfasser oder

von Schülern im fakultativen und obligatorischen Praktikumsunterricht in genau der beschriebenen Weise ausgeführt wurde. Weitaus die meisten Versuche haben in dieser Form schon des öfteren die Probe des Unterrichts erfolgreich bestanden.

Zur Erleichterung der praktischen wie auch theoretischen Vorbereitung des Unterrichts sind in das vorliegende Buch zahlreiche Tabellen und Zahlen aus den verschiedensten Nachschlagewerken aufgenommen. Die Zeichnungen wurden nach den Apparaten der Freiburger Schulsammlung angefertigt. Wo sich das Aussehen eines Apparates oder einer Versuchsanordnung mühelos aus dem Text ergibt, wurde auf eine Zeichnung verzichtet, um nicht den Preis des Buches unnötig zu erhöhen. Ebenso wurden Bilder von Apparaten weggelassen (Kochkolben, Bechergläser, Bunsenbrenner, Lötrohr usw.), welche für den Lehrer als unbedingt bekannt vorausgesetzt werden müssen.

Das Vorbereitungsbuch befaßt sich nur mit der Technik des Experiments. Methodische Winke konnten aber trotzdem zwanglos eingefügt werden und dürften namentlich den jüngeren Kollegen von Nutzen sein. Die gesamte Auswahl der Versuche ist jedoch, wie nochmals betont sein soll, frei von der Methodik irgendeines Schulbuches.

Die Versuche, welche sich für alle Schüler des obligatorischen oder fakultativen Schülerpraktikums als besonders geeignet erwiesen haben, sind durch ●● gekennzeichnet. Nur solche Versuche sind hierbei aufgenommen, welche eine möglichst einfache Apparatur erfordern und bei entsprechender Anleitung vollkommen gefahrlos verlaufen. Sie können meistens als Ausgangspunkt des theoretischen Unterrichts dienen.

Inhaltsübersicht.

	Seite
Allgemeine Einrichtung der Chemieräume.	1—4
Geräte und Arbeiten allgemeiner Art.	4—88
Versuche aus der allgemeinen und physikalischen Chemie	89—146
Spezielle anorganische Chemie.	146—549
Organische Chemie	550—610
Register	611—620
Die Mantissen der Logarithmen für die Zahlen 100—999	621—622

6. Reduktion eines Gasvolumens auf den Normalzustand.

Diese sehr häufig vorkommende Rechenoperation vollzieht sich nach einer Formel, welche durch Einsetzen des nach dem Boyleschen Gesetz erhaltenen Wertes $v = \frac{v_2 \cdot p_2}{p}$ in die Gay-Lussacsche Ausdehnungsformel entsteht. Die zum Rechnen bequemste Form ist $v_0 = v_1 \cdot \frac{273 \cdot p}{760(273 + t)}$, wobei v_1 das bei p mm Druck und t° gemessene Volumen bedeutet. Die rechte Seite dieser Gleichung enthält neben der jeweiligen Versuchszahl v_1 noch einen Faktor, dessen Wert sich innerhalb der Grenzen der Zimmertemperatur und der gewöhnlichen Schwankungen des Barometerstandes in Form einer Tabelle festlegen läßt. Umstehend findet sich eine solche Berechnung, welche aber zur bequemeren Benützung nicht diesen Reduktionsfaktor selbst, sondern dessen Logarithmus enthält. Die Kennziffer ist in allen Fällen -1 ; sie wird indes nicht angeschrieben, da sich die Stellenzahl des fertigen Resultates von selber ergibt. Bei Gebrauch der Tabelle addiert man den Logarithmus der experimentell ermittelten Volumzahl v_1 zu der Zahl der Tabelle und schlägt in der Logarithmentafel den Numerus dieser Summe auf. Eine vierstellige Tafel findet sich am Schluß des Buches. Bei der Messung feuchter Gase berücksichtigt man vorteilhaft auch die Dampfspannung. Die Größe derselben, in mm ausgedrückt, ist ebenfalls aus der Tabelle zu ersehen (die Zahl unmittelbar unter der Temperatur). Bei Gasen, welche längere Zeit mit Wasser in Berührung waren, subtrahiert man den vollen Betrag der Dampfspannung von dem in mm gemessenen Barometerstand; andernfalls nimmt man nur einen Bruchteil, meist die Hälfte.

Beispiel: Es wurden 67,5 ccm feuchter Wasserstoff erhalten, gemessen bei 748 mm und 19° . Da die Dampfspannung bei 19° 16,3 mm beträgt, ist $p = 748 - 16 = 732$ mm. Zu dem Faktor der Tabelle ,9545 ist die Mantisse des Logarithmus von $675 = ,8293$ zu addieren $= ,7838$. Dies ist der Logarithmus zu 6078. Das gemessene Gasvolumen beträgt also im Normalzustand 60,78 ccm.

Die Genauigkeit dieser Umrechnung ist wesentlich größer, als es die Genauigkeit beim Abmessen eines Gasvolumens im Unterricht erfordern würde: das vorstehende Beispiel würde ohne Benützung der Tabelle, lediglich nach der obigen Formel mit 5-stelligen Logarithmen 60,76 ccm ergeben.

Die logarithmische Reduktionstabelle gibt ferner Auskunft über das Litergewicht eines Gases bei jedem Druck und jeder Temperatur im Intervall der Tabelle. Addiert man zu dem der Tabelle entnommenen Reduktionsfaktor den Logarithmus des Litergewichts des Gases im Normalzustand, so erhält man sofort den Logarithmus des Litergewichts des Gases bei der betreffenden Temperatur und Druck mit einer meist hinreichenden Genauigkeit.

Dampf- spannung in mm = 8,0	8°		9°		10°		11°		12°		13°		14°		15°		16°		17°		18°		19°		20°		21°		22°	
	8,0	8,5	9,1	9,8	10,4	11,1	11,9	12,7	13,5	14,4	15,3	16,3	17,4	18,5	19,6															
700	9518	9508	9487	9472	9457	9441	9426	9411	9396	9381	9366	9351	9336	9322	9307															
702	9530	9515	9499	9484	9469	9453	9438	9423	9396	9381	9366	9351	9336	9322	9307															
704	9543	9528	9512	9497	9482	9466	9451	9436	9421	9406	9391	9376	9361	9347	9332															
706	9555	9540	9524	9509	9494	9478	9463	9448	9433	9418	9403	9388	9373	9359	9344															
708	9567	9552	9536	9521	9506	9490	9475	9460	9445	9430	9415	9400	9385	9371	9356															
710	9580	9565	9549	9534	9519	9503	9488	9473	9458	9443	9428	9413	9398	9384	9369															
712	9592	9577	9561	9546	9531	9515	9500	9485	9470	9455	9440	9425	9410	9396	9381															
714	9604	9589	9573	9558	9543	9527	9512	9497	9482	9467	9452	9437	9422	9408	9393															
716	9616	9601	9585	9570	9555	9539	9524	9509	9494	9479	9464	9449	9434	9420	9405															
718	9628	9613	9597	9582	9567	9551	9536	9521	9506	9491	9476	9461	9446	9432	9417															
720	9640	9625	9609	9594	9579	9563	9548	9533	9518	9503	9488	9473	9458	9444	9429															
722	9652	9637	9621	9606	9591	9575	9560	9545	9530	9515	9500	9485	9470	9456	9441															
724	9664	9649	9633	9618	9603	9587	9572	9557	9542	9527	9512	9497	9482	9468	9453															
726	9676	9661	9645	9630	9615	9599	9584	9569	9554	9539	9524	9509	9494	9480	9465															
728	9688	9673	9657	9642	9627	9611	9596	9581	9566	9551	9536	9521	9506	9492	9477															
730	9700	9685	9669	9654	9639	9623	9608	9593	9578	9563	9548	9533	9518	9504	9489															
732	9712	9697	9681	9666	9651	9635	9620	9605	9590	9575	9560	9545	9530	9516	9501															
734	9724	9709	9693	9678	9663	9647	9632	9617	9602	9587	9572	9557	9542	9528	9513															
736	9736	9721	9705	9690	9675	9659	9644	9629	9614	9599	9584	9569	9554	9540	9525															
738	9748	9733	9717	9702	9687	9671	9656	9641	9626	9611	9596	9581	9566	9552	9537															
740	9759	9744	9728	9713	9698	9682	9667	9652	9637	9622	9607	9592	9577	9563	9548															
742	9771	9756	9740	9725	9710	9694	9679	9664	9649	9634	9619	9604	9589	9575	9560															
744	9783	9768	9752	9737	9722	9706	9691	9676	9661	9646	9631	9616	9601	9587	9572															
746	9794	9779	9763	9748	9733	9717	9702	9687	9672	9657	9642	9627	9612	9598	9583															
748	9806	9791	9775	9760	9745	9729	9714	9699	9684	9669	9654	9639	9624	9610	9595															
750	9818	9803	9787	9772	9757	9741	9726	9711	9696	9681	9666	9651	9636	9622	9607															
752	9829	9814	9798	9783	9768	9752	9737	9722	9707	9692	9677	9662	9647	9633	9618															
754	9841	9826	9810	9795	9780	9764	9749	9734	9719	9704	9689	9674	9659	9645	9630															
756	9852	9837	9821	9806	9791	9775	9760	9745	9730	9715	9700	9685	9670	9656	9641															
760	9875	9860	9844	9829	9814	9798	9783	9768	9753	9738	9723	9708	9693	9679	9664															
762	9887	9872	9856	9841	9826	9811	9796	9781	9766	9751	9736	9721	9706	9692	9677															
764	9898	9883	9867	9852	9837	9822	9807	9792	9777	9762	9747	9732	9717	9702	9687															
766	9909	9894	9878	9863	9848	9833	9818	9803	9788	9773	9758	9743	9728	9713	9698															
768	9921	9906	9890	9875	9860	9845	9830	9815	9800	9785	9770	9755	9740	9725	9710															
770	9932	9917	9901	9886	9871	9856	9841	9826	9811	9796	9781	9766	9751	9736	9721															
772	9943	9928	9912	9897	9882	9866	9851	9836	9821	9806	9791	9776	9761	9747	9732															

13. Photochemische Prozesse.

Eine Zusammenstellung derselben gibt Lüpke in P. 5. 64f. Als Lichtquelle dient, soweit möglich, das direkte Sonnenlicht. Geeignet ist ferner eine Schwefelkohlenstofflampe der bei Stickoxyd (s. d.) abgebildeten Art, welche Stickoxydgas zugeführt erhält. Letzteres Gas bezieht man dann aus einem großen Glasgasometer, welcher am einfachsten aus einer großen Flasche mit doppelt durchbohrtem Stopfen, Trichter und Gasableitungsrohr hergestellt wird. Bequemer als die Schwefelkohlenstofflampe ist Magnesiumlicht. Man gewinnt dasselbe mit Hilfe einer der in photographischen Handlungen käuflichen Lampen.

● ● Die Veränderungen des Chlorsilbers zeigt man mit dem bei Chlorsilber beschriebenen selbstgefertigten Albuminpapier. Auch empfiehlt

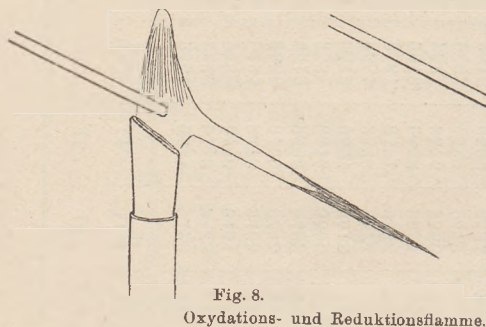


Fig. 8.

Oxydations- und Reduktionsflamme.

Lüpke, ein Zeichenpapier mit einer Kochsalzlösung zu bestreichen, auf einem Reißbrett aufgespannt trocknen zu lassen und darnach 1—2 Minuten auf eine 5% Silbernitratlösung zu legen. Wenn dann das Papier wieder unter Lichtabschluß getrocknet ist, so wird es für die Versuche verwendet.

Fig. 9.

Man legt eine aus schwarzem Papier ausgeschnittene Schablone darauf, z. B. einen Stern, oder man preßt eine Baumwollspitze mit Hilfe eines Kopierrahmens fest darauf. Wenn man 5 Minuten in der Sonne beleuchtet hat, ist die Zeichnung deutlich hell auf dunklem Hintergrund zu sehen.

● ● In einem Probierglas mischt man gleiche Teile einer 5% Lösung von Quecksilberchlorid mit einer 4% von kleeurem Ammoniak und stellt es in die Sonne, worauf schon nach 1 Minute eine Abscheidung von Quecksilberchlorür sichtbar wird.

● ● Man bestreicht im Dunklen starkes Zeichenpapier mit einem Schwämmchen möglichst gleichmäßig mit einer wässrigen Lösung von 2 g Ammoniumferricitrat (grünes Salz) in 10 ccm Wasser und läßt aufgespannt trocknen. Dann belichtet man unter einer Schablone 3 Minuten im Sonnenlicht oder 1 Minute bei Magnesiumbeleuchtung. Auf gelbem Grund erscheint ein bräunliches Bild; dasselbe wird aber sofort blau, wenn man es in einer photographischen Schale mit 10 ccm einer 10% Lösung von Kaliumferricyanid badet. Das nichtbelichtete, noch unveränderte Ferrisalz entfernt man durch Eintauchen in 5% Salzsäure.

● ● Dieser Versuch läßt sich auch so ausführen, daß man die Lösungen des Ammoniumferricitrats und Kaliumferricyanids im Dunkeln oder bei rotem Licht mischt und auf Papier streicht. Man exponiert dann wie vorhin und fixiert durch Auswaschen mit Salzsäure.

● ● Eine Lösung von 2 g Ammoniumdichromat in 10 ccm Wasser streicht man im Dunkeln auf Zeichenpapier und läßt trocknen. Dann belichtet man unter einer Schablone während 3—4 Minuten oder setzt 1—2 Minuten dem Magnesiumlicht aus. Hierauf wird ausgewaschen, wodurch ein schwach braunes Bild auf weißem Grund entsteht. Taucht man dasselbe in Silbernitrat, so wird es tief braunrot; ebenso kann man es einige Minuten in einen warmen Blauholzauszug legen, danach mit einer schwachen Chlorkalklösung baden, wodurch die Zeichnung schwarzbraun wird.

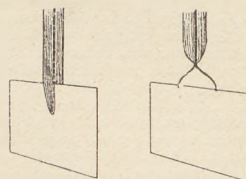


Fig. 122.
Befestigung von Platin-
elektroden.

Weitere typische photochemische Prozesse sind das Dunkelwerden von Kupferchlorür (s. d.) und die bei Kleesäure beschriebene Zersetzung des Ferrioxalats.

● ● Über die Bedeutung dieses Zeichens ist Näheres im Vorwort gesagt (s. S. 3 dieses Prospektes).



BESTELL-ZETTEL

Bei

Buchhandlung in

bestellt der Unterzeichnete aus dem Verlage von B. G. Teubner in Leipzig,
Poststraße 3 — fest — zur Ansicht:

**Karl Scheid, Vorbereitungsbuch für den Experimentalunter-
richt in Chemie. Geh. M. 13.—, in Leinwand geb. M. 14.—**

Ferner:

Ort und Wohnung:

Unterschrift:

Das Nichtgewünschte bitte gefl. durchzustreichen.

Praktischer Unterricht in Chemie.

Zum Gebrauch für das Laboratorium herausgegeben von Prof. Dr. Karl Scheid. [VI u. 79 S.]

gr. 8. 1906. Kart. M. 1.40.

Das Anschauen chemischer Vorgänge genügt nicht, in das Verständnis der Chemie einzuführen; nur was der Schüler selbst probiert hat, das hat er auch wirklich verstanden. Je mehr also beim Klassenunterricht die Selbsttätigkeit des Schülers in Anspruch genommen wird, desto förderlicher gestaltet sich der Unterricht. Die Versuche, die sonst der Lehrer zeigt, werden nach dem vorliegenden Plan vom Schüler selbst ausgeführt. Der „Kampf mit dem Objekt“ würde natürlich auf der Mittelschule noch viel gebietlicher als beim Universitätsstudium eine Anzahl Assistenten notwendig machen, die dem Lehrer helfen müßten im Übermitteln einer gewissen Handfertigkeit. Diese Assistenten, die wohl nirgends zur Verfügung stehen, soll der vorliegende Leitfaden ersetzen.

„... Ein Hilfsbuch für den Unterricht, das den Assistenten (nicht den Lehrer!) ersetzen soll. 166 Aufgaben sind eingehend besprochen, natürlich die meisten qualitativer Art und Wiederholungen von Unterrichtsversuchen, doch sind auch die Aufgaben, die auf Messung hinauslaufen, genügend berücksichtigt. Überall finden sich genaue Angaben der für den Versuch erforderlichen Gegenstände und der Stoffmengen; auch das feste Inventar eines jeden Arbeitsplatzes ist angeführt. Das Buch ist nicht nur für Schülerarbeiten, sondern auch als Übungsbuch für den Gebrauch des jungen Lehrers empfehlenswert.“ (Pädagogische Blätter für Lehrerbildung.)

Chemisches Experimentierbuch für Knaben.

Von Prof. Dr. Karl Scheid. In 2 Teilen. I. Teil. 2. Auflage. Mit

79 Abbildungen. [VIII u. 209 S.] In Leinw. geb. M. 3.20. [II. Teil: Oberstufe in Vorbereitung.]

Nicht ein eigentliches Lehrbuch, sondern ein Spielbuch im besten Sinne des Wortes für Reiche und Arme ist dieses Buch. Es ist eine Anleitung, auf dem Wege fröhlicher Selbstbeschäftigung eine Anzahl der wichtigsten Vorgänge aus dem täglichen Leben zu untersuchen und damit die Grundgesetze der chemischen Wissenschaft zu erproben. Die eigene Arbeit, welche der Schüler hier freiwillig leistet, fördert sein Wissen und das Verständnis für Naturvorgänge in hohem Grad und kommt ihm so für das ganze Leben zu gut. Die für seine Versuche notwendigen Gerätschaften und Chemikalien darf der Verfasser als in den meisten Haushaltungen vorhanden voraussetzen.

„... Die glückliche Vereinigung von Schulmann und Chemiker in der Person des Verfassers gibt dem Buche sein Gepräge und seinen didaktischen Wert. Nicht nur, daß der Verfasser als erfahrener Pädagoge den Stoff sorgfältig sichtet und ordnet und ihm in der für die Jugend einzig richtigen Form der gemeinverständlichen, aber keineswegs unwissenschaftlichen Darstellung behandelt, auch als geübter Chemiker beherrscht er die Kunst des Experimentierens, welche selbst mit den einfachsten Mitteln die Geheimnisse der Natur zu ergründen und dadurch zu fesseln und zu überzeugen versteht.“ (Monatsschr. f. höh. Schulen.)

Lehrbuch der anorganischen Chemie

nebst einer Einleitung in die organische Chemie. Zum Gebrauch an höheren Lehranstalten. Von Prof. Dr. Paul Brauer. Mit 142 Abbildungen im Text und einer Tafel. [XIII u. 270 S.]

gr. 8. 1905. In Leinwand geb. M. 3.—

„... Ein recht eigenartiges Buch liegt hier vor. Der Stoff ist systematisch angeordnet, aber methodisch behandelt. Ähnliche Elemente sind in bezug auf Übereinstimmung und Unterschiede in ihren charakteristischen Eigenschaften zusammengefaßt; hierbei ist den preußischen Lehrplänen entsprechend auch auf die qualitative Analyse Rücksicht genommen. Aus der Technologie und Physiologie ist nur das Wichtigste aufgenommen. Dafür sind an passender Stelle die Methoden zur Bestimmung der Atom- und Molekulargewichte, ferner die Spektralanalyse und vor allem reichhaltige Abschnitte der Elektrochemie eingefügt. Zahlreiche Übungsaufgaben, die sich auch für das chemische Praktikum gut eignen, schließen sich den einzelnen Abschnitten an. Im Ganzen steht das Buch durchaus auf moderner Grundlage; die von ihm vertretene Richtung wird sich hoffentlich bald genug einbürgern. Zahlreiche Versuchsarrangierungen sind neu und z. T. recht hübsch. Sicher wird das Buch jedem Lehrer eine Fülle von Anregungen bringen; seine Einführung ist empfehlenswert.“ (Süddeutsche Schulblätter.)

Leitfaden für die chemischen Schülerübungen

zur praktischen Einführung in die Chemie. Von Prof.

Dr. Emil Löwenhardt. Mit Abbildungen. [X u. 127 S.] gr. 8. 1909. Geh. M. 1.80, in Leinw. geb. M. 2.40.

Aus dem Vorwort: „Soll der Schüler völlig unbefangenen beobachten, so muß zuerst ihm selbst das Objekt in die Hand gegeben werden, ganz abgesehen davon, daß sich auf diese Weise auch Einzelheiten dem Gedächtnis viel besser einprägen als durch die Demonstration des Lehrers.“

„... Der Referent steht nicht an, den Löwenhardtschen Leitfaden als ein ganz ausgezeichnetes Hilfsmittel für den praktischen chemischen Unterricht zu bezeichnen und seine Einführung an den höheren Schulen warm zu empfehlen.“ (Jahresbericht über das höhere Schulwesen.)

„... ein Vergnügen, ein Werkzeug anzuzeigen zu können, das alle unsere zeitgemäßen Forderungen erfüllt, und das in dieser Hinsicht wohl das modernste genannt werden kann.“

(Dr. Bastian Schmid in den Monatsheften f. d. mathem. u. naturwissensch. Unterricht.)

Physikalisch-chemische Praktikumsaufgaben

Von Prof. Dr. Gottfried Kümmler. Mit 24 Figuren. [VII u. 71 S.]

gr. 8. 1910. Geh. M. 1.60, in Leinw. geb. M. 2.—

Das Werkzeug ist in erster Linie für den Chemiker bestimmt, der sich einen Überblick über die physikalisch-chemischen Arbeitsmethoden verschaffen will. Es ist deshalb kurz gefaßt worden, da es nur die wichtigsten Aufgaben enthalten durfte. Außerdem schien es für diesen Zweck angebracht, wo möglich, jeder Aufgabe eine kurze theoretische Erklärung vorauszusenden, um den Praktikanten diejenige Lehren der physikalischen Chemie ins Gedächtnis zurückzurufen, die auf den vorliegenden Fall Anwendung finden. Der Vollständigkeit halber war es nicht zu vermeiden, daß viele Aufgaben in dem Werkzeugen enthalten sind, die sich auch in anderen, umfangreicheren Leitfäden des physikalischen oder physikalisch-chemischen Praktikums vorfinden; der Verfasser ist in diesen Fällen bemüht gewesen, wozu möglich der Aufgabe neue Gesichtspunkte abzugewinnen. Daneben wird man aber auch manche Aufgaben finden, die trotz ihrer Bedeutung für die physikalische Chemie bisher in dieser Literatur keine Behandlung erfahren haben.