

Mechanische Hilfsvorstellungen für die Vorgänge bei elektrischen Wellen unter besonderer Berücksichtigung der in der drahtlosen Telegraphie verwendeten Schwingungsvorgänge.

Von  
Dr.-Ing. Arthur Scherbius in Berlin.

Die Begriffsbildung bei den elektrischen Vorgängen im allgemeinen und besonders bei denen der elektrischen Wellen begegnet bei dem Anfänger und Laien der Schwierigkeit der schlechten Vorstellbarkeit. Während der Physiker über die Anziehung der Körper durch die Erde weit weniger Einzelheiten kennt als bei den elektrischen Vorgängen, bringt ihnen der Laie weit mehr Verständnis entgegen, da er sie durch die Erfahrung als etwas Selbstverständliches betrachtet. Die elektrischen Vorgänge an Hand mechanischer, der täglichen Erfahrungswelt entnommener Vorstellungen dem Laien näher zu bringen, ist der Zweck der folgenden Betrachtungen. Derartige Hilfsvorstellungen leiden immer an dem Mangel, daß sie sich mit den wirklichen Verhältnissen nicht vollkommen decken. Vor solchen Anfängern, die später tiefer in die Materie der wirklichen Vorgänge einzudringen haben, ist daher bei der Besprechung der Hilfsvorstellungen, wenn sie überhaupt zur Veranschaulichung herangezogen werden, auf die Unterschiede mit besonderem Nachdruck aufmerksam zu machen. Der verwendete Vergleich der Selbstinduktion mit der Wasserträchtigkeit dürfte indessen mit Rücksicht auf die neueren Forschungen über die Elektronenverschiebung ein begriffliches Plus bedeuten, wenn auch andererseits hierin gerade der Hauptmangel des Vergleiches besteht, da die Entstehung des magnetischen Feldes um den elektrischen Stromleiter und die in üblicher Weise durch die magnetischen Kraftlinien beschriebenen (nota bene nicht erklärten) Vorgänge der magnetischen Selbst- und gegenseitigen Induktion, vor allem der Entstehung eines Stromes durch Wegnehmen eines magnetischen Feldes, dem Vorstellungsvermögen nicht näher gebracht werden, und da die wirklichen elektrischen Erscheinungen hierin von denen des mechanischen Modells abweichen. Außer den Erscheinungen der gegenseitigen Induktion, die sich leicht zusätzlich beschreiben lassen, decken sich die Vorgänge in den zu beschreibenden Hilfsapparaten aber vollkommen mit den Erscheinungen, die für die drahtlose Telegraphie in Frage kommen. Diese Apparate können daher im Unterricht wertvolle Dienste leisten.

Auf Grund von Experimenten auf dem Gebiete der Elektrolyse und der elektrischen Strahlung in Glasröhren, aus denen die Gase zum größten Teil, bis auf  $1/100\,000$  des Atmosphärendruckes, ausgepumpt sind, und anderer Versuche ist man heute geneigt, die elektrischen Vorgänge als Verschiebungen von Elektronen, der kleinsten elektrischen Masse, aufzufassen. Die Elektronen werden bekanntlich durch elektrische Kräfte an den Atomkernen festgehalten, so daß eine Abspaltung nicht ohne weiteres eintreten kann. Besonders energisch sind die Kräfte, die sich der Elektronenverschiebung widersetzen, in den Isolatoren, wogegen in den elektrischen guten Leitern (Metalle und Kohle) die Weitergabe der Elektronen von einem zum anderen Atom bei wesentlich geringeren elektrischen Drucken (Spannungen) erfolgt.

Da die Elektronen an den Atomen selbst haften, so ist es erklärlich, daß die Gase trotz der leichten Verschiebbarkeit der einzelnen Atome gegeneinander doch der Ab-spaltung der Elektronen selbst große Widerstände entgegensetzen können und sehr wirksame Isolatoren sind.

Das Fließen eines elektrischen Stromes in einem Draht ist demnach als die Wanderung von Elektronen aufzufassen, wobei der Strom immer nur dem Draht folgt; wie das Wasser in einem Rohr durch die Rohrwandung am Austreten gehindert wird, ebenso hindert der den Draht umgehende Isolator, z. B. Luft oder Gutapercha, die Elektronen am Austreten. Ein elektrischer Leiter ist demnach mit einem mit Wasser angefüllten Rohr zu vergleichen. Tritt an den Enden eines Wasserrohres eine Druckdifferenz auf, die man dadurch erzeugen kann, daß man das eine Ende des Rohres z. B. an eine Wasserleitung anschließt, während das andere Ende offen ist, so treibt der Wasserleitungsdruck das im Rohr befindliche Wasser vor sich her, es fließt in dem Rohr ein Wasserstrom. Ebenso ist es im elektrischen Leiter: Tritt an den Enden eines Leiters eine elektrische Druckdifferenz auf, die man elektrische Spannung nennt, so fließt in dem Leiter ein elektrischer Strom. Ebenso wie man nun bei der Wasserleitung den Hahn schließen kann, so daß trotz des Wasserdruckes in der Leitung kein Wasser austritt, so kann z. B. an den Zuleitungsdrähten einer Lichtleitung oder an den Klemmen eines Elementes dauernd eine Spannung herrschen, ohne daß Strom fließt und ohne daß Energie verbraucht wird. Bei der Lichtleitung wird das Fließen des Stromes im Faden der Glühlampen oder in der Bogenlampe durch einen Schalter verhindert oder bewirkt, der den metallischen Kontakt unterbricht oder schließt. Da die Luft selbst schon das Ausfließen der Elektrizität aus dem Draht verhindert, so ist die elektrische Unterbrechung einfacher als die beim Wasserrohr, denn bei diesem würde eine einfache Trennung das Ausfließen des Wassers in die Luft bewirken. Beim Wasser müßte man also Hähne zur Verhinderung des Fließens eines Wasserstromes anbringen. Der Wasserstrom ist die in jeder Sekunde durch das Rohr fließende Wassermenge; ebenso der elektrische Strom die in jeder Sekunde durch den Draht fließende Elektrizitätsmenge, also die Anzahl der Elektronen. Die Anzahl der Elektronen, die pro Sekunde durch einen Draht fließt, der z. B. eine Stromstärke von 1 Amp. führt, hat man berechnet, sie ist ungeheuer groß.

Bei den meisten technischen Verwendungen der elektrischen Vorgänge handelt es sich darum, Arbeit von einer Stelle auf eine andere zu übertragen. Man muß sich also zunächst darüber klar werden, in welcher Weise eine Energieübertragung zustande kommt.

Wir betrachten zunächst die Energieübertragung mittelst Gleichstrom. In der Fig. 1b stellt  $d$  eine Gleichstrom-Dynamo und  $m$  einen Gleichstrommotor dar.

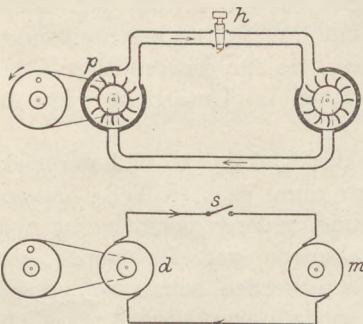


Fig. 1a und 1b.

Ohne auf die Wirkungen dieser Maschinen im einzelnen einzugehen, läßt sich die Arbeitsübertragung durch Gleichstrom an Hand des Vergleiches mit der Arbeitsübertragung durch Wasser betrachten. Wird die Zentrifugalpumpe  $p$  (Fig. 1a) in Rotation versetzt, so sucht das Wasser, das durch die Schaufeln auch in eine umlaufende Bewegung versetzt wird, wegen der Zentrifugalkraft nach außen zu fließen, wird aber daran durch die Wandung gehindert. Solange der Hahn  $h$  geschlossen ist, kann es auch durch das Rohr nicht wegfließen. Dagegen übt es auf das Wasser in dem Rohr einen gewissen Druck aus, der sich bis zu dem Hahn fortsetzt.

Ebenso ist es bei der Gleichstromdynamo. Wird dieselbe gedreht, so erzeugt sie den elektrischen Druck, die Spannung. Solange der Schalter geöffnet ist, tritt an den beiden

Schalterklemmen eine Spannung auf. Ein Strom fließt dagegen nicht. Arbeit wird auch nicht übertragen. Öffnet man den Hahn *h*, so gibt das Wasser dem Druck gewissermaßen nach, es fließt in die Turbine *t* und bringt das Rad zum Laufen. Während sich die Zentrifugalpumpe bei geschlossenem Hahn leicht drehen ließ, da es immer dasselbe Wasser war, was einfach mit den Schaufeln mitlief, so ist die Pumpe nach geöffnetem Hahn viel schwerer zu drehen, da nunmehr in der Mitte des Schaufelrades immer neue Wasserteilchen ankommen, die beim Fließen an den Umfang des Rades von den Schaufeln neu in Schwung zu setzen sind und dieser Beschleunigung vermöge ihrer Trägheit einen erhöhten Widerstand entgegensetzen. Schließt man entsprechend den Schalter in der Gleichstromleitung, so fließt der elektrische Strom in der Leitung im Kreislauf. Der Motor *m* fängt an zu laufen und auch die Dynamo *d* setzt ihrer Drehung einen erhöhten Widerstand entgegen.

Wir haben es hier mit Gleichstrom zu tun, da der Strom in diesem geschlossenen Stromkreis dauernd in gleicher Richtung fließt. Bei dem Wasserstrom könnten wir die Stromstärke dadurch messen, daß wir das Wasser irgendwo aus dem Rohr austreten lassen, eine Sekunde lang einem Eimer zuführen und dann die Literzahl messen, die in dieser Sekunde ausgeflossen ist. Dann kann man sagen, die Wasserförderung, d. h. der Wasserstrom beträgt so und so viel Liter pro Sekunde. Diese Art der Messung würde beim elektrischen Strom Schwierigkeiten bereiten.

Setzt man sich das Ziel, durch eine Wasserleitung Arbeit zu übertragen, so ist dies noch auf eine andere Weise möglich, nämlich durch eine Anordnung, wie sie in Fig. 2a dargestellt ist. *p* und *k* seien gleiche Kolben in Zylindern. Schiebt man nun den Kolben *p* hin und her, so wird gleichzeitig auch der Kolben bei *k* verschoben und man könnte mit dem Kolben *k* Arbeit leisten z. B. ein Sägegatter betreiben, oder mit einem Kurbelgetriebe ein Rad (wie bei der Dampfmaschine) in Bewegung setzen. Die Übertragung von Arbeit ist auch bei diesem Getriebe erst möglich, wenn der Hahn *h* geöffnet ist. Ist der Hahn geschlossen, so kann man zwar mit Hilfe des Kolbens das Wasser vollkommen unter Druck setzen, aber ein Strom fließt nicht, und Arbeit wird nicht geleistet. Diese Übertragung kann man mit der Arbeitsübertragung durch Wechselstrom vergleichen. Auch bei dieser fließt der Strom, nachdem der Schalter geschlossen ist, in dauernd wechselnder Richtung und überträgt Arbeit.

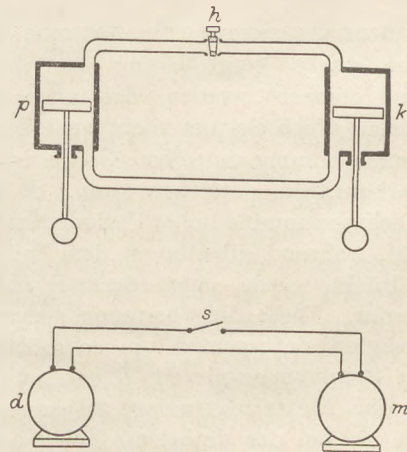


Fig. 2a und 2b.

Nun haben wir uns noch mit den Vorgängen in der Leitung zu beschäftigen und werden erkennen, daß diese für die Gleich- und für die Wechselstromübertragung verschieden sind. Bei der Übertragung mit Gleichstrom wird nicht die ganze Energie, die von der Zentrifugalpumpe geliefert wird, an der Turbine wieder ankommen, da das Wasser in den Röhren gewisse Reibungsverluste erleidet, wodurch dann, wenn Wasser fließt, der Druck an der Turbinenseite etwas heruntergeht. Ebenso ist es bei der elektrischen Übertragung, auch bei dieser fällt die Spannung, wie man sagt, etwas ab, wenn ein Strom fließt.

Im Wechselstromkreise treten noch andere Widerstände auf als im Gleichstromkreis. Diese Widerstände bedürfen noch einer besonderen Betrachtung. Sind die Leitungsrohre sehr lang, so daß in ihnen viel Wasser ist, oder sind sie, wie in Fig. 3a dargestellt, künstlich durch Bildung eines Spiralrohres verlängert, so muß erst der mechanische Druck auf den Kolben *p* eine Zeitlang wirken, um den Wasserinhalt in

dem Rohr in Schwung zu bringen; ist die Wassermenge erst einmal in Schwung, so sind nur noch die Reibungswiderstände in der Rohrleitung zu überwinden. Andererseits wird dieses Wasser, welches einmal im Schwung ist, seinerseits wieder die Kolben vor sich hertreiben und so die Arbeit wieder abgeben, die ihm vorher zugeführt worden war, um es in Schwung zu versetzen. Es ist wie bei einem Fahrrad; bei diesem muß man zuerst, um es in Geschwindigkeit zu bringen, auch auf einer

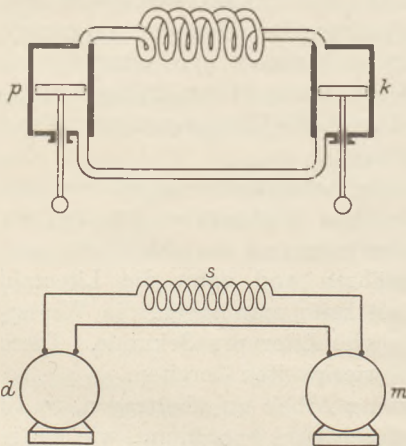


Fig. 3 a und 3 b.

guten Asphaltstraße, die seiner Fortbewegung wenig Widerstand entgegengesetzt, stark antreten; läuft es erst einmal, so ist die Kraft, um es in Lauf zu halten, meist geringer. Schließlich läuft es von selbst noch eine ganze Strecke weiter, ohne daß man treten muß. Je schneller man den Kolben hin und her bewegen will, desto größeren Druck muß man anwenden, um bei den kurz dauernden Stößen das Wasser schon vollkommen in Schwung zu bekommen. Wechseln die Drucke auf den Kolben sehr schnell ihre Richtung, so kommt das Wasser überhaupt nicht mehr dazu, richtig in Schwung zu geraten, auch wenn der Kolben *k* dem Wasser noch einen sehr geringen Widerstand entgegengesetzt.

Bei der elektrischen Wechselstromübertragung liegen die Verhältnisse ähnlich. Schaltet man in die Leitung (Fig. 3 b) eine Selbstinduktion ein, die für den elektrischen Strom eine starke Vergrößerung der elektrischen Trägheit bedeutet, so kann diese so groß gemacht werden, daß auch bei einer erheblichen Spannung doch ein nennenswerter Wechselstrom nicht zustande kommt, während beim Aufdrücken einer Gleichstromspannung derselben Größe nach einmaliger Überwindung der Trägheit ein sehr starker Strom entstehen kann. So kommt es, daß eine Drosselspule, der eine gewisse Wechselspannung hoher Periodenzahl aufgedrückt wird, einen ganz mäßigen Strom durchläßt, während dieselbe in dem Fall, daß ihr eine Gleichspannung gleicher Voltzahl aufgedrückt würde, einen derartig hohen Strom durchlassen würde, daß sie sofort verbrennt. Diese die Spannung sozusagen abdrosselnde Wirkung ist nach dem Vorhergesagten naturgemäß um so größer, je größer die Periodenzahl ist; denn je kürzer ein Spannungsstoß (ein Druckstoß) dauert, einen um so geringeren Schwung vermag er der Elektrizitätsmenge (Wassermenge) zu erteilen. Bei den hohen Periodenzahlen, wie sie bei der drahtlosen Telegraphie auftreten, genügt eine Drosselspule mit (unterteiltem) Eisenkern und wenigen Windungen, um den Stromdurchtritt fast vollkommen zu verhindern, während andererseits schon sehr hohe Spannungen an den Enden einer Spule erzeugt werden müssen, um einen größeren Strom hindurchzutreiben. (Ein in eine Spule eingeführter Eisenkern vergrößert die elektrische Trägheit auf das etwa 1000fache.)

Es sei zwischen eine Rohrleitung, die zur Arbeitsübertragung mit hin und her gehender Wasserströmung bestimmt ist, ein Apparat eingebaut, wie ihn Fig. 4 a zeigt. Der Apparat *c* sei mechanischer Kondensator genannt. Er sei folgendermaßen ausgeführt: Zwei Hohlkörper, die wasserdicht schließen, seien durch eine elastische Gummimembrane voneinander getrennt, so daß Wasser von der einen nach der anderen Seite nicht hinübertreten kann. Der Apparat ergibt sich aus dem elektrischen Kondensator von selbst, wenn man die Metallplatten des elektrischen Kondensators als Gefäß der Elektrizitätsmenge betrachtet und die isolierenden und elastischen Eigenschaften des Isolatormaterials berücksichtigt. Wird auf den Pumpenkolben *p* ein Druck ausgeübt, so wird die Membran des mechanischen Kondensators, wie durch

die punktierte Linie angedeutet, nach der einen Seite ausgebeult und ebensoviel Wasser wie auf der linken Seite in den Apparat eintritt, fließt auf der rechten Seite ab. Hierdurch wird auch der Kolben  $k$  verschoben. Wird der Kolben  $p$  zurückgeschoben und nach der anderen Seite geführt, so wird damit der Kolben  $k$  ebenfalls nach der anderen Seite geschoben. Man erkennt hieraus, daß es mit dieser Anordnung möglich ist, dauernd Arbeit von einem auf den anderen Kolben zu übertragen, trotzdem das Wasser nie von der einen Seite des mechanischen Kondensators  $c$  auf die andere Seite hinübertreten kann. Würde man dagegen in die Arbeitsübertrager der Anordnung in Fig. 1a ein solches Gefäß einschalten, so würde hierdurch die Arbeitsübertragung vollkommen verhindert werden. Durch den einseitigen Druck beult sich die Membran einmal einseitig aus, verhindert aber dann den Wasserübertritt vollkommen.

Das Gefäß  $c$  ist in allen seinen Wirkungen mit einer elektrischen Kapazität zu vergleichen. Denkt man sich zwei Platten gegenüberliegend angeordnet, aber durch einen Isolator z. B. Luft getrennt ( $c$  in Fig. 4b) und drückt denselben durch die Dynamo  $d$  eine Spannung in Richtung des Pfeiles auf, so fließt genau wie bei dem oben betrachteten mechanischen Kondensator ein Strom auf die eine Platte und lädt diese mit Elektrizitätsmenge auf. (Wassermenge beim Vergleichsapparat.) In demselben Maße, in dem auf der einen Seite der Platte Elektrizitätsmenge zufließt, fließt auf der anderen Seite Elektrizitätsmenge ab. Diesen Minusbetrag an Elektrizitäts-

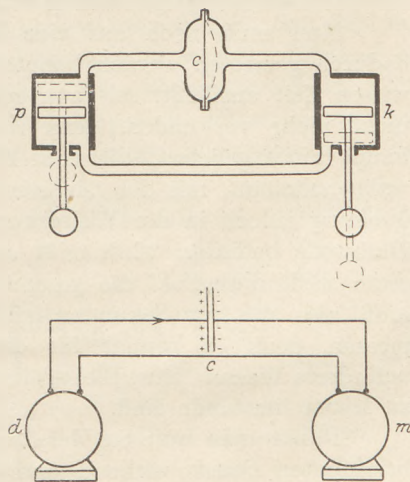


Fig. 4a und 4b.

menge einer Platte unter dem Normalbetrag, wie er auf der Erde an allen ungeladenen Körpern herrscht, nennt man negative Ladung<sup>2)</sup>. Die Ladung erfolgt nicht etwa wie die Füllung eines Eimers mit Wasser, vielmehr erfolgt sie in der Art wie bei der mechanischen Kapazität, d. h. nur bei gleichzeitiger Überwindung eines elastischen Gegendruckes wächst die Elektrizitätsmenge, die man in einen Kondensator hineinpresse kann, und zwar proportional mit der Spannung. Sie bleibt in der Kapazität (siehe Vergleichsapparat) auch nur unter dem Einflusse dieser Spannung enthalten, entlädt sich aber wieder, sobald die Spannung nachläßt. Da die Elektrizitätsmenge in der Kapazität unter Spannung steht, so hat der geladene Kondensator einen gewissen Energie-Inhalt, ebenso wie das in den mechanischen Kondensator gepreßte Wasser oder auch wie der in der Selbstinduktion fließende Strom bzw. das in Bewegung befindliche Wasser in dem Rohr. Trotzdem nun die Zuleitungen zwischen Dynamo  $d$  und Motor  $m$  durch einen Isolator, den Luftzwischenraum, getrennt sind, kann dadurch, daß auf der rechten Platte immer ebensoviel Elektrizitätsmenge abfließt wie auf der linken zufließt, ein Strom und damit Arbeit übertragen werden.

Damit nun aber durch den Kondensator Strom gewissermaßen „hindurchfließt“, ist es notwendig, daß an seinen Klemmen eine wechselnde Spannung auftritt, ebenso wie bei dem mechanischen Kondensator ein wechselnder Druck aufgewendet werden muß, um die Membran zu spannen. Erst bei gleichzeitiger Spannung der Membran

<sup>2)</sup> In Wirklichkeit ist die negative Ladung durch einen Überschuß von Elektronen und die positive durch einen Minusbetrag derselben gekennzeichnet. Die Ergebnisse der vorliegenden Betrachtungen werden hierdurch aber nicht geändert. Zur umgekehrten Bezeichnung der Ladungs- und damit der Stromvorzeichen hat die Wanderung der Ionen (Atomkerne) in Elektrolyten geführt, die der positiven Stromrichtung folgen.

gelingt es, Wasser auf der einen Seite zu- und damit auf der anderen Seite abzuführen. Dieser von dem Kolben bzw. der Dynamo zu liefernde Druck kann für den Arbeitsübertragungsprozeß nicht ausgenutzt werden; die bei einem gewissen verfügbaren Strom übertragbare Arbeit wird also durch die zwischengeschaltete Kapazität kleiner, ebenso wie bei zwischengeschalteter Selbstinduktion; dagegen stellen sowohl Kapazität als Selbstinduktion keinen Arbeitsverbrauch dar, da in dem Verlauf der durch die Wechselspannung auftretenden periodischen Erscheinungen die sowohl in die Selbstinduktion als auch die in die Kapazität gelieferten Energiemengen (siehe Wasservergleich) immer wieder abgegeben werden. Die Wirkung stellt sich also nur als nutzlose Energiependelung dar.

Nun muß noch auf eins hingewiesen werden. Wenn der Wassergleichstrom dadurch gemessen werden konnte, daß man die Wassermenge maß, die in einer gewissen Zeit ausfließt, so kann man bei einem Wasserwechselstrom dieses Verfahren nicht mehr verwenden, denn Wasser wird von der einen oder anderen Seite überhaupt nicht geliefert, vielmehr fließt das Wasser, welches bei der einen Stromhalbwellen ankommt, mit der nächsten Halbwellen wieder ab. Im Prinzip könnte man die Messung jedoch in der Weise vornehmen, daß man die Wassermenge, die mit einer Halbwellen befördert wird, mißt und dann mit der doppelten Periodenzahl multipliziert, dann stellt diese Zahl die gesamte in beiden Richtungen beförderte Menge dar. Man muß also die pro Sekunde beförderte Strommenge unabhängig von der Richtung messen, denn es kommt für die Vorgänge der Arbeitsübertragung nicht auf die beförderte Wasser- bzw. Elektrizitätsmenge an, sondern auf die Arbeit, die die Ströme zu leisten imstande sind.

Denkt man nun bei der Arbeitsübertragung nach Fig. 2a die Kolben mit einem bestimmten Druck wirkend und die pro Sekunde auftretenden Hin- und Hergänge vergrößert, so wird sich damit auch die Arbeit vergrößern, wenn auch gleichzeitig die Kolbenhöhe die gleichen bleiben. Soll aber die übertragene Arbeit die gleichen bleiben, so muß man umgekehrt proportional mit der Periodenzahl die Kolbenhöhe (die Wegstrecken, die sie durchlaufen) verkleinern. Es wird dann zwar pro Hub weniger Wasser, pro Sekunde aber die gleiche Wassermenge befördert. Bei den elektrischen Verhältnissen würde man sagen, die Periodenzahl des Stromes ist vergrößert worden, die Stromstärke dagegen ist die gleiche geblieben. Die elektrischen Gleich- und Wechselströme werden gemessen durch die Energiemengen, die sie zu leisten imstande sind (beim Hitzdrahtinstrument) oder durch die Kräfte, die sie ausüben. Immer aber sind die Wechselstromamperemeter so eingerichtet, daß die Kräftewirkungen in beiden Richtungen sich addieren.

Betrachtet man nun unter diesen Gesichtspunkten die Arbeitsübertragung nach Fig. 4a und geht auch bei dieser, bei gegebenem Druck und konstanter Größe der übertragenen Arbeit, von niedriger zu hoher Periodenzahl über, wobei also die pro Periode übertragene Wassermenge mit höherwerdender Periodenzahl abnimmt, so erkennt man, daß nunmehr der Druck, der dazu notwendig ist, um die Membran zu spannen, mit höherer Periodenzahl immer geringer wird, da eben immer weniger Wasser in das Gefäß eintreten muß, weil nämlich die Kolbenhöhe bei gleichbleibendem Strom und erhöhter Periodenzahl immer kleiner werden. Daraus ergibt sich das Resultat, daß der Widerstand, den eine Kapazität dem durchfließenden Strom entgegensetzt, mit größerwerdender Periodenzahl sinkt. Auch mit größerwerdender Kapazität nimmt der Widerstand naturgemäß ab. Dies steht im Gegensatz zur Selbstinduktion, bei der der Widerstand mit der Periodenzahl und mit der Größe der Selbstinduktion zunimmt. Für sehr hohe Periodenzahlen wirkt eine Kapazität wie eine direkte Kupferverbindung, eine Selbstinduktion wie eine Unterbrechung.

Schaltet man nun eine Kapazität und eine Selbstinduktion hintereinander, wie dies in Fig. 5a und 5b dargestellt ist, so setzen nunmehr beide dem Stromdurchfluß

einen Widerstand entgegen. Betrachtet man den Augenblick, in dem die Membran  $m$  ihren maximalen Ausschlag gemacht hat, dann ist das Wasser im Rohr gerade zur Ruhe gekommen und muß wieder in entgegengesetztem Sinne beschleunigt werden. Nun erkennt man, daß diese Beschleunigung von der gesamten Membran unterstützt wird. Hat dann das Wasser im Rohr seine maximale Beschleunigung erhalten, so muß es wieder gebremst werden; um das Wasser zu bremsen, muß im Kolben auch ein Druck angewendet werden, dabei wird zwar wieder Arbeit abgegeben, aber die Kräfte müssen vom Kolben aufgenommen werden; diese Kräfte nimmt nun aber zum Teil die Membran auf. Durch die Zusammenschaltung der beiden wird also der Widerstand gegen ein Durchströmen nicht vergrößert sondern verkleinert, beide Widerstände subtrahieren sich von einander. Nun hatten wir gesehen, daß der absolute Widerstand an der Selbstinduktion mit der Periodenzahl wächst, während er an der Kapazität mit wachsender Periodenzahl sinkt. Man kann also offenbar für jeden Kreis, in dem Rohrleitung (Selbstinduktion) und Kapazität hintereinander geschaltet sind, eine Periodenzahl finden, für die sich die beiden Widerstände gerade aufheben. Die Pumpe hat dann nur noch gerade die Drucke zu erzeugen, die zur Überwindung der Reibung notwendig sind. Schaltet man die Pumpe (die Wechselstrommaschine) durch Öffnen des Umföhrungshahnes  $h$  (durch Schließen des Schalters  $s$ ) vollkommen aus dem Kreislauf (dem Schwingungskreis) aus, so schwingt das System, wenn die Kapazität vorher unter Druck (Spannung) stand, noch eine Zeitlang mit derselben Periodenzahl selbständig weiter, derart, daß

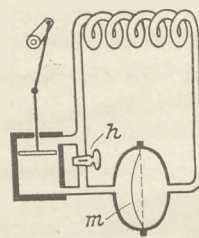


Fig. 5 a.

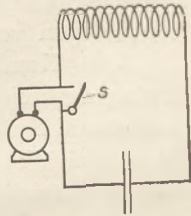


Fig. 5 b.

wechselseitig die Membran das Wasser in dem Rohr in Schwung versetzt, bis die Membran in der Mittellage und vollkommen entspannt ist, damit das Wasser seine höchste Geschwindigkeit erreicht hat und die gesamte Energie nun im strömenden Wasser enthalten ist. Durch den Schwung, der ihm erteilt worden ist, strömt das Wasser noch weiter und spannt dann seinerseits die Membran nach der anderen Seite. Wenn das Wasser durch den allmählich eintretenden Gegendruck der Membran zur Ruhe gekommen ist, hat die Membran das Höchstmaß der Spannung erreicht. Die gesamte Energie sitzt nun in der Kapazität, d. h. in der Membran. So setzt sie sich durch die Schwingung dauernd von der einen in die andere Energieform um. Bei jeder Pendelung geht durch die Verluste etwas Energie verloren, so daß die Schwingungen immer kleiner werden. Ganz analog sind die Vorgänge bei den elektrischen Erscheinungen.

Durch diese Betrachtungen ist nun eine Reihe von Erscheinungen aus der Starkstrom- und Hochfrequenztechnik zu erklären. Den Widerstand, den eine Drosselspule dem Stromdurchgang entgegensetzt, nennt man induktiven Widerstand, den Widerstand einer Kapazität kapazitiven Widerstand. Einen induktiven Widerstand kann man durch einen kapazitiven aufheben und umgekehrt, wenn man dieselben richtig bemißt. Die Widerstände heben sich nur für eine ganz bestimmte Periodenzahl auf. Das ist gerade die Periodenzahl, mit der Ströme in dem Schwingungskreis, wie man ein aus Kapazität und Selbstinduktion bestehendes Gebilde nennt, strömen würden, wenn man demselben auf irgend eine Art elektrische Energie zuföhrt und es dann sich selbst überläßt. Diese Tatsachen sind oben erläutert. Diese spezielle Periodenzahl nennt man die Eigenschwingungszahl des Schwingungskreises. Es ist mit Bezug auf die Auffassung von Selbstinduktion und Kapazität als Widerstände noch etwas zu sagen. Es sind dies Widerstände besonderer Art. Sie haben mit den Reibungswiderständen in den Wasserrohren oder mit dem sogenannten Ohmschen Widerstand in den Kupferleitungen das gemeinsam, daß sie bei gegebenem Druck (Spannung) nur einen begrenzten Strom durchlassen bzw. zur Erzeugung

eines bestimmten Stromes bei ihrem Hinzutreten einen größeren Druck (eine größere Spannung) erfordern. Dagegen bedeuten sie keine Energieverluste. Der zur Spannung der Membran (zur Ladung der Kapazität) und zur Beschleunigung des Wassers (zur Erzeugung des Stromes) aufgewandte Druck erscheint wieder beim Entspannen der Membran (beim Entladen der Kapazität) und Abbremsen des Stromes als Energie abgebender Druck, der dann seinerseits den Kolben antreibt (Energie in die Maschine zurückschickt). Dieser besondere Charakter dieser Widerstände zeigt sich auch dadurch, daß sie sich gegenseitig aufheben können. Ein Rohrwiderstand kann naturgemäß nie einen anderen aufheben, da beide Energie verbrauchen. Ein Widerstand kann nur durch von außen zugeführten, Arbeit leistenden Druck aufgehoben, überwunden werden. Die Auffassung der Selbstinduktionen und Kapazitäten als Widerstände ist in der Starkstromtechnik üblich, erleichtert aber auch das Verständnis vieler Vorgänge in der drahtlosen Telegraphie, z. B. die Verteilung von Hochfrequenz- und Tonstrom auf den Blockkondensator bzw. die Telephone im Empfangskreis. Sie wurde daher auch hier beibehalten. Zur Betrachtung der Schwingungsvorgänge aber ist der Auffassung als Widerstände die direkte Betrachtung der pendelnden Strömungserscheinungen vorzuziehen, wie sie auch oben angestellt wurde.

Jede Kombination einer Kapazität mit einer Selbstinduktion bildet einen Schwingungskreis mit einer bestimmten Eigenschwingung. Der Grenzwert für die Periodenzahl Null tritt für unendlich große Kapazität, der Grenzwert für die Periodenzahl  $\infty$  bei Wegfall der Selbstinduktion ein, von denen nur der erstere Fall praktisch zu erreichen ist, indem die Kapazität durch einen Kurzschluß ersetzt wird. Um sich von dem Zusammenhang zwischen den Größen der Kapazität und der Selbstinduktion einerseits, der Schwingungsdauer und der Wellenlänge bzw. der Periodenzahl andererseits ein Bild zu machen, stellt man am zweckmäßigsten folgende einfache Überlegung an: Wird in Fig. 5 die Kapazität (d. h. das Gefäß) vergrößert, so braucht das Wasser längere Zeit, um sich vollkommen zu entleeren, bzw. eine Schwingung braucht längere Zeit zum Ablauf. Wird die Selbstinduktion, also die Rohrlänge, vergrößert, so ist mehr Wasser in Schwung zu bringen, infolgedessen dauert es auch länger, bis dieses in Schwung kommt. Es ergibt sich also, daß die Schwingungsdauer mit der Kapazität und der Wellenlänge wächst<sup>3)</sup>. Ist der Impulstakt mit der Eigenschwingung eines Schwingungskreises in Übereinstimmung, so sagt man, der Schwingungskreis ist mit den Impulsen in Resonanz. Nach den obigen Betrachtungen fällt nur in diesem Fall der Gegendruck nach außen vollkommen weg, der zur Beschleunigung des Wassers bzw. zur Spannung der Membran notwendig ist, da sich beide aufheben. Dies gilt aber nur dann, wenn die Schwingung erst einmal in Gang ist. Ist die Schwingung noch nicht im Gang, so muß das Wasser erst in Schwung gebracht, die Membran gespannt werden. Dies ist ein Vorgang, der besonders bei der drahtlosen Telegraphie vielfach Verwendung findet. Hat man erst eine gewisse Schwingung erzielt, so ist es einleuchtend, daß diese Schwingung sich nur dann weiter verstärken läßt, wenn die Druckkräfte des Kolbens gerade in dem Augenblick wirken, in dem sie die Beschleunigung des Wassers unterstützen und so die Geschwindigkeit des Wassers bei jedem einzelnen Kolbenstoß über das Maß der vorhergehenden Geschwindigkeit hinaus vergrößern bis zu der Höhe, in der die Reibungsverluste in Rohrleitung und Membran bei jeder Pendelung schließlich so groß geworden sind,

<sup>3)</sup> Die elektrischen Impulse schreiten im Raum mit einer ganz konstanten Geschwindigkeit (der Lichtgeschwindigkeit, 300 000 000 m pro Sekunde) fort. Die Wellenlänge ist der Weg, den der erste positive Impuls in den Raum hinein von der sendenden Antenne aus bereits zurückgelegt hat, wenn von der Antenne gerade der zweite positive Impuls abläuft. Die Wellenlänge muß daher der Schwingungsdauer genau proportional sein. Daß die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde, der Zeit einer Schwingung, d. i. der Schwingungsdauer und damit der Wellenlänge umgekehrt proportional sein muß, ist einleuchtend.



wie die Arbeit, die der Kolben bei jedem Stoß zuführt. Dann wird die Beschleunigung nicht mehr erhöht. Wird ein Schwingungskreis dagegen mit einem anderen Takt angestoßen, als dem der Eigenschwingung entspricht, so ist außer dem der Reibung entsprechenden Verlustdruck immer noch ein Druck zu überwinden, der (je nachdem der Takt zu schnell oder zu langsam ist) die Beschleunigung und Verzögerung einer hin und her schwingenden Wassermasse besorgen bzw. die Membran ausbeulen muß. Der maximale Ausschlag für einen bestimmten Druck wird nicht erreicht werden können.

Sind die Verluste in den Rohrleitungen sehr gering, so werden naturgemäß die Ausschläge sehr groß werden können, da der größte Teil der Energie zu immer größerer Beschleunigung verwendet wird, während bei großen Verlusten der maximale Ausschlag früher erreicht wird.

Das Verhältnis der Verluste in einem Schwingungskreis pro halbe Periode bei einer bestimmten Stromstärke zu der Gesamtenergie, die bei dieser Stromstärke in dem Schwingungskreis aufgespeichert ist, nennt man die Dämpfung dieses Schwingungskreises.

Aus dem Vorhergesagten geht deutlich hervor, daß die Ströme eines Schwingungskreises um so größer werden, je genauer dieser auf die Schwingungszahl der erregenden Impulse abgestimmt ist und je geringer seine Dämpfung ist; so ist es zu erklären, daß man in einem Empfangsschwingungskreise um so stärkere Ströme erhält, je besser derselbe auf die ankommenden Wellen abgestimmt ist und je geringer seine Dämpfung ist. Nun vergrößert man naturgemäß die Verluste eines Schwingungskreises, wenn man einen großen Teil seiner Energie an die Telephone (Detektoren) abführt. Dies geschieht durch sogenannte starke Kopplung des Hörkreises (Telephon- und Detektorkreises) mit dem Schwingungskreis. Schwächt man die Kopplung, so treten die Schwingungen, auf die abgestimmt ist, stärker hervor, während bei den in anderem Takt (mit einer anderen Welle) ankommenden Schwingungen die verringerte Dämpfung wenig mehr zu ihrer Vergrößerung im Antennenkreis beitragen kann, da deren Grenze weit mehr durch die Spannungen festgelegt ist, die sie noch zur Erzeugung eines Stromes gegen die nicht ausgeglichenen Induktions- oder kapazitiven Widerstände benötigen. Durch Schwächung der Kopplung wird naturgemäß im ganzen der Ton im Telephon leiser. Die Wirkung des Zwischenkreises ist etwa folgendermaßen zu denken: in der abgestimmten Antenne werden die Ströme schon einmal gesiebt, so daß z. B. die Schwingung, mit der die Antenne in Resonanz ist, fünfmal so stark wird, als eine Schwingung, die eine etwas abweichende Periodenzahl hat, aber auf die Antenne noch mit der gleichen Spannung wirkt, so daß sie ohne abgestimmte Antenne auch im Telephon die gleiche Tonstärke erzeugen würde. Nun wirkt der Antennenkreis noch auf einen Zwischenkreis, der wiederum abgestimmt ist. Auf diesen Kreis wirkt nur der Antennenstrom und nicht die ankommende Wellenspannung. Dieser Kreis würde nun seinerseits bei gleichstarken Impulsen abgestimmte Wellen fünfmal so stark ausbilden, erhält aber für diese auch schon Impulse fünf-facher Stärke, so daß in diesem Kreis die abgestimmte Welle schon die 25fache Stärke der nicht abgestimmten hat. Durch diese Mittel gelingt es, schwächere Wellen, auf die abgestimmt ist, gegenüber weit stärkeren Wellen, die herausgekoppelt werden, wie man sich ausdrückt, noch allein in den Telephonen zum Gehör zu bringen. Auch der Zwischenkreis bedeutet naturgemäß eine Herabsetzung der Gesamtlautstärke, da sich nun die gesamte Energie ja auf die Aufladung des Antennen- und des Zwischenkreises verteilen muß.

Die Erzeugung der Wellen bei der Wienschen Stoßerregung läßt sich an dem einfachen Schaltungs-schema der Fig. 6b erläutern;  $m$  ist eine Wechselstrommaschine, die eine Spannung mit etwa 500 Perioden liefert;  $d$  ist eine Drosselspule, also eine starke Selbstinduktion,  $f$  die Funkenstrecke,  $C$  die Kapazität,  $L$  eine Selbst-

induktion, während die Antenne  $a$  mit der Erdoberfläche  $E$  (oder dem Gegengewicht) eine Kapazität bilden, als deren Belegungen man sich die Drähte des Gegengewichtes und der Antenne und als Isolation den zwischenliegenden Luftraum zu denken hat. Die Funkenstrecke hat die Eigenschaft, zunächst eine große Spannung auszuhalten, dann aber durchzuschlagen, wenn die Spannung eine bestimmte Grenze überschreitet; ist erst einmal der Durchschlag erfolgt, der Funke übergeschlagen, so sinkt plötzlich der Widerstand auf einen sehr kleinen Betrag, so daß derselbe fast als ein Kurzschluß aufzufassen ist. (Die Funkenstrecke bildet eine kleine Kapazität und man kann auch auf sie das Bild der Wasserkapazität  $g$  (Fig. 6a) anwenden, indem man annimmt, daß die Membran bei einer gewissen Spannung dem Wasserdruck nicht mehr stand hält und platzt; dann fällt plötzlich der dem Wasserübertritt entgegengesetzte Widerstand weg. Ehe die Funkenstrecke durchschlägt, ist also zunächst der Schwingungskreis, bestehend aus  $d$  und  $L$ , die zusammen die wirksame Selbstinduktion bilden und der Kapazität  $C$  vorhanden. Da eine Drosselspule mit Eisen eine sehr große Selbstinduktion bildet, so ist die Gesamtselbstinduktion groß und

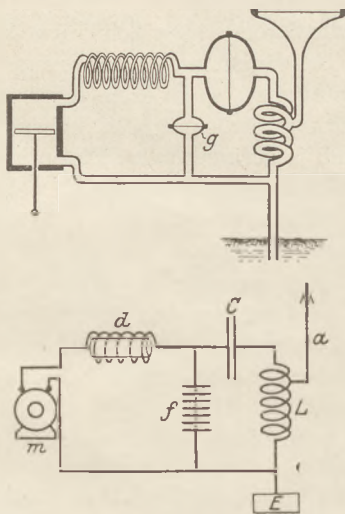


Fig. 6a und 6b.

damit die Eigenschwingungszahl dieses Kreises verhältnismäßig klein. Dieser Schwingungskreis ist auf die niedrige Periodenzahl der Maschine, ca. 500 Perioden, abgestimmt. Die Maschine lädt nun diesen Schwingungskreis in einer oder mehreren Perioden auf, je nachdem ihre Spannung höher oder niedriger einreguliert wird. Erst wenn die Aufladung so weit gediehen ist, daß die hierdurch hervorgerufene Gegenspannung der Kapazität genügend groß geworden ist, um die Funkenstrecke zu durchschlagen, springt hier ein Funke über. Hierdurch sinkt der Widerstand der Funkenstrecke ganz erheblich, und die in der Kapazität  $C$  angesammelte Elektrizitätsmenge entlädt sich über die Selbstinduktion  $L$ , die wesentlich kleiner als die von  $d$  ist. In jener wird also in kurzer Zeit ein Strom in Schwung gebracht und nunmehr schwingt der aus  $C$  und  $L$  bestehende Schwingungskreis mit einer Eigenschwingung, deren Größe ausschließlich von den Abmessungen seiner Kapazität und Selbstinduktion abhängt.

Da  $L$  wesentlich kleiner als  $d$  ist, so ist die Periodenzahl dieses Kreises viel höher als die Maschinenperiodenzahl, und, wie gesagt, ganz unabhängig von dieser und durch Veränderung von  $L$  in weiten Grenzen beliebig einstellbar. Die verwendeten Periodenzahlen variieren etwa zwischen 2000000 und 40000, was etwa den Wellenlängen von 150 bis 7000 m entspricht.

Durch ein eigentümliches Verhalten zweier miteinander in irgend welcher Weise gekoppelter Schwingungskreise genau gleicher Eigenschwingung (im Beispiel der Fig. 6b durch sogenannte galvanische Koppelung gekoppelt) überträgt ein schwingender Kreis seine ganze Energie bis zum letzten Rest auf den nicht schwingenden, so daß der Schwingungskreis  $C, L$  seine Schwingungsenergie restlos auf den Antennenkreis überträgt. Hierdurch wird der die Funkenstrecke durchfließende Strom nach einigen Perioden zu Null, wodurch die Funkenstrecke vermöge ihrer intensiven Kühlung durch Kühlrippen und hauptsächlich wegen ihrer besonderen Konstruktion (mehrere Platten in geringen Abständen [0,3 mm]), schnell abgekühlt und entionisiert, d. h. wieder nichtleitend wird. Hierdurch wird verhindert, daß die einmal in die Antenne abgegebene Energie wieder zurückflutet. Sie bleibt vielmehr in dieser und kann dort ausgestrahlt werden, wobei die Antennenschwingungen selbst allmählich abklingen. Unterdessen ist die Spannung an der Maschine wieder gestiegen, der Kondensator  $C$  wird wieder auf-

geladen und ein zweiter Funke, eine zweite Schwingungsserie tritt auf. An der entsprechenden Fig. 6a lassen sich die Vorgänge bis ins einzelne unter Zuhilfenahme der Wasseranalogien verfolgen.

Jede Schwingungsserie ruft in dem Empfängertelephon eine Anziehung der Membran hervor, indem die in der Empfangsapparatur ankommenden hochfrequenten Ströme gleichgerichtet werden und auf das Telephon daher wie ein einziger Gleichstromstoß wirken. Je häufiger die Funken überspringen, d. h. je häufiger eine Schwingungsserie abläuft, desto häufiger werden daher auch die Anziehungen im Telephon, um so höher wird der Ton im Telephon. Es wurde nun ermittelt, daß mit der Höherregulierung der Spannung an der Wechselstrommaschine die Aufladung der Kapazität  $C$  beschleunigt und damit die Häufigkeit des Funkens verändert werden kann. Hiermit wird also die Tonhöhe verändert. Deshalb wird auch der Widerstand, der in den Gleichstrom-Erregerkreis der Wechselstrommaschine eingeschaltet ist und mit dessen Hilfe man die Spannung derselben verändern kann, Tonschieber genannt.

Wenn in den früheren Betrachtungen die Antenne als Kapazität aufgefaßt wurde, so war diese Betrachtung eine Vereinfachung, die nicht genau den Tatsachen entspricht. Es sei daher auf die Verhältnisse, wie sie bei Drähten auftreten, an Hand einer Analogie noch ganz kurz eingegangen.

Die Betrachtung der Schwingungen in einem Draht im einzelnen würde den Umfang dieses Aufsatzes sehr vergrößern. Es sei daher nur andeutungsweise darauf verwiesen, daß man dieselben mit einem elastischen beiderseits geschlossenen Gummischlauch vergleichen kann, der mit Flüssigkeit gefüllt ist. In diesem kann auch die Flüssigkeit von einem zum anderen Ende pendeln und zwar wird sie dies in einem bestimmten Takt tun. Die Schwingungszeit wird um so länger werden, je länger der Schlauch ist. Die Elastizität des Schlauches ist mit der Kapazität und die Trägheit des Wassers mit der Selbstinduktion des Drahtes zu vergleichen. Der Draht vereinigt in sich Kapazität und Selbstinduktion und zwar sind beide über die ganze Länge gleichmäßig verteilt. In der Mitte ist der Strom, an den Enden die Spannung ein Maximum, wie beim Schlauch, bei dem der Strom an den Enden, die Spannung in der Mitte gleich Null ist. An einem langen elastischen Schlauch mit Wasser- oder Quecksilberinhalt kann gut die Fortpflanzung der Wellen an einem Draht, die wieder ähnlich der Fortpflanzung in der Luft ist, gezeigt werden.

Dieser Versuch eignet sich besonders gut zur experimentellen Vorführung. Auch die anderen in der Arbeit beschriebenen Analogien können zur experimentellen Darstellung gebracht werden.

Es würde den Rahmen dieser Arbeit überschreiten, wollte ich alle Einzelapparate der drahtlosen Telegraphie im einzelnen in ihrer Wirkung betrachten, vielmehr soll dieselbe nur Hilfsvorstellungen für die physikalischen Vorgänge bieten. Die Anwendung zur Veranschaulichung von Spezialausführungen kann jedem selbst überlassen werden.

## Apparate für Schülerübungen aus der Elektrizitätslehre.

Von  
Paul Hanck in Pasewalk.

Während man bekanntlich bei Schülerübungen aus der Optik und Wärmelehre mit einfachen Hilfsmitteln auskommt, erfordern solche aus der Elektrizitätslehre wertvolle Meßinstrumente. So stellen sich z. B. die von Hahn hierfür in seinem Hand-

buch für physikalische Schülerübungen angegebenen Apparate auf 700 M. Man muß ja allerdings zugeben, daß man mit ihnen mehr Versuche ausführen kann, als praktisch im allgemeinen überhaupt möglich sein wird, aber immerhin wird auch unter Fortlassung mancher Geräte noch eine recht hohe Summe übrig bleiben. Es wird daher manchem Übungsleiter nicht unwillkommen sein, zu erfahren, wie man einige der notwendigen Apparate selbst herstellen kann.

### Der Stöpselrheostat.

Eine Übung, die man überall ausführen lassen möchte, ist die Widerstandsbestimmung durch Substitution. Der dazu nötige Widerstandssatz gehört jedoch zu den teuersten elektrischen Apparaten für Schülerübungen, er dürfte überhaupt der relativ teuerste sein. Bei beschränkten Mitteln wird man z. B. weniger Bedenken tragen, einen teuren Strommesser anzuschaffen als einen solchen Widerstandssatz, denn während dieser sonst nur noch bei der Prüfung der Kirchhoffschen Gesetze nötig ist, wird jener für die meisten messenden Versuche benutzt werden müssen, so daß das dafür angelegte Kapital reichlich Zinsen trägt. Für Schülerübungen geeignete Meßwiderstände kann man nun billig und ohne besonderes Geschick, wie folgt, anfertigen.

In ein Grundbrett von 32 cm Länge, 18 cm Breite und 1,5 cm Höhe bohrt man parallel der kürzeren Seite des Brettes 11 elektrische Klemmschrauben  $A$ — $B$  und in etwa 3 cm Abstand von diesen eine zweite Reihe von Schrauben  $C$ — $D$  ein (Fig. 1). Außerdem bohrt man zwei Schrauben in  $E$  und  $F$  ein. Zwischen je zwei

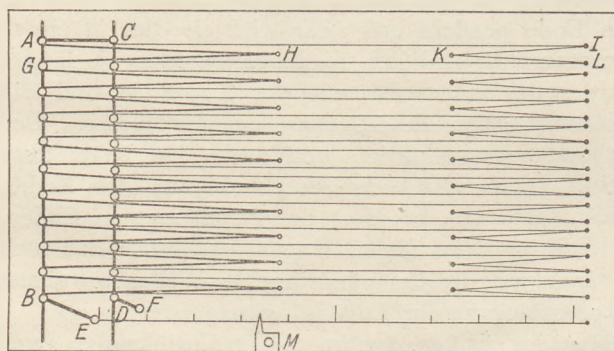


Fig. 1.

Schrauben der ersten Reihe spannt man einen Widerstandsdraht von je 1 Ohm aus. Zu diesem Zweck befestigt man das eine Ende eines entsprechend langen Konstantandrahtes von 0,4 mm Durchmesser durch die Klemme  $A$  auf dem Grundbrett, mißt einen Widerstand von 1 Ohm ab und befestigt das Ende bei  $G$ . Dann zieht man das zwischen  $A$  und  $G$  ausgespannte Drahtstück gerade und befestigt es bei  $H$  durch einen Nagel. In

dieser Weise fährt man fort. Man kann sich aber die Arbeit erleichtern, indem man von vornherein in einer parallel zu den Klemmschrauben durch  $H$  gelegten Geraden weitere Nägel einschlägt und dann den Draht immer um die Schrauben und Nägel herumwindet. Der Widerstand des auf diese Art ausgespannten Drahtes wird mit großer Genauigkeit gleich 1 Ohm sein. Sollte es sich allerdings herausstellen, daß sein Widerstand ein wenig zu groß ist, so wäre die Arbeit vergebens gewesen. Man schlägt infolgedessen die Nägel am besten so ein, daß der Widerstand der Drähte voraussichtlich etwas kleiner als 1 Ohm ist, und bringt den Widerstand auf den richtigen Wert, indem man den Querschnitt durch Abfeilen verkleinert. Ebenso spannt man zwischen je zwei Klemmen der Reihe  $C$ — $D$  Widerstände von je 10 Ohm aus. Man verwendet hierzu 0,2 mm starken Konstantandraht, den man bei  $I$ ,  $K$  und  $L$  befestigt. Infolge dieser dreifachen Umbiegung eines einzelnen Drahtes gewinnt man an Raum, im andern Falle müßte für das Grundbrett eine größere Länge gewählt werden.

Jetzt verbindet man die Schrauben  $A$  und  $C$ ,  $B$  und  $E$ ,  $F$  und  $D$  durch Kupferdrähte oder schmale Blechstreifen, die man durch die Klemmen auf dem Grundbrett

befestigt, und dreht dann die Schrauben  $A-B$  und  $C-D$  so, daß ihre Durchbohrungen in Richtung  $AB$  und  $CD$  liegen. Durch die Durchbohrungen der beiden Reihen führt man je eine Stricknadel, deren Durchmesser etwas kleiner ist als der Durchmesser der Durchbohrung. Damit sich dies ermöglichen läßt, mußten Schrauben ausgewählt werden, die die Durchbohrungen in gleicher Höhe tragen. Außerdem mußten sie genau in gerader Linie in das Brett geschraubt werden. Geringe Abweichungen, die sich nicht vermeiden lassen, werden durch den kleineren Durchmesser der Stricknadeln ausgeglichen. Verbindet man den fertigen Widerstandssatz bei den Anschlußklemmen  $E$  und  $F$  mit einer Stromquelle, so geht der Strom durch die Blechstreifen und die Stricknadeln, der Widerstand ist demnach gleich 0. Zieht man aber die die Klemmen  $A-B$  verbindende Stricknadel ganz oder zum Teil heraus, so werden Widerstände von 1—10 Ohm eingeschaltet, durch die zweite Stricknadel werden dagegen Widerstände von 10—100 Ohm eingeschaltet. Man kann den Apparat also zur Messung von Widerständen von 1—110 Ohm benutzen.

Weil der Durchmesser der Nadeln kleiner ist als der Durchmesser der Durchbohrungen der Klemmschrauben, könnte nun bei Messungen der Fall eintreten, daß die Nadeln die Klemmschrauben nicht berühren, daß also mehr Widerstand eingeschaltet ist, als nach der Stellung der Nadeln erwartet werden sollte. Um ein sicheres Resultat zu erhalten, muß man bei den Anfangsklemmen  $B$  und  $D$  und den jeweiligen Endklemmen die Schrauben soweit herunter drehen, daß sie die Nadeln berühren. Wenn z. B. ein Widerstand von 6 Ohm eingeschaltet werden soll, zieht man die Nadel der ersten Reihe bis zur 7. Klemme zurück und dreht die Schrauben bei der Klemme 7 und 11 herunter, bei einem Widerstande von 46 Ohm zieht man außerdem die zweite Nadel bis zur 5. Klemme zurück und stellt leitende Verbindung durch die 5. und 11. Schraube der zweiten Reihe her. Nach der Messung werden dann die Schrauben immer wieder sofort in die Höhe gedreht.

Schneller kommt man zum Ziele, wenn man in die Durchbohrung der Anfangsklemmen etwas Lot bringt und sie dann wieder so ausbohrt, daß die Stricknadeln mit leichter Reibung hindurchgehen. Die Stricknadeln stehen dann mit diesen Klemmen stets in leitender Verbindung und man spart das Herunterdrehen der betreffenden Schrauben. Die Messungen gestalten sich so sehr bequem und werden, vorausgesetzt, daß die einzelnen Widerstände genau abgeglichen sind, mindestens so genau, wie bei Verwendung eines Stöpselrheostaten, da bei diesem noch geringe Widerstände an den Stöpseln vorhanden sein können. Da die Anfertigung sehr einfach ist und nur die Abmessung der einzelnen Widerstände etwas Mühe macht, hoffe ich, daß der Apparat sich für Schülerübungen als nützlich erweisen wird. Wenn man ihn in mehreren Exemplaren herstellen will, werden sich wohl immer geschickte und interessierte Schüler finden, die den Lehrer bei der Ausführung unterstützen.

Mit weniger Widerständen würde man auskommen, wenn man in der ersten Reihe nicht 10 Widerstände von je 1 Ohm, sondern 5 Widerstände von je 1 Ohm und einen Widerstand von 5 Ohm und entsprechend in der zweiten Reihe 5 Widerstände von je 10 Ohm und einen Widerstand von 50 Ohm anordnet. Durch Herausziehen der ersten Nadel kann man dann Widerstände von 1—5 Ohm und durch Herausziehen nach der entgegengesetzten Richtung auch solche von 5—10 Ohm einschalten. Durch die zweite Reihe erhält man Widerstände von 10—50 und 50—100 Ohm. Der Widerstand von 50 Ohm würde jedoch bei einer Drahtstärke von 0,2 mm eine Länge von über 6 m haben, man müßte ihn daher in einer größeren Reihe von Zickzackwindungen befestigen oder auf einer besonders angebrachten Spule aufwickeln. Da diese Anordnung aber weniger übersichtlich ist, habe ich die erste vorgezogen.

Bei Messung kleinerer Widerstände benötigt man nun außerdem einen Draht, durch den Bruchteile eines Ohms bestimmt werden können. Einen solchen kann

man gleich mit dem Widerstandssatz verbinden. Von der Klemme  $E$  spannt man einen ungefähr 25 cm langen Draht aus, dessen Widerstand etwas mehr als 1 Ohm beträgt. Dann biegt man ein Stück Blech von 1 cm Breite und 3 cm Länge rechtwinklig so um, daß die eine Fläche, wenn das Blech an der Längskante des Brettes verschoben wird, auf dem ausgespannten Draht schleift. Dieser Fläche gibt man die in der Figur gezeichnete Form und lötet eine Klemme  $M$  darauf. Ferner mißt man an dem Draht eine Widerstandslänge von 1 Ohm ab und teilt diese Länge durch auf dem Brett bezeichnete Tuschestriche in 10 gleiche Teile. Durch Verschieben der Klemme  $M$  kann man jetzt  $\frac{1}{10}$  Ohm messen und  $\frac{1}{100}$  Ohm schätzen. Der zu messende Widerstand läßt sich also mit einer für Schülerübungen hinreichenden Genauigkeit bestimmen.

Verzichtet man auf diesen 1 Ohm-Draht, so kann die im Anfang angegebene Länge von 32 cm für das Grundbrett noch einige Zentimeter kürzer gewählt werden, da dann der Punkt  $K$  weiter nach links verschoben werden kann. In diesem Falle wäre es außerdem vorteilhafter, die zwischen den Klemmen  $A$ — $B$  ausgespannten Drähte nach links zu führen anstatt nach rechts. Der Widerstandssatz würde durch diese räumliche Trennung der 1 und 10 Ohm-Drähte an Übersichtlichkeit gewinnen. Die Klemmen müßten dann natürlich in größerer Entfernung von der kürzeren Kante des Brettes angebracht werden.

Außer für Widerstandsmessungen kann dieser Apparat auch zur Bestätigung des Ohmschen Gesetzes und zur Messung des Potentialabfalles benutzt werden. Er ist hierfür geeigneter als ein Stöpselrheostat, weil die Drähte frei ausgespannt sind und in den einzelnen Dekaden gleiche Länge haben. In größerer Ausführung ist er auch für den Demonstrationsunterricht zu verwenden. Bemerkt werden muß noch, daß er nicht durch stärkere Ströme belastet werden darf. Die für Schülerübungen hauptsächlich in Betracht kommenden Ströme bis zu 1 Ampere vertragen die 1 Ohm-Drähte jedoch ohne Schaden und bei den 10 Ohm-Drähten ist ja die Stromstärke bei Verwendung von einigen Akkumulatoren ohnehin geringer.

### Einzelne Widerstände.

Außer diesem Widerstandssatz werden noch einfache Widerstandsspulen erwünscht sein. Bei Messungen mit der Wheatstoneschen Brücke sind sie zweckmäßig, bei anderen Versuchen z. B. der experimentellen Bestätigung der Kirchhoffschen Gesetze notwendig. Bei fertigem Bezug sind solche Widerstände verhältnismäßig teuer, da sich die Geschäfte für das Ausmessen mit Recht gut bezahlen lassen. Die Selbstanfertigung gestaltet sich sehr einfach, wenn man sich mit Klemmschrauben versehene Spulen beschafft. Solche sind von der Firma Meiser und Mertig, Dresden, Kurfürstenstr. zum Preise von 4 M. für 5 Stück zu beziehen. Sie haben ein gefälliges Aussehen und die daraus durch Aufwickeln eines Drahtes hergestellten Widerstände stehen andern in bezug auf Brauchbarkeit nicht nach.

Zur Untersuchung der Abhängigkeit des Widerstandes von der Länge und dem Querschnitt des Drahtes bei Messungen mit der Wheatstoneschen Brücke bohrt man in ein Brett von 30 cm Länge 4 Klemmen, deren Lage in Fig. 2 angegeben ist, und spannt zwischen diesen einen Draht zickzackförmig aus. Die Klemmen sind dabei so zu richten, daß ihre Durchbohrungen der kürzeren Kante des Brettes parallel sind. Schaltet man diese Vorrichtung nacheinander mit den Klemmen 1 und 2, 1 und 3, 1 und 4 in den Zweig der Brücke, so kann man Widerstände messen, deren Längen sich wie 1:2:3 verhalten. Um die Abhängigkeit vom Querschnitt zu zeigen, schaltet man die einzelnen Drähte zu zweien oder dreien nebeneinander. Man verbindet zu dem Zweck zwei Leitungsschnüre mit den Klemmen 1 und 2 und schiebt den Ansatzstift der mit der Klemme 1 verbundenen Leitungsschnur so weit durch die Durchbohrung der Klemme, daß er in der Nachbarklemme 3

festgeschraubt werden kann. Der Strom geht dann durch zwei parallel geschaltete Drähte oder durch einen Draht von doppeltem Querschnitt. Verschiebt man danach den Ansatzstift der zweiten Schnur bis zur Nachbarklemme 4, so geht der Strom durch einen Draht von dreifachem Querschnitt. Nach diesem Verfahren kann man auch beliebig viele zickzackförmig ausgespannte Drähte parallel schalten. Anstatt der Ansatzstifte verschiebt man dann zwei Stricknadeln, die durch eine Verbindungsklemme mit den Leitungsdrähten verbunden sind.

Die Anfertigung der Brücke selbst ist nicht lohnend, da man sie von der Firma Meiser und Mertig für den niedrigen Preis von 6 M. beziehen kann in einer Ausführung, die den Beifall eines jeden Übungsleiters finden dürfte. Ebenso wäre es zwecklos, Vorschaltwiderstände anzufertigen, da man solche in einer für Schülerübungen geeigneten Form in verschiedenen Größen von der bekannten Firma Ruhstrat in Göttingen sehr billig erwerben kann.

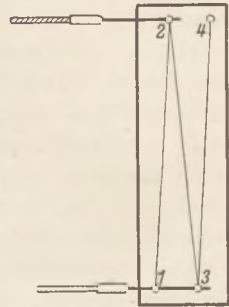


Fig. 2.

### Knallgasvoltameter.

Bei der Konstruktion eines Knallgasvoltameters wird man besonders bei dem jetzigen Mangel an Platin ein wohlfeiles Material für die Elektroden wählen. Ich benutze hierzu Eisenelektroden in Kalilauge. Die Herstellung des Apparates ist aus Figur 3 zu ersehen. Ein mit Paraffin gedichteter Kork wird viermal so durchbohrt, daß durch eine Durchbohrung eine nur mit einem Schlauchansatz versehene Bürette und durch zwei andere sehr enge Durchbohrungen zwei Stricknadeln geführt werden können, die vierte dagegen durch einen kleinen Gummistopfen verschlossen werden kann. Durch den in dieser Weise vorbereiteten Kork verschließt man ein Pulverglas mit weitem Halse und verschiebt die Bürette so, daß sie fast an den Boden des Gefäßes reicht, und die Stricknadeln so, daß sie etwas höher als das Ende der Bürette stehen. Die aus dem Kork herausragenden Stricknadelenden versieht man mit Verbindungsklemmen.

Füllt man jetzt den Apparat völlig mit Kalilauge und läßt, nachdem er durch den Gummistopfen wieder fest verschlossen ist, den Strom hindurchgehen, so wird die Kalilauge in dem Gefäß durch das sich entwickelnde Knallgas herunter gedrückt und in der Bürette steigen. Die Stromstärke wird infolgedessen allmählich geringer werden, was für Messungen unbequem wäre. Man muß deshalb das obere Ende der in die Kalilauge tauchenden Stricknadelteile nichtleitend machen. Dies wird dadurch erreicht, daß man sie auf etwa 5 cm mit Paraffin überzieht. Die Stromstärke bleibt dann, abgesehen von der durch den Polarisationsstrom anfangs auftretenden Verminderung, recht konstant.



Fig. 3.

Wenn der Apparat nun gefüllt ist, kann man den Stand der Kalilauge in der Bürette schwer ablesen. Man läßt deshalb den Strom kurze Zeit hindurchgehen, und zwar bis sich so viel Knallgas entwickelt hat, daß die Flüssigkeit in der Bürette etwas höher steht als der Kork, liest dann ihren Stand ab und läßt von neuem den Strom hindurchgehen, bis das Rohr fast gefüllt ist. Der Versuch ist infolge dieser Maßnahme allerdings nicht ganz genau, weil das anfangs entwickelte Gas später unter einem höheren Druck steht. Da es sich aber nur um 2—3 cm<sup>3</sup> handelt, ist dieser Fehler sehr gering. Will man ihn ganz vermeiden, so kann man, nachdem der Apparat gefüllt und verschlossen ist, in die Bürette so viel Kalilauge nachgießen, daß ihr Stand sich wenig über dem Kork erhebt. Man muß in diesem Falle jedoch, bevor man den Gummistopfen wieder herauszieht, den nachgefüllten Teil der Lauge ausgießen. Nach Benutzung kann

der Apparat gefüllt stehen bleiben, er ist also immer gebrauchsfertig, denn der gut paraffinierte Kork wird von der Kalilauge nicht angegriffen und die Stricknadeln rosten kaum. Sollten sie nach längerer Zeit stark angegriffen sein, so können sie leicht durch neue ersetzt werden. Anstatt des Pulverglases kann man auch eine Woulffsche Flasche mit drei Hälsen benutzen. Ein Hals wird durch einen gedichteten und mit zwei Stricknadeln als Elektroden versehenen Kork verschlossen, der zweite durch einen Gummistopfen, und durch den dritten wird die Bürette geführt. Wer die infolge der Gasentwicklung schäumende Kalilauge vermeiden will, kann natürlich auch Natronlauge oder Barytwasser verwenden.

Vor dem von Hahn in seinem Handbuch empfohlenen Apparat hat der beschriebene den großen Vorzug, daß er nicht bei jedem Versuch eine besondere Aufstellung erfordert, und daß man kein eisenfreies Gestell nötig hat, wenn man ihn in Verbindung mit einer Tangentenbussole benutzt. Die geringen Eisenmassen, die in den Stricknadeln enthalten sind, wirken in größerer Entfernung kaum auf die Tangentenbussole ein. Der Nachteil, daß die entwickelte Gasmenge unter höherem als Atmosphärendruck steht, fällt meiner Meinung nach nicht ins Gewicht, da ja das Volumen, wenn der Druck unter Berücksichtigung der Dampfspannung nicht gerade 760 mm beträgt, doch reduziert werden muß.

### Kreisleiter, Tangentenbussole.

Weniger einfach ist die Herstellung einer Tangentenbussole. Man beschafft sich hierzu einen Holzklotz mit den Maßen  $7 \times 7 \times 14$  cm, nagelt auf diesen (Fig. 4a)

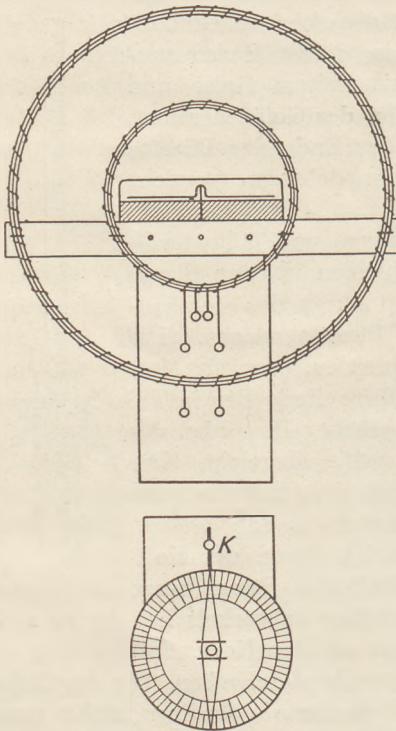


Fig. 4a und 4b.

eine schmale 21 cm lange, 2 cm breite Querleiste und bohrt an den bezeichneten Stellen drei Paare von Klemmschrauben ein. Dann stellt man einen aus 4 Windungen bestehenden Kreisleiter von 10 cm Radius und zwei aus einer beziehungsweise 4 Windungen bestehende Kreisleiter von je 5 cm Radius her. Für den Leiter mit einer Windung wählt man zweckmäßig andersfarbigen Draht. Aus freier Hand lassen sich diese schwer wickeln. Man stellt deshalb aus Pappe zwei zylindrische Reifen her, deren Umfang einige Millimeter kleiner ist als der der Kreisleiter. Auf diese wickelt man den Draht (etwa 1 mm starken Kupferdraht), dreht die freien Enden vorläufig zusammen und umwickelt dann die Windungen mit einer Schnur. Die beiden kleinen Ringe werden zusammen umwickelt. Die aus Pappe gefertigten Reifen werden nun nicht immer regelmäßig gebogen sein. Um den Ringen eine schöne Kreisform zu geben, streift man sie daher nach der Umwicklung über einen passenden Blumentopf, so daß sie sich dessen äußerer Wandung eng anschmiegen. Darauf dreht man die Endstücke wieder auf und preßt sie mit den Klemmen auf den Klotz und zwar so, daß der Drehungssinn in den einzelnen Windungen der gleiche

ist, sie also alle in gleichem Sinne von einem Strom durchflossen werden. Eine weitere Befestigung erfahren die Ringe an der Querleiste, indem man Stecknadeln durch die Leiste schlägt und sie um die Ringe biegt.

Der soweit hergestellte Apparat kann benutzt werden, um die Abhängigkeit der



Kraftwirkung eines Kreisstromes von der Stromstärke, der Zahl der Windungen und dem Radius zu untersuchen. Man stellt ihn so auf, daß die Kreisleiter horizontal liegen, stellt daneben eine magnetische Polwage, so daß der Pol im Mittelpunkt der Ringe liegt, und liest die Stellung der Nadel an einem Spiegelmaßstab ab. Durch aufgelegte Reitergewichte wird die Kraftwirkung für die einzelnen Fälle bestimmt. Die weitere Ausführung dürfte ohne weiteres klar sein. (Vergleiche meine „physikalischen Schülerübungen“, Aufg. 77.) Anstatt der Polwage kann man auch einen an der kurzen Schale einer hydrostatischen Wage vertikal aufgehängten Stabmagneten verwenden (vergleiche Zeitschrift für math. und nat. Unterricht Jg. 1916 H. 9: Aus der Praxis der physikalischen Schülerübungen von E. Grünholz in Hamm). Bei Benutzung schwächerer Magnete insbesondere von Stricknadeln ist jedoch eine Polwage wegen der größeren Empfindlichkeit, die sie im allgemeinen haben wird, vorzuziehen. Die aus der Kraftwirkung des Stromes berechnete Stromstärke wird in beiden Fällen aus bekannten Gründen nicht genau mit der an einem eingeschalteten Amperemeter abgelesenen übereinstimmen.

Wenn der Apparat zur Tangentenbussole vervollständigt werden soll, bohrt man in die obere Fläche des mit vertikalen Windungen aufgestellten Klotzes eine Klemme *K* (Fig. 4b) und befestigt hieran eine Bussole. Um diese anzufertigen, klebt man auf eine kreisförmige Holzplatte von 9,5 cm Durchmesser und 1 cm Höhe zwei Papiertransporteure von angemessener Größe, schlägt durch den Mittelpunkt eine Nähnadel so, daß sie mit der Spitze um 5—6 mm herausragt, und bricht das stumpfe Ende ab. Ferner fertigt man aus Aluminiumblech einen Zeiger von 8—9 cm Länge, durchbohrt ihn in der Mitte und kittet über die Durchbohrung ein kleines Glashütchen. Dieses wird aus einer an einem Ende zugeschmolzenen Glasröhre gewonnen, indem man ein etwa 5 mm langes Stück abschneidet. Außerdem kittet man auf den Zeiger senkrecht zu seiner Längsrichtung zwei magnetisierte Nähnadelstücke, deren Pole gleich gerichtet sind. Zum Schutze gegen Luftströmungen deckt man eine passende Glasschale über die Bussole. Geeignet sind hierfür die sogenannten Petrischalen, die in verschiedenen Größen (9—10 cm Durchmesser und 1—2 cm Höhe) zu erhalten sind. Damit die Schale nicht herunterfallen kann, schlägt man nahe am Rande des Holztellers drei Stecknadeln in symmetrischer Verteilung ein, kneift die Köpfe so weit ab, daß sie nicht länger sind als die innere Schalenhöhe und deckt die Schale über die Stecknadeln. In den Rand des Holztellers schlägt man einen 6 cm langen in die Klemme *K* passenden Messingstift, durch den die Bussole in der Klemme befestigt wird. Diese Befestigung hat natürlich so zu erfolgen, daß die Mitte des Zeigers mit dem Mittelpunkt der Kreisleiter zusammenfällt. Mit Rücksicht hierauf mußten auch die Kreisleiter entsprechend angebracht werden.

Soll die Kraftwirkung auf eine außerhalb des Mittelpunktes der Kreisleiter befindliche Nadel untersucht werden, was man als zu weit gehend wohl meistens unterlassen wird, so zieht man die Bussole ein Stück aus der Klemme heraus. Um die Entfernung der Nadel vom Mittelpunkt bequem messen zu können, bezeichnet man die Stelle, an der der Messingstift bei der Mittelpunktsstellung in die Klemmschraube mündet, durch einen scharfen Feilstrich und teilt von hier aus den Stift durch weitere Striche in Zentimeter ein. Infolge dieser Einrichtung kann dann die Bussole leicht um ganze Zentimeter in einer auf den Kreisleitern senkrecht stehenden Richtung verschoben werden. Eine Verschiebung in Richtung des Kreisdurchmessers ist allerdings nicht möglich.

## Über thermochemische Messungen als Schülerübungen.

Von

P. Bräuer in Hannover.

Einleitung. Über die Bedeutung der Thermochemie für das tiefere Verständnis chemischer Vorgänge und der dabei stattfindenden Energieänderungen besteht wohl kein Zweifel, wenn auch die Wärmetönung kein Maß für die Affinität eines Vorganges bildet, wie man lange geglaubt hat. Denn daß das Berthelotsche Prinzip, nach welchem jede chemische Umsetzung zur Entstehung derjenigen Stoffe führt, welche die größte Wärmemenge entwickeln (1867), nicht richtig sein kann, folgt, abgesehen von den starken theoretischen Gründen, die man dagegen anführen kann, schon aus der Tatsache, daß es zahlreiche umkehrbare Reaktionen und von selbst verlaufende endotherme Vorgänge gibt. Letztere würden zu der Annahme negativer Werte für die Affinität führen.

Als Maß der Affinität kann nur die maximale freie Energie betrachtet werden, die sich bei einem umkehrbar geleiteten Vorgange gewinnen läßt. Die Abnahme  $U$  der inneren Energie — die Wärmetönung — ist der freien Energie  $A$  nur gleich beim absoluten Nullpunkte, oder wenn der Temperaturkoeffizient Null ist, wie man sogleich erkennt, wenn man den zweiten Hauptsatz in der Helmholtzschen Form

$A - U = T \cdot \frac{dA}{dT}$  ausdrückt. Nun ist aber der Temperaturkoeffizient im allgemeinen

nicht Null, da  $A$ , wie aus der Gleichung der Reaktionsisotherme  $A = -RT \lg \text{nat } K^1$ ) hervorgeht, eine Funktion von  $T$  ist. Der Umstand, daß bei zahlreichen Reaktionen zwischen festen und flüssigen Stoffen die Differenz  $A - U$  sehr klein ist, sowie die starke Abnahme der spezifischen Wärmen fester und flüssiger Stoffe bei tiefen Temperaturen, veranlaßte bekanntlich Nernst zu der Annahme, daß für  $T = 0$  auch  $\frac{dA}{dT} = \frac{dU}{dT}$  ist, daß also die  $A$ - und die  $U$ -Kurve im absoluten Nullpunkte eine gemeinsame Tangente besitzen. Die allgemeinen Beziehungen, die sich durch Anwendung dieses neuen Wärmesatzes auf chemische Vorgänge ergeben, sind sehr mannigfaltig.

Beispielsweise ergibt sich hieraus die überraschende Möglichkeit, die Gleichgewichtskonstante aus Temperaturmessungen und spezifischen Wärmen zu berechnen. Auch die praktischen Anwendungen dieses Prinzips auf chemisch-physikalische Probleme sind bereits sehr zahlreich<sup>2)</sup>.

Ist nun auch die Wärmetönung kein Maß für die Affinität, so ist sie doch für jeden Vorgang eine ebenso charakteristische Größe, wie es das auf Grund der Atomgewichte bestehende Mengenverhältnis der beteiligten Stoffe ist, auch haben sich aus der Messung der Wärmetönung manche Ergebnisse von grundlegender Bedeutung ergeben, die ich hier, soweit sie die anorganische Chemie, also im wesentlichen die Chemie der Elektrolyte betreffen, kurz zusammenfassen will.

1. Die Bildungswärme der chemischen Verbindungen. Sie gibt den Unterschied im Energieinhalte an, der zwischen den Elementen und den aus ihnen entstandenen Verbindungen besteht; die Kenntnis dieser Konstanten ist von derselben Wichtigkeit, wie die des Molekulargewichts und deshalb von größtem wissen-

<sup>1)</sup>  $R$  = Gaskonstante,  $T$  = absolute Temperatur,  $K$  ist die Gleichgewichtskonstante des Vorganges. Z. B. ist bei dem Vorgange  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $K = \frac{c_1^2 \cdot c_2}{c_1'^2}$ , wenn  $c_1 c_2 c_1'$  die Konzentrationen der reagierenden Molekelarten im Gleichgewichtszustande sind.

<sup>2)</sup> Vgl. Nernst, Theoret. Chemie, 7. Auflage (1913), S. 732 ff., sowie Pollitzer, Die Berechnung chemischer Affinitäten nach dem Nernstschen Wärmetheorem (Enke, Stuttgart 1912).

schaftlichen Interesse. Die von Jul. Thomsen in vieljähriger Forscherarbeit ermittelten Verbindungswärmen<sup>3)</sup> sind neuerdings in einzelnen, besonders wichtigen Fällen durch die Verbesserung der experimentellen Hilfsmittel durch genauere Werte ersetzt worden<sup>4)</sup>. Von den zur Ermittlung der Bildungswärmen gemessenen Wärmetönungen vieler Vorgänge sind die Verbrennungswärmen auch für die Technik von praktischer Bedeutung.

2. Das Gesetz der Thermoneutralität. Der Inhalt dieses Gesetzes, einer Stütze der Iontheorie, läßt sich so ausdrücken: Wenn stark verdünnte Lösungen verschiedener Salze vermischt werden, so tritt im allgemeinen keine Wärmetönung ein, falls nicht ein Niederschlag entsteht. Diese Erfahrungstatsache erklärt sich im Sinne der Iontheorie folgendermaßen. Beim Vermischen stark verdünnter, d. h. völlig oder doch fast völlig dissoziierter Lösungen tritt keine Vermehrung oder Verminderung der Ionenzahl ein, es tritt also auch keine durch Wärmetönung bemerkbare Änderung der inneren Energie ein. Wenn jedoch ein Niederschlag in Gestalt eines sich ausscheidenden Salzes entsteht, so hat eine Ionenverminderung stattgefunden, eine Anzahl positiver und negativer Ionen ist zu neutralen Molekeln zusammengetreten, eine in den meisten Fällen positive Wärmetönung ist die Folge. Beispiel: Verdünnte Lösungen von Chlorkalium und Natriumnitrat oder von Chlornatrium und Kaliumnitrat geben beim Vermischen keine Wärmetönung, dagegen erfolgt beim Vermischen von Lösungen von Bariumchlorid und Natriumsulfat auf je 1 g Mol der Salze eine Wärmetönung von 5600 gcal.

Ein Beispiel einer scheinbaren Ausnahme betrifft die Wärmetönung beim Vermischen von Merkursnitratlösung mit Kochsalzlösung, wobei kein Niederschlag entsteht, wohl aber die erhebliche Wärmetönung von + 12000 gcal für 1 g Mol des Quecksilbersalzes und die äquivalente Menge Chlornatrium.

Der Grund liegt darin, daß  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  stark,  $\text{HgCl}_2$  schwach dissoziiert ist, beim Vermischen also eine große Menge  $\text{Hg}^+$ -Ionen und  $\text{Cl}^-$ -Ionen verschwindet unter Bildung von  $\text{HgCl}_2$ -Molekeln.

3. Ebenfalls durch Anwendung der Iontheorie erklärt sich die Tatsache, daß beim Vermischen der Lösungen starker Basen und Säuren stets dieselbe Wärmetönung von  $\sim 13700$  gcal beobachtet wird. Denn bei dem Vorgange  $\text{Na}'\text{OH}' + \text{H}'\text{Cl}' = \text{Na}'\text{Cl}' + \text{H}_2\text{O}$  treten nur die Wasserstoffionen und die Hydroxylionen zu nicht dissoziiertem Wasser zusammen, die übrigen Ionen der Laugen und Säuren sind nicht beteiligt. Die Ausnahmen bei der Neutralisation von verdünnten starken Laugen mit Phosphorsäure oder Flußsäure oder von verdünnten Lösungen starker Säuren durch Ammonlösung erklären sich dadurch, daß im ersteren Falle die Säuren, im letzteren die Lauge schwach dissoziiert sind und daß sich zu der Neutralisationswärme die beim Ionenzerfall erfolgende Wärmetönung algebraisch addiert.

<sup>3)</sup> Systematische Durchführung thermochemischer Untersuchungen von Jul. Thomsen, autoris. Übersetzg. von Dr. J. Traube (Enke, Stuttgart 1906).

<sup>4)</sup> Ich führe an:

$\text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + 67520$	gcal	(statt 68400 gcal)
$\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + 94300$	"	( " 97600 " )
$\text{C} + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{CO} + 26600$	"	( " 29000 " )
$\frac{1}{2} \text{N}_2 + \text{O}_2 = \text{NO}_2 - 7700$	"	( " -8130 " )
$\text{N}_2 + 2 \text{O}_2 = \text{N}_2\text{O}_4 - 2600$	"	( " -2650 " )
$\text{Hg} + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{HgO} + 20700$	"	( " 22000 " )
$2 \text{Hg} + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{Hg}_2\text{O} + 22200$	"	( " 24860 " )
$\text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{S}_2(\text{gasf.}) = \text{H}_2\text{S} + 20000$	"	( " unsicher )
$\text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{S}_2(\text{flüss.}) = \text{H}_2\text{S} + 5000$	"	( " " )

Die Thomsenschen Wärmetönungen der übrigen Quecksilberverbindungen sind bereits früher (1888) als nicht zutreffend erwiesen und durch genauere Werte ersetzt worden.

Durch die Ionentheorie mit Zuziehung des Massenwirkungsgesetzes findet auch die bekannte Tatsache ihre Erklärung, daß beim Vermischen von Natriumsulfatlösung mit verdünnter Schwefelsäure eine Abkühlung eintritt und daß diese um so größer ist, je größer die Menge der zugesetzten Schwefelsäure ist. Die Lösung des Natriumsulfats ist weitgehend dissoziiert in die Ionen  $\text{Na}^+$  und  $\text{SO}_4^{--}$ , verdünnte Schwefelsäure in die Ionen  $\text{H}^+$ ,  $\text{HSO}_4^-$  und  $\text{SO}_4^{--}$ . Mischt man je 1 Mol der in Lösung befindlichen Verbindungen, so enthält die Lösung 2 Mol der Ionen des Salzes  $\text{NaHSO}_4$ , dessen Ionen  $\text{Na}^+$  und  $\text{HSO}_4^-$  sind. (Letztere sind in geringem Betrage in die Ionen  $\text{H}^+$  und  $\text{SO}_4^{--}$  gespalten.)

Infolge der starken Vermehrung der  $\text{SO}_4^{--}$ -Ionen beim Vermischen der Lösungen ist das Gleichgewicht in der Schwefelsäure gestört, es treten daher eine Anzahl  $\text{SO}_4^{--}$ - und  $\text{H}^+$ -Ionen zu  $\text{HSO}_4^-$ -Ionen zusammen, welcher Vorgang mit einer Wärmeabsorption verbunden ist. Die Größe derselben läßt sich mit Benutzung der Bildungswärmen berechnen. Man findet so — 2000 gcal, während die direkte Bestimmung einen Betrag von — 1870 gcal liefert, eine befriedigende Übereinstimmung in Anbetracht des Umstandes, daß der berechnete Betrag als Differenz der sehr großen Bildungswärmen des primären und des sekundären Natriumsulfats nebst der Schwefelsäure gefunden wird.

In ähnlicher Weise und zwar infolge der Störung des Gleichgewichts durch Hinzutritt der Wasserstoffionen, erklärt sich die Abkühlung beim Vermischen von Natriumsulfatlösung mit verdünnter Salzsäure. Dieser Vorgang steht übrigens in naher Beziehung zu der bereits im Jahre 1854 von Jul. Thomsen experimentell gelösten Aufgabe, das Teilungsverhältnis einer Basis zwischen 2 Säuren zu ermitteln, wenn diese in größerer als zur Neutralisation nötigen Menge vorhanden sind.

Es möge beispielsweise die Lösung von 1 Mol  $\text{NaOH}$  mit einer solchen von 1 Mol  $\text{HCl}$  und  $\frac{1}{2}$  Mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$  gemischt werden, bei welchem Vorgange die Wärmetönung  $a$  beobachtet wird. Sind bzw.  $b$  und  $c$  die Wärmetönungen beim Neutralisieren von 1 Mol  $\text{NaOH}$  mit 1 Mol  $\text{HCl}$  bzw.  $\frac{1}{2}$  Mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$  und ist bei gleichzeitiger Einwirkung beider Säuren der Bruchteil  $x$  von der Salzsäure „mit Beschlag belegt“, wie die der älteren Auffassung entsprechende Ausdrucksweise lautet, so erhält man die Gleichung:  $bx + c(1 - x) = a$  und hieraus  $x = \frac{a - c}{b - c}$  und  $\frac{x}{1 - x} = \frac{a - c}{b - a}$ . Im Sinne der Ionentheorie ist der Ausdruck „Teilung einer Basis zwischen zwei Säuren“ nicht zutreffend; er würde in dem Sinne aufzufassen sein, daß nach der Anzahl der Natriumionen gefragt wird, welche sich in der Lösung im Anziehungsbereich der Cl-Ionen und der  $\text{SO}_4$ -Ionen befindet. Das Massenwirkungsgesetz führt zu dem Ergebnis daß das Teilungsverhältnis gleich dem Verhältnis der Dissoziationsgrade beider Säuren in der Mischung ist.

4. Die Lösungswärme, die bald positiv bald negativ sein kann, erreicht fast in allen Fällen ihr Maximum bei unendlicher Verdünnung. Eine Ausnahme bildet das Natriumhydroxyd, dessen Lösungswärme schon bei dem Verhältnis 1 Mol  $\text{NaOH}$  auf 28 Mol  $\text{H}_2\text{O}$  den Maximalwert erreicht, so daß bei Zusatz weiterer Wassermengen eine deutlich bemerkbare Abkühlung eintritt. Jul. Thomsen hat bei einer Anzahl Säuren für die Verdünnungswärme einen empirisch gefundenen Ausdruck  $y = \frac{ax}{x + b}$  <sup>5)</sup> aufgestellt. Hierin ist  $y$  diejenige Wärmetönung, welche entsteht, wenn eine Lösung, welche auf 1 Mol Säure  $x$  Mol Wasser enthält mit sehr viel Wasser vermischt wird. Für Schwefelsäure ist  $a = 17860$ ,  $b = 1,8$ .

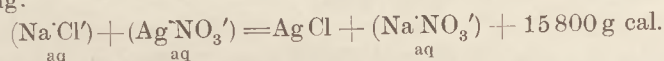
<sup>5)</sup> Die Gleichung stellt eine Hyperbel dar. Setzt man  $x = x' - b$ ,  $y = y' + a$ , so geht die obige Gleichung in die Form  $x'y' = -ab$  über. (Asymptotengl. der Hyperbel.)

Bei der Auflösung von Säuren, Hydroxyden und Salzen in Wasser findet in allen Fällen ein chemischer Vorgang statt, mag dieser nun im Ionenzerfall, in der Bildung anderer Molekelgruppen (z. B. bei der Hydrolyse) oder in beiden Änderungen bestehen.

Die algebraische Summe der dabei stattfindenden Energieänderungen ist die Lösungswärme. Beispielsweise zerfällt kristallisiertes Glaubersalz ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10 \text{H}_2\text{O}$ ) bei seiner Auflösung in sehr viel Wasser in die Ionen  $\text{Na}^+$  und  $\text{SO}_4^{''}$  unter Abscheidung der Kristallwassermolekeln, die aus dem festen Zustande in den flüssigen übergehen. Die für 1 Mol des Salzes beobachtete Wärmetönung beträgt  $-18760$  gcal. Löst man dagegen wasserfreies Natriumsulfat in sehr viel Wasser, so ist die Wärmetönung für 1 Mol  $+460$  gcal; letzterer Betrag entspricht allein der Energieänderung durch Ionenzerfall, so daß also der Betrag von  $19220$  gcal auf die Abtrennung der Kristallwassermolekeln zu rechnen ist, falls nicht andere, noch unbekanntere molekulare Änderungen stattgefunden haben.

Ein hiervon sehr abweichendes Verhalten zeigt das Chlorcalcium. 1 Mol des wasserfreien Salzes löst sich in sehr vielem Wasser unter einer Wärmeentwicklung von  $17410$  gcal, 1 Mol  $\text{CaCl}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$  unter Wärmeaufnahme von  $4340$  gcal. Die Abscheidung der 6 Wassermolekeln erfordert also einen Betrag von  $21750$  gcal, der Ionenzerfall des Salzes liefert  $17410$  gcal. Übrigens sind bei diesen wie bei dem vorigen Salze die für die einzelnen Kristallwassermolekeln erforderlichen Energiebeträge nicht sämtlich gleich groß. Die gesamte Wärmeentwicklung beim Übergange eines wasserfreien Salzes in das kristallwasserhaltige bezeichnet man mit Jul. Thomsen als die Hydratationswärme. Bei Salzen, die kein Kristallwasser aufnehmen, wie beispielsweise  $\text{KCl}$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$  usw. ist die Lösungswärme stets negativ.

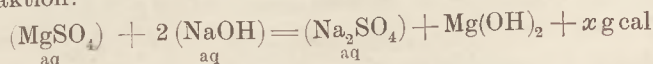
Die Lösungswärmen sehr schwer löslicher Salze, wie der Halogenverbindungen des Silbers, der Sulfate des Bariums und Bleis u. a. lassen sich direkt nicht bestimmen, dennoch kann man ihren Betrag ermitteln auf Grund einer der Ionen-theorie entnommenen Schlußweise. Beim Mischen verdünnter Lösungen von je 1 Mol Chlornatrium und Silbernitrat entsteht ein Niederschlag von Chlorsilber nach der Energiegleichung:



Hierbei sind die Chlor- und Silberionen zusammengetreten, die Wärmetönung von  $-15800$  gcal würde also die Lösungswärme des Chlorsilbers sein.

Beim Bariumsulfat ergibt sich sogar noch ein zweiter Weg zur Bestimmung der Lösungswärme. Wie bereits erwähnt wurde, beträgt die Neutralisationswärme der starken Basen  $\text{KOH}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  durch Salzsäure, Salpetersäure, Chlorsäure usw. durchschnittlich  $27500$  gcal (auf 2 Äquivalente), bei Schwefelsäure  $31380$  gcal<sup>6)</sup>. Neutralisiert man aber Bariumhydroxydlösung mit Schwefelsäure, so erhöht sich unter Bildung von unlöslichem Bariumsulfat die Wärmetönung auf  $36900$  gcal. Der Unterschied von  $5620$  gcal ist die Lösungswärme des Bariumsulfats. (Sie ist negativ.) Zersetzt man eine Lösung von Chlorbarium mit einer solchen von Magnesiumsulfat, so entsteht die gleiche Wärmetönung. In beiden Fällen vereinigen sich  $\text{Ba}^{''}$  und  $\text{SO}_4^{''}$ -ionen.

Die Wärmetönungen beim Vermischen zweier Lösungen, aus denen ein unlöslicher Niederschlag entsteht, sind meist positiv, aber nicht sehr groß. Die vollständig verlaufende Reaktion:



<sup>6)</sup> In dem Maße wie bei der Neutralisation die H-Ionen verschwinden, zerfallen unter positiver Wärmetönung die in der Säure enthaltenen  $\text{HSO}_4'$ -Ionen. Hierdurch erklärt sich der größere Betrag.

liefert für  $x$  praktisch den Wert Null<sup>7)</sup>, sie verläuft bei mittlerer Temperatur also ohne Wärmeentwicklung. Da die Wärmetönung eine Temperaturfunktion ist, so ist es nicht zweifelhaft, daß eine Reaktion, die bei einer Temperatur  $T_1$  exotherm ist, bei einer anderen  $T_2$  endotherm sein kann.

Ein großer Teil der hier zusammengestellten Tatsachen ist experimentell leicht nachweisbar, die Ausführung der betreffenden Versuche bildet ein recht dankbares Gebiet für praktische Schülerversuche.

Wie im Jahrgange 1913 Heft 4 dieser Zeitschrift von PRECHT gezeigt ist, sind die Leerraumgefäße — die sogenannten Thermosflaschen — als Kalorimeter für physikalische Bestimmungen wohl geeignet. Eigentliche Schülerversuche mit brauchbaren Ergebnissen sind dadurch erst möglich geworden, da die Zeitdauer der Versuche sehr viel kürzer ist, als bei der Benutzung von Metall- oder Glaskalorimetern bisheriger Art, bei denen die Beobachtung des Thermometers während der Vor- und Nachperiode viel Zeit erfordert. Die Leerraumgefäße bewähren sich ebenso bei einer großen Zahl thermochemischer Versuche über Reaktionen in wäßrigen Lösungen, die wegen ihres schnellen Verlaufes sich als Schülerversuche eignen. Gewöhnliche mit Korkstopfen verschlossene Thermosflaschen von etwa  $\frac{1}{2}$  l Inhalt mit lackiertem Weißblechmantel besitzen einen so guten Wärmeschutz, daß die Temperatur einer darin befindlichen Flüssigkeit bei einer Differenz von  $\pm 10^\circ$  gegen die Außentemperatur in 10 Minuten nur um  $0,01^\circ$  fällt oder steigt. Bei den meisten thermochemischen Versuchen sind aber die Temperaturdifferenzen kleiner. Die Thermometer müssen in  $\frac{1}{10}$ -Grade geteilt und mit einem zuverlässigen Thermometer verglichen sein, so daß die häufig gar nicht unbedeutenden Abweichungen bekannt sind. Man trägt die Korrekturen für den Temperaturbereich von  $10^\circ$  bis  $30^\circ$  auf Millimeterpapier auf, das auf einen Pappstreifen oder auf ein Brettchen geklebt mit jedem der Thermometer zusammen aufbewahrt wird. Zur Vermeidung des Ablesungsfehlers, den man machen würde, wenn nicht die ganze Quecksilbersäule die zu messende Temperatur besitzt, ist schon beim Vergleich mit dem Normalinstrument jedes Gebrauchsthermometer gerade so tief in ein mit Wasser gefülltes Leerraumgefäß einzutauchen, wie es bei der späteren Benutzung der Fall ist. Die Korrekturentafel gilt also für die bei allen Versuchen gleiche Stellung des Thermometers im Kalorimeter. Bei den meisten Versuchen wird nur 1 Kalorimeter gebraucht, in einigen Fällen sind 2 nötig, von denen dann jedes ein besonderes Thermometer enthält.

1. Bestimmungen von Lösungswärmen. Die Wägung des Lösungswassers läßt sich häufig ersparen; man mißt es in gewöhnlichen Arzneiflaschen ab, deren Wasserinhalt bei vollständiger Füllung vorher ermittelt ist. Als Lösungswasser genügt Leitungs- oder besser filtriertes Regenwasser, gewöhnlich von der Temperatur des Arbeitsraumes. Man stellt es bereits am Tage vor der Ausführung der Versuche in ausreichender Menge bereit. Die zu lösenden fein zerriebenen Substanzen müssen, wenn sie kein Kristallwasser enthalten, von dem hygroskopisch anhaftenden Wasser befreit sein, kristallwasserhaltige Salze dürfen nicht zum Teil verwittert sein — eine manchmal nicht leicht zu erfüllende Forderung.

Auch die Substanzen müssen wie das Lösungswasser bereits am Tage vor der Beobachtung im Arbeitsraum aufgestellt sein, damit Temperaturgleichheit vorhanden ist. Die nötigen Mengen werden unmittelbar vor dem Versuche auf der Trierwage auf Glanzpapier abgewogen, bequemer noch ist eine Handwage mit Hornschalen. Die Menge des zu lösenden Stoffes ist so zu bemessen, daß 1 g-Molekel (1 Mol) auf etwa 200 Mol Wasser kommt, also z. B.  $\frac{1}{10}$  Mol Substanz auf 360 g Wasser. Der Versuch zerfällt in folgende Einzelverrichtungen:

<sup>7)</sup> Nach den Messungen Thomsens — 88 cal (bei Fällung durch KOH). Ich fand für die oben angegebene Reaktion (unter Verwendung von NaOH)  $x = -66$  geal (bei  $14,2^\circ$ ).

a) Einfüllen des abgemessenen Wassers in das Gefäß, Aufsetzen des gut schließenden Stopfens, der das Thermometer trägt, und Umschütteln.

b) Abwägen des feingeriebenen Salzes.

c) Ablesen der Temperatur  $t$ , Herausnehmen des Thermometers nebst Kork, Einschütten des Salzes und Wiederverschließen. Die Lösung bewirkt man durch mäßiges Hin- und Herbewegen der wagerecht gehaltenen Flasche. Eine merkbare Temperaturerhöhung durch die mit der Bewegung verbundene Energieumwandlung ist nicht zu befürchten.

d) Ablesen der Temperatur  $t_2$  nach dem Lösen des Salzes. Daß die Lösung vollständig erfolgt ist, erkennt man an dem unveränderten Stande des Thermometers nach nochmaligem mäßigen Umschütteln. Meist wird die Lösung in einigen Minuten erfolgt sein.

Zur Berechnung der Lösungswärme ist die Kenntnis des Wasserwertes des Kalorimeters nebst Thermometer nötig. Seine Bestimmung kann in der üblichen Weise als Schülerversuch erfolgen, doch ist es ratsam, das Ergebnis durch mehrfache sorgfältigere Versuche zu kontrollieren, um einen bei allen späteren Messungen zu benutzenden, möglichst guten Mittelwert zu erhalten<sup>8)</sup>. Die Wärmekapazität stark verdünnter Lösungen von Hydroxyden, Säuren und Salzen ist ungefähr dieselbe, wie diejenige gleicher Wasservolumina. Wenn es sich nicht um genaue Versuche handelt, genügt es, sie gleich der des in den Lösungen vorhandenen Wassers zu setzen. Es ist z. B. für eine Kochsalzlösung, die 1 Mol (= 58,5 g) auf 200 Mol (= 3600 g) Wasser enthält, die spez. Wärme  $s = 0,978$ ,  $3658,5 \cdot 0,978 = 3578$  gcal statt 3600. (Abweichung 0,6%) Bei gleicher Verdünnung beträgt die Abweichung für KCl 1%,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,33%,  $\text{NaNO}_3$  0,2%,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  1,4% usw. Ist also auch die Abweichung nicht erheblich, so steht doch nichts im Wege, die Berechnung der Wärmetönung unter Benutzung der spezifischen Wärmen der betreffenden Lösungen auszuführen. Für eine Anzahl der häufiger benutzten Lösungen von 1 Mol Substanz auf 200 Mol = 3600 g Wasser sind sie unten angegeben<sup>9)</sup>.

Um dem Leser ein Urteil über die bei solchen Versuchen erreichbare Genauigkeit der Ergebnisse zu verschaffen, sowie zur Erleichterung etwaiger Wiederholungen führe ich im folgenden eine Anzahl wirklich ausgeführter Schülerversuche an. Die Schüler arbeiteten dabei in Gruppen zu je zweien — mit Arbeitsteilung — in der Art, daß jeder einzelne Schüler die Beobachtung des anderen kontrollierte. Die Beobachtungsdaten sämtlicher Gruppen wurden vom Lehrer an die Tafel, von den Schülern in ihre Hefte geschrieben, die Ergebnisse wurden aus dem Mittelwert der beobachteten Temperaturdifferenzen zu Hause berechnet. Die bei den Wägungen be-

<sup>8)</sup> Bei den angegebenen Versuchen betrug er 17 g.

<sup>9)</sup>

Substanz	Spez. Wärme der Lösung	Zunahme für 1 Mol Wasser
KCl	0,970	+ 0,22 Einheiten d. 3. Dezimale
$\text{NH}_4\text{Cl}$	0,982	+ 0,16
$\text{NaNO}_3$	0,975	+ 0,25
$\text{KNO}_3$	0,996	+ 0,54
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	0,958	+ 0,25
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	0,955	+ 0,35
$\text{MgSO}_4$	0,952	+ 0,35
$\text{BaCl}_2$	0,982	
$\text{ZnSO}_4$	0,947	
$\text{CuSO}_4$	0,953	
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	0,919	
$\text{H}_2\text{SO}_4$	0,977	
$\text{HNO}_3$	0,982	
HCl	0,979	

nutzten Schülerwagen habe ich früher beschrieben<sup>10)</sup>. Wenn nichts anderes angegeben ist, bedeutet  $t_1$  die Temperatur des Lösungswassers vor der Lösung,  $t_2$  die Temperatur nach erfolgter Lösung.

1.  $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10 \text{H}_2\text{O}$ .  $\frac{1}{10}$  Mol = 32,2 g (enthaltend 18 g Kristallwasser), 370 g Wasser.

Ergebnisse von 5 Schülergruppen:

	$t_1$	$t_2$	$t_2 - t_1$
a)	17,42°	12,9°	-4,52°
b)	17,40°	12,8°	-4,60°
c)	17,81°	13,21°	-4,60°
d)	17,99°	13,39°	-4,60°
e)	17,59°	13,20°	-4,39°!

Mittel: 4,54° oder mit Ausschluß des letzten, offenbar fehlerhaften Wertes: 4,58.

$$Q = -405 \cdot 4,58 \cdot 10 = -18550 \text{ gcal oder mit Benutzung der spez. Wärme der Lösung } s = 0,9605,$$

$$Q = -(402,2 \cdot 0,9605 + 17) \cdot 4,58 \cdot 10 = -18470.$$

(Nach J. Thomsen: -18760.)

2.  $\text{MgSO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$ .  $\frac{1}{10}$  Mol = 24,63 g (enthaltend 12,6 g Kristallwasser), 370 g Wasser.

Ergebnisse von 6 Schülergruppen:

	$t_1$	$t_2$	$t_1 - t_2$
a)	18,15°	17,2°	-0,95°
b)	18,16°	17,17°	-0,99°
c)	18,38°	17,38°	-1,00°
d)	18,42°	17,41°	-1,01°
e)	18,39°	17,38°	-1,01°
f)	18,73°	17,70°	-1,03°

Mittel: -1°.

$$Q = -10 \cdot 399,6 = -3996 \text{ gcal oder mit Benutzung von } s = 0,9565$$

$$Q = -(394,6 \cdot 0,9565 + 17) \cdot 10 = -3944 \text{ gcal.}$$

(Thomsen: -3800.)

Nach Thomsen:

3. 5,84 g NaCl, 225 g Wasser	$t_1 = 14,91^\circ$	$t_2 = 14,43^\circ$	$Q = -1162 \text{ gcal}$	-1180 gcal
4. 7,45 g KCl, 225 g "	$t_1 = 15^\circ$	$t_2 = 13,17^\circ$	$Q = -4500 \text{ "}$	-4440 "
5. 11,06 g $\text{NH}_4\text{Cl}$ , 370 g "	$t_1 = 14,70^\circ$	$t_2 = 12,56^\circ$	$Q = -4140 \text{ "}$	-4000 "
6. 17,0 g $\text{NaNO}_3$ , 370 g "	$t_1 = 14,72^\circ$	$t_2 = 12,13^\circ$	$Q = -5010 \text{ "}$	-5030 "
7. 10,1 g $\text{KNO}_3$ , 225 g "	$t_1 = 15,39^\circ$	$t_2 = 11,99^\circ$	$Q = -8300 \text{ "}$	-8520 "
8. 10,6 g $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 370 g "	$t_1 = 12,19^\circ$	$t_2 = 13,72^\circ$	$Q = +5921 \text{ "}$	+5636 "
9. 28,6 g $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10 \text{H}_2\text{O}$ , 370 g Wasser	$t_1 = 19,22^\circ$	$t_2 = 15,15^\circ$	$Q = -16480 \text{ "}$	-16160 "
10. 24,44 g $\text{BaCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ , 370 g Wasser	$t_1 = 17,18^\circ$	$t_2 = 15,88^\circ$	$Q = -5030 \text{ "}$	-4930 "
11. 20,84 g $\text{BaCl}_2$ , 370 g "	$t_1 = 14,61^\circ$	$t_2 = 15,24^\circ$	$Q = +2438 \text{ "}$	+2100 "
12. 10 cem Schwefelsäure (spez. Gewicht 1,811, entsprechend 88,45% $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), 370 g Wasser; $t_1 = 13,6^\circ$ , $t_2 = 18,85^\circ$ , $Q = 12750 \text{ gcal}$ (12800 nach Thomsen) <sup>11)</sup> .				

13. 8,95 g Natriumhydroxyd (in bacillis), 400 g Wasser;  $t_2 - t_1 = 4,87^\circ$ ,  $Q = 9670 \text{ gcal}$ . Die Menge des in Lösung befindlichen NaOH wurde durch Titrieren bestimmt; es waren für 20 cem der Lösung 10,5 cem Normalsäure nötig, welche für die ganze Flüssigkeitsmenge einem Betrage von 8,4 g NaOH entsprechen. Das Natriumhydroxyd enthält (und enthält wohl immer) demnach Wasser, in unserem Falle mehr als 6%, woraus sich der zu kleine Wert der Lösungswärme erklärt. Für wasserfreies Hydroxyd findet man 9940 gcal.

14. Die Lösungswärme des Ammoniakgases bestimmt man durch Einleiten des aus sehr starker Ammonlösung ( $s = 0,89$ ) mit Hilfe von Kaliumhydroxyd entwickelten Gases in das Wasser des Kalorimeters. Zu diesem Zwecke bringt man in ein Glaskölbchen (Fig. 1) 10 g Kaliumhydroxyd in kleinen Stücken und steckt das seitlich angesetzte Rohr durch die weite Durchbohrung eines

<sup>10)</sup> Zeitschr. f. mathem. u. naturw. Unterr. 47, Heft 6, S. 582 ff.

<sup>11)</sup> Zur Kontrolle wurde die Thomsensche Formel benutzt:  $Q_n = \frac{n \cdot 17860}{n + 1,7983}$ . Man berechnet zunächst die Wärmetönung für die Bildung der angewandten Säure aus reiner. Da die

benutzte Säure auf 98 g  $\text{H}_2\text{SO}_4$  12,8 g Wasser enthält, so ist  $Q_n = \frac{12,8}{18} \cdot 17860 = 5060 \text{ gcal}$ .

Ferner ist für  $n = \infty$   $Q_\infty = 17860$ , woraus durch Subtraktion der Betrag  $Q = 12800$  erhalten wird.



Korks, der die Thermosflasche verschließt. Durch einen kleineren, fest über die Gasleitungsröhre geschobenen Kork wird es in dieser Lage erhalten, wobei die untere Öffnung des Rohres einige Zentimeter tief in die Kalorimeterflüssigkeit taucht, deren Temperatur schon vorher bestimmt wurde. Dann läßt man 15 ccm der Ammonlösung durch das Trichterrohr fließen, wobei unter starker Abkühlung der Mischung eine lebhafte Gasentwicklung eintritt<sup>12)</sup>. Durch eine unter das Entwicklungskölbchen gehaltene kleine Flamme läßt sich die Gasentwicklung sehr steigern, ohne daß eine Erwärmung der Flüssigkeit über die Zimmertemperatur eintritt.

Beispiel: Im Kalorimeter 370 g Wasser. 7 Schülergruppen.

	$t_1$	$t_2$	50 ccm erforderten zur Neutralisation ccm Normalsäure	$Q$ (gcal)	
a)	13,8	15,56	9,38	9590	Mittel: 8522 gcal (Thomsen: 8430)
b)	13,96	15,40	9,90	7607	
c)	13,80	15,40	9,40	8900	
d)	14,00	15,61	10,15	8687	
e)	13,74	15,40	10,05	8638	
f)	14,01	15,45	9,21	8177	
g)	13,90	15,40	9,30	8055	

15. In ganz ähnlicher Weise bestimmt man die Lösungswärme des Chlorwasserstoffgases, indem man sehr starke Salzsäure ( $s=1,18$ ) durch das Trichterrohr des Entwicklungskölbchens auf gepulvertes wasserfreies Chlorcalcium fließen läßt.

Beispiel: 370 g Wasser im Kalorimeter.  $t_1 = 15,09$ ,  $t_2 = 17,37$ ,  $Q = 17160$  gcal (Thomsen: 17315).

16. Das Gesetz der Thermoneutralität beweist man durch Vermischen äquivalenter Mengen sehr verdünnter Lösungen von Chlornatrium und Kaliumnitrat oder auch von Natriumnitrat und Chlorkalium, die man vorher auf gleiche Temperatur bringt<sup>13)</sup>.

Beispiel: 10,1 g  $KNO_3 = \frac{1}{10}$  Mol, 5,85 g  $NaCl = \frac{1}{10}$  Mol, gelöst in je 225 g Wasser. 3 Schülergruppen.

	$t_1$	$t_2$
a)	11,33	11,33
b)	11,49	11,50
c)	11,82	11,81

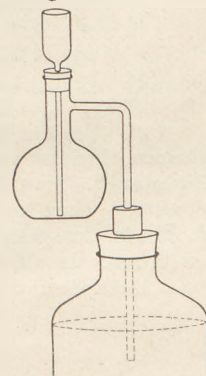


Fig. 1.

17. Wärmetönung beim Vermischen von Glaubersalzlösung mit Salzsäure.

$\frac{1}{10}$  Mol  $Na_2SO_4$ , 227 g Wasser  
 $\frac{1}{5}$  Mol = 40 ccm Salzsäure (5), 191 g Wasser }  $t_1 = 13,44$ ,  $t_2 = 12,13$ ,  $Q = -5460$  gcal.

18.<sup>14)</sup> Neutralisationswärmen.

1. Lösung: 25 ccm Salzsäure (5) und 180 ccm Wasser }  
 2. " 25 " Natronlauge (5) und 180 " " } 6 Schülergruppen.

$t_2 - t_1$   
 a) 4,06  
 b) 4,07  
 c) 3,95  
 d) 4,05  
 e) 4,10  
 f) 4,10  
 Mittel: 4,06.

Da 25 ccm Salzsäure (5) 22,5 g Wasser, und 25 ccm Natronlauge (5) 24,8 g Wasser enthalten, so ist die gesamte Kalorimeterkapazität =  $360 + 22,5 + 24,8 + 17 = 424,3$ . Demnach  $Q = 4,06 \cdot 424,3 \cdot 8 = 13780$  gcal.

Aus der spez. Wärme der Kochsalzlösung ( $s = 0,975$ ) findet man die Wärmekapazität  $416,8 \cdot 0,975 + 17 = 423,4$ ; demnach  $Q = 423,4 \cdot 4,06 \cdot 8 = 13750$  gcal (Thomsen: 13780 gcal).

<sup>12)</sup> Der Vorgang erklärt sich nach dem Massenwirkungsgesetz durch Vermehrung der OH-Ionen, die in der schwach dissoziierten Ammonlösung eine Verminderung der  $NH_4$ -Ionen zur Folge hat. Die Abkühlung beträgt bei der angegebenen Menge  $14^\circ$ .

<sup>13)</sup> Sollte eine Differenz von einigen Hundertel Grad bestehen, so nimmt man für  $t_1$  das Mittel.

<sup>14)</sup> Für eine Anzahl der folgenden Versuche braucht man verdünnte Säuren und Laugen von bestimmtem Gehalt, die man sich aus vorrätig zu haltenden Säuren von 5fach normalem Äquivalentgehalt herstellt. Die spez. Gewichte für die letztgenannten sind:

	$s$	Wassergehalt in 100 ccm
$H_2SO_4$	1,184	94 g
HCl	1,083	90 g
NaOH	1,190	99 g
KOH	1,212	100,5 g

Der entsprechende Versuch mit Kalilauge lieferte  $Q = 13710$  gcal (Thomsen: 13750), während die Neutralisation der Ammonlösung  $Q = 12180$  gcal (Thomsen: 12270) ergab. Vertauscht man die Salzsäure mit Salpetersäure, so ergeben sich ganz ähnliche Beträge, bei Benutzung von Schwefelsäure sind sie höher (vgl. oben S. 189).

Reaktionswärmen beim Auflösen von Metallen in Säuren. Bei den folgenden Versuchen ist zu der beobachteten Wärmetönung  $Q$  für jedes Mol entwickelten Wasserstoffs der Betrag  $2T$  zu addieren.

19. 0,314 g Magnesium, 50 ccm  $H_2SO_4$  (5), 200 g Wasser.  
 $t_1 = 13,7^\circ$ ,  $t_2 = 19,08^\circ$ ,  $Q = \frac{263,5 \cdot 5,38 \cdot 24,32}{0,314} = 110380 + 584 = 110964$  gcal (Thomsen: 111900).

Bei der Lösung in Salzsäure ist die Wärmetönung etwas kleiner.

20. Lösungswärme des Mangans in Salzsäure. Das Metall war nach dem Goldschmidt'schen Verfahren dargestellt, im Stahlmörser zerrieben und durch feine Müllergaze gesiebt.

1 g Mangan, 200 g Wasser, 25 ccm Salzsäure (5), Versuch von 8 Schülergruppen.

$t_2 - t_1$		$Q = 240 \cdot 54,93 \cdot 4,03 = 53130$ gcal
a) 4,05		+ $2T = 590$ "
b) 4,03		<u>53720 gcal</u> (Thomsen: 49370).
c) 3,94	Mittel: 4,03.	
d) 3,99		Die verhältnismäßig große Abweichung von der Thomsen-
e) 4,10		schen Zahl erklärt sich wohl daraus, daß das von Thomsen
f) 4,00		benutzte Metall nicht so rein war, wie das jetzt zu Gebote
g) 4,09		stehende.
h) 4,03		

21. 0,503 g Calcium, 175 g Wasser, 25 ccm Salzsäure (5).

$t_1 = 13,8$ ,  $t_2 = 21,2$ ,  $Q = 126700 + 588 = 127288$  gcal. (Von Thomsen nicht bestimmt.)

22. Um die Wärmetönung beim Auflösen von Zink in Salzsäure oder Schwefelsäure zu bestimmen, benutzt man elektrolytisch dargestelltes Zinkpulver oder den meist nicht ganz reinen „Zinkstaub“. Man kann auch ein durch Reiben mit Sandpapier vom Oxyd befreites Zinkblech vermittelt eines unten rechtwinkelig gebogenen Glasstabes in das Kalorimeter eintauchen und die Menge des gelösten Zinks aus der Gewichts-differenz des Blechs vor und nach dem Versuch bestimmen. In allen Fällen setzt man der Säure einige Tropfen Platinchloridlösung zu.

Beispiel: 50 ccm Schwefelsäure (2,5), 153 g Wasser.

Zinkblech vor dem Versuch	9,206 g
„ nach „	8,383 g
Diff.	<u>0,923 g</u>

$t_1 = 11,93^\circ$ ,  $t_2 = 14,27^\circ$ ,  $Q = 35980 + 574 = 36554$  gcal (Thomsen: 37240).

Letztere Zahl ist von Thomsen nicht direkt gefunden, da Zink sich in sehr stark verdünnter Säure (1 Mol: 200 Mol Wasser) zu langsam löst.

In ganz gleicher Weise bestimmt man die Wärmetönungen beim Auflösen von Oxyden und Karbonaten in Säuren. Geeignet sind Magnesiumoxyd, Zinkoxyd, Kupferoxyd, Calciumkarbonat und als Säuren: Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure.

23. 4 g Kupfersulfat ( $CuSO_4 + 5H_2O$ ) gelöst in 200 g Wasser, 2,5 g Eisenpulver.

$t_1 = 20,26^\circ$ ,  $t_2 = 23^\circ$ ,  $Q = 37360$  gcal (Thomsen: 37240).

Ersetzt man bei vorigem Versuch das Eisenpulver durch Zink, so beobachtet man  $Q = 50000$  gcal. Dieser Vorgang ist wichtig für die Berechnung der elektromotorischen Kraft des Daniellelementes. Bei beiden Versuchen ist die beobachtete Wärmetönung gleich der Differenz der Bildungswärmen der beteiligten Sulfate.

24.  $\frac{1}{10}$  Mol = 24,4 g Chlorbarium ( $BaCl_2 + 2H_2O$ ) gelöst in 225,4 g Wasser;  $t_1' = 16,38^\circ$ .

$\frac{1}{10}$  Mol = 32,2 g Glaubersalz ( $Na_2SO_4 + 10H_2O$ ) „ „ 211 g „  $t_2' = 16,42^\circ$ .

Mittel:  $t_1 = 16,4^\circ$ ,  $t_2 = 17,45^\circ$ ,  $Q = 10 \cdot 1,05 \cdot 475 = 4990$  gcal (Thomsen: 5100).

berechnet beobachtet

25.  $(Pb(NO_3)_2)_{aq} + (H_2SO_4)_{aq} \rightleftharpoons (PbSO_4)_{aq} + 2(HNO_3)_{aq} + 5450$  gcal    5810 gcal.

26.  $(MgSO_4)_{aq} + 2(KOH)_{aq} \rightleftharpoons Mg(OH)_2 + (Na_2SO_4)_{aq} + 0$  gcal    60 gcal.

Bei letzterem Versuche hängt die beobachtete Wärmetönung — wie auch in anderen Fällen — von der Temperatur ab. Der Vorgang verläuft nicht ganz vollständig von links nach rechts, wenn das Fällungsmittel (KOH) nicht im Überschuß angewandt wird. Filtriert man z. B. bei dem letzten Versuche den Niederschlag ab, so braucht man zur Neutralisation des Filtrats etwa 1,8 ccm Normalsalzsäure und erhält in dieser Lösung durch Zusatz von Salmiak, Ammonlösung und Natriumphosphat einen Niederschlag von Ammoniummagnesiumphosphat in äquivalenter Menge (Bestimmung als Pyrophosphat).

Wie man sieht, erfordern die angeführten Versuche, außer der von dem Lehrer zu leistenden Vorbereitung, wenig Mühe und Zeit, sie stellen auch nur mäßige Ansprüche an die Geschicklichkeit der Schüler, die schon nach kurzer Zeit mit der Handhabung der einfachen Apparate vertraut sind. Weitere Zeitersparnis ergibt sich dadurch, daß man zusammengehörige oder ähnliche Versuche von je einer Hälfte der beteiligten Schülergruppen ausführen läßt. Beispielsweise bestimmt Gruppe a) die Lösungswärme des wasserfreien Salzes ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{BaCl}_2$ ), während gleichzeitig Gruppe b) die des kristallwasserhaltigen Salzes ermittelt, oder die eine Gruppe bestimmt die Neutralisationswärme einer Säure mit Kalilauge, die andere führt denselben Versuch mit Natronlauge aus usf. Es darf als ein Ergebnis der Erfahrung bemerkt werden, daß ältere Schüler derartige quantitative Versuche mit erfreulichem Interesse ausführen und durch diese einen tieferen Einblick in das Wesen anorganischer Vorgänge gewinnen, als es durch qualitative Versuche möglich ist.

Der jetzt öfters gehörten Meinung, daß der Sinn des Schülers nicht auf das Quantitative gerichtet sei, kann ich nach meinen Erfahrungen durchaus nicht bestimmen. Wäre es der Fall, so müßte es jedenfalls die Aufgabe des Unterrichts sein, diesen Sinn zu wecken. Verdient doch die Chemie, erst seitdem man ihre Vorgänge messend zu verfolgen angefangen hat, den Namen einer Wissenschaft und sehen wir sie doch erst seit den 80er Jahren des verflossenen Jahrhunderts durch Anwendung physikalischer Methoden immer mehr zu einer exakten Naturwissenschaft werden.

## Sprachlogik bei chemischen Namen.

Von

Dr. Robert Stein in Leipzig.

### I. Kritik.

In der anorganischen Chemie benutzen wir mehrfach gleichbedeutende Bezeichnungen, wie Chlornatrium und Natriumchlorid, schwefelsaures Kupfer und Kupfersulfat, dazu in diesen beiden besonderen Fällen und verschiedentlich sonst noch volkstümliche Ausdrücke. Das genannte Chlorid möge in dieser Namensfrage die ganze Reihe der übrigen Chloride, die entsprechenden halogenen Reihen und die Sulfide vertreten; das Kupfersulfat vertritt in ähnlicher Weise die ganze Sulfatreihe und die Reihen der Salze aus den andern Oxysäuren. Es handelt sich also um eine beträchtliche Anzahl von Stoffen, die alle zwei gleichbedeutende Bezeichnungen besitzen. Es soll untersucht werden, ob diese Synonyma sprachlogisch gebildet sind.

Die alten volkstümlich gewordenen Namen wie Glaubersalz, Höllenstein, Pottasche scheiden aus; hier handelt es sich um die systematische Sprache der Wissenschaft. Bleichlorid bedeutet eine chemische Verbindung des Chlors mit Blei, also neben Chlor und Blei ein Drittes, Neues. Bleichlorid soll nach Absicht der Schöpfer dieses Namens offenbar etwas anderes bedeuten als etwa Bleichlor. Chlorblei bezeichnet sprachlogisch Blei, das zu Chlor in irgendeiner Beziehung steht. Könnte damit die Bleichlorid-Verbindung gemeint sein? Nein; denn Blei ist in dieser Wortzusammensetzung das Stammwort; es kann seine Bedeutung nicht verlieren. Zuckerrohr ist ein Rohr; Rohrzucker ist ein Zucker. Chlorblei müßte also eine Art Blei sein. Infolgedessen wird kein Mensch (außer dem Fachmann), wenn er das Wort „Chlorblei“ hört, sich kleine, weiße, glänzende Nadeln und Blättchen vorstellen, sondern irgend etwas Bleiernes, was schwer, dunkel und weich wie Blei ist. Bei Bleichlorid dagegen wird er sich gar nichts vorstellen; denn Chloride als solche kennt er nicht. Der Fachmann mußte aber als Anfänger auch erst die unrichtige, irreführende, also

unzweckmäßige Bezeichnung Chlorblei für Bleichlorid verstehen lernen — eine überflüssige Arbeit, eine Kraftvergeudung.

Bei den Leichtmetallen liegt der Fall gerade dadurch günstiger, daß man durch all die Jahrhunderte bis auf die Davysche Zeit nur ihre Verbindungen, Natron, Kali, Kalk, Magnesia usw. kannte. Mit Natron bezeichnete man irgendwie salzähnliche Stoffe (Ätznatron, doppelkohlensaures Natron); etwas Ähnliches ist es mit den „Metallkalken“ der alten Chemie; der Sprachlogik war mit solchen Bezeichnungen Genüge getan. — Wir kommen also zu dem Schlusse, daß Bezeichnungen wie Jodkalium, Schwefeleisen Chlorsilber sprachlogisch falsch gebildet sind.

Wie steht es mit Benennungen der Salze aus Oxysäuren? „Schwefelsaures Eisen“ ist ein Widerspruch in sich. Wir können wohl „rostiges Eisen“ sagen; das ist Eisen, auf dem sich Rost befindet, wie z. B. ein rostiger Torbeschlag, ein rostiger Schlüssel. Der Rost kann entfernt werden; dann zeigt sich wieder das blanke Eisen. Aber schwefelsaures Eisen soll ja gar kein Eisen bedeuten. Unter dem Schwefelsauren befindet sich nicht noch Eisen, sondern es ist etwas Neues, vom Eisen ganz Verschiedenes gemeint. Wir haben dafür die sprachlogisch richtige Bezeichnung „Eisensulfat“. Die deutsche Wortbildung ist nur zu retten, wenn wir „schwefelsaures Eisensalz“ sagen; wir sprechen allgemein ja auch nicht von „schwefelsauren Metallen“, sondern von „schwefelsauren Salzen“ (vgl. die Ester). Ob wir diese verlängerte, aber richtige Wortbildung benutzen wollen, ist eine Frage für sich; bei ihrer Erörterung dürften Goethes Bemerkungen über wissenschaftliche Fachsprache wohl mit zu erwägen sein (vgl. z. B. „Wolkengestalt nach Howard“; auch E. Engel „Sprich Deutsch!“ (1917) S. 66).

Die Hauptschwierigkeit in dieser ganzen Frage liegt in dem ungewöhnlichen Begriff der chemischen Verbindung. Verbindung und Verbinden haben im gewöhnlichen wie im Vereinsleben, im Recht, in der Heilkunde, in der Technik immer den Sinn einer bloßen Verknüpfung zu geschlossenerer Einheit, nur in biologischer Hinsicht kommt Verbindung dem chemischen Begriff nahe: Spermatozoon und Eizelle vereinigen sich und bilden ein Drittes, Neues, das aber den Elternwesen mehr oder weniger ähnlich wird — eine Verbindung, bei der wieder ganz neue Gesichtspunkte in Frage kommen. Die Verworrenheit der Vorstellungen (auch gebildeter Zeitungsleser) bei dem Begriff der chemischen Verbindung findet ihren Ausdruck in mancherlei Redewendungen z. B. das Eisen werde durch die Hochofenglut von seinen Schlacken gereinigt, wonach also das Metall verunreinigt, verschmutzt aus der Erde gefördert worden sei. Die Leute würden aber gewiß nicht einen goldglänzenden Eisenkieskrystall oder einen Roteisenstein für verunreinigtes Eisen halten. — Die Schwierigkeit mit dem Begriff der chemischen Verbindung für das allgemeine Bewußtsein war natürlich vor vier Menschenaltern, als unsere chemische Sprache geschaffen wurde, nicht geringer. Die Schöpfer der Chemiesprache, die immerhin mit dem vorhandenen Sprachschätze rechnen mußten, hatten nun die Wahl: ganz neue Wortbildungen zu schaffen oder der Volkssprache — zu ungunsten der wissenschaftlichen Folgerichtigkeit — Zugeständnisse zu machen.

## II. Geschichtliches.

Die systematische Sprache der Chemie erwuchs mit der Lavoisierschen Lehre. Lavoisier selber war an der neuen Namengebung, die mit der damaligen teils alchymistischen Sprache aufräumte, wesentlich beteiligt, ebenso seine vertrauten Mitarbeiter Berthollet und Fourcroy. Der eigentliche Namengeber war Guyton de Morveau; dieser war in seinen Sprachneuerungen durch den schwedischen Chemiker Bergman bestärkt worden, während nicht lange zuvor die berühmteste namengeberische Arbeit gerade durch einen Schweden geleistet worden war: durch Linné.

Die neue Chemie-Nomenklatur war in französischer Sprache abgefaßt<sup>1)</sup> und ließ sich leicht in die andern romanischen Sprachen übertragen. Die außerordentlichen Fortschritte der Chemie in der folgenden Zeit veranlaßten Berzelius, wieder einen Schweden, zu seinem *Essai sur la nomenclature chimique* (1811), die er absichtlich zur Wahrung der Einheitlichkeit in lateinischer Sprache gab und die also leicht auf der Lavoisier-Morveauschen Namengebung fußen konnte<sup>2)</sup>.

Nun brauchte man sich nur um zweckmäßige Übertragungen in die übrigen Sprachen zu mühen. Bei uns in Deutschland kam die neue Chemiesprache alsbald, aber unter vielen Geburtswehen ans Licht; ja die Nachwehen sind heute noch nicht ganz vorbei. Bedeutende Gelehrte waren mit am Werke oder gaben gar eigene Schriften hierzu heraus; genannt seien Gilbert, Girtanner, Gren, Hermbstädt, Remler, Scherer<sup>3)</sup>. Und späterhin mußte natürlich jeder Übersetzer der führenden französischen Chemiker sich irgendwie gegenüber jenen Vorschlägen entscheiden oder selber Neues beitragen. Besonders lehrreich scheint mir der Fall bei Fourcroys *Tableaux synoptiques de chimie* (1800)<sup>4)</sup> zu liegen, einmal weil hier einer der alten Vertrauten Lavoisiers die sämtlichen damals bekannten Elemente und Verbindungen (in großen Übersichtsgruppen) vorführt, und zum andern, weil dieses hervorragende Werk sofort, nämlich 1800—01, von drei deutschen Chemikern in gegenseitiger Unabhängigkeit übersetzt wurde: von dem Wiener Arzte Dr. J. A. Heidmann, von dem Chemieprofessor Chr. G. Eschenbach an der Universität Leipzig und von dem Physikprofessor Jos. Görres in Koblenz, dem berühmten Herausgeber des „Rheinischen Merkur“ (der *cinquième puissance* nach Napoleon<sup>5)</sup>).

Wir treffen folgende Bezeichnungen an:

Franzosen	Berzelius
<i>oxide de zinc</i>	oxidum natricum = natron
<i>oxide cuivreux</i>	oxidum cuprosum
<i>oxide cuivrique</i>	oxidum cupricum.

Gegen diese Bezeichnungen ist sprachlogisch nichts einzuwenden; die genitivische oder adjektivische Bildung beläßt immer das *oxide* oder *oxidum* im Range des Grundbegriffes (Stammwort bei zusammengesetzten Wörtern im Deutschen); der Genitiv oder das Adjektivum enthalten nur die nähere Bestimmung (Bestimmungswort). Bei Fourcroy gibt es schon das *oxidule*. Die deutschen Übersetzungen für *oxide de zinc* sind:

Zinkhalbsäure	(Girtanner 1791)
Sauerzink	(Scherer 1792)
Oxydiertes Zink	(Remler 1793)
Zinkkalk	(Eschenbach 1801, ähnlich Gren 1795)
Zinkoxyd („oxid“)	(Heidmann, Görres 1800—01).

<sup>1)</sup> *Méthode de la nomenclature chimique*. Paris 1787. Vgl. Winderlich: Die chemische Zeichensprache, in den „Monatsheften f. d. naturwiss. Unterricht“, V. 1912, S. 289ff. — Allgemein über Namengebung und wissenschaftliche Sprache: Goethe: Tag- und Jahreshefte 1807 u. a. m.; v. Wiesner: Erschaffung, Entstehung, Entwicklung 1916, S. 17; daselbst auch K. E. v. Baer und H. Spencer; aus jüngster Zeit E. Engel (siehe oben S. 1).

<sup>2)</sup> Sein *Essai* steht im *Journal de physique, de chimie et d'histoire naturelle*, Oktober 1811.

<sup>3)</sup> Über Gilbert vgl. Kopp, *Gesch. d. Chemie* II (1844) S. 419. — Girtanner: Neue chemische Nomenklatur für die deutsche Sprache; 1791. — Gren: Entwurf e. neuen chem. Nomenklatur, in *Grens N. Journal*; 1795. — Hermbstädt: Lavoisiers System d. antiphlogist. Chemie. Zwei Bände 1792; <sup>2</sup>1803. — Remler: Tabellarischer Versuch einer französisch-deutschen Nomenklatur der neueren Chemie; 1793. — Scherer: Versuch einer neuen chemischen Nomenklatur; 1795.

<sup>4)</sup> Vgl. meine Abhandlung: Ein eigenartiger Leitfaden der Chemie vom Jahre 1800, in Günther-Sudhoffs „Mitteilungen zur Gesch. d. Med. u. d. Naturwiss.“, Band XIV, 1915, S. 298ff.

<sup>5)</sup> Diese drei Übersetzungen sind beschrieben in meiner in Anm. 4 genannten Abhandlung (IV. Abschnitt). Vgl. noch in Günther-Sudhoffs „Mitteilungen“ (Band XV, 1916, S. 5ff.) meinen Beitrag: „Ein Keim des natürlichen Systems der chemischen Elemente — in einer Bemerkung von Görres um 1800“, auch meinen Aufsatz im „Hochland“, Februarheft 1916.

Sprachlogisch richtig gebildet ist Zinkhalbsäure, Zinkkalk und natürlich Zinkoxyd. Die Remlersche Art findet sich heute noch vielfach im gewöhnlichen Leben; sollte da aber nicht die Vorstellung wirken, daß unter der Oxydschicht das eigentliche Metall sich befindet, ähnlich wie in dem bereits besprochenen Falle des „rostigen Eisens“? Sprachlich sind die andern Übersetzungen besser als diese Zusammenstellung von Eigenschafts- und Hauptwort; das zusammengesetzte Hauptwort ist immer handlicher<sup>6)</sup>. — Fourcroys *oxidule (de fer)* übersetzt Eschenbach: unvollkommener (Eisen-) Kalk (vgl. Gren), Görres: säuerliches (Eisen), Heidmann: (Eisen-) Halboxyd.

*Sulfure de cuivre* — sulfuretum cupri, *sulfure de fer* — sulfuretum ferri usw. sind einwandfrei. Dagegen ist „geschwefeltes Eisen“ (Girtanner, Heidmann, Eschenbach, Görres) ebenso zu beanstanden wie oxydiertes Eisen; desgleichen „schwefliges Kupfer“ und „Schwefelkupfer“ (Scherer). Gewiß ist „Schwefelkupfer“ ein flüssiger Ausdruck und daher hat er sich auch eingebürgert; aber sprachlogisch bleibt er trotz allem zu beanstanden. — Falsch ist auch Remlers „schwefelhaltiges Kupfer“; wir können wohl von goldhaltigem Gestein, von silberhaltigem Bleierz sprechen; aber dann meinen wir ja, daß metallisches Gold und Silber in dem Gestein und Erz enthalten sind. Und es soll doch nach Remler nicht freier Schwefel in dem Kupfer angenommen werden. Entsprechend bei Grens „schwefelhaltigem Zinkkalk“.

Nach diesen binären Verbindungen wenden wir uns zu den Säuren und Salzen; wir finden:

*acide nitrique* — acidum nitricum  
*acide nitreux* — acidum nitrosum.

Die Übersetzer sagen fast alle Salpetersäure; entsprechend auch Schwefelsäure, Kohlensäure usw. Bei Hermbstädt, Remler und Heidmann heißt es vollkommene Salpetersäure, um den Gegensatz zur unvollkommenen Salpetersäure (acidum nitrosum) hervorzuheben. Girtanner sagt für letztere das Salpetersaure, Scherer: das Salpetersäurichte, Gren, Eschenbach und Görres: salpetrige Säure, eine Bildung, für die sich der allgemeine Brauch entschieden hat trotz der Zusammensetzung aus Eigenschafts- und Hauptwort.

Die Salze haben entsprechende Namen:

*nitrate de fer*            nitras ferri  
*nitrite de fer*            nitris ferri.

Gegenüber dieser Einheitlichkeit der romanischen Bildungen gibt es im Deutschen eine Reihe von Wortbildungen, entsprechend den Säurenamen: für Eisennitrat *salpetersäueretes Eisen* (Girtanner), *vollkommen salpetersaures E.* (Remler), endlich *salpetersaures E.* (Scherer, Gren, Heidmann, Eschenbach, Görres); für Eisennitrit wieder mannigfache Bildungen; nur Eschenbach und Görres haben *salpetrichtsaures Eisen* (ähnlich Gren) — kurz, eine Menge tastender Versuche.

### III. Vorschläge.

Auf Grund der vorstehenden Ausführungen möchte ich folgende Vorschläge machen: Bezeichnungen wie oxydiertes Metall, Schwefelmetall, Chlormetall, Jodmetall usw. (Metall allgemein für die einzelnen Metallnamen gesetzt) ganz zu vermeiden und zu sagen:

Metalloxyd	und entsprechend	Metalloxydul
Metallsulfid		Metallsulfür
Metallchlorid		Metallchlorür usw.,

<sup>6)</sup> Vgl. Deutschland und Deutsches Reich: „Deutschlands chemisches Großgewerbe“ und „Das chemische Großgewerbe des Deutschen Reiches“.

wie es ja schon vielfach geschieht. Ferner zu vermeiden: salpetersaures und salpetrigsaures Metall und entsprechende Bezeichnungen. Man kann ja salpetersaures Eisensalz usw. sagen; ich möchte mich aber zur Goethischen Auffassung bekennen und vorschlagen:

Metallnitrat	Metallisulfat
Metallnitrit	Metallosulfat usw.

Wären die verschiedenen synonymen Bezeichnungen alle logisch gebildet, dann könnte man sie weiter nebeneinander bestehen lassen, wie ja auch die deutschen Schreib- und Druckalphabete neben den lateinischen (also Fraktur neben Antiqua) gewiß einen erfreulichen Reichtum der Schriftbilder bedeuten. Da es sich aber hierbei um sprachlogisch zu beanstandende Bezeichnungen handelt, so müssen sie ausgemerzt werden; glücklicherweise behalten wir ja noch einwandfreie Namen, so daß keine Neubildungen nötig werden, deren Einbürgerung immer mit Schwierigkeiten verknüpft ist.

Diese Dinge mögen dem Fachmann unbedeutend erscheinen; der Schüler aber muß alle die Bezeichnungen doch erst lernen. Zum Überfluß kommt noch eine Verwirrung dazu: die alte, unlogische pharmazeutische Benennung auf vielen Chemikalienbüchsen. Der Schüler hat gelernt, daß  $KClO_3$  Kaliumchlorat heißt; „Kalium chlorat.“ soll nun aber die Abkürzung von Kalium chloratum („gechlortem Kalium“) sein und  $KCl$  bedeuten — eine Quelle der Verwechslungen!

Für die organische Chemie gelten die obigen Erwägungen in sinngemäßer Weise.

Zum Schluß noch eine allgemeine Bemerkung. Die Volkssprache hat nicht die Pflicht, immer logisch zu sein. Sie will sein: flüssig und kurz oder, wie ich es auch nennen möchte: handlich. Bei diesem Triebe verzichtet sie manchmal auf logische Strenge, gestattet sich Ungenauigkeiten, ja unlogische Bildungen, die man indessen ihr, dem freiwachsenden Wildling, nicht arg verübeln darf.

Anders die Kunstsprache einer Wissenschaft, insbesondere die der Chemie. Sie ist in vollbewußter Absichtlichkeit geschaffen, wird nicht so sehr von Mund zu Mund, als gedruckt in der Fachpresse weitergegeben und weitergebildet, bleibt also unter steter kritischer Aufsicht der Fachmänner. Während eine künstliche Umgangssprache wie Esperanto mit einer neuen Gartenzüchtung zu vergleichen wäre, bildet die Sprache der Wissenschaft einen Pfropfreiser auf dem Wildling Volkssprache; aber auch eine Pfropfung hat manchmal üppige Triebe, die beschnitten werden müssen. In dieser Absicht möchten die vorstehenden Darlegungen aufgefaßt sein.\*)

(Eingegangen am 3. August 1916.)

### Kleine Mitteilungen.

#### Eine wenig bekannte Methode der Demonstration von Kondensatorerschwingungen.

Von Prof. Dr. J. Weiß in Freiburg i. Br.

Wegen ihrer weittragenden praktischen Bedeutung verlangen die Schwingungen im Kondensatorkreis eine Besprechung im Unterricht, die sich am liebsten auf Versuche stützen wird. Da aber die Demonstration der Tatsache der oszillatorischen Entladung an sich mit einfachen Hilfsmitteln mancherlei Schwierigkeiten bietet, schien es mir erwünscht, ein Verfahren zu beschreiben, das nicht nur die Schwingungsdauer zu messen gestattet, sondern das objektiv den ständigen Wechsel der Stromrichtung und das allmähliche Abklingen der Schwingungen in einem einzigen, im Zeitraum

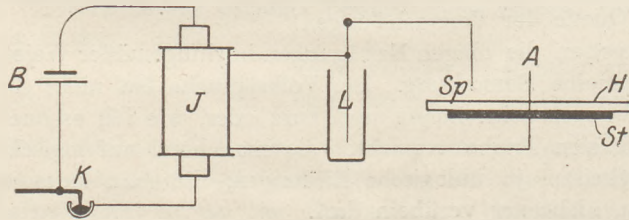
\*) *Anmerkung der Redaktion:* Wir ersuchen die Herren Fachgenossen, sich zu den vorstehenden Vorschlägen zu äußern und behalten uns vor, selber demnächst darauf zurückzukommen.

weniger Sekunden anzustellenden Versuch erlaubt. Mit Hilfe dieses Verfahrens hat, soviel mir bekannt ist, zuerst Himstedt in Freiburg die Oszillationen einer größeren Zuschauermenge vorgeführt; auch König in Gießen hat sich desselben bedient<sup>1)</sup>.

Der Grundgedanke ist, die Lichtenbergschen Figuren anzuwenden. Während eine dünne Hartgummiplatte (1 bis 3 mm) rasch durch die Funkenstrecke hindurch bewegt wird, bringt man den Kondensatorkreis zur Entladung. Die Teilfunken, in denen sich die Entladung vollzieht, durchsetzen dann das Blatt an verschiedenen Stellen. Hierauf streut man ein Gemisch von Schwefel und Mennige mit einer Streubüchse darüber; je nach der Stromrichtung bleibt an der Durchschlagsstelle Schwefel oder Mennige hängen, während der Staub an allen andern Orten beim Schütteln der Platte abfällt. Natürlich muß die Geschwindigkeit der Hartgummiplatte während der Entladung so groß sein, daß die einzelnen Durchschlagsstellen weit genug auseinander liegen; man wird mit möglichst großer Kapazität im Kondensatorkreis arbeiten, weil dann lange Schwingungsdauer mit dem Vorteil einer größeren Stärke der Entladungsströme verbunden ist.

Bewährt hat sich eine Schaltung nach folgendem Schema (s. Fig.):

Der Kondensatorkreis besteht aus der Sekundärspule eines größeren Induktors  $J$ , einer oder besser mehreren größeren Leydener Flaschen  $L$  und einer Funkenstrecke  $Sp$ . Ein Unterbrecher  $K$  gestattet, den primären Stromkreis plötzlich zu öffnen, wodurch in der Sekundärspule des Induktors ein Induktionsstrom erzeugt wird, der zum Teil in die Leydener Flaschen geht und sie auflädt, zum Teil aber auch in die Funkenstrecke fließt und dort eine Ausstrahlung von Elektrizität bewirkt (1. Partialfunke).



Die Leydener Flaschen entladen sich nun auf rein metallischer Bahn durch die Sekundärspule des Induktors hindurch, und zwar oszillatorisch. Bei jeder Neuaufladung der Flaschen entsteht gleichzeitig an der Funkenstrecke  $Sp$  wegen ihrer geringen Kapazität eine hohe Spannung und infolge davon eine neue Ausstrahlung von Elektrizität auf das Hartgummi  $H$  (weitere Partialfunken).

Für die Ausführung des Versuches gebe ich noch folgende Hinweise: Der primäre Strom hatte eine Stärke von 10 bis 15 Ampere. Der Kontakt  $K$  ist wie der Morsetaster ein zweiarmiger Hebel; das eine Ende desselben taucht in Quecksilber und bildet den eigentlichen Kontakt. Ein Schlag auf das andere Hebelende unterbricht den Quecksilberkontakt plötzlich, was für das Gelingen des Versuches wesentlich ist. Es empfiehlt sich, auf das Quecksilber aus diesem Grund etwas Öl aufzugießen. Die Funkenstrecke besteht aus einer kreisförmigen Hartgummiplatte  $H$  von 20 bis 30 cm Radius, welche auf die Achse einer Schwungmaschine  $A$  aufgesetzt werden kann. Auf ihrer Unterseite ist sie mit Stanniol  $St$  oder Zink belegt, der oberen Seite steht in möglichst geringem Abstand eine Metallspitze gegenüber. Die Elektroden der Funkenstrecke sind die Metallspitze und das Stanniol, zu dem die Stromzuleitung durch die Achse der Schwungmaschine geschieht. Die Hartgummiplatte muß vor jedem Versuch kurz durch eine Flamme gezogen werden und natürlich von guter Beschaffenheit sein; geeignet ist z. B. eine Elektrophorplatte. Kennt man die Tourenzahl der Hartgummischeibe, so läßt sich sogar die Schwingungsdauer des Kondensatorkreises ermitteln. Die Tourenzahl läßt sich aus der Klanghöhe erschließen, wenn man die Platte auf die Achse einer Sirene aufsetzt. Statt Hartgummi läßt sich natürlich auch jeder andere zur Erzeugung von Lichtenbergschen Figuren geeignete Isolator anwenden.

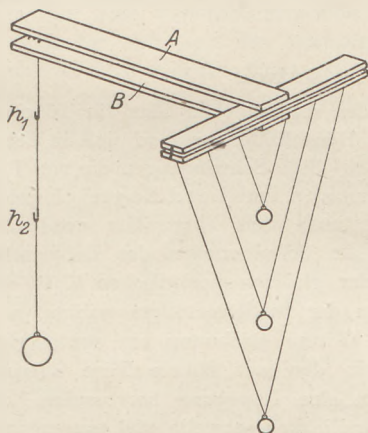
<sup>1)</sup> Vgl. diese Zeitschrift XII, 293 (1899).



## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

**Ein Apparat für Resonanz von Pendelschwingungen.** Von WILL. C. BAKER, Queen's Univ., Kingston, Ont. (*School Science and Math.*, Oktob. 1916). Der Apparat besteht aus zwei T-Stücken aus Holz, deren Längsstücke *A* und *B* etwa 30 cm, deren Querstücke 20 cm lang sind und die an den drei Enden durch kurze Schnüre zusammengehalten sind. An dem unteren Querstück sind drei Holzkugeln von etwa 1 cm Durchmesser bifilar aufgehängt, deren Abstände von dem Querstück 25, 50 und 75 cm betragen. Am anderen Ende des unteren Längsstückes *B* hängt an einem einfachen Faden eine Eisenkugel von

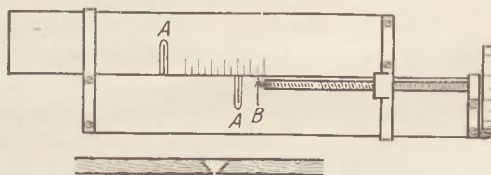


etwa 5 cm Durchmesser, die in ihrer tiefsten Stellung dieselbe Schwingungsdauer wie die tiefste Holz­kugel hat; sie kann aber auch an einen der beiden Haken  $h_1$ ,  $h_2$  angehängt werden, die sich dauernd an dem Faden befinden, so daß sie dann mit einer der beiden anderen Holzkugeln isochron schwingt. Das obere T-Stück ist fest in ein Stativ eingespannt, während das untere in einer Horizontalebene frei schwingen kann.

Man setzt die Eisenkugel in Schwingungen von 5 bis  $10^0$  in der Richtung gegen die Holzkugeln, deren Masse so gering ist, daß sie keine merkliche Reaktion gegen die antreibende Eisenkugel ausüben. Die mit der Eisenkugel in Resonanz stehende Holzkugel gerät rasch in Schwingungen von großer Amplitude, während die beiden andern durch die auf sie einwirkenden Impulse abwechselnd angetrieben und gehemmt werden; die Amplituden dieser Kugeln variieren innerhalb enger Grenzen, die aber doch nicht so klein sind, daß sie nicht von der ganzen Klasse wahrgenommen werden könnten. Besonders Interesse erregt es, wenn die Eisenkugel in eine andere Aufhängung gebracht wird,

während die entsprechende Holzkugel in lebhafter Bewegung ist, wodurch plötzlich eine andere Verteilung der Übertragungen bewirkt wird. P.

**Die Messung der Wellenlänge des Lichtes mit einem groben Gitter.** Ein Laboratoriumsversuch von WILL. C. BAKER, Queen's Univ., Kingston, Ont. (*School Science and Math.*, Nov. 1916). Zwei rechteckige Metallplatten von  $10 \times 30$  cm sind durch Metallklammern so verbunden, daß die eine längs der Kante der andern gleiten kann. Die Verschiebung wird durch eine Millimeterschraube gemessen, deren Kopf mit einer Teilung in 20 Teile, wie die Figur zeigt, versehen ist. In die Platten sind zwei



Spalte *A*, *A* eingeschnitten, von denen ein Querschnitt im unteren Teil der Figur dargestellt ist. Eine Millimeterskala auf der einen Platte und ein Zeiger *B* auf der andern dienen zur Ablesung der ganzen Millimeter.

Die Spalte werden vor einem Bunsenschen Doppelbrenner aufgestellt, in dessen Flammen je ein Stückchen Glasrohr aus Natriumglas gebracht wird. Ein grobes photographisches Gitter (etwa 10 Striche auf 1 mm) wird in etwa 1 m Abstand davor aufgestellt, so daß die Striche den Spalten parallel sind. Blickt man durch das Gitter nach den Spalten, so sieht man die beiden direkten Spaltbilder, und seitwärts von diesen drei oder vier merklich äquidistante sekundäre Spaltbilder. Bringt man nun durch Verstellung der Schraube das eine direkte Spaltbild in Ko­in­zi­denz mit dem ersten sekundären Spektrum des andern Spalts, so ist der Beugungswinkel des letzteren mit großer Annäherung (Tangens statt Winkel) gegeben durch den Quotienten zwischen dem Abstand der beiden Spalte ( $d$ ) und dem Abstand der Spalte von dem Gitter. Der letztere wird ausreichend genau gemessen, indem man einen Meterstab über einen andern gleiten läßt, bis die Enden gerade Spalte und Gitter berühren.

Es hat sich als praktisch bewährt, den Abstand der Spalte etwas unter 1 cm zu wählen und dann den Abstand von Gitter und Spalten so lange zu ändern, bis die Ko­in­zi­denz eintritt.

Man wird dann den Abstand  $d$  genau ablesen und den Abstand  $D$  als Mittelwert von 4 oder 5 Einstellungen ermitteln können. Der Abstand der Spalte wird nunmehr annähernd verdoppelt und die Koinzidenz mit dem zweiten sekundären Spektrum hergestellt; entsprechend für das dritte sekundäre Spektrum und so fort.

Der Vorteil der Benutzung eines so groben Gitters wie angegeben besteht darin, daß es möglich ist, die Gitterkonstante mit einem schwachen Mikroskop zu ermitteln. Es bietet überdies den Vorteil des geringen Winkelabstandes der sekundären Spektren, so daß man eine Reihe von Messungen verschiedener Ordnung ausführen und sogar das  $n$ te Spektrum des einen Spalts mit dem  $n$ ten des andern Spalts auf der andern Seite zur Koinzidenz bringen kann. Die folgende Tabelle gibt die

Messungen in einem Fall, in dem nur 3 Spektren auf jeder Seite der Spalte sichtbar waren, wieder. Es bedeutet  $d$  den Abstand der Spalte,  $D$  den Abstand von Spalten und Gitter (Mittelwerte),  $n$  die Ordnung des Spektrums,  $\lambda$  die nach der Formel  $\lambda = ad/nD$  berechnete Wellenlänge.

$d$	$D$	$n$	$\lambda$
1,019 cm	170 cm	1	$6,12 \cdot 10^{-5}$
1,954 "	168 "	2	5,95 "
2,835 "	162 "	3	5,95 "
3,632 "	157 "	4	5,92 "
4,348 "	189 "	4	5,86 "
5,542 "	193 "	5	5,86 "
6,242 "	180 "	6	5,94 "

Mittel:  $5,94 \cdot 10^{-5}$  cm.  
P.

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Aus der Akustik.** 1. Die Helmholtzsche Resonanztheorie des Hörens ist von vielen Forschern teils erweitert, teils durch Einwände zu widerlegen gesucht worden. Eine zusammenfassende Darstellung hiervon gibt E. BUDE zugleich mit bemerkenswerten eigenen Ausführungen<sup>1)</sup>. Aus physiologischen Versuchen hat sich ergeben, daß die Schnecke mit beweglichem Wasser als derjenige Teil des Labyrinths anzusehen ist, in dem die Reizung des Hörnerven zustande kommt. Die Schnecke ist durch die Lamina spiralis und die Basilarmembran ihrer ganzen Länge nach in zwei Hauptteile geteilt. In den einen treten die Schallwellen durch das ovale Fenster ein; der andere ist durch das runde Fenster verschlossen, dessen nachgiebige Haut sich unter dem Druck der Wellen ausbiegt. Die Basilarmembran kann verglichen werden mit einer resonierenden Harfe von unabhängig voneinander schwingenden Saiten, deren etwa 600 in gleichen Intervallen auf die Oktave verteilt sind. Auf einen von außen kommenden Ton reagiert nach dem Prinzip der Resonanz eine bestimmte Zone der Basilarmembran; die dadurch bewirkte Reizung der hier liegenden Nervenfasern wird nach dem Prinzip der spezifischen Sinnesenergien als Ton wahrgenommen, dessen Höhe durch die Lage der gereizten Stelle bestimmt ist. Ein Haupteinwand, der gegen diese Theorie erhoben wurde, ist der, daß die Resonanz der Basilarfäsern eine erhebliche Unschärfe haben müßte. Untersuchungen von M. Wien über die Empfindlich-

keit des menschlichen Ohrs für Töne verschiedener Höhe hatten ergeben, daß in der Region von 700—3000 Schwingungen die von Toepler, Boltzmann und Lord Rayleigh gefundenen Werte noch weit übertroffen werden. Wenn aber die Schwingungen des Labyrinthwassers mit der gleichen periodischen Kraft auf alle Fasern der Basilarmembran wirken, so müßte nach Wiens Rechnung ein stationärer tiefer Ton in den auf höhere Töne abgestimmten Fasern eine Bewegung hervorrufen, die jene Empfindlichkeitsschwelle viel tausendmal überschreiten würde. Man müßte dann, wenn jede schwingende Faser einen Ton erzeugt, statt des einen Tones ein Chaos von falschen Tönen hören. O. Fischer suchte die Schwierigkeit durch die Annahme zu beseitigen, daß nur die Deformationen der Basilarmembran, nicht aber die Schwingungen der Membran als Ganzes empfunden werden. BUDE hat diesen Gedanken dahin erweitert, daß die Tonempfindung vom Gehirn an derjenigen Stelle der Basilarmembran lokalisiert wird, wo der periodische Ausschlag der Membran ein Maximum ist. Er führt den Gedanken rechnerisch durch für die Schwebungen zweier einfachen Töne von den Schwingungszahlen  $m$  und  $n$ . Liegen die Töne sehr nahe beieinander, so ergibt sich während der Verstärkungszeit durch Addition der Schwingungen eine Kurve, die nur ein Maximum hat, und man hört einen zwischenliegenden Ton. Rücken die Töne weiter auseinander, so erhält man zwei Maxima und hört zwei Töne, von denen der eine etwas höher ist als  $m$ , der andere etwas tiefer als  $n$ , d. h. es findet eine „Anziehung“ der beiden Maxima statt. Umgekehrt erhält man während der Schwächungszeit, wo die Diffe-

<sup>1)</sup> Verh. d. Deutschen Phys. Ges. 18, 369 (1916); 19, 22 (1917). Phys. Zeitschr. 18, 69, 225, 249 (1917).

renz der Amplituden zu bilden ist, eine „Abstoßung“ der beiden Maxima. Ist einer der Töne erheblich stärker als der andere, so verdeckt er diesen. Die Theorie verlangt ferner ein von Guéroult empirisch gefundenes, von Helmholtz bestätigtes Ergebnis, daß im Minimum der Tonstärke die Höhe des gehörten Tones höher (tiefer) ist als die beiden Einzeltöne, je nachdem der stärkere Ton der höhere (tiefere) ist.

Auf den Wienschen Einwurf führt BUDE aus, daß auch die Schwingungen des Labyrinthwassers sich ebenso wie die der Basilarmembran resonanzmäßig anordnen müssen, so daß die Kraft des Labyrinthwassers sich auf diejenigen Fasern konzentriert, die an der Stelle der maximalen Resonanz liegen. Trotzdem bleibt noch eine Unschärfe der Resonanz bestehen, weil die Netzmembran eine zusammenhängende Platte bildet, von der sich kein Teil bewegen kann, ohne seine Nachbarn mitzunehmen. Die nähere Betrachtung zeigt, daß die Netzmembran zwei Arten von Schwingungen ausführt, von denen die eine die Hörhaare transversal hin und her schaukelt, während die andere geeignet erscheint, die Härchen gegen die Deckmembran zu stauchen. Der Verf. hält es für wahrscheinlich, daß beide Bewegungen für die Auslösung des Nervenreizes zusammenwirken und glaubt, daß gerade dieses Zusammenwirken eine Verschärfung der Resonanz bedingen könne. — Über eine andere Widerlegung der Wienschen Einwände durch Bernouilli vgl. diese Zeitschr. 24, 37 (1911).

Im Gegensatz zu der Resonanztheorie des Hörens steht die von R. König, L. Hermann und anderen begründete Periodiktheorie, nach der irgend ein periodisch das Ohr treffender Anstoß von entsprechender Schwingungszahl eine subjektive Tonempfindung hervorrufen soll. Daß auch die hierauf zurückgeführten Töne der Resonanztheorie entsprechen, hat namentlich F. A. SCHULZE nachgewiesen<sup>2)</sup>. Die erste Gruppe solcher Töne sind die von K. L. Schäfer und O. Abraham beschriebenen Unterbrechungstöne. In einen Mikrophonkreis, der den Ton einer Pfeife oder Stimmgabel zu einem Telephon leitet, ist ein Unterbrecher eingeschaltet. Ist  $p$  die Schwingungszahl des Primärtons,  $u$  die Zahl der Unterbrechungen, so erhält man einen mehr oder weniger verwickelten Klang, dessen Zusammensetzung von dem Verhältnis zwischen  $u$  und  $p$  abhängt. Liegt  $p$  zwischen  $u$  und  $2u$ , so hört man vorwiegend  $p-u$ , liegt  $u$  zwischen  $p$  und  $2p$ , so resultieren Sekundärtöne  $u-p$ ; bei größeren Differenzen zwischen  $p$  und  $u$  er-

hält man Töne von der Höhe  $p-nu$  oder  $nu-p$ , wo  $n$  verschiedene Zahlenwerte haben kann. Im ganzen verhalten sich die Sekundärtöne wie die Kombinationsprodukte zweier Töne  $p$  und  $u$  mit harmonischen Nebentönen. SCHULZE wies nach, daß diese Töne sich in völliger Übereinstimmung mit der Resonanztheorie befinden und fand die Ergebnisse seiner Rechnungen mit den Versuchen in Übereinstimmung. Die Unterbrechungstöne sind hiernach keine besondere Klasse von Tönen, sondern nur ein besonderer Fall der Variationstöne.

Das gleiche gilt auch für die von L. Hermann beschriebenen Phasenwechseltöne. Sie entstehen z. B., wenn eine Zahnradsirene von 180 Zähnen, von denen jeder sechste Zahn doppelt so breit ist als die übrigen, zum Tönen gebracht wird. Nach je  $\frac{1}{24}$  Umdrehung wird dann die Phase der Schwingung umgekehrt. Macht die Scheibe in einer Sekunde eine Umdrehung, so hört man den Phasenwechselton von 24, außerdem auch den Hauptton von 180 Schwingungen. Nach SCHULZE sind dieses auch nur Variationstöne der besonderen Art, daß  $p$  ein ganzzahliges Vielfaches von  $u$  ist. Man hört dabei den Grundton 24 und seine harmonischen Obertöne. Berechnet man die Amplituden dieser Obertöne aus der Anordnung der Zähne mit der Fourierschen Reihe, so erhält man viele Partialtöne, von denen die mit den Schwingungszahlen 168 und 192 besonders stark sind. Diese hörte man in der Tat, und nicht den von Hermann angegebenen Ton 180.

Auch die von Baumgarten zuerst beobachtete, von Pfaundler näher untersuchte Erscheinung der Reflexionstöne läßt sich mit der Resonanztheorie vereinigen. Baumgarten beobachtete, daß man, zwischen einem rauschenden Bach und einer Mauer stehend, einen Ton heraushört, dessen Entstehung er auf die Kombination der direkt und durch Reflexion in das Ohr gelangenden Impulse zurückführt. Die Wellenlänge müßte dann gleich dem doppelten Abstand des Ohres an der Wand sein, was auch mit der Beobachtung übereinstimmte. Pfaundler suchte die Baumgartensche Beobachtung mit der Sirene nachzuahmen, indem er dieselbe Lochreihe durch zwei in einem Abstände voneinander stehende Blasrohre anblies, so daß bei der Rotation der Lochscheibe jedes Loch zweimal hintereinander angeblasen wurde. Pfaundler hörte auch in diesem Falle den „Reflexionston“ von wechselnder Höhe, sobald der Abstand der beiden Rohre verändert wurde; bei konstantem Abstände der Blasrohre dagegen wurde ein entsprechender Ton von konstanter Höhe nicht gehört. SCHULZE untersuchte zu-

<sup>2)</sup> Ann. d. Physik 26, 217 (1908); 45, 283 (1914); 49, 683 (1916).

nächst theoretisch die bei der Pfaundlerschen Anordnung sowohl nach der Resonanztheorie als nach der Periodiktheorie zu erwartenden Klangerscheinungen und wiederholte die Pfaundlerschen Versuche, indem er für eine recht große Anzahl von Abständen der beiden Anblasrohre die gehörten Töne nach Höhe und Intensität feststellte und mit den theoretischen Folgerungen verglich. Dieser Vergleich führte zu der Feststellung, daß die von Pfaundler beobachteten Klangerscheinungen bis in alle Einzelheiten den nach der Resonanztheorie des Hörens zu erwartenden Tönen entsprechen, dagegen mit den Folgerungen der Periodiktheorie im Widerspruch stehen. Das Ohr verhält sich auch hier wie ein Satz von Resonatoren. Auch die von Seebeck bei einer Sirene mit Löchern von periodisch wechselnden Abständen beobachteten Töne stehen nach SCHULZE in Übereinstimmung mit der Resonanztheorie.

Nach BUDDES Rechnung gibt überhaupt ein periodischer Antrieb durch eine Reihe stark gedämpfter Schwingungen einen angebbaren Integralimpuls. Wenn nach Helmholtz ein stationärer Ton  $n$  immer noch gehört wird, wenn auch nur  $p$ mal in der Sekunde eine endliche Strecke seines Wellenzuges in das Ohr gelangt (während man den Unterbrechungston  $p$  nicht hört), — so gilt das eben nur, wenn der primäre Ton  $n$  stationär, nicht aber, wenn er stark gedämpft ist. Solche stark gedämpften Schwingungen liefert z. B. jedes Dampfbläschen eines erwärmten Teekessels, dessen Summen somit einen Unterbrechungston darstellt. Das gleiche gilt für den in einem Hohlweg auftretenden Reflexionston, wo jeder Fußtritt einen stark gedämpften Wellenzug liefert, der, von den Wänden hin- und hergeworfen, als periodischer Impuls auf das Ohr wirkt.

Den betrachteten Tongruppen verwandt sind auch die von zwei primären Tonquellen erzeugten Kombinationstöne. Helmholtz unterschied zwei Arten, von denen die eine objektiv, die andere nur subjektiv wahrnehmbar sein sollte. Waetzmänn zeigte, daß dieser Unterschied nicht ganz zutrifft, daß es vielmehr bei den beiden Arten darauf ankomme, ob das auf die Töne resonierende Organ eine nur lineare oder nicht lineare Schwingungsgleichung besitzt. Kombinationstöne erster Art erhält man bei Instrumenten, wenn dieselbe Luftmasse von den beiden Primärtönen in heftige Erschütterung versetzt wird, wie bei einer mehrstimmigen Sirene, zwei von derselben Windlade angeblasenen Orgeltönen, auch zwei mit den Stielen aneinander gedrückten Stimmgabeln usw. Gemeinsam ist allen, daß die beiden primären Tonerzeuger

mechanisch miteinander gekoppelt sind. Bei den Kombinationstönen zweiter Art wirken auf das resonierende Objekt zwei voneinander unabhängige Wellenzüge. Sollen sie aber zum Vorschein kommen, so muß in der Schwingungsgleichung des resonierenden Objekts ein nicht-lineares Glied enthalten sein. Helmholtz nahm an, daß im Ohr ein mitschwingendes Organ sich befinde, bei dem die elastische Kraft nicht nur der linearen Verschiebung  $x$  proportional ist, sondern auch ein Glied mit  $x^2$  enthält. Das ist aber allgemein der Fall, wenn das Organ zu unsymmetrischen Schwingungen befähigt ist, was auch bei den Fasern der Basilmembran ihrem Bau nach der Fall sein kann. Nach Waetzmänn können auch durch Schalldruck bei einer Membran einseitige Verschiebung und damit Kombinationstöne erzeugt werden. Er führte einer Telephonplatte durch ein Mikrophon zwei Töne zu und fand, daß die Schwingungskurven unsymmetrisch waren. Er erhielt dann auch Kombinationstöne, die ausblieben, wenn die primären Töne der Telephonmembran direkt zugeführt wurden. Das Mikrophon bewirkte also die Asymmetrie. Werden Stimmgabel- oder Pfeifentöne durch ein Mikrophon einem lautsprechenden Telephon zugeführt, dessen Membranschwingung durch Spiegelanordnung photographiert werden kann, so kann man die Kombinationstöne sichtbar machen.

2. Die Schwingungen der Luft in Röhren und die durch sie erzeugten Staubfiguren hat G. SCHWEIKERT einer sehr genauen Untersuchung unterworfen<sup>3)</sup>. Zur Erzeugung des Tones diente eine zuerst von R. König vorgeschlagene Vorrichtung, bei der ein in der Mitte eingeklemmter Glasstab durch eine Hebelvorrichtung an ein auf einem Rade befestigtes rotierendes feuchtes Reibkissen gepreßt wird. Dadurch entsteht ein sehr intensiver Ton, dessen Stärke von der Größe der Druckkraft und der Rotationsgeschwindigkeit des Reibkissens abhängt. Zur Erzeugung der Staubfiguren erwies sich Kieselsäure und kiesel-saures Kupfer als am besten geeignet. Ein Unterschied der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in Röhren verschiedener Weite war, entsprechend den Kundtschen Beobachtungen, nicht wahrzunehmen, wenn der Röhrendurchmesser  $> \lambda/4$  war. Bei engeren Röhren besteht ein solcher Unterschied, den Helmholtz aus der inneren Reibung des Gases, Kirchhoff außerdem aus der Wärmeleitung herleitet; andere Beobachter haben den erheblichen Einfluß der Röhrenwand

<sup>3)</sup> Ann. d. Physik 48, 593 (1915); 52, 333 (1917).

(glatt oder rau) festgestellt. Hiernach scheint alles, was die Absorption der Schallenergie in der Röhre vermehrt, eine, wenn auch nur scheinbare, Verringerung der Schallgeschwindigkeit zu bewirken.

Die in den Staubfiguren an den Bäuchen auftretenden eigentümlichen Rippen sind bisher in sehr verschiedener Weise erklärt worden. Schellbach und Boehm führen die Rippen auf die fortwehende Kraft von Verdichtungswellen, Dvořák führt sie auf ungleiche Verteilung des Staubes, Bourget auf Obertöne zurück. Nach W. König entstehen die Rippen durch hydrodynamische Kräfte, wie solche auf Kugeln in einem Flüssigkeitsstrom einwirken, in dem Kugeln, deren Zentralen senkrecht zur Stromrichtung stehen, sich anziehen, Kugeln mit parallel zur Stromrichtung verlaufenden Zentralen sich abstoßen. SCHWEIKERT findet eine Erklärung der Rippen in einem Prinzip, aus dem Helmholtz das Entstehen der streifigen Cirruswolken erklärt hat, nämlich in der Wirbelbildung durch Aufrollen innerer Diskontinuitätsflächen in strömenden Flüssigkeiten. Auf gleichen Ursachen beruht auch die Rippel- und Dünenbildung durch strömendes Wasser und durch Wind, die Schichtenbildung in Flammen im Innern tönender Luftsäulen. Die Ursache jener Wirbel wird durch die Grenzfläche von Flüssigkeits- oder Gasmassen von verschiedener Dichte gegeben. Bei der Luftbewegung in den Röhren erhält die unmittelbar über dem Boden lagernde Luftschicht durch den zugleich mit ihr in Bewegung geratenden Staub größere Masse und spezifische Dichte als die darüberliegenden, sich ungehindert bewegenden Luftschichten. Dadurch ist bei hinlänglicher Geschwindigkeit der Strömung ein Anlaß zur Wirbelbildung gegeben. Die einzelnen aufsteigenden Schichten dieser Wirbel führen den Staub bis zu einer von der Schwere abhängigen Höhe empor und erzeugen dadurch stehende Staubschichten. Da die Strömungsgeschwindigkeit der Luft vom Bauch nach den Knoten zu abnimmt, so nimmt auch Größe und Intensität der Wirbel und damit Höhe und Breite der Staubschichten vom Bauch nach den Knoten zu ab. Aus der von Helmholtz gegebenen Theorie würde folgen, daß bei unveränderter Mengé desselben Pulvers der Abstand der Rippen dem Quadrat der relativen Geschwindigkeit beider Luftschichten, bei konstanter Gasdichte der Staubmenge und dem spezifischen Gewicht des Staubes proportional sei, was mit den Beobachtungen des Verf. übereinstimmt. Durch Interferenzen verschiedener Wirbelwellen können auch höhere mit niederen Wellenbergen, große mit kleinen Staubrippen abwechseln. Das wird

besonders eintreten, wenn noch sekundäre Schwingungen von Obertönen vorhanden sind; und in der Tat treten nach Kundt kleinere Rippen zwischen den größeren namentlich dann auf, wenn außer dem Grundton noch ein Oberton schwach mittönt.

In weiten Röhren liegen die Rippen nicht immer senkrecht zur Röhrenachse, sondern schräg, und zwar wechselt sowohl Richtung wie Größe der seitlichen Drehung der Rippen mit jeder halben Wellenlänge. Da die Rippen stets senkrecht zur Schwingungsrichtung der Luft liegen, so muß die Schrägstellung die Folge von schräg zur Röhrenachse liegenden Luftschwingungen sein. Die Ursachen hiervon liegen in einer Unsymmetrie des schwingenden Systems, einer geringen Neigung der reflektierenden Wand, seitlichen Verschiebung der Tonquelle u. ä. Durch Vermeiden jeder Unsymmetrie erhält man auch in weiten Röhren völlig gerade Figuren.

SCHWEIKERT stellte die Gleichung einer fortschreitenden harmonischen Schwingung auf, die an einem bestimmten Punkte  $x_0$  unvollkommen reflektiert wird, und bestimmte die Maxima und Minima der durch Interferenz beider Wellenzüge bewirkten stehenden Welle. Er fand, daß bei einer Röhre mit hinlänglich kleinen Absorptionskoeffizienten maximale Resonanz auftritt, wenn die Länge  $l$  der Röhre etwa eine ganze Anzahl halber bzw. viertel Wellenlängen  $\lambda$  beträgt; Nebenmaxima erhält man, wenn  $l$  etwa eine ungerade Anzahl von achteil Wellenlängen enthält. Hat die Röhre dagegen einen großen Absorptionskoeffizienten, so tritt maximale Resonanz ein, wenn ihre Länge ungefähr  $(4m \pm 1) \frac{\lambda}{8}$  beträgt, während bei einer Länge von  $n \frac{\lambda}{4}$  Nebenmaxima auftreten. Der Verf. unterschied weiterhin die Reflexion der Primärwelle an einem akustisch dichteren und die Reflexion an einem akustisch dünneren Medium (Reflexion durch „Energistauung“ und durch „Energieentziehung“) und stellte für beide Fälle die Lage der Bäuche und Knoten in der stehenden Welle fest. Hierbei wurde mit Poisson die Annahme der unvollkommenen Reflexion an dem offenen Ende einer Röhre, mit Euler die Annahme einer Absorption der Schwingungsenergie gemacht. Es ergab sich, daß durch die gleichzeitige Wirkung beider Ursachen nicht nur die Röhrenlänge extremer Resonanz eine Verkürzung oder Verlängerung erfährt, sondern auch jede einzelne Knoten- und Bauchfläche eine Verschiebung erleidet.

3. Eine neue Methode zur Bestimmung der Amplitude der Schallwellen beschrie

ben E. P. LEWIS und L. P. FARRIS<sup>4)</sup>. Sie ließen Lykpodium durch die Luft eines geschlossenen Kastens hindurchfallen, während Schallschwingungen die Luft erschüttern. Die Lykpodiumkörner werden dann von den Schallwellen in Sinuskurven hin- und hergeführt; aus der Stärke des Mitschwingens läßt sich die Amplitude der Schallwellen bestimmen. Mit einem Mikroskop wurde die Bahn der Körnchen beobachtet. Die von den Verf. aufgestellte Formel hat W. KÖNIG genauer untersucht<sup>5)</sup>. Er fand, daß sie nur ein Glied einer von ihm selbst aufgestellten strengeren Formel darstellt, daß ferner die Lykpodiumkörner nicht den jener Formel zugrunde liegenden Voraussetzungen entsprechen, um daraus eine genaue Bestimmung der Schallamplituden ableiten zu können.

4. Wie S. BANERJI fand, ist der Schall, der durch den Stoß zweier festen Kugeln erzeugt wird, seiner Intensität und seinem Charakter nach in verschiedenen Richtungen zur Stoßlinie sehr verschieden<sup>6)</sup>. Versuche, die mit einem besonderen, auf der ballistischen Methode beruhenden Apparat angestellt wurden, ergaben größte Intensität in der Stoßlinie, fast verschwindende auf der Oberfläche eines Kegels mit einem Halbwinkel von  $67^\circ$  und ein schwächeres zweites Maximum in der Ebene senkrecht zur Stoßlinie. Theoretisch und experimentell ergab sich die Schallstärke proportional der Geschwindigkeitsänderung der stoßenden Kugeln, der vierten Potenz ihres Radius und umgekehrt proportional dem Quadrat des Abstandes von ihrem Berührungspunkt. *Schk.*

**Der Streit um das Elektron.** In den „Naturwissenschaften“ 1917, Heft 23, gibt W. KÖNIG einen interessanten Überblick über diesen Streit, der seit acht Jahren auf der einen Seite von Millican und seinen Schülern in Chicago, auf der andern von Ehrenhaft und seinen Schülern in Wien geführt wird. Über einzelne Phasen dieser Forschungen ist in unserer Zeitschrift schon mehrfach berichtet worden. W. König erinnert daran, daß der Gedanke des atomistischen Baus der Elektrizität in Deutschland auf Helmholtz zurückgeführt zu werden pflegt, der ihn 1881 in seiner Faradayvorlesung ausgesprochen hat, daß der Gedanke aber schon 7 Jahre früher von Johnston Stoney entwickelt worden ist, der auch später (1891) den Namen Elektronen geprägt hat.

Die aus der Elektrolyse geschöpfte Anschauung von Elementarteilchen der Elektrizität erfuhr ihre erste Erweiterung durch die Forschungen von Townsend und J. J. Thomson, die die Größe der Ionenladung mit Hilfe der Kondensation von feuchter Luft aus der Größe und Menge der Nebeltröpfchen ermittelten und eine mittlere Ionenladung zwischen  $6,7$  und  $3,4 \cdot 10^{-10}$ , also von derselben Größenordnung wie der aus der Elektrolyse gefundene Wert ermittelten. Die Methode wurde später durch H. A. Wilson verbessert, worauf Millican den Wert genauer zu  $4,5 \cdot 10^{-10}$  feststellte.

Ein weiterer Fortschritt ergab sich durch die Methode der mikroskopischen Beobachtung in der Luft schwebender Nebelteilchen, die sich im elektrischen Felde eines Kondensators befinden. Diese Methode wurde gleichzeitig von verschiedenen Ausgangspunkten her sowohl von Millican wie von Ehrenhaft aufgefunden und von jedem der beiden Forscher eigenartig entwickelt.

Millican begann damit, aus der Fallgeschwindigkeit der Tropfen im Gravitationsfelde und aus der elektrischen Feldstärke, die sie zum Schweben bringt, ihre Ladung zu berechnen. Er fand je nach der Größe der Tropfen verschiedene Ladungen, die sich aber alle als Vielfache einer Grundzahl darstellen ließen. Der Mittelwert dieser Grundzahl war  $4,65 \cdot 10^{-10}$ . Da die Wassertröpfchen während der Beobachtung durch Verdunstung kleiner werden, ersetzt sie Millican durch andere Flüssigkeiten, Öl, Quecksilber, Glycerin, die er im oberen Teil eines zylindrischen Gefäßes zerstäubte und sodann zwischen die Platten eines Kondensators gelangen ließ. Auch in diesem Fall ergab sich, daß die Ladungen ganze Vielfache einer bestimmten Grundladung waren. Aber es zeigte sich zugleich eine Abhängigkeit des Wertes dieser Grundladung von der Tropfengröße, die indessen nur scheinbar und durch eine begrenzte Gültigkeit des Stokesschen Gesetzes für den Reibungswiderstand fallender Tropfen bedingt war. Nach Anbringung einer Korrektur ergab sich in dieser Arbeit (1910) die Größe  $e = 4,891 \cdot 10^{-10}$ . In einer dritten Arbeit (1913) ist die Methode noch weiter verfeinert, namentlich die Reibungskonstante der Luft neu bestimmt, das optische System verbessert, Temperatureinflüsse beseitigt und die Versuche bei beliebigen Gasdrücken ausführbar gemacht. Er beobachtet Tropfen, deren Radius von  $4,9 \cdot 10^{-5}$  bis  $58,56 \cdot 10^{-5}$  cm, deren Ladung von  $1e$  bis  $136e$  variiert, während der Gasdruck von  $4,46$  bis  $76,27$  cm Quecksilber geändert wird, und findet das Gesetz der vielfachen Ladungen von neuem bestätigt; der Wert

<sup>4)</sup> Phys. Rev. 6, 491 (1915).

<sup>5)</sup> Ann. d. Physik 49, 648 (1916).

<sup>6)</sup> Phil. Mag. 32, 96 (1916); Beibl. 40, 481 (1916).

von  $e$  wird zu  $4,774 \cdot 10^{-10}$  bestimmt. Eine neueste Arbeit von 1916 bringt noch weitere Messungen an Quecksilbertropfen in Luft, und an Öltropfen in Luft und Wasserstoff, deren Radius bis auf  $2,5 \cdot 10^{-5}$  cm herabgeht.

Die Arbeiten von Ehrenhaft gehen im Gegenteil darauf aus, zu beweisen, daß die elektrischen Ladungen keineswegs an die angegebene untere Grenze gebunden seien, daß sich vielmehr noch wesentlich kleinere Ladungen nachweisen lassen; solche Ladungen bezeichnete er als Subelektronen. Er beobachtete (1910) mit dem Ultramikroskop kleine Metallteilchen, die aus einem zwischen Elektroden aus dem betreffenden Metall brennenden Lichtbogen in die Beobachtungskammer hineingesaugt wurden. Er fand, daß ganz auffällige Überschreitungen des Elementarquantums vorkommen, sobald die Größe der Metallteilchen etwa bis  $1,0 \cdot 10^{-5}$  gesunken ist. Eine zweite Untersuchung von 1911 bestätigte dies, die Werte von  $e$  waren für Silber und Gold nicht größer als ein Drittel bis ein Viertel des Millicanschen Wertes. Ehrenhaft zieht aus seinen Beobachtungen den Schluß, daß mit abnehmender Kapazität der Teilchen die Ladungen immer kleiner werden, und daß man mit der Untersuchung bis an die äußerste Grenze des ultramikroskopischen Sehens heruntergehen müsse. Während Millican mit einem optischen System von mäßiger Vergrößerung arbeitet, braucht Ehrenhaft ein solches von 220- bis 1000-facher Vergrößerung; entsprechend ist der Fallraum bei ersterem 1 cm, bei letzterem nur einige Zehntel eines Millimeters. Millicans Tröpfchen gehen nicht unter  $2,5 \cdot 10^{-5}$  cm, die Ehrenhaft's liegen fast immer unter dieser Grenze. Die Beobachtungen beider gehören also ganz verschiedenen Größenbereichen an. Andererseits leugnet auch Ehrenhaft den atomistischen Bau der Elektrizität nicht; auch er findet, daß sich die verschiedenen Ladungen eines und desselben Teilchens als Vielfache einer Grundladung ansehen lassen. Der Streit geht also nur um die Größe des elektrischen Atoms, die er geringer ansetzen zu müssen glaubt, als der Valenzladung des materiellen Atoms entspricht. Er vermutet, daß diese Größe höchstens von der Ordnung  $0,1 \cdot 10^{-10}$  sei. Millican hält es für unzulässig, die Untersuchung auf so kleine Teilchen auszuweiten, weil bei diesen die an dem Stokes'schen Widerstandsgesetz anzubringenden Korrekturen immer unsicherer werden, und auch die Brownsche Bewegung als Störung der Fallbewegung sich geltend macht. Den Vorwurf Ehrenhaft's, daß bei Millican eine gekünstelte Bearbeitung seiner Beobachtungen vorliege, hält W. KÖNIG für nicht gerechtfertigt.

Anderer Forscher haben die Versuche der beiden Genannten wiederholt. In Amerika hat J. Y. Lee bei Versuchen mit festen Schellackkügelchen  $e = 4,764 \cdot 10^{-10}$  gefunden, in Wien hat D. Konstantinowski noch Teilchen bis  $0,2 \cdot 10^{-5}$  cm untersucht und Ladungen bis zu  $\frac{1}{200}$  des Elementarquantums gefunden. Andererseits hat Regener Messungen mit der ultramikroskopischen Methode Ehrenhaft's an Tröpfchen von Öl und Kalilauge ausgeführt und die gleichen Gesetzmäßigkeiten wie Millican gefunden, nämlich Ladungen, die das Ein- bis vierfache des mittleren Wertes  $e = 4,86 \cdot 10^{-10}$  waren. Prizibram hat an Phosphornebelteilchen die Millicansche Auffassung bestätigt gefunden, desgleichen E. Weiß in Prag an Silberteilchen. Joffé in Petersburg hat die sprungweise Änderung der Ladungsgröße beim photoelektrischen Effekt an Kupfer- und Zinkteilchen verfolgt, E. Meyer und W. Gerlach haben solche sprungweisen Änderungen bei verschiedenen Teilchen aber mit etwas kleineren Werten als den Millicanschen festgestellt. Die Physiker haben sich bei dem Streit um die Deutung der Messungen überwiegend auf die Seite Millicans gestellt; zumal dessen Ergebnisse mit denen aus der Elektrolyse und aus der Zählung der  $\alpha$ -Teilchen radioaktiver Stoffe in überraschender Weise übereinstimmen. Millican selbst weist auch darauf hin, daß die  $\alpha$ -Teilchen doch noch viel kleiner seien als Ehrenhaft's kleinste Teilchen und dennoch das Doppelte der Millicanschen Elementarladung trugen. Auch W. KÖNIG ist der Ansicht, daß der elektrischen Ladung von der Größe  $4,8 \cdot 10^{-10}$  eine ganz bestimmte Rolle in der Natur zukomme, sie sei eben das „Elektron“. Ob dieses noch weiter spaltbar sei, ähnlich wie das Atom, müsse einstweilen dahingestellt bleiben. Die Ehrenhaft'schen Messungen müßten sich vielmehr auf eine andere Weise deuten lassen, was bisher noch nicht gelungen sei.

Die gegen Ehrenhaft erhobenen Einwände hat dieser zum größten Teil erfolgreich abgewiesen. Noch nicht ganz geklärt ist der Einfluß, den bei den kleinsten von Ehrenhaft beobachteten Teilchen die Brownsche Bewegung ausübt. Man müßte annehmen, daß die für größere Teilchen gültigen Bewegungsgesetze auf so kleine Teilchen nicht mehr anwendbar seien, daß also die Berechnung der Beweglichkeit  $b$  aus der Stokes'schen Widerstandsformel nicht mehr zulässig sei. Man hat nun die Berechnung von  $b$  auf anderem Wege auf Grund einer genaueren Untersuchung der Brownschen Bewegung versucht. Die Einsteinsche Theorie dieser Bewegung ermöglichte es, die Konstante  $b$  aus dem Mittelwert des Quadrates der Verschie-

bungen bei der Brownschen Bewegung nach einer Gleichung zu berechnen, die außerdem nur noch die allgemeine Gaskonstante, die absolute Temperatur und die Loschmidtsche Zahl enthält. Aber auch die nach dieser Methode ausgeführten Berechnungen von Millican, Fletcher und Eyring für Öltröpfchen haben keine systematischen Abweichungen von den Millicanschen Werten ergeben, ebensowenig wie Messungen von E. Weiß an Silberteilen. Auch die Anwendung dieser Methode auf die Messungen Ehrenhafts und Konstantinowskys ergab stets größere Werte für den Radius und die Ladung der Teilchen, als die frühere auf die Stokessche Formel gegründete. Aber doch war hierdurch der Unterschied noch nicht völlig aufgeklärt, denn bei den ganz kleinen Teilchen von Konstantinowsky ergaben sich auch bei der neuen Methode Zahlenwerte, die bis auf  $\frac{1}{10}$  des Millicanschen heruntergehen. Noch eine dritte Methode hat Ehrenhaft angewandt, indem er die Größe von Goldteilchen schätzte aus der Farbe des von ihnen zerstreuten Lichtes auf Grund einer von G. Mie entwickelten Theorie; die so gewonnenen Werte standen wieder mit den früher berechneten in Übereinstimmung.

### 3. Geschichte und Erkenntnislehre.

**Der elektrische Widerstand des Wassers nach F. Kohlrausch.** Von W. Kodweiß in Heidenheim a. d. Brenz.

Im 28. Jahrgang, 2. Heft dieser Zeitschrift bekämpft O. Ohmann mit Recht die im Unterricht übliche unwissenschaftliche Behandlung der „Elektrolyse des Wassers“ und weist darauf hin, daß das erste, was die Schüler in elektrolytischer Beziehung vom Wasser zu lernen haben, die Tatsache ist, daß das absolut reine Wasser eine nahezu ganz undissoziierte Flüssigkeit ist und deshalb den elektrischen Strom so gut wie nicht leitet. Der von Ohmann angegebene Versuch führt den Schülern deutlich vor Augen, daß das Wasser einen sehr großen Widerstand besitzt, es muß aber, wie auch Ohmann sagt, ausdrücklich hervorgehoben werden, daß der geringe Galvanometerausgang nicht den Betrag der Leitfähigkeit des absolut reinen Wassers angibt. An dieser Stelle halte ich es nun für sehr zweckmäßig, die Schüler mit den Kohlrauschschen Untersuchungen über die Leitfähigkeit des reinen Wassers bekannt zu machen.

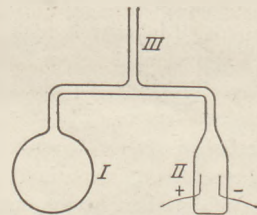
F. Kohlrausch hat im Jahre 1884<sup>1)</sup> durch Destillation im Vakuum ein Wasser von sehr

W. KÖNIG stimmt nach dem allen doch der Ansicht Millicans zu, daß man vorläufig klare und sichere Ergebnisse über das Elementarquantum nur an größeren Tröpfchen erhalten kann, deren Mechanik man vollkommen beherrscht. Die Ergebnisse Ehrenhafts bedürfen selbstverständlich einer Aufklärung, die den bestehenden Widerspruch beseitigt. Sie dürfte wohl nur in einer erneuten eingehenden, theoretischen und experimentellen Nachprüfung der Gesetze zu suchen sein, die für die Bewegung so kleiner Teilchen in einem Gase gelten. Ehe darüber nicht volle Klarheit und zwischen den verschiedenen Methoden der Größenbestimmung der Teilchen volle Übereinstimmung erzielt ist, wird man den Ergebnissen Millicans keinen ernstlichen Zweifel entgegenbringen können. Den Arbeiten Ehrenhafts aber wird man auf alle Fälle das Verdienst zuerkennen müssen, nicht bloß durch ihren Widerspruch gegen die herrschende Meinung zu immer erneuter und vertiefter Behandlung des Problems Anlaß gegeben, sondern auch die Grenzen festgestellt zu haben, unter die man nicht heruntergehen kann, ohne daß die Formulierung der Versuche diejenige Sicherheit verliert, die sie oberhalb dieser Grenze besitzt. P.

großer Reinheit hergestellt; 10 Jahre später<sup>2)</sup> hat er seine Versuche wieder aufgenommen und dabei das reinste Wasser hergestellt, das es jemals gegeben hat.

Er füllte seine aus Glas bestehende Destilliervorrichtung zu etwa  $\frac{3}{4}$  mit einem bereits sehr reinen Wasser, das er durch Ausfrieren von gutem destilliertem Wasser erhielt, dann verband er das Rohr III (s. Fig.) mit einer Quecksilberluftpumpe und ließ das Wasser ungefähr zwei Stunden lang im Vakuum sieden, wobei der entstehende Wasserdampf von gekühlter Schwefelsäure aufgenommen wurde; letztere wurde vorher drei Tage lang im Vakuum gehalten und so von den geringsten Gasspuren befreit.

Nachdem durch das Sieden möglichst jede Spur von Gas aus dem Wasser und dem Gefäß



fähigkeit des im Vakuum destillierten Wassers. Berliner Sitzungsberichte 1884.

<sup>2)</sup> F. Kohlrausch und A. Heydweiller, Über reines Wasser. Berliner Sitzungsberichte 1894.

<sup>1)</sup> F. Kohlrausch, Die elektrische Leit-



entfernt worden war, wurde das Rohr III zugeschmolzen und die Destillation im Vakuum konnte beginnen. Zu diesem Zweck wurde alles noch vorhandene Wasser in die Kugel I gebracht, die in ein warmes Bad von ungefähr 50° getaucht wurde, während das Gefäß II mit einer Kältemischung umgeben wurde; nach etwa  $\frac{1}{2}$  Stunde hatten sich in dem Gefäß II ungefähr 15 ccm Wasser von außerordentlicher Reinheit gebildet. Das reinste Destillat, das Kohlrausch erhalten hat, hatte ein solch geringes Leitvermögen, daß eine Wassersäule von 1 mm Länge bei 0° denselben Widerstand hatte, wie ein 40 Millionen km langer Kupferdraht von gleichem Querschnitt. Man könnte diesen Draht tausendmal um die Erde legen und mit ihm die Entfernung zwischen Erde und Mond hundertmal durchspannen; schon die Berührung mit der Luft genügte, um die Leitfähigkeit des Wassers in kurzer Zeit auf das Zehnfache zu erhöhen, und noch ein anderer Umstand wies darauf hin, wie leicht ein Wasser von solcher Reinheit verunreinigt wird. Bei den Versuchen im Jahre 1884 zeigte sich nämlich der mißliche Umstand, daß der Widerstand des Wassers ziemlich rasch abnahm, was Kohlrausch durch eine von der Destilliervorrichtung herrührende Verunreinigung des Wassers erklärte. In der Tat stellte es sich bei den im Jahre 1894 vorgenommenen Versuchen heraus, daß das Wasser nur ganz allmählich eine Zunahme der Leitfähigkeit erfuhr, weil nämlich Kohlrausch die alte Destilliervorrichtung verwendete, die fast 10 Jahre lang mit Wasser gefüllt war, so daß die löslichen Bestandteile des Destillierapparates zum größten Teil ausgelagert waren.

Es erhebt sich nun die Frage, ob die von Kohlrausch beobachtete Leitfähigkeit des Wassers tatsächlich als die Leitfähigkeit des absolut reinen Wassers anzusehen ist, oder ob dieselbe in der Hauptsache von den noch vorhandenen Beimengungen herrührt, ähnlich wie beim Ohmannschen Versuch. Mit Sicherheit läßt sich nicht entscheiden, wie groß der Anteil ist, der auf das absolut reine Wasser entfällt; es

ist aber doch sehr wahrscheinlich, daß die Leitfähigkeit des Kohlrauschschen Destillats nur zu einem geringen Teil auf die noch vorhandenen Beimengungen zurückzuführen ist. Dafür spricht folgende Tatsache: Kohlrausch untersuchte den Einfluß, den die Temperatur auf die Leitfähigkeit seiner Destillate ausübte, und dabei zeigte sich, daß der Temperatureinfluß ein ungewöhnlich großer wurde, wenn die Reinheit des Destillats sich demjenigen des oben erwähnten besten Destillats näherte. Er überstieg den bei verdünnten Lösungen beobachteten Temperatureinfluß um den drei- bis vierfachen Betrag, woraus Kohlrausch den Schluß zog, daß die Leitfähigkeit seines Destillats nur noch in geringem Maße von den Beimengungen herührte und also annähernd die Leitfähigkeit des absolut reinen Wassers darstellte<sup>3)</sup>. Er berechnete mit Hilfe der Dissoziationstheorie die Leitfähigkeit des absolut reinen Wassers und fand, daß dieselbe  $\frac{9}{10}$  der beobachteten Leitfähigkeit betrug, so daß also  $\frac{1}{10}$  davon den noch vorhandenen Beimengungen zuzuschreiben wären. Unter der Voraussetzung, daß diese Beimengungen Salze waren, berechnete Kohlrausch, daß in den 15 ccm Wasser noch einige Hunderttausendstel mg Salze aufgelöst waren.

Man wird nicht verfehlen, die Schüler darauf aufmerksam zu machen, wie außerordentlich schwierig es ist, Wasser von der Reinheit des Kohlrauschschen Destillats herzustellen und auch noch auf einen andern Umstand kann man hinweisen: Mit Hilfe des elektrischen Stromes hat hier Kohlrausch eine Verunreinigung des Wassers nachgewiesen, die sich weder auf chemischem Wege noch mit der Waage hätte feststellen lassen, und bei Benutzung von kurzen Stromstößen konnte Kohlrausch im Telephon hören, daß das Wasser noch nicht ganz rein war. Das Letztere kann man den Schülern allerdings erst bei der Behandlung der Wheatstoneschen Brücke näher erklären.

<sup>3)</sup> Vgl. hierzu: Müller-Pouillet, 10. Aufl., 5. Buch. Magnetismus und Elektrizität S. 531

#### 4. Unterricht und Methode.

**Eine Unterrichtsstunde aus der Elektrizitätslehre für Anfänger.** Von F. F. Good, Columbia Univ. (*School Science and Math.*, Jan. 1916.) Der Verfasser beschreibt eine echt amerikanisch anmutende Versuchsanordnung, aus der immerhin auch für uns einiges zu lernen sein dürfte. Über den Experimentiertisch sind zwei sehr gut isolierte Drähte von etwa 15 Fuß ausgespannt und mit der Starkstromleitung von 110 Volt ver-

bunden. In Abständen von etwa  $1\frac{1}{4}$  Fuß ist die Isolierung entfernt, um Anschlüsse für verschiedene Zwecke herzustellen. Auch können eine oder mehrere Sicherungen von Schmelzdraht für 10, 15 oder 20 Ampere eingeschaltet werden. Ein Voltmeter, ein Amperemeter und ein Wattmeter sind mit weithin sichtbaren Skalen an dem einen Tische an die Leitung angeschlossen.

An der einen Tischseite läuft ein Gasrohr mit Hähnen; an diesen kann man Gas für verschiedene Zwecke und in verschiedener Menge entnehmen; die Menge des aus der Gaszentrale zuströmenden Gases hängt davon ab, wieviel Hähne und wie weit sie geöffnet sind. Der elektrische Strom verhält sich in vieler Beziehung ähnlich. Wie das Gas durch Röhren, so strömt die Elektrizität durch Leiter. Man kann sich vorstellen, daß die Elektrizität durch den einen Draht herzu und durch den andern abströmt. Berührt man den einen Draht mit dem Daumen, den andern mit einem andern Finger, so spürt man ein schwaches Stechen, dagegen eine stärkere Muskelerstümmung, wenn man die Finger vorher angefeuchtet hat. Nunmehr hängt man eine Kohlenfadenglühlampe von 16 Kerzen Stärke an die Drähte; ihr Glühendwerden ist ein Zeichen, daß Elektrizität von dem einen Draht auf den andern übergeht. Schaltet man mehrere Lampen an verschiedenen Stellen ein, so wird natürlich mehr Elektrizität übergehen. Das Amperemeter am Anfang der Leitung zeigt die Menge des übergehenden Stromes an. „Hunderte von Amperes warten auf eine günstige Gelegenheit zum Übergang, aber jede Lampe läßt nur einen kleinen Betrag durch.“ Schaltet man eine sehr große Lampe ein, so ist dies ebenso, als wenn man an der Gasleitung einen sehr weiten Hahn öffnet.

Es gibt aber noch bessere Leiter als die Glühlampen. Man schalte einen dünnen Eisendraht zwischen zwei Stellen der beiden Leitungen ein, der Draht wird glühend und schmilzt. Dies zeigt die große Gefahr, die mit nicht gut isolierten Leitungen verbunden ist.

Auf dem Tische liegt eine große Zahl von Glühlampen verschiedener Größe, jede mit zwei Anschlußdrähten zum Anhängen an die Leitungen versehen. Eine Wolframlampe von 8 Kerzen Stärke wird vorgeführt und gefragt, welches die Kosten dieser Lampe pro Stunde sein mögen. Es wird angegeben, daß das Voltmeter einen „Druck“ von 110 Volt und das Ampere-

meter einen Strom von 0,1 Ampere anzeigt. Die Zahl der Watt sei gleich Volt  $\times$  Ampere, im vorliegenden Falle also 110 Volt  $\times$  0,1 Amp. = 11 Watt. Da die Elektrizitätsgesellschaft 1000 Watt pro Stunde für 10 Cents liefert, so betragen die Kosten der Lampe 1 Cent für die Stunde.

Es werden nun ähnliche Rechnungen für andere Lampen angestellt:

8 Kerzen:	110 Volt	$\times$ 0,1 Amp.	=	11 Watt,
16	„	110 „	$\times$ 0,2 „	= 22 „
32	„	110 „	$\times$ 0,4 „	= 44 „
48	„	110 „	$\times$ 0,5 „	= 55 „
96	„	110 „	$\times$ 1,0 „	= 110 „
150	„	110 „	$\times$ 1,5 „	= 165 „
250	„	110 „	$\times$ 2,5 „	= 275 „
500	„	110 „	$\times$ 5,0 „	= 550 „

Der Verfasser unterläßt nicht, berechnen zu lassen, wieviel jede Lampe in dieser Reihe pro Stunde kostet. Von den Kohlenfadlampen wird mitgeteilt, daß sie „nicht soviel Licht geben, wie die Wolframlampen“. Letztere seien teurer, aber sie geben bei gleichem Stromverbrauch die doppelte Lichtmenge.

Der Lehrer wickelt nunmehr eine Glühlampe in ein Tuch und zerschlägt sie; der laute Knall veranlaßt eine Betrachtung über den Grund für das Evakuieren. Es wird ein Versuch angestellt mit einer Lampe, in die nach Abbrechen der Spitze Luft eingetreten ist, und die fast augenblicklich durchbrennt.

Auf einer Tafel sind noch entsprechende Zahlen wie die oben mitgeteilten für eine Kohlenfadlampe zusammengestellt:

3 Kerzen:	110 Volt	$\times$ 0,1 Amp.	=	11 Watt,
6	„	110 „	$\times$ 0,2 „	= 22 „
12	„	110 „	$\times$ 0,4 „	= 44 „
16	„	110 „	$\times$ 0,5 „	= 55 „
32	„	110 „	$\times$ 1,0 „	= 110 „

Es wird darauf hingewiesen, daß die Einschaltung von elektrischen Klingeln und Motoren weitere interessante Untersuchungen erlaubt.

P.

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Technische Abende** im Zentralinstitut für Erziehung und Unterricht. Acht Hefte. Berlin, Ernst Siegfried Mittler und Sohn, 1917. Jedes Heft M. 0,50.

Das Berliner Zentralinstitut für Erziehung und Unterricht hat sich ein neues großes Verdienst erworben durch die Veranstaltung von Vortragsabenden, an denen anerkannte Fach-

leute über die Beziehungen der Technik zu den Fragen der Gesamtkultur im allgemeinen und der Erziehung im besonderen das Wort nehmen. Bei solcher Behandlung kommt auch die ideale Seite der Technik, die gemeinhin außer Betracht bleibt, wenn von ihren glänzenden Leistungen gesprochen wird, zur Geltung.

In Heft 1 behandelt C. Matschoß „die

Bedeutung der Persönlichkeit für die industrielle Entwicklung“. Der treffliche Kenner der Geschichte der Technik zeichnet ein Bild ihres Entwicklungsganges in der Richtung auf die steigende Bedeutung der Persönlichkeit und weist auf die Notwendigkeit hin, die beiden großen Ströme unseres geistigen Lebens, die philosophisch-historische und die naturwissenschaftliche Bildung in engere Beziehung zu bringen.

In Heft 2 werden die Vorträge von Kammerer „über die Notwendigkeit der Maschinenarbeit“ und von Schlesinger „über den Einfluß des Werkzeuges auf Leben und Kultur“ im Auszuge wiedergegeben, da beide auf Vorführung zahlreicher Lichtbilder aufgebaut waren, deren Nachbildung nicht zugänglich war. Kammerer betont am Schlusse seines Vortrages, daß für die Erziehung zur „veredelten Handarbeit“ weder Kenntnisse noch Handfertigkeit in erster Reihe nötig sind; was nützlich, sei vielmehr vor allem Ausbildung der Beobachtungsgabe. Schlesinger entwickelt an der Werkzeugmaschine und an der Schraubenfabrikation das Wesen der modernen Technik und weist darauf hin, wie der zunehmenden Mechanisierung der Arbeit eine wachsende Teilnahme des Arbeiters an den Kulturwerten gegenübersteht.

In Heft 3 erörtert A. Wallich „die Psychologie des Arbeiters und seine Stellung im industriellen Arbeitsprozeß“. Er zeigt, wie es namentlich unter dem Einfluß des Taylorschen Lohnsystems möglich wird, eine große Zahl von Arbeitern in eine höhere Stufe der Berufstätigkeit emporzuheben und die mechanische Arbeit denen zu überlassen, die zu anderer Tätigkeit nicht veranlagt oder nicht gewillt sind.

In Heft 4 setzt H. Muthesius das Verhältnis von „Arbeit und Massenerzeugnis“ auseinander und legt dar, wie im Gegensatz zur Handarbeit die Maschinenarbeit als ein Kulturförderungsmittel ersten Ranges angesehen werden muß, zugleich aber auch dem Lande, das die Massenerzeugung von Gütern am intensivsten betreibt, einen entscheidenden Vorsprung im Weltverkehr sichert.

In Heft 5 und 6 werden die Beziehungen der Technik zur Kunst dargestellt, und zwar von P. Behrens die Beziehungen der künstlerischen und technischen Probleme, von W. Franz die Werke der Technik im Landschaftsbild.

In Heft 7 entwickelt E. Zschimmer eine „Philosophie der Technik“ und kommt zu dem Schluß, daß die Idee der Technik die Freiheit des Menschengeschlechtes sei, die sich den Ideen der Wahrheit, der Schönheit, der Gerechtigkeit ebenbürtig zur Seite stelle.

In Heft 8 wird Th. Bäuerle über „Technik und Volkserziehung“ handeln. P.

**Ernst Mach.** Gedächtnisrede, gehalten in der soziologischen Gesellschaft in Wien am 26. Juni 1916 von Dr. Rudolf Wlassak. Leipzig 1917, Joh. Ambr. Barth. 34 S. M. 1,20.

Nicht die Leistungen des Physikers, sondern ein „ehrwürdiges Denkerleben“ führt der Vortrag uns vor Augen, indem er die Quellen des Machschen Denkens, seine Methode und seine Ziele darlegt. Mancher, der an Einzelheiten des Machschen Gedankensystems Anstoß genommen hat, wird doch, wo hier in großen Zügen der innere Zusammenhang und die Folgerichtigkeit dieses Systems klargelegt ist, mit Ehrfurcht vor der Klarheit und Aufrichtigkeit des Denkers erfüllt werden. „Ein ruhiges Augenpaar blickt uns an, und wir wissen nicht, was uns mehr in seinen Bann zieht: ist es die unbestechliche Wahrheitsliebe, ist es die tiefe menschliche Güte, die aus ihm spricht?“ Auf eine Weltansicht ist auch dieses Forscherleben gerichtet, aber nicht auf eine solche, die nur ein Festtagsdenken der Menschheit wäre. „Weltansicht steckt auch im Werktagsdenken, das selbst der Festtag nicht entbehren kann.“ Hierin begegnet sich die Machsche Philosophie mit dem modernen Realismus, dessen Ideale mehr als bloße Traumbilder sind. P.

**Englands Kampf um den naturwissenschaftlichen Unterricht.** Aus dem Englischen übertragen und eingeleitet von Prof. Dr. H. Großmann. (S.-A. aus der Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge von W. Herz, Band XXIII.) Stuttgart 1917, Ferdinand Enke. 69 S. M. 3,—.

Der Herausgeber hat diese Schrift ins Deutsche übertragen in dem vollen Bewußtsein, daß auch für unser Vaterland ähnliche Reformen not tun, wie sie hier von weitblickenden Gelehrten schon vor einem Jahr für England ins Auge gefaßt sind. Er weist darauf hin, daß auch bei uns weite Kreise des Volkes den Naturwissenschaften ohne tieferes Verständnis gegenüberstehen, und daß vor allem eine praktische Durchdringung unseres deutschen Beamtentums mit naturwissenschaftlichem Geiste anzustreben ist. In England freilich, dem gelobten Lande der populären Naturwissenschaft, liegen die Dinge noch schlimmer als bei uns. Die vorliegende Schrift, die die Verhandlungen einer am 3. Mai 1916 unter dem Vorsitz von Lord Rayleigh abgehaltenen Versammlung wiedergibt, liefert interessante Belege für den Mangel an naturwissenschaftlichen Kenntnissen bei den leitenden Staatsmännern und für die für England bedauerlichen Folgen dieses Mangels; namentlich wird auch der Mangel an chemischen Kennt-

nissen als unheilvoll hervorgehoben. Die Einseitigkeiten des vorwiegend sprachlichen Unterrichts in England erfahren durchweg die härteste Verurteilung. Wir werden gut tun, in diesem Punkte von unsern Feinden zu lernen und auf eine Reform unseres gesamten Unterrichtswesens in der Richtung auf eine größere Geltung der Naturwissenschaften hinzuwirken. P.

**Philosophische Propädeutik** in neuester Literatur. Von Dr. Hans Schmidkunz. Mit einer Einführung von Prof. Dr. A. Höfler. Halle a. S. Buchhandlung des Waisenhauses 1917. 90 S. M. 2,50.

Das Buch gibt mehr als einen Literaturbericht, es erörtert vielmehr kritisch und polemisch alle Hauptfragen, die sich an die Forderung der Einführung philosophischer Propädeutik in den Unterricht an höheren Schulen anschließen. Der Verfasser fordert die philosophische Propädeutik als selbständigen Unterrichtsgegenstand und weiß die Notwendigkeit hierfür trefflich darzulegen. Sein Buch wird aber auch den Angehörigen unserer Unterrichtsfächer, die auf philosophische Vertiefung ihres Unterrichts bedacht sind, von Nutzen sein und sie vor Einseitigkeit bewahren; es betont mit Recht, daß es sich nicht nur um die Belehrung über naturwissenschaftliche Erkenntnismethoden handelt, sondern daß eine Einführung in die Philosophie noch darüber hinaus liegende Ziele hat. Wir wünschen der verdienstlichen Schrift reichen Erfolg. P.

**Physikalische Freihandversuche.** Unter Benutzung des Nachlasses von Bernhard Schwalbe, zusammengestellt von Hermann Hahn. II. Teil: Eigenschaften der Flüssigkeiten und Gase. Zweite verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 786 Bildern im Text. Berlin 1916, Otto Salle. 431 S. M. 8,—.

Diese neue Auflage ist wiederum ein Zeugnis von der bewundernswerten Arbeitskraft des Verfassers; der Umfang des Buches ist um etwa die Hälfte gewachsen, die Zahl der Abbildungen ist um 217 vermehrt. Der Verfasser sagt selbst, daß kaum ein Absatz des Buches unverändert geblieben sei; angesichts der Fülle des Hinzugekommenen werden auch die alten Freunde des Buches diese neue Auflage nicht entbehren wollen. Von dem neuen Stoff seien namentlich die Versuche mit Fluggeräten erwähnt, von denen sowohl die wissenschaftlichen Geräte Lancasters als auch die Spielflugzeuge der Jugend berücksichtigt sind. Je mehr sich der physikalische Unterricht von den Abstraktionen abwenden und der unmittelbaren Untersuchung der wirklichen

Vorgänge zuwenden wird, desto mehr wird auch dieses Buch als eine Fundgrube lehrreicher Versuche anerkannt werden. P.

**Lehrbuch der Physik für Studierende.** Von Dr. H. Kayser, Professor an der Universität Bonn. Fünfte verbesserte Auflage mit 349 in den Text gedruckten Abbildungen. Stuttgart 1916, Ferd. Enke. XII u. 554 S.

Das Lehrbuch, das aus den Vorlesungen des bekannten Physikers hervorgegangen und zuerst 1890 erschienen ist, verwendet ausgiebig niedere Mathematik und ist daher in vielen Abschnitten exakter als manch anderes, weiter verbreitetes Lehrbuch. Bei der Definition von Geschwindigkeit und Beschleunigung aber sollte der Verf. nach der Meinung des Referenten die Verwendung von Infinitesimalrechnung in ihrer einfachsten Form versuchen; die Begriffe würden, ohne für Mediziner unverständlich zu werden, in einer Weise an Schärfe gewinnen, daß die kleinen Schwierigkeiten gegen den Gewinn gar nicht in Frage kommen.

Der Verf. beschreibt nicht viele Instrumente und Apparate, gibt nicht detaillierte Schilderungen und Abbildungen, sondern beschränkt sich stets auf wenige einfache Typen, die mit klaren, schematischen Strichzeichnungen wiedergegeben werden; die erwähnten Anwendungen in der Praxis sind stets klar und sinnfällig geschildert.

Bei einer neuen Auflage wären u. a. folgende Änderungen zu erwähnen: S. 83 die Einführung der Begriffe Molekel und Atom ist nicht sehr glücklich. S. 166 wird die  $0^\circ$ -Kalorie als Wärmeeinheit definiert, die allgemein angenommene  $15^\circ$ -Kalorie nur in einer Anmerkung erwähnt. S. 169 ist die Schmelzwärme des Eises zu hoch angegeben ( $80,025 \text{ cal}_0$  statt  $79,65 \text{ cal}_{16}$ ). S. 172 wird die zu kleine Atomwärme von Kohle usw. mit Vergrößerung des Molekulargewichtes bei tiefen Temperaturen erklärt; wenn aber bei steigender Temperatur Dissoziation einträte, müßte die spezifische Wärme abnorm groß, nicht abnorm klein sein. Nach S. 180 hätte Raoul Pictet auch den Wasserstoff verflüssigt, was kaum der Fall gewesen sein kann, da er ihn als stahlblaue Flüssigkeit beschrieb. S. 316 wäre das Weston-Element an die Stelle des Clark-Elementes zu setzen. S. 346 wird die Berechnung der EMK eines galvanischen Elementes nur aus der Wärmetönung als stets möglich bezeichnet und alle Abweichungen durch sekundäre chemische Prozesse erklärt. Auf derselben Seite empfiehlt sich beim Faradayschen Gesetz das Rechnen mit genauen Atomgewichten statt mit abgekürzten ( $H = 1, O = 16,$

Ag = 108). Solche kleine Änderungen würden sich bei der nächsten Auflage unschwer anbringen lassen. *W. Roth-Greifswald.*

**Starkstromversuche für die Schule und zum Selbstunterricht.** Von Hermann Hennig und Fritz Polster. 435 S. 98 Abb. Leipzig 1916, Dürr. M. 3,—, geb. M. 3,50.

In steigendem Maße werden auch Volksschulen mit elektrischem Netzanschluß versehen. Ist es schon für den Lehrer an höheren Schulen, wenn er bisher ohne Netzstrom gearbeitet hat, nicht leicht, den Gebrauch der Schalttafel zu lernen, so sind für den Elementarlehrer die Schwierigkeiten noch ungleich größer. Die Hauptschwierigkeit besteht darin, daß ein vielbenutztes Lehrzimmer nur zu kurze Zeit zur Verfügung steht, um zeitraubende Studien darin unternehmen zu können. Es besteht, worauf Referent schon mehrfach hingewiesen hat, das dringende Bedürfnis, dafür zu sorgen, daß auch an einer anderen Stelle als im Unterrichtszimmer die Möglichkeit zum Durcharbeiten der elektrischen Versuche geschaffen wird. Es kann das ohne erhebliche Kosten auf mancherlei Weise geschehen. Auch dann noch hat der Lehrer Mühe genug und wird für eine Anleitung, wie die vorliegende, die ihm für fast jeden Versuch sagt, wie die Schalttafel etwa einzustellen ist, dankbar sein. Wo nur das Lehrzimmer für die Versuche benutzt werden kann, wird es oft geradezu vom Vorhandensein einer solchen Anleitung abhängen, ob der Netzanschluß überhaupt benutzt wird und werden kann. Die Verfasser haben sich also mit ihrer fleißigen Arbeit ein unzweifelhaftes Verdienst erworben, wenn auch im einzelnen einiges auszusetzen ist. Fig. 6 ist offenbar durch Vermischung zweier Bilder entstanden; es hat keinen Zweck, den Hitzdraht sowohl durch eine Feder wie auch durch ein Gewicht zu spannen; die Feder ist auch an der falschen Stelle angebracht, sie kann statt des Gewichtes bei *G* wirken. In dem Satz: „Unter Hitzdraht versteht man in der Elektrotechnik Platinsilberdraht“ ist Wesentliches und Unwesentliches miteinander vermenget, es wird auch anderes Material als Platinsilber verwendet. Irreführend ist Fig. 10, denn der Lichtbogen weicht quer zu den magnetischen Kraftlinien aus, nicht in ihrer Richtung. Die Elektrolyse der Salzsäure ist zu kurz abgehandelt, vor allem fehlt der Hinweis auf die Vorsichtsmaßregeln, die wegen der großen Löslichkeit des Chlors nötig sind, wenn man einigermaßen richtige Zahlen erhalten will. Versuch 87, Rogets Spirale, gehört zu denen, die man grundsätzlich nicht über Schalttafel, sondern mit Sammlerstrom an-

stellen soll. Bei Versuch 96 ist das Wort Amperewindungen falsch angewendet, es wird von 500 (statt 5000) Amp. gesprochen bei einer Spule von 500 Windungen, die mit 10 Amp. beschickt ist. Bei Versuch 98 müssen Zufälligkeiten bei den Versuchen der Verf. mitgespielt haben, denn allgemein sind die auf die linke Wageschale gelegten Gewichte den Stromstärken keineswegs proportional. Bei Versuch 99 überrascht die Klammerbemerkung: „Schirmwirkung z. B. für Kompass“, denn ein abgeschirmter Kompaß kann seinen Zweck nicht erfüllen.

Die Einwendungen könnten noch um einige vermehrt werden, im ganzen ist ihre Zahl aber nicht so groß, daß sie der an sich verdienstlichen Arbeit der Verf. wesentlich Abbruch tun, besonders da auf der anderen Seite eine ganze Anzahl recht guter Einfälle zu einer wirklichen Bereicherung der Experimentierkunst geführt hat.

*W. Vn.*

**Physik für höhere Mädchenschulen, Lyzeen und die unteren Klassen der Studienanstalten.** Von Fricke-Weisel. (Braunschweig 1916, Appelhans.)

Der Bearbeiter erklärt im Vorwort, er habe die Bearbeitung übernommen, „um den Schulen für die weibliche Jugend ein Buch zu erhalten, das, wie seine Auflagenziffer (12) beweist, sich bewährt hat“ und „eine Reihe bemerkenswerter Vorzüge“ besitzt. Als solche werden die Auswahl der dem weiblichen Anschauungskreis am nächsten liegenden Erscheinungen, die Einfachheit der Versuche und die Anwendungen aus dem täglichen Leben angeführt. Vielleicht wäre es gut gewesen, wenn der Bearbeiter hinzugefügt hätte, daß auch die Erklärungen dementsprechend „nächstliegend“ und „einfach“ seien. Folgende Beispiele mögen einen ungefähren Begriff davon geben: Auf S. 1 besteht die „Masse“ der Körper allsogleich im ersten Paragraphen aus „unendlich kleinen Teilchen, den sog. Massenteilchen oder Molekülen“, auf S. 2 nimmt man schon den Äther, einen äußerst feinen Stoff, dazwischen an. Auf S. 7 erklärt sich das verschiedene spezifische Gewicht durch die ungleiche Dichte der Massenteilchen. Um Newtons willen sei diese Sünde vergeben, aber S. 8 sind Kohäsion, Adhäsion und Gravitation nur verschiedene Äußerungen einer und derselben Kraft, der allgemeinen Anziehung — daran ist Newton unschuldig. S. 10 bringt den Lehrsatz, daß jede durch den Schwerpunkt gelegte Schnittebene das Gewicht des Körpers halbiert. S. 30 heißt die Arbeit von 75 mkg eine Pferdekraft. S. 32/33 wird — der Bekräftigung wegen gleich zweimal — die Schwerkraft nebst Reibung und Luft-

widerstand unter den „Bewegungshindernissen“ aufgezählt, und, um auch ein paar Beispiele aus den letzten Teilen des Buches zu geben, schließe ich mit folgender hübscher Erklärung des elektrischen Funkens (S. 222). „Sie (die entgegengesetzten El.) bewegen sich, wenn sie stark genug sind, die Luft zu durchschneiden, gegeneinander und treffen etwa in der Mitte des Weges zusammen“, und der ebenso schönen Erläuterung zu den Begriffen Kurzschluß und Sicherung (S. 262): „Daß dabei die Drähte glühend werden . . . versteht sich von selbst. Dasselbe geschieht, wenn nicht so viel Strom verbraucht wird, als durch die Drähte hindurchfließt. Dann wird nämlich der Überschuß an Strom die Drähte glühend machen.“ *Bk.*

**Leitfaden der Physik für Lyzeen und verwandte Anstalten.** Von Rosenberg-Dorner. (In drei Einzelheften M. 1,00, 1,30, 1,30 oder in einem Bande M. 3,60 Verlag Alfred Hölder, Wien 1916.)

Die allgemein bekannten Vorzüge der Rosenbergschen Lehrbücher: Klarer, leicht verständlicher und gründlicher Text, zahlreiche gute Figuren, viele Beispiele aus dem täglichen Leben, Anregung zu eigenem Experimentieren, größerer Stoffreichtum, der dem Lehrer die Auswahl freistellt, werden auch dieser Ausgabe sicher zahlreiche Freunde erwecken, die das Buch in der Tat verdient, da es auch sachlich wie methodisch im allgemeinen als einwandfrei zu bezeichnen ist.

Nur ein größeres und einige kleinere Bedenken seien angeführt: das erstere ist veranlaßt durch die fast vollständige Unterdrückung des Energiesatzes. Ist es wirklich gerechtfertigt, Schülerinnen nach dreijährigem Physikunterricht ins Leben zu entlassen, ohne daß sie ein Wort von Robert Mayer, Joule und Helmholtz gehört haben? Daß das mechanische Wärmeäquivalent fehlt, daß Akkumulator und Element ausschließlich, die Dynamomaschine so gut wie ausschließlich phänomenologisch vorgeführt werden, ohne daß dabei die Erhaltung der Energie hervorgehoben wird? Daß die Begriffe Bewegungs- und Zustandsenergie ebenso nirgends vorkommen?

Die anderen Bedenken sind nebensächlicherer Art. Wenig glücklich erscheint dem Ref. die zunächst rein deduktive Behandlung der Fallgesetze. Hier sollte die experimentelle Methode doch den Vorzug verdienen. Umgekehrt würde die Behandlung des „Archimedischen Prinzips“ gewonnen haben, wenn statt des bekannten Versuchs mit dem Hohlzylinder, der doch außerordentlich gekünstelt wirkt, die sehr einfache

Überlegung an den Anfang gestellt wäre, daß das Wasser einen gleich großen Wasserkörper trägt. Bedenken hat Ref. ferner gegen die „Geschwindigkeit von 0,4 m“ und „Beschleunigung von 10 m in der Sekunde“, gegen die nicht begründete Unterdrückung des Proportionalitätsfaktors in  $k = mb$  und  $i = \frac{e}{w}$ , gegen Sätze wie

den, daß die Ursache des Wärmezustandes Wärme genannt werde (ebenso bei Licht und Elektrizität) und noch einige andere Schönheitsfehler. Andererseits sei rühmend hervorgehoben, daß manche Einzelheiten auch besonders geschickt behandelt sind, so z. B. die Einführung der Wärmemenge, das Boylesche Gesetz u. a. m. *Bk.*

**Grundlinien der Chemie für Realgymnasien.**

II. Teil: Organische Chemie. Von Prof. Dr. S. Wiechowski. Mit 42 Fig., einem Porträt und einer Tafel. Wien 1916, Franz Deuticke. 198 S. Geb. Kr. 4,—.

Auf der Naturforscherversammlung 1913 in Wien bekannte ein Österreicher (H. E. Müller in Wien): „daß hierzulande“ — d. h. in Österreich — „durchschnittlich festeres positives Wissen bei den Schülern erreicht wird, daß jedoch weniger Begeisterung und Freude am Wissen geweckt, weniger zum Weiterarbeiten angeregt wird“. (Verhandlungen 1913, zweiter Teil, erste Hälfte, S. 808.) Das heißt also, es hapert etwas mit der Methodik und dafür wird Wissen eingepaukt. Einen neuen Beweis hierfür erbringt die „Organische Chemie“ von Wiechowski. Wenn ein Schüler all das Gebotene im Laufe eines Schuljahres nicht nur lernt — bezeichnenderweise ist in der Einleitung von „gelernten organisch-chemischen Kenntnissen“ die Rede —, sondern auch begreift, so muß er ein ungewöhnlicher Geistesheld sein. Daß hier ein Lernbuch, kein Lehrbuch vorliegt, ersieht man auch daraus, daß nur selten der Vermerk „Versuch“ zu finden ist. Es wäre ein vergebliches Unterfangen, den unheimlich reichen Inhalt des Buches — eigentlich eine regelrechte Hochschulvorlesung — durch Versuche erledigen zu wollen; so viel Zeit und so viel Geld steht keiner Schule zur Verfügung. Mit solchen Büchern wird Wasser auf die Mühlen derer geleitet, die behaupten, daß den Naturwissenschaften kein Bildungswert, sondern nur ein gewisser Nützlichkeitswert innewohne. Wahrlich: weniger wäre mehr gewesen! Muß ein Schüler wirklich die Enolform und Ketoform des Azetessigesters unterscheiden können? Ist es wirklich notwendig, daß er alle möglichen Darstellungsmethoden der Aldehyde, Ketone, Amine.

einbasischen Oxysäuren usw. kennen lernt? Braucht er im Ernst die Grignardschen Alkylmagnesiumhalogenverbindungen? Ganz offensichtlich ist der Verfasser bestrebt gewesen, alle Zusammenhänge zu erläutern und klarzulegen, aber er ging darin so weit, daß ihm ein Durchschnittschüler überhaupt nicht mehr folgen kann. Oder sollte diesem vielleicht doch die Denkarbeit erleichtert werden, wenn z. B. bei den Säuren auf eine unbekannte Orthoform  $C_n H_{2n+1} \cdot CO_3 H_3$  zurückgegangen wird?

Eine andere Eigentümlichkeit österreichischer Bücher ist die Häufigkeit unnötiger Fremdworte. Wiechowski hat unzweifelhaft das Bestreben sie zu vermeiden, doch kommen noch recht entbehrliche vor: *lavoird* statt Waschschüssel, *denaturierter Spiritus* statt vergällter, *Eprouvette* statt Proberöhre oder Reagensglas.

Das Buch bietet ein ungewöhnliches Aussehen: die einzelnen Seiten sind durch einen Querstrich geteilt; über ihm steht der Lehrstoff des ersten Halbjahrs, unter ihm der des zweiten. Für beschränkte Verhältnisse soll eine bezifferte Auswahl aus dem Oben und Unten benutzt werden.

Der sachliche Inhalt des Buches ist tadellos, und ein Hochschüler wird es für den Anfang sehr gut verwenden können, aber ein eigentliches Schulbuch ist es nicht.

Die Angabe, daß Deutschland „bedeutende Lager“ von Erdöl besitzt, ist leider unzutreffend.

*R. Winderlich, Oldenburg i. Gr.*

**Leitfaden der Chemie für Ober-Lyzeen.** Von Prof. Dr. W. Levin und Dr. E. Foek. Mit 72 Abb. Berlin 1912, O. Salle. VI und 190 S. Geb. M. 2,80.

Dem verspätet zur Besprechung eingesandten „Leitfaden der Chemie für Ober-Lyzeen“ können mit Fug und Recht empfehlende Worte mit auf den Weg gegeben werden. Er gliedert sich an den Leitfaden für höhere Mädchenschulen von Levin und Briecke an und stellt eine zweckentsprechende Bearbeitung des zweiten und dritten Teiles von Levins beliebtem methodischen Lehrbuch der Chemie dar. Abweichend von diesem enthält er hinter jedem der wichtigsten Grundstoffe eine Übersichtstafel über die merkwürdigsten Verbindungen, wodurch das gedächtnismäßige Einprägen und das Wiederholen sehr erleichtert wird. Zahlreiche Angaben über einfache Versuche ermöglichen es, die Schülerinnen auch zum Experiment heranzuziehen. Erfreulich ist die häufige Bezugnahme auf biologische Dinge. — Alles in allem ein gutes Buch.

*R. Winderlich, Oldenburg i. Gr.*

**Das chemische Praktikum.** Ein kurzer Leitfaden für Schule und Selbstunterricht. Von Prof. Dr. E. Dennert. Fünfte, neu bearbeitete Auflage. Leipzig 1917, Leopold Voß. 72 S. M. 1,70.

Bei der Neuausgabe seines Leitfadens hat Dennert sich nicht entschließen können, „das chemische Praktikum“ so umzugestalten, daß es übertreibenden modernen Wünschen entsprechend möglichst alle Versuche in die Hände der Schüler legt. Seine praktischen Erfahrungen in Godesberg sprachen gegen die Möglichkeit, den Chemieunterricht ganz oder fast ganz aus dem Lehrzimmer in den Arbeitsaal zu verlegen, obgleich in Godesberg die Verhältnisse günstig liegen: „es arbeiten in einem großartig eingerichteten Laboratorium jährlich etwa 90 Schüler“. Nach wie vor soll der langjährig erprobte Leitfaden in besonderen Übungsstunden „in direktem Anschluß an die vorangegangenen selbständigen Lehrstunden“ den Schülern als Hilfsmittel für ihre Experimente dienen. Das Buch sieht den Beginn der Laboratoriumsarbeit bereits in Untersekunda vor und gipfelt in einer Anleitung zur qualitativen Analyse für die Prima. Abgesehen von der Herstellung einiger Präparate sind eigentlich quantitative Versuche nicht vorgesehen, was sehr zu bedauern ist.

Zu beanstanden ist der Ausdruck „Säurehydrat“. Dies Sprachfossil paßt nicht zu unserer Kenntnis von den Säuren. Auch irreleitende Wortungetüme wie „salpetersaures Quecksilberoxydul“ sind zu vermeiden. Mercuronitrat, Ferrichlorid usw. sollten in Schulbüchern allein zulässig sein. Die Ionentheorie hätte wohl Berücksichtigung verdient.

*R. Winderlich, Oldenburg i. Gr.*

**Leitfaden der Chemie zum Gebrauch an mittleren Lehranstalten, insbesondere an landwirtschaftlichen Schulen.** Von Dr. H. Baumhauer, Prof. a. d. Universität Freiburg i. d. S. 1. Teil: Anorg. Chemie. 7. Aufl. Mit 34 Abb. Freiburg i. B. 1916, Herder. 179 S. Geb. M. 2,90.

Der in erster Linie für landwirtschaftliche Schulen bestimmte Leitfaden folgt noch dem älteren Lehrverfahren, indem er wichtige theoretische Anschauungen, wie die Atomtheorie, nicht ganz allmählich aus dem Lehrgange herauswachsen läßt, sondern in einer Einleitung (S. 1 bis 14) vorwegnimmt — ein Lehrverfahren, das von den neueren methodischen Bestrebungen, auch den in einzelnen systematisch angeordneten Lehrbüchern auftretenden, mehr und mehr überholt wird. Der Wert des Buches liegt darin, daß, seinem Hauptzweck entsprechend, allent-

halben auf die Bedeutung der einzelnen Elemente und Verbindungen in der Tier- und Pflanzenwelt sorgfältige Rücksicht genommen ist. Das in der Technik so schnell zur Verbreitung gelangte Cer bzw. Cereisen ist im Register nicht enthalten; „Polierschiefer bei Berlin“ (S. 82) ist leider nicht vorhanden, trotz des reichlichen

Vorkommens von Diatomeenerde, der Setzer hat wohl „Berlin“ aus Bilin umgestaltet. Da im übrigen der Leitfaden in dieser Zeitschrift wiederholt angezeigt ist, so genügt es, auf das Erscheinen der neuen, auch die Kolloidchemie kurz berücksichtigenden Auflage empfehlend hinzuweisen. O.

### Himmelserscheinungen im August und September 1917.

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

	August						September					
	4	9	14	19	24	29	3	8	13	18	23	28
♿ {AR	10 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>	10.47	11.11	11.32	11.49	12. 1	12. 8	12. 7	11.57	11.40	11.25	11.21
{D	+11 <sup>o</sup>	+ 8	+ 5	+ 1	- 1	- 4	- 5	- 5	- 4	- 1	+ 2	+ 4
♀ {AR	10 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup>	11. 4	11.26	11.48	12.10	12.32	12.54	13.15	13.38	14. 0	14.23	14.46
{D	+10 <sup>o</sup>	+ 7	+ 5	+ 2	0	- 3	- 5	- 8	-10	-13	-15	-17
☉ {AR	8 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup>	9.15	9.34	9.53	10.11	10.29	10.47	11. 6	11.24	11.41	11.59	12.17
{D	+17 <sup>o</sup> 21'	+15.58	+14.29	+12.54	+11.14	+9.30	+7.41	+5.50	+3.56	+2. 1	+0. 4	-1.53
♂ {AR	6 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup>	6.36	6.50	7. 4	7.18	7.32	7.46	7.59	8.12	8.25	8.38	8.50
{D	+24 <sup>o</sup>	+24	+24	+23	+23	+23	+22	+22	+21	+20	+20	+19
♃ {AR		4.23		4.29		4.33		4.37		4.39		4.40
{D		+21		+21		+21		+21		+21		+21
♄ {AR	8 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup>						8.45					
{D	+19 <sup>o</sup>						+19					
☉ Aufg.	4 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup>	4.33	4.41	4.50	4.58	5. 6	5.15	5.23	5.31	5.40	5.48	5.57
Unterg.	19 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup>	19.36	19.27	19.16	19. 6	18.55	18.43	18.32	18.20	18. 8	17.56	17.44
☾ Aufg.	20 <sup>h</sup> 2 <sup>m</sup>	21.46	1. 1	6.45	12.36	17.14	19. 1	21.54	2.18	8. 2	13.44	16.24
Unterg.	6 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup>	13.12	17.47	19.17	20.48	0.30	7.58	14.25	16.57	18.10	21. 3	2.24
Sternzeit im mittl. Mittag	8 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup>	9. 9.29	9.29.12	9.48.55	10. 8.37	10.98.20	10.48. 3	11. 7.46	11.27.29	11.47.11	12. 6.54	12.26.37
Zeitgl.	+ 5 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup>	+ 5.24	+ 4.37	+ 3.36	+ 2.23	+ 0.59	- 0.34	- 2.14	- 3.58	- 5.44	- 7.29	- 9.12

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Herbstanfang am 23. September, 16<sup>h</sup> 0<sup>m</sup> M.E.Z.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Aug. 17, 19 <sup>h</sup> Sept. 16, 11 <sup>h</sup>	Aug. 25, 20 <sup>h</sup> Sept. 24, 7 <sup>h</sup>	Aug. 3, 6 <sup>h</sup> Sept. 1, 13 <sup>h</sup> Sept. 30, 22 <sup>h</sup>	Aug. 9, 21 <sup>h</sup> Sept. 8, 8 <sup>h</sup>

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im August	unsichtbar  wird gegen Ende des Monats bis zu 3/4 Stunden lang morgens im SO. sichtbar	als Abendstern etwa 1/2 Stunde lang sichtbar	morgens 1 1/2 bis 3 1/4 Stunden lang sichtbar	3 1/2 bis 6 Stunden lang vor der Morgendämmerung sichtbar	wird gegen Mitte des Monats morgens im NO. sichtbar
im September		wie im August	die Sichtbarkeitsdauer steigt bis auf 4 1/2 Stunden	die Sichtbarkeitsdauer steigt bis auf 9 Stunden	morgens 2 1/2 bis 4 1/4 Stunden lang sichtbar

F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

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