

Die Verteilung des Lehrstoffs der Elektrizität auf die oberen Klassen
der Realanstalten und die Behandlung der elektrischen Einheiten.

Von

Prof. Dr. F. Hochheim in Weißenfels a. S.

Nach den gegenwärtig geltenden preußischen Lehrplänen zerfällt der Unterricht in der Elektrizität auf den Realanstalten in drei Teile, einen vorbereitenden Kursus in U II, einen Hauptkursus in O II und einen abschließenden (elektrische Schwingungen) in I. Dem gegenüber sind in neuerer Zeit andere Vorschläge (z. B. von Boerner und Grimsehl) gemacht und teilweise in die Tat umgesetzt worden, die den ganzen Hauptkursus der Elektrizität in der I vereinigen wollen; so liegt auch den Meraner Lehrplänen diese Änderung zugrunde. Ursprünglich wollte man (Boerner) statt der Elektrizität die geometrische Optik in der O II behandeln, neuerdings (nach den Meraner Lehrplänen) einen Teil der Mechanik. Es ist bei dieser Frage wie bei anderen, daß die eine Partei das Wort ergreift, während die andere dies für überflüssig hält, wobei aber die Gefahr vorliegt: qui tacet, consentire videtur! Eine Rundfrage (nach Beendigung des Krieges) über die Meinungen der Fachlehrer in dieser für künftige Lehrpläne der Physik ziemlich grundlegenden Frage dürfte daher sehr am Platze sein. Im folgenden möge zunächst kurz gezeigt werden, was mir eine Änderung der bisherigen Stoffverteilung sehr wenig wünschenswert erscheinen läßt.¹⁾

Zunächst mißbillige ich eine Verlegung der Mechanik oder eines ihrer Teile aus der Prima heraus: Die Mechanik ist dasjenige Gebiet der Physik, das am trockensten, weil am meisten deduktiv verfahren und mit Mathematik durchsetzt, von den Schülern am wenigsten gern genossen wird. Man sollte sie deshalb so kurz wie möglich betreiben, d. h. unter Auslassung alles dessen, was für die Schüler nur rein theoretisches Interesse besitzt oder mehr Zeit in Anspruch nimmt, als sich nach dem erzielten Gewinn rechtfertigen läßt (z. B. der Zusammensetzung beliebiger auch windschiefer Kräfte an einem festen Körper, des Gravitationspotentials, der Kapillarität, des Satzes von den Trägheitsmomenten bezüglich paralleler Achsen, des Reversionspendels usw.), aber unter scharfer und eingehender Behandlung der Gegenstände, die für die übrige Physik von Wert sind: Rotation, Gravitation, Oszillation und Energie. Behandelt man den gekürzten Lehrstoff mit Differential- und Integralrechnung, was an sich eine Zeitersparnis und gleichzeitige Vertiefung bedeutet, dann läßt sich die Mechanik in einem Winterhalbjahr (bei 3 Wochenstunden bequem) erledigen und auch zu dauerndem Gewinn machen, wie sich an unserer Anstalt während mehrerer Jahre gezeigt hat²⁾: Das kann aber natürlich nur in I (am besten UI) geschehen, wo die nötigen mathematischen Vorkenntnisse vorhanden sind. Was man in O II

¹⁾ *Anm. d. Redaktion.* Der Herausgeber teilt den Standpunkt des Verfassers nicht, bittet aber alle Fachgenossen, die sich für die Frage interessieren, namentlich auch die Herren Mitarbeiter, ihm ihre Ansicht mitzuteilen.

²⁾ In der Programmabhandlung „Die Behandlung der Mechanik mit Hilfe der Differential- und Integralrechnung“ (1914, im Buchhandel erschienen bei A. Hölder in Wien und Leipzig) habe ich das von uns eingeschlagene Lehrverfahren geschildert.

von der Mechanik braucht, kann m. E. bequem im Unterkursus gewonnen, ev. in O II bei der Wärmelehre vertieft werden; es ist z. B. nicht der allgemeine Energiebegriff, sondern nur der Arbeitsbegriff in kgm, den der Schüler in O II kennen muß: vorbildlich sind mir hierin immer die betreffenden Kapitel der Wärme und Elektrizität in BREMERS Leitfaden gewesen, in denen nichts weiter vorausgesetzt ist. Auch bei uns hat sich stets gezeigt, daß der Obersekundaner ohne weitere Vorkenntnisse versteht, daß ein bestimmtes Quantum Arbeit nötig ist zur Erzeugung einer Kalorie (vgl. z. B. den Apparat von Kann, diese Zeitschrift 21, S. 253), ebenso beim Jouleschen Gesetz, der Lenzschen Regel und ihren Folgerungen bezüglich der Dynamo und des Motors, daß eine gewisse Zahl Voltampere eine gewisse Arbeit (aus Kalorien in kgm bzw. Joule ($= \frac{1}{9,81}$ kgm) umgerechnet) leisten kann und, wie sich gezeigt hat, zu ihrer Erzeugung eines bestimmten Arbeitsaufwandes bedarf. Allerdings muß dieser Stoff in I ergänzend wiederholt werden, was bei den Wechselströmen leicht geschehen kann; welcher in O II behandelte Stoff bedürfte aber keiner Wiederholung in I? Hierbei muß in O II natürlich viel gemessen werden; aber gerade das scheint mir das Wesentliche auf dieser Stufe zu sein. Der Obersekundaner hat ein theoretisches Interesse, geschweige Verständnis überhaupt noch nicht; beides soll erst erzielt werden durch Weckung des quantitativen Sinnes, wozu fortwährendes Messen und Auffinden der ersten funktionellen Abhängigkeiten gehören und zwar zunächst derjenigen, in denen die Zeit als Variable noch keine Rolle spielt. Denn die Erfahrung habe ich und werden auch andere gemacht haben: am schwersten wird den Schülern das volle Verständnis für die Abhängigkeiten von der unsichtbaren Zeit, die graphische und funktionelle Darstellung des nacheinander Geschehenden durch ein Nebeneinander; alles dies erfordert eine durch vorhergehende Übungen in einfacheren funktionellen Beziehungen und durch mathematische Vorkenntnisse erzielte Reife. Darum ist es für mich ein psychologisches Postulat: alle diese schwierigeren Abhängigkeiten von der Zeit (Mechanik, Wellenlehre mit Akustik, theoretischer Optik, Wechselströme und elektrische Wellen) gehören in die Prima! In der O II sind nur solche quantitative Zusammenhänge zu behandeln, in denen die Zeit keine Rolle spielt³). Von diesem Gesichtspunkte aus könnte man natürlich (außer der Wärmelehre) auch die geometrische Optik in O II behandeln; mathematisch leichter (man denke nur an die Ableitung der Linsen- und Prismenformeln!) sind aber die Gesetze, Anwendungen und Messungen des Gleichstromes, und sie bieten auch eine so reiche, den Schülern dieses Alters so willkommene Gelegenheit, die quantitativen Beziehungen durch Messungen kennen zu lernen, daß ich wirklich nicht weiß, warum man sie ihnen vorenthalten will. Es kann wohl nur den Grund geben: man will sich von den absoluten Einheiten nicht frei machen, die nun einmal altes Herkommen und daher auch leider in den meisten Schullehrbüchern zugrunde gelegt sind. Daß man tatsächlich ohne die absoluten Einheiten unterrichten kann, zeigt die vorzügliche Darstellung von BREMER in seinem Leitfaden; freilich opfert er bewußt „den streng logischen Aufbau“ und dies ist vielleicht für manchen ein Grund, am Alten festzuhalten, selbst wenn ihn die schrecklichen Wortdefinitionen z. B. der elektrostatischen Mengeneinheit und des Potentials außerhalb des geladenen Konduktors abstoßen. Aber notwendig ist bei Vermeidung der absoluten Einheiten die Preisgabe des logischen Aufbaus durchaus nicht, wie MIE in seinem Lehrbuch der Elektrizität

³) Selbstverständlich kann die Zeit in O II nicht völlig ausgeschaltet werden; das Joulesche und die Faradayschen Gesetze enthalten z. B. den Faktor t auch, aber eben in einer aus dem gewöhnlichen Leben leicht verständlichen Form: daß ein Pferd in 2 Tagen die doppelte Menge Hafer frißt wie in einem Tage, versteht auch ein Sextaner! Wie schwierig sind dagegen nur die Begriffe Geschwindigkeit und Beschleunigung, von andern Dingen wie den Pendelgesetzen zu schweigen!

und des Magnetismus für „Physiker, Chemiker, Elektrotechniker“⁴⁾ gezeigt hat: wenn für Physiker, Chemiker, Elektrotechniker die Kenntnis der absoluten Einheiten an sich nicht notwendig ist, sollte man sie für die Schule doch erst recht für überflüssig oder mindestens fakultativ erachten, jedenfalls aber sie als Grundlage für den Unterricht in der Elektrizität fallen lassen: Die Schullehrbücher sollten wenigstens so eingerichtet sein, daß man nach ihnen auch ohne die absoluten Einheiten unterrichten kann! In diesem Sinne hat Classen in dieser Zeitschrift (25, S. 137) einen Vorschlag gemacht, auf den ausdrücklich hingewiesen sei. Es kann für den Fachmann von Interesse sein, wie sich nach den Erfahrungen an unserer Anstalt, an der der bisherige Lehrplan noch in Kraft ist, die Elektrizität ohne die absoluten Einheiten behandeln läßt, so daß aber der logische Aufbau, d. h. der Zusammenhang der getrennten Gebiete (Elektrostatik, Galvanismus, Elektromagnetismus, Induktion), der sonst durch das absolute Maßsystem gegeben ist, gewahrt bleibt.

Das Bestreben, für den Gleichstrom Zeit zu gewinnen, kann Veranlassung geben, die Elektrostatik hinter den Galvanismus zu stellen oder ganz fortzulassen. Das geht doch wohl zu weit, schon aus dem einen Grunde: wie man auch die Einheiten definiert, die Frage bleibt offen, warum setzt man die Stromstärke der chemischen und magnetischen, nicht der Wärmewirkung proportional? Ein kurzer Kursus über statische Elektrizität scheint mir darum in O II notwendig und die Beantwortung der letzten Frage ein wesentlicher Bestandteil des O II-Pensums zu sein. Was ist also von der Elektrostatik zu behandeln?

Im Vorkursus der U II läßt sich stets das Ohmsche Gesetz in seiner einfachsten Form behandeln, und die Begriffe Ampere (10,44 ccm Knallgas/min bei 0° und 760 mm), Volt (propädeutisch die Spannung eines Poles eines Cu-Zn-Elementes, dessen anderer Pol geerdet ist, bzw. die Spannungsdifferenz beider Pole oder, wenn man will, 2 Volt = Spannung eines Akkumulators), Ohm (Draht, bei dem 1 Volt 1 Ampere hervorruft) werden eingeführt; die Einführung dieser alltäglichen Begriffe ist schon wegen der die Schule mit dem Freiwilligenzeugnis verlassenden Schüler notwendig. An sie kann man in O II anknüpfen. Den Begriff eines Potentials außerhalb eines geladenen Leiters halte ich in O II mindestens für verfrüht. Das Potential auf dem Körper ist einfach der der Temperatur in der Wärmelehre (sie geht zweckmäßig der Elektrizitätslehre in O II voraus) entsprechende Elektrizierungszustand, sein Maß vorläufig das in U II propädeutisch definierte Volt, sein Messer das Elektrometer. Die Eichung des Elektrometers geschieht analog der des Thermometers mit Hilfe zweier fester Punkte: Der Nullpunkt ist die Erdung, der zweite feste Punkt ist der Ausschlag durch einen Pol einer Batterie, deren anderer Pol geerdet ist: denn wie beim siedenden Wasser das Sieden unter Wärmezufuhr eine konstante Temperatur garantiert, so garantieren bei einem Element die chemischen Kräfte ein konstantes Potential. Folgendes Beispiel am Quadrantenelektrometer⁵⁾ aus dem Unterricht illustriert die Eichung: die Zuführung gleicher Elektrizitätsmengen mittels Probekugel

⁴⁾ Mit dem Hinweis auf dieses für den Fachmann hochinteressante und belehrende Buch soll nicht behauptet werden, daß das darin eingeschlagene Lehrverfahren für die Schule besonders geeignet ist: trotz oder gerade wegen des Fehlens größerer Rechnungen sind manche Kapitel dieses Buches durchaus nicht leicht verständlich. Für den Schulunterricht können nur die konkreten, Messungen leicht zugänglichen Vorgänge die Grundlage bilden, nicht der Äther, dessen Vorstellung erst allmählich und nur bis zu einem gewissen Grade auf der Schule entwickelt werden kann. Es ist aber für den Lehrer jedenfalls nützlich zu wissen, daß auch eine rein wissenschaftliche Darstellung der Elektrizitätslehre ohne die absoluten Einheiten möglich ist, und das lernt er neben vielen anderen neuen Vorstellungen aus dem genannten Buche.

⁵⁾ Bei diesem ist die Analogie zum Thermometer am weitesten gehend, und ich gebe ihm deshalb den Vorzug; wir besitzen ein recht brauchbares Instrument nach Dolezalek (von Bartels in Göttingen). Über die Eichung anderer Elektrometer vgl. z. B. den Aufsatz von Friedrich C. G. Müller in dieser Zeitschrift 29, S. 74.

aus einer sehr schwach geladenen Leydener Flasche ergab die Ausschläge: 11 cm, 22 cm, 33 cm usw., d. h. die Proportionalität der Ausschläge zum Potential. Eine Batterie von 5 Akkumulatoren gab 30 cm, eine von 10 Akkumulatoren 60 cm Ausschlag: das Potential ist also der Zahl der in Serie geschalteten Elemente proportional. Wird 1 Akkumulator = 2 Volt gesetzt, so ist der Ausschlag für 1 Volt 3 cm. Damit ist das Quadrantelektrometer quantitativ benutzbar, wenigstens für galvanische Zwecke: E. M. K. von Elementen, Spannungsabfall längs einer Leitung, Unterschied zwischen E. M. K. und Klemmenspannung. Für elektrostatische Zwecke ist es (seine Kapazität) freilich zu groß, und dies leuchtet auch dem Anfänger ein: auch ein Thermometer erniedrigt die Temperatur des zu messenden Körpers und ist darum ungeeignet etwa zur Messung der Temperatur eines Tropfens. Zum Vergleich der Potentiale von Leitern usw. bedarf es darum kleinerer Elektrometer; ich glaube aber, daß man sich hierbei mit qualitativen Versuchen begnügen kann, da, wie im folgenden zu zeigen, die quantitativen Messungen der grundlegenden elektrostatischen Begriffe (Elektrizitätsmenge, Kapazität) sich viel genauer auf anderem Wege vollziehen lassen.

Das Analogon der Wärmemenge ist die Elektrizitätsmenge, ihre Einheit das Coulomb bzw. Mikrocoulomb; eine andere Einheit einzuführen, halte ich für überflüssig. Da den Schülern aus dem Vorkursus die Zersetzung des angesäuerten Wassers bekannt ist, halte ich es für unbedenklich, von vornherein zu definieren: das Coulomb ist diejenige Elektrizitätsmenge, die durch Wasser fließend 0,174 cm³ Knallgas oder 0,116 cm³ Wasserstoff liefert. Auf diese Definition, die scharf einzuprägen ist, wird im folgenden stets zurückzukommen sein. Freilich ist dann später zu zeigen, daß wirklich eine bestimmte Elektrizitätsmenge immer dieselbe Zersetzungsmenge liefert. Außerdem ist darauf hinzuweisen, daß ein hochgeladener Konduktor, aus dem sich lange Funken ziehen lassen, noch bei weitem nicht ein Mikrocoulomb Ladung enthält. Damit ist das Coulomb genau, das Volt propädeutisch definiert.

Als weiterer und wesentlicher Begriff der Elektrostatik ist nun die Kapazität herauszuarbeiten: Überlegung und Versuch⁶⁾ zeigen sofort, daß gleiche Elektrizitätsmengen, auf einen großen und kleinen Konduktor übertragen, verschiedene Potentiale hervorrufen. So gelangt man zur Definition der Kapazität als der Anzahl Coulombs, die das Potential eines Körpers um 1 Volt erhöht (entsprechend dem Wasserwert, d. i. der Kalorienzahl, die die Temperatur um 1° C erhöht), der Einheit des Farad (1 Volt durch 1 Coulomb erzielt) und der der Kalorik entsprechenden Fundamentalsformel $Q = C \cdot V$ für die Elektrizitätsmenge (Q), das Potential (V) und die Kapazität (C). Es empfiehlt sich wohl darauf hinzuweisen, daß man infolge des Sitzes der Elektrizität an der Oberfläche nicht einen der spezifischen Wärme entsprechenden Begriff der „spezifischen Elektrizität“ bilden kann, und hierin liegt ein erster wesentlicher Unterschied im Verhalten der Körper gegenüber Wärme und Elektrizität. Der wichtigste Unterschied ist der folgende: Die Kapazität ist infolge der Influenz von der Lage des Körpers abhängig und hierfür gibt es kein Analogon der Kalorik; es ist darum eine genauere experimentelle Demonstration notwendig. Folgendes dürfte genügen: die eine Platte eines Plattenkondensators ist geerdet, die andere mit einem Aluminiumelektrometer⁶⁾ verbunden und geladen. Die Näherung der Platten bewirkt eine Verringerung des Potentials, also eine Vergrößerung der Kapazität und umgekehrt; ebenso wirkt die Einschiebung einer Ebonit- oder Glasplatte herabsetzend auf das Potential, also erhöhend auf die Kapazität. Die Theorie der Verstärkungsapparate ist damit qualitativ wenigstens völlig verständlich zu machen, auch die Dielektrizitätskonstante läßt sich definieren.

Jedenfalls verstehen die Schüler nunmehr die Verschiedenheit der Kapazitäten

⁶⁾ Das Quadrantelektrometer besitzt für diese Versuche eine zu große Eigenkapazität.

von Konduktoren, Leydener Flaschen und Papierkondensatoren, und es kann keinem Bedenken unterliegen, mit Papierkondensatoren zu arbeiten, wenn man deren angegebene Kapazitäten vorläufig als richtig annimmt.

Als Übergang von der statischen zur strömenden Elektrizität halte ich nämlich Versuche über Entladungen von Kondensatoren für wesentlich; sie vermitteln den Zusammenhang beider Elektrizitäten und legen bereits die Hauptwirkungen des elektrischen Stromes fest, indem abgemessene Elektrizitätsmengen durch die Leitung geschickt werden, geben außerdem der Definition des Coulomb erst die richtige Grundlage. Hat man eine Batterie von Papierkondensatoren (ich habe etwa 20 MF in Gebrauch), so geben diese auf 110 bzw. 220 Volt aufgeladen schon eine erhebliche Elektrizitätsmenge, die alle Wirkungen des elektrischen Stromes zeigt, wenn die Kondensatoren öfters in der Sekunde aufgeladen und entladen werden. Denn daß eine einmalige Ladung und Entladung nicht viel Wirkung hat, ist leicht verständlich: 20 MF auf 110 Volt geladen enthalten z. B. $2,2 \cdot 10^{-3}$ Coulombs, würden also nach der Definition $2,2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,174 = 3,8 \cdot 10^{-4}$ ccm Knallgas ergeben. Das ist etwas wenig⁷⁾. Die Wirkung auf eine Magnetnadel im Galvanometer würde zwar schon sehr merklich sein, aber bei einmaliger Entladung nur als einmaliger Stoß: mir persönlich will die Benutzung der ballistischen Messungen nicht recht passend für den Unterricht erscheinen, jedenfalls kann man sie umgehen. Die Wärmewirkung endlich ist so gering, daß sie nur mit recht empfindlichen Instrumenten nachgewiesen werden kann, eine einwandfreie Messung erscheint kaum möglich. Für die Schüler unserer mit Maschinengewehren vertrauten Zeit dürfte es aber leicht zu verstehen sein, wenn der Lehrer eine Einrichtung verwendet, die oft in der Sekunde lädt und entlädt, gewissermaßen ein „Coulombmaschinengewehr“, wodurch sich die Wirkungen genau wie die Gewehrkugeln addieren. Dies kann mit dem von mir in Jahrg. 29, S. 6, angegebenen rotierenden Umschalter geschehen. Einfacher und für die Klassenstufe (O II) übersichtlicher ist folgende Einrichtung (Fig. 1 u. 2), die zugleich eine sehr häufige Entladung verbürgt: In *U* ist eine Stricknadel *N* zwischen zwei Kugeln einer „Funkenstrecke“ angebracht, die bei Berührung

der einen (oberen) Kugel (Lichtleitung) die Kondensatorbatterie lädt, bei Berührung der anderen sie durch *G*, einen Verbrauchsapparat (Zersetzungsapparat, Tangentenbussole, Hitzdraht u. dgl.) entlädt. Es kommt nun nur auf eine Einrichtung an, die die Stricknadel zwingt, oft in der Sekunde zwischen den Kugeln hin- und herzupendeln und den wechselnden Kontakt zu vollziehen. Da ein Obersekundaner weiß, daß ein Elektromagnet durch Strom magnetisch wird und zwar gleichgültig, in welcher Richtung dieser fließt, bei Ausschaltung des Stromes aber unmagnetisch wird, ist ihm auch die nähere Einrichtung von *U* (Fig. 2) verständlich: der durch einen Gummistopfen *K* (dieser ist an einer Tischklemme befestigt) gebohrten Stricknadel wird eine mit Eisenkern versehene Spule in passender Entfernung genähert und diese wird mit Wechselstrom⁸⁾ beschickt; von letzterem weiß auch ein Obersekundaner schon, daß er beständig die Richtung wechselt und dazwischen immer einmal aufhört (Schwingen eines Stockes bei Wechselstrombogenlicht!); in der Tat führt die Stricknadel unter Wirkung des Wechselstromes schnelle

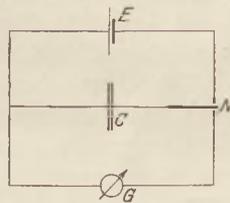


Fig. 1.

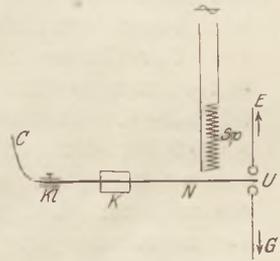


Fig. 2.

⁷⁾ Wie gibt in dem oben zitierten Werke auf S. 150 ein Verfahren an, durch das man auch mm³ bequem messen kann.

⁸⁾ Den Gedanken, die Entladungen durch Wechselstrom herbeizuführen, verdanke ich wie mehrere andere dieser Arbeit Herrn Professor Schönhaas in Naumburg a. S.

Schwingungen aus und berührt bei diesen, wenn die Kugeln richtig genähert sind, abwechselnd jede der beiden. Es ist auch sofort ersichtlich, daß die Nadel, bei jeder Stromrichtung angezogen, doppelt so viel Schwingungen ausführt wie der Wechselstrom. Letztere Schwingungszahl muß man freilich in O II den Schülern einfach mitteilen (bei uns $n \approx 30$, $2n \approx 60/\text{sek}$). Insofern wäre vielleicht ein in bekanntem Rhythmus (etwa durch eine tiefe Stimmgabel) unterbrochener Gleichstrom vorzuziehen, und an Anstalten, die keinen Wechselstrom zur Verfügung haben, würde man auf solchen angewiesen sein. Daß der durch Fig. 1 und 2 geschilderte Apparataufbau schon etwas kompliziert ist, halte ich in O II für unbedenklich: die Schüler müssen sich auf dieser Stufe an kompliziertere Schaltungen gewöhnen und gehen auch darauf williger ein als auf große Definitionen. Selbstverständlich darf man wie bei allen komplizierteren Schaltungen dieselben nicht fertig vorführen, sondern muß sie unter beständiger Erklärung jedes Teiles vor den Augen der Schüler aufbauen. Für den Lehrer zu beachten ist noch, die Stricknadel so weit aus dem Korken herauszuziehen, daß sie unter Wirkung der betreffenden Wechselstromfrequenz möglichst maximal schwingt. In dem Entladungskreis werden nun (an Stelle von G) die verschiedenen Wirkungen des Entladungsstromes untersucht. Es ist zunächst zu zeigen, daß gleiche Elektrizitätsmengen, durch die Leitung geschickt, stets gleiche Zersetzungsmengen liefern. Zu diesem Zwecke wird in den Entladungskreis an Stelle von G (Fig. 1) ein kalibrierter Wasserzersetzungsgesetz (z. B. Hofmannscher Apparat mit geeichten Schenkeln) geschaltet; benutzt werden einmal $C = 20$ MF bei $E = 110$ Volt, dann 10 MF bei 220 Volt je 5 Minuten lang. Beide Male ist die bei einer Berührung entladene Elektrizitätsmenge $2,2 \cdot 10^{-3}$ Coulombs, die entwickelte H-Menge (ungefähr) die gleiche, bei 60 Entladungen/sek etwa $4,6 \text{ cm}^3$. Schaltet man ferner in den Entladungskreis zwei Zersetzungsgesetze hinter einander, so ergibt sich in jedem wiederum die gleiche Menge (in 5 Minuten $4,6 \text{ cm}^3$ H), nicht etwa, wie ein Schüler denken könnte, in jedem die Hälfte⁹⁾: überall, „in jedem Querschnitt“, wo dieselbe Elektrizitätsmenge fließt, wird die gleiche H-Menge entwickelt. Man ist also wohl berechtigt, das Coulomb auf seine chemische Wirkung zu gründen.

Zur Untersuchung der Wirkungen, die verschiedene Entladungen in chemischer, magnetischer und thermischer Hinsicht ausüben, empfehlen sich z. B. folgende Kombinationen: a) $C = 20$ MF mit $E = 110$ Volt, b) 10 MF mit 220 Volt, c) 20 MF mit 220 Volt. Die chemischen und magnetischen Wirkungen lassen sich zusammen bestimmen, wenn man hinter den Zersetzungsgesetz eine Tangentenbussole von mehreren (z. B. 20) Windungen (4 Ablesungen unter Kommutation!) schaltet. Bei Versuchen von je 5 Minuten Dauer ergab sich z. B. folgendes:

Volt	MF	Coul. pro Entladung	Coul. im ganzen	Coul./sek	$\text{cm}^3 \text{ H}_2$	Tangentenbussole	$\text{tg } \alpha$
a) 110	20	$2,2 \cdot 10^{-3}$	39,6	0,132	4,8	16°	0,29
b) 220	10	$2,2 \cdot 10^{-3}$	39,6	0,132	5,2	$17,5^\circ$	0,31
c) 220	20	$4,4 \cdot 10^{-3}$	79,2	0,264	10,4	30°	0,58

Da Temperatur und Druck nicht berücksichtigt sind, die Kapazität der benutzten Kondensatoren auch nicht genau die angegebene (vgl. unten) ist, wird man eine genaue Übereinstimmung mit dem theoretisch berechneten Resultat ($4,6 \text{ cm}^3 \text{ H}_2$ für a und b) nicht erwarten können; Präzisionsversuche sind es nicht, sondern Orientierungsversuche. Als solche aber zeigen sie: Die chemischen Wirkungen sind den

⁹⁾ Bei diesem Versuch ist darauf zu achten, daß die Zersetzungsgesetze geringe Widerstände, besonders Übergangswiderstände an den Elektroden haben; sonst kann aus einem unten angeführten Grund die Zersetzungsmenge erheblich geringer ausfallen.

Coulombs proportional, geben also ein direktes Maß für diese, die ja auch mit der Zeit proportional zunehmen. Dies ist das erste Faradaysche Gesetz und die Grundlage für die chemische Strommessung. Man definiert nämlich nunmehr als Strom die pro sek. fließende Coulombzahl $i = \frac{Q}{t}$ und nennt 1 Coul/sek = 1 Ampere.

Letzteres muß in der Minute 60 Coulombs führen, also $60 \times 0,174 \text{ cm}^3 = 10,44 \text{ cm}^3$ Knallgas liefern, wie in U II definiert. Die Zersetzung ergibt bei Messungen die Coulombzahl¹⁰⁾ (Knallgasvolumen/0,174), aus dieser wird die Amperezahl durch Division mit der Sekundenzahl gefunden.

Die magnetischen Wirkungen ändern sich mit der Zeit nicht und sind, wie obige Tabelle zeigt, direkt den Amperes proportional. Andererseits kann man, wenn man weiß, wieviel Ampere einen bestimmten Winkel hervorbringen, aus diesen die Coulombzahl durch Multiplikation mit der Sekundenzahl finden ($Q = i \cdot t$), und dies ist der gewöhnliche Weg der Coulombmessung, wie unten gezeigt. Schon hier wird man auf die Bedeutung der Tangens, d. h. der (mittleren) magnetischen Kraft des Stromes hinweisen können, auch darauf, daß die Ablenkung hier nicht durch wirklichen Gleichstrom, sondern durch Stromstöße auf eine mittlere Lage bewirkt wird. Auch wird man zeigen können, daß die Einschaltung von erheblichem Ohmschen Widerstand in den Kreis die Ablenkung herabsetzt: Die Erklärung, daß der Widerstand den Strom schwächt, die Entladung also verlangsamt, so daß unter Umständen die Entladung gar nicht vollständig bis zur Unterbrechung erfolgt, ist auch dem Schüler der O II verständlich. Nicht zu behandeln, aber für den Lehrer zu beachten ist die Tatsache, daß allzu geringer Widerstand die Ablesungen an der Tangentenbussole unkontrollierbar macht, indem z. B. eine Kommutation die Nadel nicht herumwirft; der Grund hierfür sind vermutlich die (in der Braunschen Röhre leicht zu beobachtenden) oszillierenden Entladungen¹¹⁾; es ist zweckmäßig, die Entladung durch Widerstand (Hofmannscher Apparat!) möglichst aperiodisch zu machen, aber auch nicht zu viel Widerstand zu nehmen. Mit kleineren Kapazitäten (wenigen MF oder Leydener Flaschen je nach der Empfindlichkeit) kann man ferner an einem Galvanometer leicht zeigen, daß infolge Kleinheit der Winkel die Ausschläge selbst den pro sek. entladenen Coulombs proportional sind.

Die thermischen Wirkungen muß man für sich betrachten, da hierbei anderer Widerstand als der des kalorimetrischen Drahtes vermieden werden muß. Ich benutzte (an Stelle von G in Fig. 1) Spulen von ca. 10 bzw. 20 Ω (10 m bzw. 20 m Kupferdraht von 0,15 mm; Manganin- oder Neusilberdraht würde wohl zweckmäßiger sein), die in 150 ccm Benzol durch die Entladungen erwärmt wurden; das Benzol wurde bei jedem Versuch erneuert. Das Ergebnis bei einem Versuch mit 20 Ω -Draht war das folgende:

	Volt	Mikrofarad	Coul./sek.	Volt \times Ampere	Minuten	Erwärmung	Erwärmung pro Minute
a)	110	20	0,13	14,3	5	7,5°	1,5°
b)	220	10	0,13	28,6	5	14,3°	2,86°
c)	220	20	0,26	57,2	2 ^{1/2}	15,6°	6,25°

¹⁰⁾ Mit Mie möchte ich für Ersatz des Ausdrucks Voltmeter durch den besser kennzeichnenden „Coulombmeter“ plädieren.

¹¹⁾ Vgl. die Abhandlung in Bd. 29, S. 1. Eine Beobachtung an der Braunschen Röhre ergab in der Tat, daß die Unsicherheit an der Tangentenbussole mit dem Auftreten oszillierender Entladungen (bei dem Versuch war w dann insgesamt $< 15 \Omega$) zusammenfiel. — Zur Demonstration oszillierender Entladungen an der Braunschen Röhre eignet sich der Stricknadelkontakt nicht, da der Kontakt zu kurze Zeit dauert: bei Anstellung der a. a. O. S. 5 und 6 geschilderten oszillierenden Entladungen mit der Stricknadel (Drosselspule S. 4, Fußnote 6) erhielt ich ohne Eisenkern je 1 Wellenberg und -tal, mit Eisenkern nur einen Wellenberg; die Unterbrechung erfolgt also zu früh, als daß ein Ausschwingen bei geringerer Frequenz möglich wäre.

Sieht man von dem im Falle b) naturgemäß größten Wärmeverlust (die Versuche geschahen in einfachen Bechergläsern, die nur durch Korkunterlage vor Wärmeverlust geschützt waren) ab, so ergibt sich deutlich, daß die pro Minute erzeugte Wärme trotz gleicher Coulombzahl bei a) und b) nicht gleich ist, sondern im Falle b) doppelt so groß wie in a). Ferner bringt die doppelte Coulombzahl einmal (c und b) die doppelte, das andere Mal (c und a) die vierfache Erwärmung hervor. Die Erwärmung ist nicht der Coulombzahl, sondern dem Produkt aus dieser und der Spannung proportional; das letztere Produkt gibt also zugleich ein Maß für den Effekt. Hiermit ist die Grundlage für das Joulesche Gesetz festgelegt. Bemerkenswert ist auch hier die Rolle des Widerstandes: bei Ersetzung des 20 Ω -Drahtes durch einen 10 Ω -Draht resultierte im Falle c) dieselbe Erwärmung (15,8° in 2 $\frac{1}{2}$ Minuten): Die Erwärmung bei Entladungen ist also als solche vom Widerstande ganz unabhängig. Wurde aber die Entladung durch die zwei Spulen (ca. 10 und 20 Ω) in Serie geschickt, so resultierten in 2 $\frac{1}{2}$ Minuten Erwärmungen von 5,6° und 9,8°. Dieses Resultat zeigt besonders scharf den Unterschied der thermischen und der chemischen Wirkungen der Entladung; denn hier findet in der Tat eine Verteilung der Kalorienzahl auf beide Drähte statt: $a \cdot 5,6 + a \cdot 9,8 \approx a \cdot 15,6$, wo a der Wasserwert von 150 ccm Benzol ist. Da die Stromstärke in beiden Drähten dieselbe ist, wird man schon hier auf einen Spannungsabfall schließen können.

Durch diese Versuche ist die Behandlung des Gleichstromes vorbereitet, bei dem der Widerstand als maßgebend für die Stromstärke (an Stelle der Kapazität!) und damit für alle Wirkungen hinzutritt. Durch das Ohmsche Gesetz und die Definition des Ohm (Quecksilber-Einheit) ist nun auch die genaue Definition des Volt möglich. Es erhellt ferner, daß man mit dem „Coulombmeter“ jeden Strommesser und bei bekanntem Widerstande auch die Spannungsmesser eichen kann; speziell die Benutzung von Hitzdrahtinstrumenten als Strom- bzw. Spannungsmesser ist dadurch möglich, daß ein bestimmter Gleichstrom in einem Draht nur durch eine bestimmte Spannungsdifferenz hervorgebracht wird; auf Entladungen reagiert ein Hitzdrahtinstrument viel stärker und verschieden bei verschiedenen Spannungen. So zeigte ein Hitzdrahtamperemeter bei Entladungen von 18 MF und 110 Volt die Stromstärke 2,6 Ampere, während die wirkliche Coulombzahl/sek nur etwa 0,12 betrug: diese starke Hitzwirkung der Entladungen erheischt einige Vorsicht bei Entladungen durch dünne Rheostatendrähte.

Auch weiterhin erscheint es zweckmäßig, bei der Behandlung des Gleichstromes die Kapazität gelegentlich heranzuziehen, um diesen für die elektrischen Schwingungen so wichtigen Begriff nicht erkalten zu lassen. Zunächst kann nach Durchnahme des Jouleschen Gesetzes für Gleichströme und der experimentellen Festlegung der Konstanten 0,00024 in der Formel auch der entsprechende Versuch für Kondensator-entladungen mit dem Stricknadelkontakt gemacht werden. Ein diesbezüglicher roher Versuch (vgl. oben) ergab für 220 Volt, 20 MF, $2n = 64$ ¹²⁾, 150 ccm H₂O eine Erwärmung um 7,7° in 3 Minuten, d. h. bei einer Entladung

$$\frac{7,7 \cdot 0,15}{3 \cdot 60 \cdot 64} = 1,00 \cdot 10^{-4} \text{ Ka-}$$

lorien. Ist x die Zahl der Kalorien, die ein mit 1 Coulomb auf 1 Volt geladener Kondensator entwickelt, so ist $1,00 \cdot 10^{-4} = x \cdot V \cdot Q = x \cdot 220 \cdot 220 \cdot 20 \cdot 10^{-6}$, woraus $x = 0,000103$ folgt; die (etwas zu kleine) Zahl zeigt, daß der Effekt einer Kondensatorentladung in Kalorien gemessen $\frac{0,00024}{2} \cdot V \cdot Q$, in Joule $\frac{1}{2} V \cdot Q$ ist. Ein kurzer Hinweis, daß das Potential während der Entladung auf 0 sinkt, macht es plausibel, daß nicht wie beim Gleichstrom das ganze Potential, sondern nur die Hälfte (gegenüber dem Gleichstrom) in Rechnung gesetzt werden darf. Weiterhin sollte man bei den

¹²⁾ $n =$ Wechselstromfrequenz.

elektrischen Messungen auch Kapazitäten messen, was nach dem obigen Verfahren leicht möglich ist, wenn man die Reduktionsfaktoren der vorhandenen Galvanometer bestimmt hat, eine Mühe, die zwecks Messung kleiner Ströme in keinem Jahre unterlassen werden sollte. Papierkondensatoren mißt man mit einem Galvanometer geringster Empfindlichkeit (bei uns 1 Skalenteil = $5,9 \cdot 10^{-3}$ Amp.) nach der Formel

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{2nQ}{2nV} = \frac{i^{12})}{2nV} \dots \dots \dots 1)$$

Es ergibt sich dann meistens, daß die als 1, 2, 4 MF bezeichneten Papierkondensatoren die betreffenden Werte teilweise nur in recht schwacher Annäherung besitzen, was bei Benutzung zu erheblichen Fehlern Veranlassung geben kann. Die von mir benutzten Kapazitäten besitzen z. B. etwa folgende Werte:

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Nominell MF	4	4	4	2	2	2	1	1
Tatsächlich MF	3,75	4,25	3,55	2,05	2,75	2,15	0,9	0,9

Bei den oben genannten Versuchen wurden entweder alle zusammen, d. h. 20,3 (nominell 20) oder die Kombinationen 1, 3, 5, d. h. 10,05 MF, bzw. 2, 4, 6, 7, 8, d. h. 10,25 MF (nominell 10 MF) benutzt, wobei in der Tat jede der beiden letzten Kombinationen nahezu die Hälfte der ersten ist, worauf bei den einleitenden Versuchen vorher zu achten ist. Mit einem Galvanometer etwas größerer Empfindlichkeit (bei uns 1 Skalenteil = $1,86 \cdot 10^{-6}$ Ampere) lassen sich ebenso die Kapazitäten von Leydener Flaschen bestimmen; so ergaben sich 2 kleine Leydener Flaschen einzeln zu $8,9 \cdot 10^{-10}$ bzw. $9,3 \cdot 10^{-10}$ Farad, parallel zu $1,9 \cdot 10^{-9}$, in Serie $4,5 \cdot 10^{-10}$. Es lassen sich also die Gesetze der Parallel- und Kaskadenschaltungen ($8,9 + 9,3 \approx 1,9$, $\frac{1}{8,9} + \frac{1}{9,3} \approx \frac{1}{4,5}$) leicht verifizieren.

Steht ein wirklich empfindliches Galvanometer (bei uns 1 Skalenteil = $2,5 \cdot 10^{-7}$ Ampere) und ein Plattenkondensator mit variablem und meßbarem Plattenabstand zur Verfügung, so kann man die Methode des Stricknadelkontaktes auch zu folgenden fundamentalen Versuchen verwenden (am besten freilich erst in dem Ergänzungskursus der I), die im Unterricht natürlich nicht auf große Präzision Anspruch machen können. Der Kondensator wird bei verschiedenen Plattenabständen durch den Nadelkontakt geladen und durch das Galvanometer entladen. Unsere Versuche hatten folgende Resultate:

Plattenabstand d in cm	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Ausschlag a des Galvanometers in Skalenteilen	2,8	2,1	1,4	1,1	1,05
$a \cdot d =$	0,56	0,63	0,56	0,55	0,63

Das Mittel der Werte ad ist etwa 0,6; d. h. Stromstärke und damit Kapazität (Formel 1) sind dem Plattenabstand umgekehrt proportional. Da die Kapazität selbstverständlich der Flächengröße F der Platten proportional ist, so ist die Kapazität

$$C = c \cdot \frac{F}{d} \dots \dots \dots 2)$$

zu setzen, wo der Faktor c „die Kapazität pro cm^2 “¹³⁾, d. h. die Kapazität eines Kondensators von 1 cm^2 Fläche und 1 cm Plattenabstand im homogenen Felde bedeuten würde; die letzte Erklärung ist natürlich eine Fiktion, da ein Kondensator

¹³⁾ Es ist dies die von Mie als „Dielektrizität“ bezeichnete Größe.

dieser Gestalt die Homogenität seines Feldes infolge Kraftlinienstreuung einbüßen würde, wobei obige Formel 2) nicht mehr gelten würde. Die obigen Werte gestatten nun, den Faktor c annähernd zu berechnen. Der Plattenradius war 8 cm, die Spannung 120 Volt, die Frequenz des Wechselstromes (mit Tourenzähler und Stoppuhr festgestellt) 32,6, der Reduktionsfaktor des Galvanometers $2,5 \cdot 10^{-7}$ Ampere, so daß (1 und 2):

$$c = \frac{Cd}{F} = \frac{i \cdot d}{2nV \cdot F} = \frac{2,5 \cdot 10^{-7} \cdot a \cdot d}{2 \cdot 32,6 \cdot 120 \cdot \pi \cdot 64} = \frac{a \cdot d}{2,0 \cdot \pi} \cdot 10^{-12} \text{ Farad,}$$

d. h. unter Zugrundelegung des ungefähren Wertes $ad = 0,6$

$$c = \frac{1}{3,3 \pi} \cdot 10^{-12} \text{ Farad, 3)}$$

während der genaue, d. h. dem Verhältnis der elektromagnetischen und elektrostatischen Einheiten zugrunde liegende Wert

$$c = \frac{1}{3,6 \pi} \cdot 10^{-12} \text{ Farad 4)}$$

ist. Auf besondere Genauigkeit ist natürlich bei diesem diffizilen Versuch nicht zu rechnen, und die nahe Übereinstimmung der Werte 3) und 4) kann Zufall sein: denn die Spannungsablesung wurde mit keinem Präzisionsinstrument gemacht; das Galvanometer unterliegt der elastischen Nachwirkung und auch sein Reduktionsfaktor ist nur annähernd richtig. Das schwierigste ist die einigermaßen genaue Einstellung des Kondensators, die man darum zweckmäßig außerhalb des Unterrichts vornimmt: besonders in diesem Punkte scheinen mir noch Verbesserungen erforderlich. Immerhin zeigt obiges, daß man c der Größenordnung nach im Unterricht bestimmen kann, und das halte ich für wertvoll.

Nach demselben Verfahren gelingt es auch leicht, die Dielektrizitätskonstante einer Substanz, z. B. einer Hartgummischeibe, die zwischen die Kondensatorplatten geschaltet wird, zu bestimmen. Nur ungenau erhält man ihren Wert, wenn man unter möglichster Zusammenschiebung der Platten annimmt, daß der Raum zwischen den Platten völlig von der Substanz erfüllt ist: selten sind alle Platten so eben, daß dies der Fall ist. Besser ist das folgende Verfahren: die Platten wurden auf $\delta = 0,400$ cm auseinandergezogen und die Scheibe dazwischengebracht, der Galvanometerausschlag war 2,9. Da die Scheibe, deren Dicke $\delta_1 = 0,3$ cm ist, wie eine

Luftschicht der Dicke $\frac{\delta_1}{D}$ wirkt, so kann statt des wirklichen Plattenabstandes ein äqui-

valenter mit Luft der Dicke $d = \delta - \delta_1 + \frac{\delta_1}{D}$ fingiert werden; aus $ad = 0,6$ folgt

$$d = \frac{0,6}{2,9} = 0,207 = 0,4 - 0,3 + \frac{0,3}{D}, \text{ woraus } D = 2,8, \text{ ein mit dem wirklichen — zu-}$$

fällig — recht gut übereinstimmender Wert folgt.

Hier bei dem Plattenkondensator (in I) scheint mir auch die richtige Gelegenheit zu sein, auf die Vorgänge im Dielektrikum und, wenn man will, auf das Potential außerhalb des Leiters einzugehen: denkt man sich einen Kondensator mit verschwindendem Plattenabstand geladen und die Platten dann voneinander entfernt, so ist infolge Anziehung der entgegengesetzten Elektrizitäten Arbeit zu leisten, die um so größer ist, je weiter man die Platten voneinander entfernt; diese Arbeit findet sich beim Entladen des Kondensators als Erwärmung der Drähte wieder. Da die Arbeit (Wärme) mit dem zunehmenden Potential, d. h. dem Abstände proportional wächst, kann man jedem Abstand von der auf Null gehaltenen Platte ein bestimmtes Potential zuschreiben, das eben durch die Arbeit gemessen wird, und kann so auch von einem Potential einer Stelle des Dielektrikums reden. Bemerkungen über den hypothetischen Spannungszustand im Dielektrikum in Richtung der

Kraftlinien können diesen Potentialbegriff konkreter machen. Die so gewonnenen Begriffe lassen sich natürlich erweitern auf einen geladenen Konduktor, seine Äquipotentialflächen und seine (nach der Erde strebenden) Kraftlinien, was schließlich auf das hergebrachte System der Elektrostatik führt. Es ließe sich dann auch leicht aus der Größe c das Verhältnis der elektrostatischen und elektromagnetischen Einheit bestimmen.

Für erforderlich halte ich auf der Schule weder das Potential außerhalb des Leiters noch überhaupt die beiden absoluten Maßsysteme; die Kenntnis der Größe c allein erlaubt, wie ich in einem weiteren Aufsatz zu zeigen hoffe, ein sehr viel weiteres Vorschreiten, als man bisher auf der Schule hat wagen können.

Es erübrigt noch über die Fehlerquellen bei Benutzung der im vorhergehenden geschilderten Nadelkontaktvorrichtung etwas zu sagen. Die Fehlerquellen könnten folgende sein: 1. Die Kontakte dauern nicht lange genug für vollständige Aufladung und Entladung, 2. die Kontakte können aussetzen. Für die Ladung könnte der Kontakt dadurch zu kurz sein, daß die Maschine der Zentrale infolge ihres Selbstpotentials nicht imstande wäre, die völlige Aufladung in der kurzen Zeit der Berührung der Nadel mit der Kugel zu vollziehen. Da die Maschine Tausende von Ampere liefert, ist diese Gefahr nicht groß; zur Sicherheit kann man einen erheblich größeren Hilfskondensator C' vor die Kontaktstelle schalten (Fig. 3). Ich habe bei Aufladung von $C=1$ MF einen Hilfskondensator $C'=19$ MF vorgeschaltet, aber keine Spur von Wirkung des letzteren beobachtet: die Ladungszeit reicht also bei uns wenigstens völlig aus. Für die Entladungszeit ist bei geringem Selbstpotentiale der Ohmsche Widerstand maßgebend (vgl. oben). Aus den Versuchen mit der Braunschens Röhre (vgl. Fußnote 11) folgt eine Entladungszeit von etwa $3 \cdot 10^{-3}$ sek., das ergibt bei 20Ω einen Rückstand von etwa $\frac{1}{2} \frac{0}{100}$, der auch für Präzisionsmessungen nicht in Betracht käme. Schwerwiegender ist die Tatsache, daß die Kontakte bei zuweilen auftretenden Unregelmäßigkeiten des Wechselstromes¹⁴⁾ ausbleiben können, was sich durch Schwankungen eines in den Entladungskreis geschalteten Galvanometers kundgibt. Für genauere Versuche dürfte darum die Anbringung eines Quecksilberkontaktes an der der Wechselstromspule abgewandten Seite zu empfehlen sein: denn an der zugewandten Seite erfolgt der Anprall stets mit solcher Kraft, daß der Kontakt nicht gut aussetzen kann.

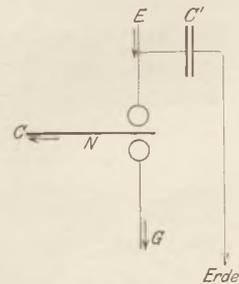


Fig. 3.

Durch das Vorhergehende glaube ich gezeigt zu haben, daß es recht gut möglich ist, das Notwendige aus der Elektrostatik unter Vermeidung der elektrostatischen Einheiten zu behandeln, ohne doch darum die quantitativen Beziehungen zwischen der Elektrostatik und den gesetzlichen Stromeinheiten aufgeben zu müssen. Ebenso ablehnend stehe ich den elektromagnetischen Einheiten im Unterricht gegenüber; aber auch hier handelt es sich darum, den Zusammenhang des magnetischen Feldes und der Induktion mit den gesetzlichen Einheiten zu gewinnen. Es ist mir immer unverständlich geblieben, warum man von dem Coulombschen Gesetz und den fingierten Magnetpolen nicht absehen will: ersteres besagt doch nur, daß, einen punktförmigen Pol vorausgesetzt, die Kraftlinien sich kugelförmig ausbreiten, ihre Dichte also mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt; da es keinen Einzelpol, geschweige einen punktförmigen geben kann, ist das ganze Gesetz nur ein schönes Analogon zum Newtonschen! Mit Recht betont Classen (diese Zeitschr. 25, S. 141), daß es überhaupt nur auf die Feldstärke und das magnetische Moment, gar

¹⁴⁾ Ich benutze einen Gleichstrom-Wechselstromumformer, dessen Motor zuweilen (für Sekunden) an Geschwindigkeit nachläßt. Über Netzwechselstrom habe ich keine Erfahrung.

nicht auf die wirklichen Pole ankommt. Ich gehe noch einen Schritt weiter: sieht man von der Gaußschen Bestimmung der Horizontalintensität ab, so kommt es nur auf die Feldstärke an, die durch Kraftlinienbilder sichtbar gemacht wird. Auf ein Maß der Feldstärke kann man in O II verzichten. Die ablenkbare Magnetnadel ist nur der Indikator für das Verhältnis zweier gekreuzter Feldintensitäten, deren eine man berechnen kann, wenn die andere bekannt ist. Für die O II sind zunächst die Tangentenbussole und das Galvanometer einfach durch ihre Reduktionsfaktoren bestimmt, die mit Hilfe anderweitig bekannter Ströme meßbar sind. Die Formel für erstere ist $\text{tg } \alpha = \frac{S}{H}$ („Stromkraft“ durch „horizontale Erdkraft“), wobei nachweisbar

ist, daß S proportional i ist, aber für verschiedene Instrumente (Radius, Windungszahl) verschieden ist, ebenso wie H durch Astasierung verkleinert werden kann; daraus folgt $i = C \cdot \text{tg } \alpha$ bzw. $= C \cdot \alpha$ bei kleinen Winkeln, und es bedarf nur der Festlegung von C für jedes gebrauchte Instrument (vgl. oben!). Wichtig auf dieser Stufe ist ferner das quantitative Verständnis des Induktionsvorganges; es genügen aber in O II die beiden Gesetze: 1. Die EMK des Induktionsstromes ist der pro sek. geschnittenen Kraftlinienzahl ν proportional, $E_{II} = k \cdot \nu_{1 \text{ sek}} = k \frac{\nu}{t} = k \frac{d\nu}{dt}$; 2. die Feldstärke (Kraftliniendichte), also die auf eine bestimmte

Fläche fallende Kraftlinienzahl, ist der Intensität des Primärstromes proportional, $\nu = f \cdot i_1$, wobei eine Einschränkung für ferromagnetische Substanz insofern besteht, als mit zunehmender Sättigung des Eisens die Kraftlinienbildung nachläßt. Das zweite Gesetz folgt sofort aus der Tangentenbussole. Für den Nachweis beider Gesetze hat sich bei uns ein Apparat¹⁵⁾ bewährt, dessen Einrichtung im wesentlichen die folgende ist: Im Innern einer Spule (AA in Fig. 4) von 100 Windungen, die durch den Primärstrom gespeist wird, ist koaxial ein Messingrad angebracht, das durch Motor gedreht wird und in dessen Speichen der Sekundärgleichstrom induziert wird; letzterer wird am Rande (E und E') durch Federn abgenommen und galvanometrisch gemessen. Die Ausschläge sind einerseits der meßbaren Drehungsgeschwindigkeit (Zahnrad sirene oder Tourenzähler) bei konstanter Primärstromstärke, andererseits der Primärstromstärke bei konstanter Tourenzahl proportional, wodurch die beiden Gesetze demonstriert sind. Hiermit ist tatsächlich alles gegeben, was ein

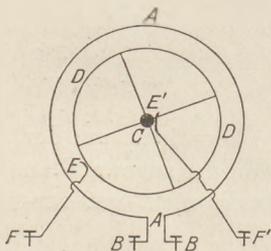


Fig. 4.

Obersekundaner zum Verständnis der Dynamos braucht: Abhängigkeit der EMK von der Tourenzahl, der Windungszahl und (in gewissen Grenzen) von dem die Magneten erregenden Strome; man reicht sogar mit diesen Gesetzen völlig aus bei einer eingehenden Behandlung der Wechselströme in I¹⁶⁾, die sich seit Jahren an unserer Oberrealschule bewährt hat.

Will man, was freilich auch sich erst in I empfehlen dürfte, die genauen Zahlenbeziehungen der Induktion demonstrieren, dann — aber auch nur dann! — muß zunächst eine Einheit für die Feldstärke festgelegt werden. Hierbei dürfte die Durchnahme des Laplaceschen (Biot-Savartschen) Grundgesetzes in der Form dS

¹⁵⁾ Der Apparat wird von Arthur Pfeiffer in Wetzlar nach meinen Angaben gebaut; der Kontakt E (Fig. 4) erfordert einen besonderen Kunstgriff.

¹⁶⁾ Vgl. des Verfassers Programmabhandlung „Elementare Theorie der Wechselströme“ (im Buchhandel erschienen bei B. G. Teubner) und den Aufsatz in den Unterrichtsblättern f. Math u. Naturw. 22, S. 130.

= $K \cdot \frac{idl \cdot \sin \varphi}{r^2}$ unumgänglich sein¹⁷⁾, die in der I den gereiften Schülern verständlich zu machen ist. Die Formel läßt sich bestätigen mit Hilfe des von Friedrich C. G. Müller in dieser Zeitschrift (26, S. 273) angegebenen Apparates. Man wird hinzufügen, daß die Formel sich in allen ihren Konsequenzen bewährt hat; so z. B. bei der Tangentenbussole, für deren Mittelpunktstfeldstärke sich sofort der Wert $S = K \cdot \frac{2\pi i}{r}$ ergibt, so daß ihre Ablenkung

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{H} = K \cdot \frac{2\pi i}{r \cdot H} \dots \dots \dots 5)$$

ist; in der Tat hat man (vgl. oben) gefunden, daß die tg. der Stromstärke direkt, dem Radius umgekehrt proportional ist. Als Einheit der Feldstärke hat man nun diejenige genommen (1 Gauß), für die der Faktor $K = 0,1$ ist. Die Feldstärke 1 Gauß wird also bewirkt durch einen Strom von 10 Ampere im Mittelpunkt eines von dem Strom durchflossenen Kreisbogens von 1 cm Länge und 1 cm Radius. Die Horizontalkomponente H läßt sich dann leicht aus der Ablesung der Tangentenbussole durch einen anderweitig gemessenen Strom bestimmen; so ergaben sich bei einem Versuch mit einer Tangentenbussole, deren Radius $r = 16,3$ cm ist, für 4 Ampere $37^{\circ} \frac{0}{4}$, für 5 Ampere 43° mittlere Ablenkung, woraus nach 5)

$$H = \frac{0,1 \cdot 2\pi i}{r \cdot \operatorname{tg} \alpha} = 10^{-2} \cdot 3,85 \times \frac{4}{0,77} \text{ bzw. } \frac{5}{0,93} = 0,200 \text{ bzw. } 0,207 \text{ Gauß,}$$

also etwa 0,2 Gauß folgt, was für die Schule genau genug ist. Damit ist man auch in den Stand gesetzt, die auf ein Flächenstück entfallende Kraftlinienzahl des Erdfeldes, d. h. die für den Induktionsstrom in Betracht kommende Größe ν (vgl. oben 1. Gesetz) zu berechnen, wodurch sich deren Koeffizient k zu 10^{-8} bestimmen läßt; der von FRIEDRICH C. G. MÜLLER konstruierte Erdinduktor (Technik des physikalischen Unterrichts, § 127) dürfte hierfür wohl das brauchbarste Instrument darstellen.

Für die Bestätigung des Energiegesetzes bei der Induktion bedarf es meiner Meinung nach noch des unmittelbaren Nachweises der Kraft, die ein Strom in einem Magnetfeld bestimmter Stärke erfährt; denn die Anwendung des Prinzipes der gleichen Wirkung (Strom auf Magnetfeld) und Gegenwirkung (Magnetfeld auf Strom) will mir gerade in diesem Falle aus didaktischen Gründen nicht gefallen. GRIMSEHL hat (Abh. zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaften II, 2, § 6) einen Apparat konstruiert, der diesen Nachweis liefern soll. Wie weit sich derselbe (infolge irrthümlicher Annahme eines völlig homogenen Magnetfeldes) in praxi bewährt, weiß ich nicht; die Berechnung des Torsionsmomentes des Aufhängedrahtes erscheint mir mindestens zu kompliziert für den Unterricht; ein anderer Apparat für denselben Zweck ist mir nicht bekannt. Für nötig halte ich indessen für die Schule weder die Bestätigung des Energiesatzes bei der Induktion, noch die Formel für die Kraftwirkung eines Magnetfeldes auf einen Strom: für die Berechnung eines Motors reicht letztere doch ebensowenig aus wie die Induktionsformel für die Berechnung einer Dynamo!

Einen Einwurf wird man gegen die gemachten Vorschläge erheben können, daß die Frage offen bleibt, warum man gerade 0,174 ccm Knallgas als Einheit für das Coulomb herangezogen hat. In meiner bisherigen Praxis ist mir diese Frage von keinem Schüler gestellt worden. Sollte sie doch einmal gestellt werden, dann werde ich den Schüler darauf verweisen, daß es auf der Hochschule unter anderem auch dies zu lernen gibt: für die Mehrzahl der Schüler, die ja eben nicht gerade Physiker werden wollen, gibt es sicherlich wissenswertere Gegenstände als die Begründung der absoluten elektrischen Einheiten.

¹⁷⁾ Der Gedanke, die Feldstärke wie Mie in Amperewindungen/cm zu rechnen, hat etwas Bestechendes; die bisherige Messung in Gauß scheint mir aber doch leichter verständlich zu sein.

Einsatzstäbe für Stative zur Selbstanfertigung von Apparaten.

Von

Prof. Dr. W. Merkelbach in Cassel.

Die Einsatzstäbe der nachher beschriebenen Apparate sind aus den mit einer Nut versehenen Röhren hergestellt, die zum Beschweren von Rollvorhängen Verwendung finden. Solche aus starkem verzinnnten Eisenblech angefertigte Röhren sind für wenig Geld in verschiedenen Dicken zu haben. Sie pflegen in Eisenwarenhandlungen in Durchmessern von 8 mm, 10 mm und 12 mm vorrätig zu sein. In passenden Stativen können sie sicher befestigt werden. Besser wie massive Stäbe lassen sie sich so festschrauben, daß sie sich mit sanfter Reibung verschieben lassen. Diese Eigenschaft verdanken sie dem Umstand, daß sie hohl sind, an der Seite die feine Nut besitzen und daher nach außen beim Festschrauben etwas federn. Werden sie mit feinstem Schmirgelleinen abgerieben, so sehen sie ganz gefällig aus.

Man trennt die Stäbe von den käuflichen Stangen durch Abbrechen, nachdem man die Stange mittelst einer Feile oder einer Metallsäge mindestens bis zur Hälfte durchgeschnitten hatte. Die Endflächen werden eben gefeilt und ihre scharfen Kanten etwas abgerundet.

Angenehm ist, daß die Befestigung der Stäbe an den Apparaten sich verhältnismäßig einfach in verschiedener Weise ausführen läßt, wie dies bei den nunmehr zu beschreibenden Apparaten im einzelnen angegeben werden soll.

1. Tischchen. Verstellbare Tischplatten lassen sich bequem aus Stäben und Brettchen herstellen. Selbst bei reichlicher Auswahl an solchen in einer Sammlung hat man zur Anfertigung Veranlassung, wenn die Stäbe außergewöhnliche Abmessungen zeigen oder wenn die Tischplatte der Grundfläche eines Apparates angepaßt werden soll. Die Stäbe können nun in folgender Weise mit den Brettchen verbunden werden.

a) Sind die Brettchen hinreichend dick, so erhalten sie mittelst eines Löffelbohrers ein Loch, in das man den Stab mit Picein kittet. Zum Kitten wird ein Stückchen Picein in das Loch geschoben, mit Hilfe eines am Ende erhitzten Eisenstabes geschmolzen und an den Wänden verteilt. Dann führt man das mit Picein überzogene heiße Ende des zu befestigenden Stabes ein. So lange der Kitt noch weich ist, richtet man den Stab senkrecht zur Ebene des Brettchens.

b) Um dünne Brettchen zu befestigen, wird ein Ende des Stabes in einem Schraubstock zunächst platt gedrückt, wobei man es so einrichtet, daß die Nut an einen seitlichen Rand dieses Endes zu liegen kommt. Nun wird auch der andere Rand dieses Endes durch Wegfeilen der Knickstelle geöffnet. So erhält der Stab an seinem Ende zwei Platten, die man durch Hämmern ganz ebnet und rechtwinklig zu ihm abbiegt. Sie werden mit Löchern versehen und an das Brettchen angeschraubt (Fig. 1).

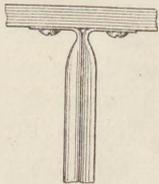


Fig. 1.



Fig. 2.

2. Linsenhalter. Den Hauptteil des Linsenhalters (Fig. 2) bildet ein 8 mm breiter Streifen aus 0,6 mm dickem Messingblech, dessen Länge etwas größer als der halbe Umfang der Linse bemessen wird. Nahe den Enden und der Mitte werden seitliche Einschnitte gemacht, so daß man auf jeder Seite die in der Figur ersichtlichen Lappen umbiegen kann, die zum Festhalten der Linse dienen sollen.

Nunmehr wird der Streifen fast halbkreisförmig gebogen und an die beiden Platten am Ende eines Stabes angelötet, die man wie bei 1b angegeben erhalten und in einem spitzen Winkel auseinander gebogen hat.

Solche Halter wird man vor allem für Brillengläser von 38 mm Durchmesser und für die neuerdings in Aufnahme gekommenen größeren von 43 mm Durchmesser anfertigen.

3. Halter für Glühlichtlampen (s. Fig. 3). Diese Halter lassen sich aus „Illuminationsfassungen“ für Glühlichtlampen herstellen, die in verschiedenen Formen zu haben sind. In der Figur ist eine aus Porzellan hergestellte abgebildet, die im Innern ein Edisongewinde aus Messingblech besitzt. Sie wird mittelst einer Messingschraube, mit dickem, rundem Kopf, der beim Einschrauben der Lampe ihre Bodenplatte berühren muß, auf ein Holzbrettchen geschraubt. An die Seite des Brettchens kommen die Zuleitungsklemmen für den elektrischen Strom. Sie sind durch Stückchen Kupferdraht mit den Klemmschrauben an der Seite des Porzellankörpers in leitender Verbindung. Der Stab wird im Brettchen, wie bei 1a angegeben ist, befestigt.

4. Halter für die Leyboldschen rechteckigen Spiegelglasgefäße. Da diese Gefäße leicht umfallen und zerbrechlich sind, empfiehlt sich beim Gebrauch das Festhalten durch einen in der Höhe verstellbaren Halter (s. Fig. 4). Er besteht aus einem in der Größe mit dem Boden des Gefäßes übereinstimmenden Holzbrettchen, in das man den Stab wie bei 1a befestigt. An die Seiten sind etwas federnde, dünne Messingbleche angeschraubt, deren seitliche Ränder schmal umgebogen sind. Das

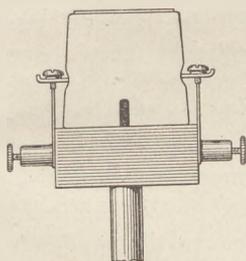


Fig. 3.

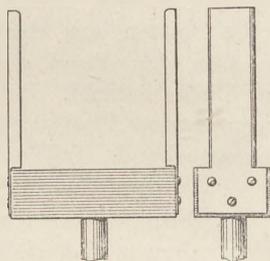


Fig. 4.

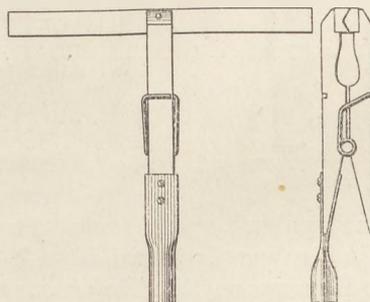


Fig. 5.

Umbiegen wird durch Einspannen in einen Schraubstock und Umlegen des herausragenden Teils mittelst eines Holzhammers bewirkt. Die Holzteile bei diesen wie bei den anderen Apparaten sind mit Nußbaumbeize gefärbt und dann mit Leinölfirnis geölt.

5. Federnde Plattenhalter. Der in Fig. 5 im Aufriß und in der Seitenansicht abgebildete Plattenhalter ist aus einer käuflichen photographischen Kopierklammer hergestellt, an deren Schnabel Querleisten mittelst Leim und Schräubchen befestigt sind. Die Querleiste auf einer Seite ist, wie aus dem Seitenriß ersichtlich, dachförmig abgeschrägt und paßt in eine Rinne der gegenüberliegenden Querleiste. Man erhält solche Kopierklammern in den photographischen Geschäften mit 12 cm und 9 cm langen Querleisten. Beim Einkauf ist darauf zu sehen, daß die Federn stark sind und die Leisten vor allem an den Enden gut schließen. Der Einsatzstab ist an dem Klemmenteil mit der vertieften Querleiste zu befestigen, da die Ränder der Rinne die Richtung der festgeklemmten Platte bestimmen. Zu dem Zweck wird ein Ende eines Einsatzstabes wieder mit zwei Platten versehen, die leicht auseinander gebogen werden, so daß man ein Klemmenende dazwischen schieben und mit zwei Schräubchen befestigen kann. Die Ansatzstelle der Endplatten wird nunmehr so gebogen, daß eine in der Klemme befestigte Platte senkrecht steht, wenn man den Stab in ein senkrecht stehendes Stativ einspannt. Dann werden die Schräubchen herausgenommen und wieder an ihre Stelle gebracht, nachdem man das Klemmende zwischen den Endplatten mit Picein in seiner richtigen Lage fest gekittet hat.

Die Verwendung einer solchen Plattenklemme ist sehr vielseitig. Mit ihrer Hilfe kann man leicht verstellbare kleine Schirme aus Karton, Pappe und matten Glasplatten herstellen. Sie dient zum Befestigen von Blenden und Spaltblechen für

jede Spaltlage, ferner zum Halten von Diapositiven. Auch zwei gleichzeitig zu projizierende Diapositive oder Zeichnungen auf Glas (wie z. B. bei gewissen optischen Täuschungsfiguren) lassen sich in verschiedenen gegenseitigen Lagen leicht festklemmen. Da nicht zu schwere spiegelnde Glasstücke in jeder Lage von der Klemme festgehalten werden, kann man mit ihr einen beliebig drehbaren Spiegel sich herstellen. Man bedient sich hierzu einer Klemme mit einem 12 mm dicken Stab, den man an einem Bunsenstativ in eine Muffe horizontal einspannt. — Auch Brettchen bis $1\frac{1}{2}$ cm Dicke werden von der Klemme festgehalten. Daher kann man mit ihr Latten und Lineale mit Teilungen in senkrechter und wagrechter Lage (für Vertikal- und Horizontalmaßstäbe) verstellbar befestigen.

Eine ähnlich verwendbare, nur kleinere Plattenklemme, die z. B. auch zum Halten von Präparaten mit Krystallplatten für Projektionen in polarisiertem Licht geeignet ist, läßt sich nach Fig. 6 (Vorder- und Seitenansicht) aus einer Metallklemme zum

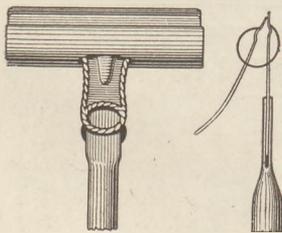


Fig. 6.

Halten von Papierblättern herstellen. Es ist zweckmäßig, hierzu die eine der beiden durch eine Feder zusammengepreßten Metallplatten an ihrem oberen Rande um etwa 2 mm Breite abzufeilen, so daß sie sich mit diesem Rande an die Fläche der andern Platte anlehnt. Zum Abfeilen nimmt man die Platten aus der Metallfeder heraus, was gelingt, wenn man den Rand der Metallfeder hinter den Wulst auf der Platte schiebt. Der als Druckhebel dienende Fortsatz der gekürzten Platte wird leicht nach außen gebogen; der entsprechende Teil an der andern Platte wird

flach geklopft und — nachdem man die Klemme wieder zusammengesetzt hat — zwischen den flachgedrückten Enden eines Einsatzstabes festgelötet. Schließlich wird die Klemme an ihrer Befestigungsstelle so gebogen, daß sie in einem vertikalen Stativ eine Platte in senkrechter Lage festhält.

6. Glaswannen mit parallelen Wänden. (Cuvetten) Fig. 7. Das Ende eines Stabes wird nach 1b mit Platten versehen, von denen eine entfernt wird, die andere in der Richtung der Achse stehen bleibt. Auf der Innenseite der letzteren wird senkrecht zum Halter ein etwa 1,5 mm dicker Messingstreifen festgelötet. Auf diesen kittet man mit Picein ein rechteckiges Stück Spiegelglas, das bei mir 3 mm dick und an den Rändern mit feinem Schmirgel abgeschliffen ist. Zum Festkitten wird das Glas ganz langsam und vorsichtig erwärmt, bis Picein darauf schmilzt und an einem Rande mit dem Kitt in der Breite des Messingstreifens überzogen. Der erhitzte und ebenfalls mit Picein überzogene Messingstreifen wird aufgelegt und durch photographische Kopierklammern bis zum Erstarren des Kittes festgehalten. Überschüssiges Picein wird schließ-

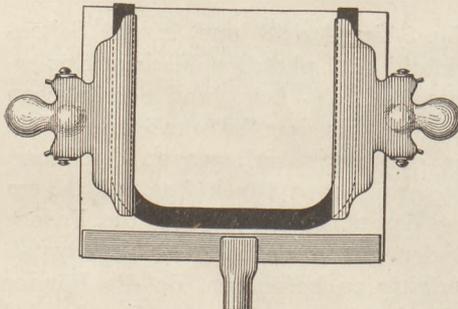


Fig. 7.

lich mit Messer und Benzin entfernt. Auf die Glasplatte wird eine andere ebenso große mit zwischengelegtem \square -förmig gebogenem Kautschukschlauch festgeklemmt. Dem Schlauch sichert man seine Form durch einen dünnen, weichen Draht aus Aluminium oder Kupfer, auf den er geschoben wird. Zum Festklemmen benutzt man stark federnde Metallklammern, die als Brief- oder Papierklammern verkauft werden. Die von mir verwendeten Klammern sind etwa $7\frac{1}{2}$ cm breit und kosteten je 0,25 M. (bei Baumann & Co., Kassel, Untere Königstraße).

Die Weite der Gefäße läßt sich durch Anwendung verschieden dicker Schläuche und durch die Dicke des eingeschobenen Drahtes sehr ändern. In Bemessung der

Dicke des letzteren darf man aber nicht weit gehen: der Draht muß immer noch geschmeidig bleiben und darf das Innere des Schlauches nicht ganz ausfüllen. Es ist gut, die einzuschubenden Enden dünner Drähte durch Umbiegen und Rückwärtslegen abzurunden, damit sie sich beim Einführen in den Schlauch nicht einstechen und hängen bleiben. Bei längeren und weiten Glaswannen ist es angebracht, auch an den unteren Rand Klammern anzuheften.

Bei den dünnsten Gummischläuchen mit eingelegtem feinem Draht erhielt ich Wannen von 2 mm Weite an. Noch engere von $1\frac{1}{2}$ mm Weite konnte ich mittelst eines zwischen die Glasplatten gebrachten Gummirings herstellen, von der Art, wie solche bei Einkochgläsern Verwendung finden. Der Ring kommt so zwischen die Platten, daß ein kleiner Teil herausragt, so daß eine Einfüllöffnung übrig bleibt. Das Einfüllen bei den engen Wannen bewirkt man mit Pipetten und wird erleichtert, wenn man eine der Platten gegen die andere etwas herausragen läßt. Den ausfließenden Flüssigkeitsstrahl richtet man gegen den vorstehenden Rand der Platte und beseitigt etwaige Luftbläschen mit einem dünnen weichen Draht.

Wannen beliebigen Formats kann man auch rasch herstellen, wenn man die Glasplatten mit zwischengelegtem Kautschukschlauch seitlich durch Papierklammern zusammenpreßt und mit dem unteren Rand in der Plattenklemme (Fig. 5) befestigt. Um die Schlauchstücke, die aus gutem Gummi zu wählen sind, gebrauchsfähig zu erhalten, bewahrt man sie in einer Glasbüchse mit ausgekochtem Wasser auf.

Die angegebenen Glaswannen haben den Vorteil, daß man sie nach dem Auseinandernehmen leicht reinigen kann.

Unter den verschiedenen Verwendungsmöglichkeiten dieser Wannen im physikalischen und naturgeschichtlichen Unterricht sei hier die Anwendbarkeit der engen Wannen für Fluorenzversuche, insbesondere für die fluoreszierenden Schirme mit Eosinlösung hervorgehoben, die Heussel als Ersatz für Mattscheiben beschrieben hat (diese Zeitschrift, 28. Jahrgang 1905, S. 203). Wählt man statt der Eosinlösung eine andere fluoreszierende Flüssigkeit, so kann in gewisser Weise das Aussehen des aufgefangenen Bildes sich ändern. Projiziert man z. B. den elektrischen Lichtbogen, der zwischen zwei senkrecht gestellten Kohlenstäben erzeugt ist, auf dem Eosinschirm, so erscheint das Bild der Kohlenspitzen hell, das des Lichtbogens nur schwach in grünlichem Fluoreszenzlicht. Projiziert man aber auf die mit dem wässrigen Auszug aus Roßkastanienrinde gefüllte Wanne, so erscheint der Lichtbogen stark, jede Kohlenspitze aber nur schwach leuchtend in dem blauen Fluoreszenzlicht des Äsculins. Die Erklärung ergibt sich, wenn man mit Bogenlicht ein Spektrum auf den beiden verschiedenen Wannen erzeugt. Das grünliche Fluoreszenzlicht des Eosins erscheint nur im mittleren Teil des Spektrums, das bläuliche des Äsculins beginnt erst im Violett und setzt sich weit ins Ultraviolett fort, hier durch ein abgeschattiertes dunkles Band unterbrochen. Dem elektrischen Lichtbogen kommen also mehr wie den glühenden Kohlenspitzen Strahlen vom brechbarsten Ende des Spektrums zu.

Füllt man die Wanne mit gesättigteren Lösungen der fluoreszierenden Flüssigkeiten oder verwendet man weitere Wannen, so zeigt das hinter der Wanne auf weißem Papier aufgefangene sichtbare Spektrum des durchgelassenen Lichts dunkle Absorptionsbänder gerade an den Stellen, an denen auf der Wanne Fluoreszenzlicht auftritt. Bei der Eosinlösung sieht man also den mittleren Teil, bei der Äsculinlösung das violette Ende verschwinden. Hinter der Äsculinlösung tritt im ultravioletten Teil grünliches Licht auf.

Im Unterricht werden diese fluoreszierenden Schirme ebenso wie die mit fluoreszierender Gelatine überzogenen Glasscheiben nach Kistner (diese Zeitschrift, 29. Jahrgang 1916, S. 146) vor den Mattscheiben und Papierschirmen nur dann einen Vorzug haben, wenn das von ihnen in großer Menge durchgelassene Licht noch weiter Verwendung finden soll. Gute Dienste können sie z. B. tun, um die durch Hohl-

spiegel oder Linsen erzeugten umgekehrten reellen Bilder in subjektiver Beobachtung zu zeigen, was wohl wegen der Umständlichkeit des Versuches selten ausgeführt wird. Erfahrungsgemäß bildet sich dann aber leicht bei den Schülern die Meinung, daß die reellen Bilder im Gegensatz zu den virtuellen überhaupt nicht unmittelbar mit dem Auge zu beobachten seien.

Um reelle Bilder durch unmittelbare Beobachtung sichtbar zu machen, fängt man sie auf einem Eosinschirm auf. Ein hinter den Schirm in Sehweite gebrachtes Auge erblickt dann ein vom durchgelassenen Licht erzeugtes Bild, das mit dem reellen auf dem Schirm auch bei Verschiebungen des Auges in Deckung bleibt. Bei Beurteilung der Größe dieses Bildes scheinen wir einer gewissen Täuschung zu unterliegen. Bringt man die Lichtquelle (z. B. den U-förmigen, ebenen Faden einer kleinen Kohlenfadenlampe) in die doppelte Entfernung des Brennpunktes, so entsteht auf der andern Seite der Linse bekanntlich in gleicher Entfernung ein ebenso großes reelles Bild. Das in der vorher angegebenen Weise subjektiv beobachtete reelle Bild wird aber nach meiner Erfahrung immer für vergrößert gehalten. Die Deckung mit dem reellen Bild auch bei Verschiebung des Auges beweist jedoch, daß es der Lichtquelle an Größe gleich ist.

In engen mit Wasser gefüllten Glaswannen lassen sich ferner gut die Strömungsfiguren beobachten, die entstehen, wenn man einen Tropfen einer starken Farbstofflösung in das Wasser fallen läßt. Die Erscheinung läßt sich projizieren, wenn man so rasch verfährt, daß das Wasser der Wanne sich nicht viel erwärmt.

Im Anschluß an die Beschreibung einiger für die Befestigung in Stativen bestimmten Apparate sei noch eine Bemerkung über die Stative selbst gestattet. Es liegt im Interesse einer vielseitigen Verwendbarkeit der Stative, wenn die in einer Sammlung vorhandenen in ihrer Rohrweite möglichst übereinstimmen. Der Verwalter einer Sammlung wird gut tun, bei Anschaffung von Apparaten mit Stativen hierauf zu achten. Erwünscht wäre eine Einigung der physikalischen Werkstätten über die Rohrweite der Stative. Eine in vielen Fällen passende Stabdicke ist die bei den sehr empfehlenswerten Apparaten des Volkmannschen „physikalischen Baukastens“ (jetzt „Präzisionsstativ“) gewählte von 13 mm, die auch bei den Stäben der Bunsenschen Stative vorhanden zu sein pflegt. Für leichtere Apparate (z. B. für Linsen und die Apparate der optischen Bank) sind diese Stäbe übermäßig dick. In solchen Fällen ist vielleicht eine Stabdicke von 10 mm angebracht. Haben Apparate, wie zahlreiche Volkmannsche, ein Muttergewinde, so kann man sich hierfür einschraubbare Stäbe von beiden Durchmessern anfertigen lassen.

Zwei Ableitungen aus der Mechanik (Stoßgesetz und Wurfgesetz).

Von

Prof. Dr. H. Greinacher (Universität Zürich).

Es gibt kaum ein Gebiet der Experimentalphysik, das vom Dozenten eine solch sorgfältige vorbereitende Arbeit verlangt, wie die Mechanik, wenn der Stoff das Auditorium auf die Dauer nicht ernüchtern soll. Man darf aber von der Mechanik, die ja meist an den Anfang gestellt wird, nicht nur verlangen, daß sie die Grundpfeiler des ganzen Planes errichtet, sondern auch, daß sie Lust und Liebe zur Physik zu wecken versteht. Dies dürfte manchmal, gerade infolge des Umstands, daß die Hörer schon einmal Physikunterricht gehabt haben, nicht leicht fallen. Immerhin gibt es außer Vortrags- und Experimentierkunst tatsächlich noch einige Mittel, die zu diesem Ziele führen können. Ohne jedoch auf Taktik und Didaktik näher eingehen zu wollen, sei hier wenigstens auf die anregend wirkende Hineinbeziehung der Geschichte der

Mechanik hingewiesen. Ein Mittel, das ebenfalls fruchtbar, doch naturgemäß nur seltener gebraucht werden kann, besteht darin, die Ableitung der Gesetze in neuer Form zu bieten.

In dieser Hinsicht dürften einige Ableitungen, die ich in den Vorlesungen 1915/16 brachte, interessieren. Eine einfache Ableitung der Fallgesetze habe ich kürzlich¹⁾ beschrieben. Heute lasse ich eine Ableitung der Stoß- und Wurfgesetze folgen.

1. Ableitung der Stoßgesetze. Wir wollen uns, wie dies zumeist geschieht, auf den Fall des geraden, zentralen Stoßes zweier Kugeln beschränken. Seien die Massen der Kugeln m_1 und m_2 , die Geschwindigkeiten vor dem Stoß c_1, c_2 . Gesucht sind die Geschwindigkeiten nach dem Zusammenstoß c_1', c_2' . Zur Auffindung der letzteren geht man gewöhnlich so vor, daß man auf die Vorgänge während der Stoßperiode eingeht. Man weist darauf hin, daß in jedem Moment die Kräfte, welche die beiden Kugeln während der Berührung aufeinander ausüben, einander gleich sind (actio und reactio). Die Änderung der Bewegungsgröße ist daher in jedem Moment der Stoßperiode für die eine Kugel so groß wie für die andere. Also ist auch die ganze Änderung für beide Kugeln gleich, d. h. $m_1(c_1 - c_1') = m_2(c_2' - c_2)$. Häufig werden auch direkt nach actio und reactio die beiden mittleren beschleunigenden Kräfte während der Stoßzeit τ einander gleich gesetzt, d. h.

$$m_1 \frac{(c_1 - c_1')}{\tau} = m_2 \frac{(c_2' - c_2)}{\tau}$$

Man gelangt so zum Satz von der Erhaltung der Bewegungsmomente. Da man zwei Unbekannte c_1' und c_2' hat, so braucht man dann noch eine zweite Beziehung zur Lösung der Aufgabe. Diese ist für den unelastischen Stoß $c_1' = c_2'$, da die beiden Kugeln infolge bleibender Stoßdeformation zusammenbacken. Für den elastischen Stoß hat man die Bedingung, daß die Deformation wieder vollständig rückgängig gemacht wird, und daß die Vorgänge während dieser zweiten Stoßperiode sich genau so wieder rückwärts abspielen. Man hat dementsprechend eine doppelt so große Geschwindigkeitsänderung anzusetzen wie beim unelastischen Stoß. Häufig benützt man statt dieser zweiten Bedingung den Energiesatz, indem man die kinetische Energie der beiden Kugeln vor- und nach dem Stoß als gleich groß ansetzt. Man wird so z. T. unabhängig von der Betrachtung des Stoßvorganges selbst.

Man kann nun versuchen, sich ganz von den Einzelheiten des Stoßes frei zu machen und damit die oben skizzierte, häufig ungenügend verstandene Ableitung zu umgehen. In diesem Fall muß man dann außer dem Energiesatz noch ein zweites Prinzip heranziehen. Als solches bietet sich hier das Prinzip von der Erhaltung der Schwerpunktsbewegung.

Wir betrachten die Bewegung der Kugeln zunächst vor dem Stoß. In einem bestimmten Moment seien die Abstände vom Koordinatenursprung a_1 und a_2 (Fig. 1). S mit dem Abstand s sei der Schwerpunkt. Für diesen besteht die Beziehung

$$s(m_1 + m_2) = a_1 m_1 + a_2 m_2 \dots \dots \dots 1)$$

Nach Verfluß einer Zeit t (immer noch vor dem Stoß!) sind die Koordinaten

$$\begin{aligned} \text{für } m_1: & a_1 + c_1 t \\ \text{'' } m_2: & a_2 + c_2 t \\ \text{'' } S: & s + ct, \end{aligned}$$

wo c die Geschwindigkeit von S bedeutet; und die Schwerpunktsbeziehung lautet nun

$$(s + ct)(m_1 + m_2) = (a_1 + c_1 t)m_1 + (a_2 + c_2 t)m_2 \dots \dots \dots 2)$$

oder
$$s(m_1 + m_2) + ct(m_1 + m_2) = a_1 m_1 + c_1 t m_1 + a_2 m_2 + c_2 t m_2.$$

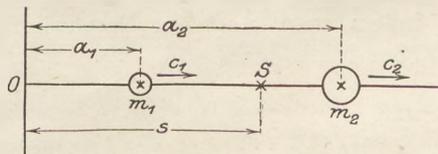


Fig. 1.

¹⁾ Diese Zeitschr. 29. 21. 1916.

Da nach 1) die unterstrichenen Glieder sich aufheben, so folgt nach Division durch t

$$c(m_1 + m_2) = c_1 m_1 + c_2 m_2 \dots \dots \dots 3)$$

Diese Beziehung gilt vor dem Stoß. Nach dem Stoß hat sich c_1 in c_1' und c_2 in c_2' verwandelt. Die Schwerpunktseschwindigkeit ist aber dieselbe geblieben. Also ist

$$c(m_1 + m_2) = c_1' m_1 + c_2' m_2 \dots \dots \dots 4)$$

oder durch Gleichsetzen von 3) und 4)

$$m_1(c_1 - c_1') = m_2(c_2' - c_2) \dots \dots \dots 5)$$

Man gelangt also zu dem (gleichbedeutenden) Satz von der Erhaltung der Bewegungsmomente, gültig für den elastischen und unelastischen Stoß. Für den letzteren hat man wieder $c_1' = c_2'$ zu setzen, indem man auf die Erfahrung rekurriert, daß die Deformation dauernd ist. Für den letzteren hat man als zweite Gleichung

$$m_1 c_1^2 + m_2 c_2^2 = m_1 c_1'^2 + m_2 c_2'^2 \dots \dots \dots 6)$$

5) und 6) liefern dann die gesuchten Größen c_1' und c_2' .

Das zunächst Überraschende dieser Ableitung besteht darin, daß man auf die Physik des Stoßes gar nicht einzugehen braucht, ja, daß man vom Vorgang des Stoßes scheinbar überhaupt nichts bemerkt. Da ist es vielleicht angebracht, auch auf die Erfahrungstatsachen hinzuweisen, die mehr oder weniger selbstverständlich doch verwendet werden. In Wirklichkeit kann man ja überhaupt aus allgemeinen Prinzipien allein, ohne Kenntnis des zu betrachtenden Falles, keine Gesetze aufstellen. In unserem Falle haben wir tatsächlich vorausgesetzt, daß die Kugeln sich mit gleichförmig geradliniger Geschwindigkeit, und zwar einmal mit c_1 und c_2 und dann mit c_1' und c_2' fortbewegen, daß sie also einmal eine geschwindigkeitsändernde Periode, eben den Stoß, durchgemacht haben. Sodann haben wir die Arbeit der Stoßkräfte mit Rücksicht auf die vollkommene Elastizität der Kugeln gleich null gesetzt (Erhaltung der kinetischen Energie). Und schließlich haben wir stillschweigend angenommen, daß die Geschwindigkeiten nach dem Stoße wieder dieselbe Richtung haben.

Wir sind aus Symmetriegründen zu einer allgemeinen Betrachtung der Geschwindigkeitsrichtung nach dem Stoß nicht genötigt gewesen. Für den schiefen Stoß wäre dies aber durchaus anders. Wollte man jetzt wieder die Verhältnisse nach dem Stoß angeben, so hätte man Größe und Richtung der beiden Geschwindigkeiten, also vier Größen zu berechnen. Hierzu reichen die beiden oben benützten Prinzipien nicht aus. Man kann allerdings die Schwerpunktbewegung in zwei Teile trennen, indem man statt der Geschwindigkeiten die Komponenten u und v in 5) einführt. Man hätte dann

$$m_1(u_1 - u_1') = m_2(u_2' - u_2)$$

und

$$m_1(v_1 - v_1') = m_2(v_2' - v_2).$$

Aber den Energiesatz könnte man nicht in Komponenten zerlegen, und so hätte man denn nur drei Gleichungen für vier Unbekannte. Hier muß tatsächlich noch ein weiteres Gesetz bekannt sein, und dies ist das Reflexionsgesetz.

2. Ableitung der Wurfgesetze. Die Gesetze des schiefen Wurfs werden gewöhnlich so gewonnen, daß man die Y - und X -Koordinaten des mit der Geschwindigkeit c und unter dem Winkel α geworfenen Körpers als Funktion der Zeit aufstellt. Hierzu gelangt man in bekannter Weise, indem man die anfangs erteilte gleichförmige Bewegung mit der Fallbewegung zusammensetzt. Alle Fragen des schiefen Wurfs lassen sich dann durch rein algebraische Behandlung der Ausdrücke für x und y berechnen. In Wirklichkeit kommt es aber weniger darauf an, die Lage des geworfenen Körpers nach Verlauf irgendeiner Zeit zu kennen, als folgende Resultate zu finden: 1. die Form der Wurfbahn, 2. die Wurfhöhe, 3. die Wurfweite und 4. die Wurfzeit.

Ich möchte nun zeigen, wie man leicht auf mehr geometrische und daher anschaulichere Weise zu den gewünschten Resultaten gelangen kann. Wir setzen als bekannt voraus 1. die Fallgesetze und 2. das Gesetz von der Zusammensetzung der Bewegungen.

Zunächst erkennen wir ohne weiteres, daß die Wurfbahn infolge der nach unten wirkenden Schwere fortwährend nach unten gekrümmt sein muß. Es gibt also irgendeinen höchsten Punkt der Bahn (B in Fig. 2), wo demgemäß die Kurve horizontal verläuft. Die erste Frage ist nun: ist die Wurfbahn symmetrisch in bezug auf B ? Die Frage ist durchaus nicht ohne weiteres zu bejahen. Denken wir uns nämlich die Bewegungsrichtung des Geschosses in B plötzlich umgedreht, so daß der Bogen b' nach links durchlaufen wird. Dann kann offenbar nicht geschlossen werden, daß b' sich mit b decken müßte. In der Tat ist dies bei der realen (der ballistischen) Kurve auch nicht der Fall. Für den idealen, vom Luftwiderstand absehenden Fall läßt sich jedoch die Kongruenz von b' mit b beweisen.

P und P' seien zwei Punkte der Bahn, die zeitlich gleich weit von B abstehen. Da die Horizontalprojektion der Geschößgeschwindigkeit von der Schwere nicht beeinflußt wird, also konstant bleibt, so sind die Horizontalabstände von P und P' , d. h. a und a' einander gleich.

Der aufsteigende Bogen b kommt ferner zustande durch Zusammensetzung der Horizontalbewegung und der vertikalen Wurfbewegung von C nach B . Der absteigende Bogen b' entsteht durch ebensolche Zusammensetzung mit einer vertikalen Fallbewegung von B nach unten.

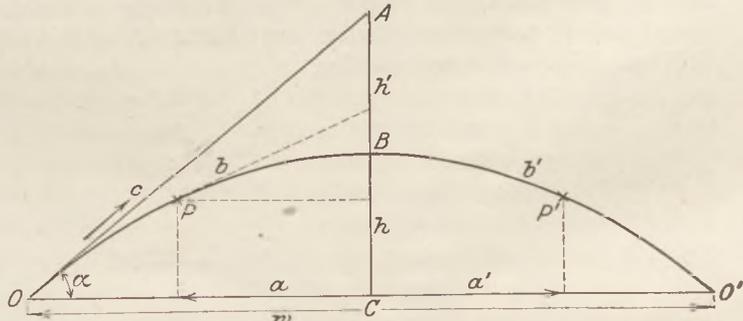


Fig. 2.

Braucht nun ein Körper beim senkrechten Wurf von C nach B eine Zeit t und läßt man ihn dieselbe Zeit t von B aus fallen, so gelangt er wieder zum selben Punkt C . Dementsprechend befindet sich das Bogenende O' auf derselben Höhe wie O . Nun kann man sich aber den schiefen Wurf an einem beliebigen Punkte P mit der dort herrschenden Geschwindigkeit und Richtung begonnen denken. Braucht der Körper zum Aufstieg bis B dann die Zeit t' und ist P' der Punkt nach einer weiteren gleichen Zeit t' , so liegt nach obigem P' gleich hoch wie P . Da überdies $a = a'$, so liegen also beliebige Bahnpunkte P und P' , die zeitlich gleich weit von B abstehen, symmetrisch zu BC .²⁾

Wir können uns also den Bogen b durch schiefen Wurf von O aus oder rückwärts durch horizontalen Wurf von B aus durchlaufen denken. Tun wir zunächst das erstere, so erscheint uns die Bewegung zusammengesetzt aus einer gleichförmigen von O nach A und einer Fallbewegung von A nach B . In der gleichen Zeit, in der der Körper mit der Geschwindigkeit c von O nach A gelangen und von A nach B herunterfallen würde, gelangt er tatsächlich längs b von O nach B . Es ist also

$$\text{Zeit für } b = \text{Zeit für } OA = \text{Zeit für } AB \dots\dots\dots 1)$$

Denken wir uns nun den Bogen b von B aus durchlaufen, so erscheint die Bewegung zusammengesetzt aus einer Fallbewegung von B nach C und einer gleichförmigen ($c \cdot \cos \alpha$) von C nach O . Es ist dann ebenso wie oben

$$\text{Zeit für } b = \text{Zeit für } OC = \text{Zeit für } BC \dots\dots\dots 2)$$

²⁾ Will man diese ganze Überlegung vermeiden, so kann man auf den allgemeineren Satz verweisen, daß in einem reibungslosen, freien mechanischen System bei Umkehr aller Bewegungsrichtungen alle Körper sich auf der schon beschriebenen Bahn genau so wieder rückwärts bewegen.

Aus 1) und 2) folgt nun zunächst, daß die Zeit, welche ein Körper brauchen würde, um AB und BC frei zu durchfallen, gleich groß ist. Demgemäß ist auch $AB = BC$, d. h., eine Tangente an die Wurflinie in O schneidet oberhalb B ein Stück $h' = h$ ab. Da der Wurf von beliebigen Punkten P aus begonnen werden kann, so wird ganz allgemein jede Tangente an die Kurve oberhalb B stets so viel abschneiden, als der Vertikalabstand von P und B beträgt. Es gibt nun aber nur eine einzige Kurve, welche diese Tangentenbedingung erfüllt. Es ist die Parabel.

Die Wurflinie läßt sich also ganz ohne Rechnung auffinden. Auch die übrigen charakteristischen Größen folgen nun mit einem Minimum von algebraischem Aufwand unter Berücksichtigung von 1) und 2). Es ist

$$\text{die halbe Wurfweite} \quad \frac{w}{2} = c \cos \alpha \cdot t \quad \dots \dots \dots 3)$$

$$\text{die Wurfhöhe} \quad h = \frac{g}{2} t^2 \quad \dots \dots \dots 4)$$

$$\text{und} \quad h' + h = 2h = \frac{w}{2} \operatorname{tg} \alpha \quad \dots \dots \dots 5)$$

5) gibt uns direkt eine einfache Beziehung zwischen Wurfhöhe und Wurfweite. 3), 4) und 5) zusammen führen uns durch einfache Ausrechnung zu den gesuchten Größen. Man erhält unmittelbar

$$\text{Wurfhöhe} \quad h = \frac{c^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$\text{Wurfweite} \quad w = \frac{c^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$\text{Steigzeit} \quad t = \frac{c \sin \alpha}{g}$$

Geschichtliches im chemischen Unterricht.

Von

Prof. R. Winderlich in Oldenburg i. Gr.

Allgemein bekannt ist die Sammlung Ostwalds „Klassiker der exakten Wissenschaften“, aber diese Bändchen werden mehr gerühmt als gelesen; nur verschwindend wenige sind über die erste Auflage hinausgekommen. Ihnen sowohl wie Kahlbaums „Monographien aus der Geschichte der Chemie“ und Dannemanns „Aus der Werkstatt großer Forscher“ ist eine weitere Verbreitung dringend zu wünschen. Es kann gar nicht oft genug betont werden, daß die Beschäftigung mit der Geschichte einer Wissenschaft außerordentliche Förderung gewährt. In den nachfolgenden Zeilen soll gezeigt werden, wie der Verfasser die Geschichte in den chemischen Unterricht der Prima einer Oberrealschule eingeflochten hat, und welche Vorteile sich daraus für die Förderung der Schüler ergaben.

In jeder Woche ist von seiten eines Primaners während einer Unterrichtsstunde ein kurzer Vortrag von 10 : 15 Minuten Dauer aus dem Gebiete der Chemie zu halten, für den ihm die Quelle angegeben worden ist. Die Schüler holen sich die notwendigen Bücher von der Großherzoglichen Bibliothek. Jeder einzelne hat seinen Vortrag selbständig auszuarbeiten und einige Tage, bevor er ihn zu halten hat, zu einer eingehenden Besprechung vorzulegen. Hierbei stellt sich in der Regel heraus, daß vieles — ganz abgesehen von den ungewohnten Ausdrücken und Formeln — nicht richtig verstanden worden ist, was dann im Zwiegespräch zwischen Lehrer und

Schüler klargestellt wird. Der heilsame Zwang, sich in den Stoff einzuarbeiten, hat nach Beobachtung des Lehrers und der Schüler selbst trotz aller anfänglichen Schwierigkeiten wohlthuende Folgen für das Verständnis chemischer Dinge gehabt. Am meisten gefördert wird naturgemäß immer der Vortragende, weil ihn seine Arbeit vorwärts bringt, doch bleibt auch eine Förderung für die ganze Klasse niemals aus, denn es knüpfen sich an jeden Vortrag eine Menge Fragen von seiten der Schüler, welche Aufklärung über Unverstandenes wünschen. Die Aufgaben für die Vorträge werden so gewählt, daß immer mehrere in inniger Verbindung miteinander stehen; entweder wird ein wichtiger Abschnitt des Lehrstoffes in zusammengehörigen Vorträgen als eine gründliche Wiederholung behandelt, oder es wird das Lebenswerk eines Mannes in seinen einzelnen wichtigsten Forschungen vorgeführt. Z. B.:

	Aufgabe.	Benutzte Quellen.
Gay-Lussac.	„Leben und Arbeiten Gay-Lussacs“.	Arago: Oeuvres. III, 1.
	G.-L.: „Ausdehnungsgesetz der Gase“.	Gilberts Annalen (1802) 12, 257. Ostwalds Klassiker Nr. 44.
	G.-L.: „Volumengesetz gasför- miger Verbindungen“.	Gilberts Ann. (1805) 20, 38; (1810) 36, 6. Ostwalds Klassiker, 42.
	G.-L.: „Jod“.	Gilberts Ann. (1815) 49, 1 u. 211. Schweiggers Journal (1815) 13, 381; 14, 35.
	G.-L.: „Cyan“.	Ostwalds Klassiker, 4. Schweiggers Journ. (1816) 16, 1.
Dampfdichte und Molekulargewicht.	Faraday: „Benzol und Bu- tylen“.	Poggendorffs Annalen (1825) 5, 303. Berzelius, Jahresbericht 6, 92.
	Dumas: „Dampfdichtebe- stimmungen“.	Pogg. Ann. (1827) 9, 293 u. 416.
	Mitscherlich: „Dampfdich- tebestimmungen“.	Abhdlgn. d. Kgl. Pr. Ak. d. Wis- sensch. Berl. 1833, S. 425.
	Mitscherlich: „Benzol“.	Pogg. Ann. (1833) 29, 231.

Dazu als Übergang zu einem andern Gebiet:

Dumas: „Methan“. Journ. f. prakt. Ch. (1840) 19, 303; 21, 261.

Es ist wohl ersichtlich, daß auch die beiden Reihen der Vorträge im Zusammen-
hang stehen. Die Untersuchungen Gay-Lussacs über das Verhalten der Gase bei
Temperaturveränderungen¹⁾ und bei chemischen Vorgängen bilden die Grundlage aller
Dampfdichtebestimmungen, und in der Abhandlung über das Cyan tritt uns bei der

¹⁾ Wie nötig es ist, das Ausdehnungsgesetz der Gase gründlich zu behandeln und auch auf
die Untersuchungen Späterer hinzuweisen, lehrt uns ein Geständnis von Berzelius: „Es ist be-
kannt, daß Gay-Lussac gefunden hat, daß die Luft zwischen 0° und 100° des Centesimal-Thermo-
meters um 0,375 ihres Volumens und folglich für jeden Grad des Thermometers um 0,00375 oder
 $\frac{1}{267}$ ihres Volumens bei 0° ausgedehnt wird. Man vergißt so leicht den letzten Umstand,
daß dies bei ihrem Volumen bei 0° und nicht nach ihrem Volumen bei der Tempe-
ratur, welche sie hat, gilt, weshalb auch bei so vielen chemischen Verfassern sich ein Fehler
in die Regeln eingeschlichen hat, die für die Art, die Volumsänderung der Gase mit der Tempe-
ratur zu berechnen, gegeben werden. Auch ich habe im 3. Teil des Lehrbuchs, S. 283, den-
selben Fehler gemacht.“ Berzelius, Jahresbericht 4, 51. Diese Beichte einer unzweifelhaften
Größe muß schließlich alle überzeugen, daß ein einzelner einfacher, fehlerquellenreicher Schul-
versuch nicht hinreichend sein kann, um zu dem anscheinend so einfachen Satze zu gelangen:
Die Gasräume verhalten sich bei unverändertem Druck wie die absoluten Temperaturen.

weitgehenden Anwendung des Gasvolumengesetzes zum rechnerischen Eindringen in die Geheimnisse vom Bau der Stoffe zum erstenmal eindringlich ein Hinweis auf die Notwendigkeit von Molekularformeln entgegen, wenn auch Gay-Lussac selbst hier keinerlei Formeln geschrieben hat. Er fand aus seinen Analysen, „daß das Cyanogen genau soviel Kohlenstoff enthält, um das doppelte Volum desselben an Kohlensäure hervorzubringen, d. h. zwei Volume Kohlenstoff nebst einem Volum Stickstoff sämtlich zu einem einzigen Volum verdichtet. Ist diese Annahme richtig, so muß die Dichtigkeit des Radikals, welche daraus abgeleitet werden kann, auch in der Erfahrung wieder gefunden werden. Nun aber beträgt, die atmosphärische Luft als Einheit gesetzt, die doppelte Dichtigkeit des (gasförmig gedachten) Kohlenstoffs 0,8320, die einfache Dichtigkeit des Stickstoffs 0,9691, und die Summe ist 1,8011, folglich müßte die Dichtigkeit des Cyanogens aus der gegebenen Analyse berechnet gleich 1,8011 sein; der Versuch hat 1,8064 ergeben.“ Übersetzen wir Gay-Lussacs Worte in unsere heutige Sprache, so heißt das: die Formel für das Cyan muß C_2N_2 lauten, nicht bloß CN.

Diese Cyanabhandlung leitet ungezwungen hinüber zu der Vortragsreihe über Dampfdichtebestimmungen und ihre Bedeutung. Die geschichtlich nächstliegende, folgenschwere Arbeit in dieser Richtung ist die Untersuchung Faradays über die Preßgasrückstände aus den Stahlflaschen der Londoner Gasanstalten. Hierbei machte Faraday ausgiebig von den Gasgesetzen Gebrauch und benutzte auch die von Gay-Lussac angegebene, in der Cyanuntersuchung zum erstenmal als entscheidend angewendete Methode der Verbrennung organischer Substanzen mit Kupferoxyd. Als methodische Neuheit führte Faraday dabei das Verfahren der stufenweisen Verdampfung (fraktionierte Destillation) ein. Faraday fand den Dampf des isolierten Benzols nahezu 40mal so schwer wie Wasserstoff; 2,3 Gran lieferten bei 212° F. und 29,98 Zoll (engl.) Barometerstand 3,52 Kubikzoll (engl.) Dampf. Die Verbrennung mit Kupferoxyd lieferte als mittleres Ergebnis 1 Gewichtsteil Wasserstoff auf 11,576 Gewichtsteile Kohlenstoff. Weil nun die Substanz noch nicht völlig rein war, so schloß Faraday, daß die reine Verbindung „12 Gewichtsteile Kohlenstoff auf 1 Gewichtsteil Wasserstoff“ enthalte. „Dieses wird durch diejenigen Resultate bestätigt, welche mir bei der Verpuffung des Dampfes der Substanz mit Sauerstoffgas zu erhalten gelang. . . . Ein Volumen vom Dampf erfordert 7,5 Vol. Sauerstoffgas zu seiner Verbrennung; 6 Vol. von dem letzteren verbinden sich mit Kohlenstoff zu 6 Vol. Kohlensäure, und die übrigen 1,5 Vol. vereinigen sich mit Wasserstoff, um Wasser zu bilden. Der in der Verbindung vorhandene Wasserstoff entspricht daher 3 Volumina, obgleich er in seiner Verbindung mit Kohlenstoff zu einem Volumen verdichtet ist.“ In der Tat sind $3H_2$ 3 Raunteile, während die 6C des Benzols 6 Raunteile CO_2 liefern. Wenn wir statt Faradays Ausdruck „Volumen“ stets Molvolumen oder kurz Mol setzen, so brauchen wir an seinen Worten weiter nichts zu ändern. 1 Molvolumen des dampfförmigen Benzols erfordert $7\frac{1}{2}$ Mol Sauerstoff zur Verbrennung $[C_6H_6 + 7\frac{1}{2} O_2 \rightarrow 6CO_2 + 3H_2O]$ und bildet 6 Mol Kohlendioxyd und so viel Wasser, wie aus 3 Mol Wasserstoff entstehen würde. In diesen Ergebnissen lag eine Tatsache vor, die gebieterisch darauf hinwies, daß die einfachen Formeln, welche die Analyse liefert, nicht immer die wirkliche Zusammensetzung genügend zum Ausdruck bringen, und daß diese Formeln unter Umständen vervielfältigt werden müssen. Noch stärker kam das zum Ausdruck in der zweiten neuen Verbindung, in Faradays „Halbkohlenwasserstoff“, unserm heutigen Butylen, weil schon ein anderer Kohlenwasserstoff mit derselben prozentischen Zusammensetzung, unser Äthylen, bekannt war. Zusammenfassend schloß Berzelius seinen Bericht hierüber: „Diese Abhandlung bietet das interessante Faktum dar, daß zwei ihren Eigenschaften nach verschiedene Körper vollkommen gleiche Zusammensetzung hinsichtlich der Elemente und ihrer gegenseitigen Proportionen haben können, nur mit

dem einzigen Unterschiede, daß das zusammengesetzte Atom des einen mehr Atome von jedem Elemente als das andere enthält. Wir haben gesehen, daß zwei Gase gleich zusammengesetzt sind, daß aber das eine in einem gegebenen Volum doppelt so viel einfache Atome enthält als das andre, und daraus folgt eine bestimmte Ungleichheit in physischen und chemischen Charakteren.“

In den zeitlich fast unmittelbar darauffolgenden Bemühungen von Dumas und Mitscherlich, die spezifischen Gewichte der Dämpfe zur Ermittlung von „Atomgewichten“ zu benutzen, erkennen die Schüler die folgerichtige Fortführung der von Gay-Lussac begonnenen Untersuchungen. Die zahlreichen genauen Angaben in den genannten Abhandlungen ermöglichen es, die ganze Klasse tätig zu beschäftigen. Es ist z. B. für geübte Schüler nicht schwer, aus den Zahlen für den Schwefeldampf — Gewichtsüberschuß des dampfvollen über den luftvollen Ballon 0,367 g, Barometerstand 758,5 mm, Lufttemperatur 18°, Raumgehalt des Ballons 228 cm³ (den geringen Luftrückstand von 0,004 cm³ können sich die Schüler schenken), Temperatur des Dampfes 524° — die Molekularformel des Schwefels S₆ für die Temperatur 524° zu berechnen. Die Zahlen von Mitscherlich sind in dieser Hinsicht etwas weniger bequem, weil er nicht den Rauminhalt des Gefäßes angibt, sondern nur die nötigen Unterlagen liefert, um ihn zu errechnen. Bei der Auswertung seiner Versuchsergebnisse der Dampfdichtebestimmungen ermüdeten die Schüler. Dagegen erregte der anschließend behandelte leicht verständliche erste Teil seiner Benzoluntersuchungen wieder ihre größte Teilnahme, um so mehr als er im Zusammenhang mit dem Abschnitt über das Methan, der einer größeren Arbeit Dumas' angehört, hinüberleitet in die Substitutionen der organischen Chemie.

Unaufgefordert hat der Schüler, welcher über Dumas' Dampfdichtebestimmung vortrug, eine photographische Aufnahme einer Abbildung aus der Abhandlung gemacht und bei seinem Vortrage projiziert; ein Zeichen, daß diese geschichtlichen Studien den jungen Leuten angenehm waren. Als wenig bekannt, aber höchst interessant mag noch ein anderes Bild hier wiedergegeben werden, das derselbe Schüler bei anderer

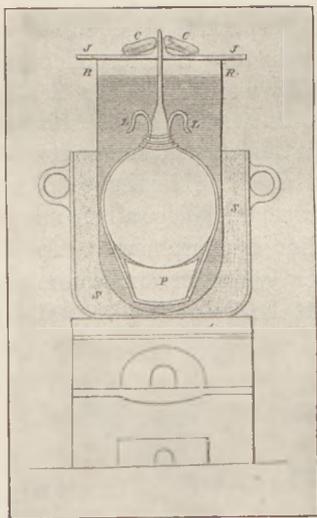


Fig. 1.



Fig. 2.

Gelegenheit in Gegenwart des Lehrers aus einem sehr seltenen Buche (Ulstad, Coelum philosophorum) aufgenommen hat. Leider ist es recht klein ausgefallen. Es stellt eine Destillationsanlage für Alkohol dar: „distillatorium ad Aqua vite“. Aus der „Cucurbita“ geht alles Flüchtige durch den Helm „Alembicum“ in ein langes Schlangenrohr, welches durch „Ein rore vol kalt Wasser Canale plenü aqua frigida“

so weit heruntergekühlt wird, daß nur die allerflüchtigsten Bestandteile in die Vorlage, das „Receptaculum“, gelangen. Es ist nicht ganz unnütz, einmal eine moderne Anlage einer Brennerei, deren Besuch sich leicht ermöglichen läßt, mit einer solchen alten Anlage (1527) vergleichen zu lassen.

Aus den geschichtlichen Bemühungen der angegebenen Art ergeben sich Vorteile, die nicht zu verachten sind. Das Streben der fortschrittlich gesinnten Schulmänner geht dahin, die Schüler möglichst zur Selbsttätigkeit zu veranlassen, sie zu eigenem Mühen um die Erforschung der Wahrheit zu bewegen. Infolge der Verschiedenartigkeit der menschlichen Veranlagung kommt das Arbeiten im Schülerlaboratorium in dieser Beziehung nur einem Teil der Jugend zugute. Die Vorträge bilden zu dem praktischen Übungsbetrieb eine wertvolle Ergänzung, denn sie gestatten, alle Schüler nach ihrer besonderen Begabung zu eigener Arbeit heranzuziehen. Ein vorwiegend sprachlich Interessierter kann mit der Entwicklung der Namengebung und der Zeichensprache beschäftigt werden, ein philosophischer Kopf mit dem geistigen Gehalt einzelner Theorien, der künftige Jünger der Volkswirtschaft mit der Entwicklung einzelner Industrien. Neben diesem Sondervorteil für die einzelnen erwächst aus einer wohlgetroffenen Auswahl geschichtlicher Vorträge für alle Unterrichteten der unschätzbare Nutzen, daß die vielen gedächtnisbelastenden Einzelheiten auf das allerzweckmäßigste zu einer Einheit zusammengefaßt werden, und daß aus dem Verfolg der fortschreitenden Wissenschaft sich eine gründliche philosophische Vertiefung und ein Verständnis für die Wege der Forschung ergibt. Zugleich wird die Kritik, die Urteilsfähigkeit geübt durch den Vergleich des Gewesenen mit dem inzwischen Gewordenen, und eine Überhebung, wie herrlich weit wir's doch gebracht haben, wird durch die tausendfach sich ergebenden Rätselfragen gebührend verhindert.

Um der zusammenfassenden Überblicke willen und um der urteilsübenden Versenkung in die Gedankengänge hervorragender Geister willen kann man den lebhaftesten Wunsch hegen, daß auch an unsern Hochschulen den Studierenden überall durch Einrichtung eines Seminarbetriebes, der ja nur einstündig zu sein brauchte, Gelegenheit zum Eindringen in die Geschichte der Wissenschaft gegeben werde. Natürlich müßten die Aufgaben dem weiteren Gesichtskreis des Studierenden und seiner größeren Selbständigkeit entsprechend anders gestellt werden als für Schüler; etwa: die Entwicklung der chemischen Zeichensprache, die Entwicklung des Affinitätsbegriffs, die Entwicklung des Valenzbegriffs, das Problem der Materie in seiner geschichtlichen Entwicklung, die Aufklärung über die Elementarnatur des Chlors usw. Der Verfasser dieser Zeilen hat einige der zuletzt angegebenen Aufgaben gelegentlich mit Primanern besprochen und dabei viel Gegenliebe gefunden. Eine bemerkenswerte Anzahl solcher geschichtlichen Abhandlungen sind in mustergültiger Weise in der Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge (Stuttgart, Enke) enthalten, die jetzt von Prof. Dr. W. Herz (Breslau) herausgegeben werden.

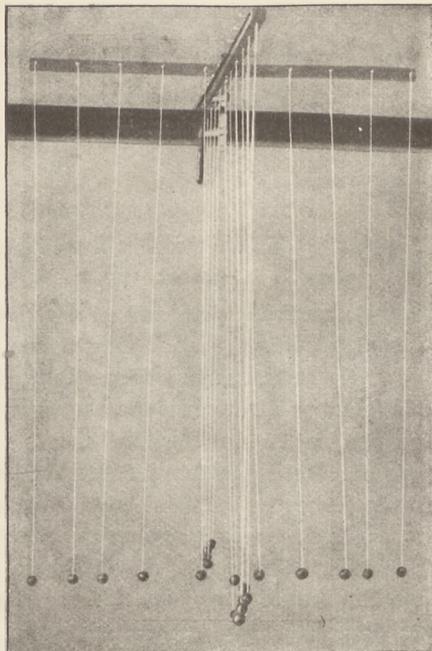
Kleine Mitteilungen.

Umwandlung von Querwellen in Längswellen.

Von Prof. P. Schönhals in Naumburg.

Die einfachste Wellenmaschine, soweit es sich nur um die geometrische Form der Welle handelt, ist eine Reihe von Fadenpendeln, deren Gewichte man senkrecht zur Reihe oder in deren Richtung im Takt gleichmäßig stark anschlägt. Das Anschlagen längs der Reihe erfordert freilich einige Geschicklichkeit. Indessen bietet die Erhaltung der Pendelebene ein überraschend einfaches Mittel, um die Querwelle in eine Längswelle umzuwandeln. — Durch einen Holzstab (100, 3, 2 cm) sind in

Abständen von 10 cm Löcher von 1 bis 2 mm Weite gebohrt. Senkrecht zu diesen, aber sie nicht schneidend, sind in den Stab 10 kleine Schraubösen eingeschraubt. Die Pendelfäden sind durch die Löcher geführt und mit ihren Enden an den Ösen festgebunden, um deren Hals man sie noch so oft herumwickelt, bis die Pendellängen gleich sind. Die letzte Ausglei chung erfolgt durch Drehung der Ösen. Der Stab ist in seiner Mitte durch einen Mutterbolzen am Ende eines zweiten gleichfalls 1 m langen, aber etwas kräftigeren Holzstabes unter Einlegung eines Zwischenringes drehbar befestigt. Dieser zweite Stab wird mit seinem andern Ende durch eine Schraubzwin ge an eine mit der Schiebewandtafel verbundene hohe Tischplatte angeklemt. (Wandbrett, hochgestellter Gaußscher Tisch, Kiste.) — Man dreht nun die Pendelreihe zunächst in die zur Tafelwand senkrechte Lage und schlägt sie, sobald sie in Ruhe ist, parallel zur Tafel an, am besten mit einem leichten schmalen Brettchen, dessen Ende man zwischen die Fingerspitzen nimmt. Ist eine gut ausgebildete Querwelle entstanden, so dreht man den Stab recht langsam um einen rechten Winkel. Die Schwingungsebenen, die hierbei nur Parallelverschiebungen erlitten haben, decken sich jetzt, und es wird eine Längswelle sichtbar, die um so vortrefflicher ist, je gleichmäßiger man nach Stärke, Richtung und Takt das Anschlagen besorgt hatte. Als Tempo nehme man zunächst etwa 3 Schläge in der Sekunde; seine Veränderung bringt eine solche der Wellenlänge mit sich, und es liegt so auch eine Betrachtung über die Gleichung $c = n\lambda$ nahe, in der hier n konstant ist. — Der Versuch läßt sich, wenn man nicht zu lange wartet, leicht rückgängig anstellen und sogar mehrmals wiederholen, ohne daß man von neuem anzuschlagen braucht. Das beigefügte Photogramm ist das Ergebnis einer doppelten Belichtung derselben Platte und zeigt die während eines Versuches aufeinander folgenden Wellenformen nebeneinander. Vielleicht fesselt es die



Aufmerksamkeit photographierender Fachgenossen, da es sich um eine Zimmeraufnahme handelte, die Belichtungszeit $\frac{1}{100}$ Sek. nicht wesentlich überschreiten durfte und Blitzlicht wegen der störenden Schatten, vor allem wegen der Unsicherheit des Belichtungs Augenblicks ausgeschlossen war, der hier sorgsam ausgewählt werden mußte.

Übrigens eignet sich der Versuch in der einfacheren Anordnung, in der er zuerst aus dem Stegreif gemacht wurde, gut für Schülerübungen. Es hängen dabei die Pendel an kurzen Bildernägeln, die seitlich in ein Brett (Hahnsche optische Bank) eingetrieben sind. Dieses wird auf einen Kasten (Quinckes Hocker) vorstehend festgeklemmt, der auf einer Tischecke steht und dort aus freier Hand gedreht wird. Als Pendelkörper dienen durchbohrte gußeiserne Kugeln, wie sie in den Eisenhandlungen billig zu haben sind.

Versuch zur Demonstration der Strömungsbedingungen für die Elektrizität.

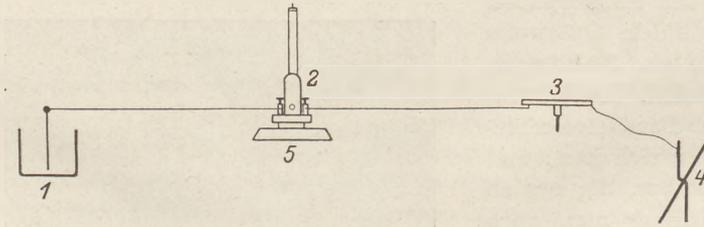
Von Dr. Reismann in Hattingen (Ruhr).

Zu den bislang bekannten Versuchen über die Strömungsbedingungen der Elektrizität möchte ich einen weiteren einfachen Versuch hinzufügen, der zeigen soll, daß

ein Strom auf einem Leiter erst dann entsteht, wenn in irgendeinem seiner Punkte das statische Gleichgewicht der Elektrizität durch Veränderung des Potentials gestört wird.

Zur Erläuterung diene die nebenstehende Figur. 1 ist eine Leydener Flasche von normaler Größe, 2 ein empfindliches Spiegelgalvanometer, 3 eine Metallplatte mit isolierendem Glasfuß, 4 ein Braunsches Elektrometer mit einem Meßbereich bis ca. 4000 Volt. Das Galvanometer muß als Ganzes natürlich gegen die Erde isoliert sein, am einfachsten durch eine dicke Paraffinplatte 5 als Unterlage. Die leitende Verbindung geschieht durch Bindfaden von insgesamt 3 bis 4 m Länge.

Das System wird an irgendeiner Stelle mit der Influenzmaschine bis 4000 Volt geladen und zunächst sich selbst überlassen. Nähert man dann der Platte die Hand-



fläche, so fällt dort das Potential; die Elektrometernadel sinkt, um aber sogleich infolge des Nachströmens von Elektrizität aus der Leydener Flasche zu steigen. Währenddessen zeigt das Galvanometer

so lange andauert, bis das Elektrometer seinen alten Stand nahezu erreicht hat.

Entfernt man die Hand, so steigt das Elektrometer wieder auf seine Anfangsstellung zurück; gleichzeitig zeigt das Galvanometer einen Strom, aber von entgegengesetzter Richtung an. Der Versuch läßt sich natürlich öfters wiederholen.

Die Bedingungen für sicheres Gelingen sind eine gute Isolation aller Teile und möglichst große Oberfläche der isolierten Metallplatte, doch genügt bereits eine Platte von 20 bis 25 cm Durchmesser. An Stelle der Hand kann man auch eine zweite geerdete Metallplatte von 20 cm Durchmesser nähern; die Wirkung wird dadurch etwas verbessert.

Als Spiegelgalvanometer benutze ich das von den Physikalischen Werkstätten d. E. d. E., Göttingen, konstruierte Instrument. Es besitzt bei 2 m Skalenabstand eine Empfindlichkeit von $2 \cdot 10^{-8}$ Amp. für 1 mm Ausschlag an der Skala. Es lieferte bei den Versuchen 3 bis 4 cm Ausschlag, der deutlich von allen Plätzen erkennbar war.

Der didaktische Wert des Versuchs liegt m. E. darin, daß er zeigt, wie eine lokale Störung des Potentials eine allgemeine Bewegung von Elektrizität im Leiter nach sich zieht analog der Bewegung des Luftmeeres durch örtliche Depressionen.

Die Tangentenbussole als Schülerarbeit in Berlin.

Von P. Nickel in Berlin (Andreas-Realgymnasium), zur Zeit im Felde.

Die Tangentenbussole ist ein für Schüler vergleichsweise leicht herzustellender Strommesser. Der Ring, auf den der Draht zu wickeln ist, läßt sich leicht gewinnen, wenn man 3 Scheiben aus Steinpappe miteinander verklebt oder verleimt; die beiden äußeren Scheiben mögen etwa 10,2 cm, der mittlere 10 cm Radius haben, während der Durchmesser für den Ausschnitt für alle 3 Scheiben 14 cm beträgt. Der gewonnene Ring kann bei nicht ganz sauberer Arbeit noch mit Papier beklebt werden. Er erhält auf der Innenseite in einem kleinen Abstand von einem Durchmesser 2 Nuten zum Einschieben eines Brettchens etwa aus Zigarrenkistenholz, das die Teilung tragen soll. Natürlich kann man mit Vorteil den Pappiring durch einen Ring aus hartem Holz ersetzen, den man mit der Laubsäge ausschneidet und mit einer Nut für den Draht versieht oder gar abdrechseln läßt. Mit einer Messingschraube wird der Ring an ein Stativ geschraubt, das etwa aus einem $\frac{1}{2}$ zölligen Brett 10×20 cm mit einem

eingeleimten oder eingeschraubten Stiel (2×3 cm) von 16 cm Höhe besteht. Im oberen Teil ist der Stiel abgesetzt, um dem Ring mehr Halt zu geben; die Drähte sind längs des Stieles zu Klemmen auf dem Grundbrett geführt (Fig. 1).

Die Teilung für die Nadel wird nach Fig. 2 hergestellt. Aus der Formel $C = 5 \frac{R \cdot H}{n\pi}$ folgt der Reduktionsfaktor, z. B. für $R = 10$ cm; $H = 0,19$; $n = 2$; $C = 1,5$. Für einen Kreis mit dem Radius C oder einem Vielfachen von C (in der Figur $3 \cdot 1,5 = 4,5$ cm) wird die Tangente nach bequemen Unterabteilungen des Ampere

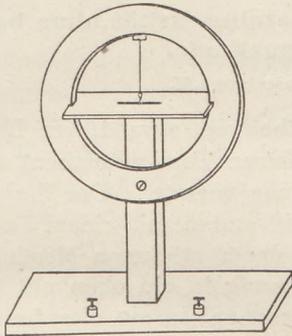


Fig. 1.

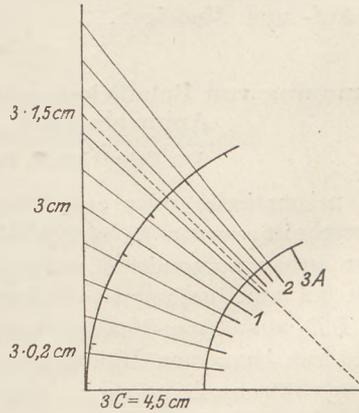


Fig. 2.

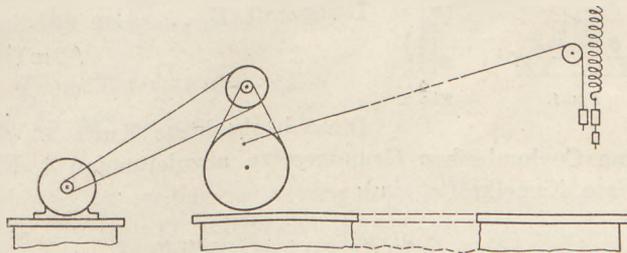
eingeteilt, die Teilung auf den Kreis übertragen und evtl. verkleinert, z. B. wie in der Figur auf einen Kreis mit 2,6 cm Radius. Diese letzte Teilung wird auf das Brettchen übertragen. Als Zeiger kann man Magnetnadeln mit einfachen Messinghütchen verwenden, die im Handel zu haben sind.

Es empfehlen sich Nadeln von 2 Zoll Länge (30 Pf.). Man kann sich auch mit einer Sticknadel behelfen, die an einem Kokonfaden aufgehängt wird. Endlich dient auch ein Kompaß mit Gradteilung, der auf das Brettchen gestellt wird, dem Zweck. In diesem Falle läßt sich eine Zeichnung wie Fig. 2 benutzen, um mit Hilfe eines Transporteurs den Stromwert des Aufschlages leicht zu ermitteln.

Versuchsordnung, um den Sinuscharakter einer elastischen Schwingung zu zeigen.

Von Friedrich C. G. Müller in Brandenburg a. H.

Der experimentelle Beweis, daß die Schwingbewegung einer an einer Schraubenfeder hängenden Masse übereinstimmt mit der durch eine Kurbel maschinenmäßig hervorgerufenen Sinusbewegung, läßt sich gut mittels der skizzierten Versuchsanordnung erbringen. Zum Antrieb der dabei verwendeten Schwungmaschine gewöhnlicher Ausführung dient eine mittels kurzen Zapfens in die Laufspindel befestigte Schnurrolle. Der Elektromotor muß, von einer Sammlerbatterie betätigt, sehr gleichmäßig laufen. Durch richtige Bemessung der Schnurübersetzung muß man es dahin bringen, daß die Kurbel etwa 2 Sek. Umlaufszeit erhält.



Die Feder muß bei 25 cm Schwingungsweite Perioden von mindestens 2 Sek. ergeben. Je länger die Periode und je weiter die Amplitude, um so deutlicher fällt

der Versuch aus. Nach vielem Suchen erwies sich Messingdraht von 0,7 bis 0,8 mm als gut geeignet für die Feder. Man windet 5 m desselben auf einen Dorn von 2 cm. Die Feder geht nachher auf 3 cm auseinander. Mit etwa 150 g belastet, vollführt sie Schwingungen von 2 Sek. Dauer. Unter Anwendung der Stoppuhr bringt man es durch Veränderung der angehängten Masse dahin, daß die Perioden der natürlichen und der künstlichen Schwingung genau übereinstimmen. Dann gelingt es nach einiger Übung, aus freier Hand die Federschwingung auf gleiche Phase und Amplitude mit der Kurbelschwingung zu bringen, so daß beide Massen genau nebeneinander bleiben bei ihrem Auf- und Absteigen.

Die Bestimmung von Polstärken und der Horizontalintensität ohne besondere Apparate nach der Schwingmethode.

Von **Friedrich C. G. Müller** in Brandenburg a. H.

Zwei prismatische oder zylindrische Magnetstäbe von etwa 10 cm Länge und 1 qcm Querschnitt werden an einem feinen Draht, dessen Torsionsmoment D_0 durch Vorversuche genau ausgemittelt werden, in Schwingung versetzt. Der Stahldraht A (Fig. 1) von 0,2 mm Durchmesser und 30 cm Länge ist unten mit einem 4 cm langen Hebelchen BB aus 1 mm-Messingdraht, oben mit einem stärkeren Messingdraht C verlötet und zur bequemen Handhabung und Verwahrung in ein oben mit Kork abgeschlossenes Glasrohr D gezogen. Das Rohr wird vertikal in ein eisenfreies Stativ gespannt, und zwar so, daß BB im magnetischen Meridian liegt. Mittels Fadenschlingen lassen sich die Magnetstäbe oder andere Stäbe leicht an dem eingekerbten Hebelchen BB aufhängen. Die gegebenen Trägheitsmomente der beiden Magnete seien M_1 und M_2 , ihre beobachteten Schwingungszeiten T_1 und T_2 . Dann berechnen sich die beiden magnetischen Richtkräfte nach der Formel $T = 2\pi\sqrt{M/D}$ zu

$$D_1 = \left(\frac{2\pi}{T_1}\right)^2 M_1 - D_0; \quad D_2 = \left(\frac{2\pi}{T_2}\right)^2 M_2 - D_0.$$

Diese Werte sind aber gleich $2H\mu \cdot l/2$, worin l den Polabstand bedeutet (8,3 cm bei 10 cm Stablänge). Mithin

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{D_1}{D_2} = q \dots \dots \dots 1)$$

Um weiter μ_1, μ_2 zu finden, wird dem am Torsionsdrahte schwingenden einen Magneten der andere konaxial im Abstände r gegenüber aufgestellt, wie Fig. 2 erläutert. Nunmehr beobachtet man die verminderte Schwingungsdauer $T_{1,2}$. Die daraus zu berechnende Richtkraft vermindert um D_0 und D_1 ergibt die von dem festen auf den schwingenden Magnetstab ausgeübte Richtkraft $D_{1,2}$. Also

$$D_{1,2} = \left(\frac{2\pi}{T_{1,2}}\right)^2 M_1 - (D_0 + D_1).$$

Diese beobachtete Kraft ist aber gleich der Summe der nach dem Coulombschen Grundgesetze abzuleitenden 4 Einzelkräfte multipliziert mit $l/2$. Diese Einzelkräfte sind:

$$k_{14} = \frac{\mu_1 \mu_2}{(r-l)^2}; \quad k_{13} = -\frac{\mu_1 \mu_2}{r^2}; \quad k_{23} = -\frac{\mu_1 \mu_2}{(r+l)^2}; \quad k_{24} = \frac{\mu_1 \mu_2}{r^2}.$$

Nun ist aber zu beachten, daß diese Kraft nicht, wie bei einer relativ verschwindend kleinen Nadel, unter dem Ausschlagwinkel α angreifen, sondern unter dem etwas größeren Winkel α_1 . Es müssen also die 4 Einzelkräfte mit $\sin \alpha_1 / \sin \alpha$ multipliziert

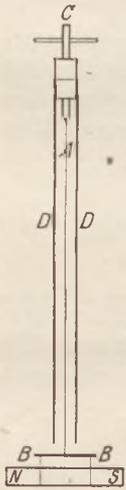


Fig. 1.



Fig. 2.

in Rechnung gebracht werden. Dann ergibt sich leicht unter Anwendung des Sinussatzes nach Fig. 3

$$D_{12} = \frac{l}{2} \mu_1 \mu_2 \left[\frac{r - \frac{l}{2}}{(r - l)^3} - \frac{r + \frac{l}{2}}{(r + l)^3} - \frac{r + \frac{l}{2}}{r^3} + \frac{r - \frac{l}{2}}{r^3} \right] = \mu_1 \mu_2 \cdot n \cdot 2)$$

Für $l = 8,3$ und $r = 20, 30, 40$ cm sind die leicht zu berechnenden numerischen Werte von $1/n$ bezüglich 30,9, 149,5, 422.

Aus Gl. 1) und Gl. 2) endlich ergibt sich

$$\mu_1 = \sqrt{D_{12} \cdot q/n} \quad \mu_2 = \mu_1/q$$

$$H = \frac{D_1}{\mu_1 l/2}$$

Zur Erläuterung der entwickelten Methode sei ein ausgeführter Beobachtungssatz mitgeteilt.

A. Bestimmung des Torsionsmoments D_0 .

1. Eingehängt wurde ein linearer Messingdraht von 2 mm Dicke, 15,43 Länge und 3,882 g Gewicht. Dessen Trägheitsmoment ist 77,2, dazu das der Aufhängung BB $M = 77,7$. — Beobachtet wurde $T = 3,09$ Sek., woraus

$$D_0 = \left(\frac{2\pi}{3,09} \right)^2 77,7 = 322.$$

2. Eingehängt ein linearer Messingdraht von 1 mm Dicke, $l = 17,97$, $m = 1,166$. $M = 31,4 + 0,5 = 31,9$. Beobachtet $T = 1,983$, woraus

$$D_0 = \left(\frac{2\pi}{1,983} \right)^2 \cdot 31,9 = 321,5.$$

B. Magnetstab I 10,00 : 0,85 : 1,2 cm, $m = 81,35$, $M_1 = 683$.

Magnetstab II 9,90 : 0,70 : 1,3 cm, $m = 73,17$, $M_2 = 601$.

1. Beobachtet: $T_1 = 6,74$ Sek. $T_2 = 6,61$ Sek.

$$\text{Daraus } D_1 = 595 - 322 = 273,$$

$$D_2 = 543 - 322 = 221,$$

$$q = 273/221 = 1,236.$$

Magnet II schwingt, I fest.

2. $r = 20$ cm. Beobachtet $T_{12} = 3,99$ Sek. Woraus

$$D_{12} = 1490 - 543 = 947,$$

$$\mu_1 = \sqrt{1,236 \cdot 947 \cdot 30,9} = 190,$$

$$H = 0,173.$$

$r = 30$ cm. $T_{12} = 5,68$. Woraus $D_{12} = 735 - 543 = 192$,

$$\mu_1 = \sqrt{1,236 \cdot 192 \cdot 149,5} = 188,$$

$$H = 0,174.$$

$r = 40$ cm. $T = 6,21$. $D_{12} = 615 - 543 = 72$.

$$\mu_1 = \sqrt{1,236 \cdot 72 \cdot 422} = 194,$$

$$H = 0,169.$$

Die letzte Bestimmung mit $r = 40$ ist wegen der niedrigen Differenz mit einer Fehlergrenze von über $1^0/0$ behaftet. Bei $r = 20$ dürfte sich die gegenseitige Influenz schon bemerkbar machen. Am günstigsten liegen die Verhältnisse bei 25 bis 30 cm Abstand des festen vom schwingenden Magneten.

Eine gleich hinterher nach der diese Zeitschrift XXIII, 1 beschriebenen Dynamometermethode ausgeführte Vergleichsbestimmung mit denselben Magneten ergab $\mu_1 = 188$, $H = 0,178$.



Fig. 3.

Wenn man mittels Stoppuhr T aus 10 ganzen Schwingungen bestimmt, dauert ein Satz von 3 Zeitbestimmungen T_1, T_2, T_{12} etwa 10 Minuten und das mittels Schieber errechnete Ergebnis ist bis auf $\frac{1}{2}\%$ genau bei $r = 30$ cm. Selbstverständlich läßt sich eine noch weiter gehende Genauigkeit erzielen, wenn man den Zeitraum einer größeren Zahl ganzer Schwingungen bestimmt.

Die neue Methode eignet sich für Klassenversuche wie für Schülerübungen. Allerdings ist sie nur auf eine Unterrichtsstufe anwendbar, wo die Theorie der Schwingbewegung und des physischen Pendels gründlich erledigt ist. Dann aber bietet sie schon an und für sich einen lehrreichen und vielseitigen Übungsstoff, welcher fast die ganze Schulmechanik erfaßt.

Ihr besonderer Vorzug ist, daß sie außer dem in jeder Schule vorhandenen allgemeinen Experimentiergerät nur ganz einfache schnell, leicht und kostenlos herzurichtende Vorrichtungen verlangt, die überdies noch anderweitig Verwendung finden können.

Einige einfache Demonstrationsversuche aus Physik und Chemie.

Von Prof. Dr. W. Roth in Greifswald.

Für Gleichstromversuche stehen jeder Schule Demonstrationsgalvanometer von mittlerer und hoher Empfindlichkeit zur Verfügung. Um aber bei Leitern zweiter Klasse Leitfähigkeit nachzuweisen, ist meist Wechselstrom das gegebene, für den die gewöhnlichen Galvanometer versagen; Hitzdrahtinstrumente und die interessanten Versuche, die gewöhnlichen Galvanometer auch für Wechselstrom benutzbar zu machen, kommen für Schulen nicht überall in Frage.

Merkwürdigerweise wird das Telephon als Demonstrationsinstrument selten benutzt, und doch eignet es sich zu qualitativen Versuchen sehr gut. Verstärkung des Stromes gibt sich dem Ohr durch Verstärkung des Schalles deutlich kund, vorausgesetzt, daß es sich um schwache Ströme handelt. Daß Ton- und Stromstärke nicht proportional wachsen, sondern beim Telephon sehr komplizierte Verhältnisse vorliegen, stört bei qualitativen Versuchen nicht.

Die folgenden beiden Versuchsanordnungen zeigen, daß das Telephon nicht nur als Null- sondern auch als rohes Meßinstrument brauchbar ist.

1. Leitfähigkeit von destilliertem Wasser, Löslichkeit „unlöslicher“ Salze.

Man stellt einen Stromkreis her aus der sekundären Wicklung eines kleinen, von einem Akkumulator getriebenen Induktoriums¹⁾, einem Kohlraschen Widerstandsgefäß mit senkrechten Elektroden und einem Telephon. Das gut ausgewaschene Widerstandsgefäß füllt man mit bestem destilliertem Wasser; das Telephon summt gerade hörbar. Man wirft in das Wasser etwas sorgfältig ausgewaschenes Chlorsilber, das man gewöhnlich als „unlöslich“ betrachtet. Der Ton ist deutlich stärker, es ist also verstärkte Leitfähigkeit vorhanden, das Salz hat Ionen in Lösung geschickt, ist also etwas löslich.

Die Chlorsilberlösung wird durch destilliertes Wasser ersetzt. Der Ton ist wieder kaum vernehmbar. Wirft man gut ausgewaschenes Bariumsulfat (oder fein gepulvertes Schwerspat) hinein, so entsteht ein erheblich stärkerer Ton als beim Zubringen von AgCl . Das BaSO_4 ist also erheblich löslicher.

Ersetzt man die BaSO_4 -Lösung durch destilliertes Wasser, so ist der Ton wieder ganz schwach. Hineinwerfen von ein Paar Körnchen Bleisulfat bringt das Telephon fast zum „Brüllen“. Bleisulfat wird ja auch vom Analytiker als merklich löslich angesehen. Geht man von einem Salz zum anderen über, so spült man das Gefäß mehrmals aus.

¹⁾ Das Induktorium muß durch Zuschalten von Widerstand im Primärkreis auf „Mückenton“ (summendes Geräusch mit viel Obertönen) eingestellt sein.

Die Leitvermögen sind in reziproken Ohms (bei Zimmertemperatur)

destilliertes Wasser je nach Güte:	1 — 3	$\times 10^{-6}$
AgCl-Lösung:	„	$+ 1,1 \times 10^{-6}$
BaSO ₄ -Lösung:	„	$+ 2,5 \times 10^{-6}$
PbSO ₄ -Lösung:	„	$+ 32 \times 10^{-6}$.

Da sich die Beweglichkeiten der Ionen Ag, $\frac{1}{2}$ Ba, $\frac{1}{2}$ Pb, Cl und SO₄ nur wenig unterscheiden, sind die Leitvermögen den Löslichkeiten fast proportional.

Daß das Leitvermögen des Wassers und der gesättigten Salzlösungen mit der Temperatur stark ansteigt (letzteres, weil die Löslichkeit der „unlöslichen“ Salze mit der Temperatur stark ansteigt), kann man leicht zeigen, wenn man das Leitvermögensgefäß einmal in kaltes, einmal in warmes Wasser setzt. Beim Umschütteln stellt sich die der anderen Temperatur entsprechende Löslichkeit sehr prompt ein.

2. Löslichkeit fester Salze.

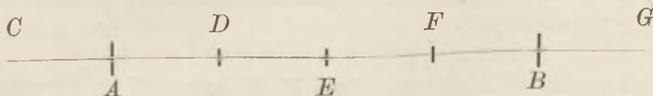
Bekanntlich steigt das Leitvermögen fester Salze und Oxyde mit der Temperatur anfangs wenig, später rapide an, vgl. das Verhalten einer „Nernst-Lampe“.

Sehr hübsch läßt sich die Temperaturempfindlichkeit des Leitvermögens fester Salze am Chlorsilber demonstrieren. In einen Porzellantiegel bringt man etwas hornartig erstarrtes Chlorsilber; zwei Stäbchen aus Feinsilber oder unten versilberte Stricknadeln stellt man so in den Tiegel, daß die Silberspitzen in $\frac{1}{2}$ bis 1 cm Entfernung auf dem AgCl aufruhend. Dann stellt man wie im vorigen Versuch einen Stromkreis her aus der sekundären Wicklung eines ganz kleinen Induktoriums, einem Telephon und der Chlorsilberzelle. Bei Zimmertemperatur spricht das Telephon nicht an: AgCl ist bei tiefer Temperatur ein Nichtleiter. Bringt man ein kleines Flämmchen unter den Tiegel, so fängt das Telephon nach kurzer Zeit an zu summen, der Ton verstärkt sich immer mehr bis zum „Brüllen“ und geht nach Entfernung der Flamme im selben Tempo wieder auf Null zurück.

Beide Versuche sind sicher und eindrucksvoll. Die Benutzung des Ohrs statt des Auges als messendes Sinnesorgan ist der Abwechslung halber sehr zu empfehlen.

Für die Praxis.

Longitudinale Schwingungen in Stäben. Von W. Kodweiß in Heidenheim a. d. Brenz. Im 28. Jahrgang dieser Zeitschrift S. 324 habe ich ein Verfahren angegeben, mittelst dessen man die Knoten und Schwingungsbäuche longitudinal schwingender Stäbe sichtbar machen kann. Nachträglich habe ich nun bemerkt, daß J. Peiser¹⁾ beim Reinigen von Objektträgern und Deckgläschen eine ähnliche Beobachtung machte, indem sich auch hier, wenn durch das Reiben ein Ton entstand, der Alkohol an den Schwingungsbäuchen wellenförmig kräuselte. J. Peiser versuchte nun, diese Kräuselungen zu fixieren und setzte zu diesem Zweck dem Alkohol etwas Kieselgur zu; ich konnte damit keine brauchbaren Resultate erzielen, wohl aber gelang der Versuch sehr gut, als ich dem Alkohol etwas Goldbronze zusetzte.



Klemmt man die Röhre in A und B ein und bringt man sie durch Reiben an dem Ende BG zum Tönen, so bildet die Goldbronze an den Stellen C, D und F Ringe, während dieselben bei E fehlen. Die von mir benutzte Röhre war 120 cm lang; es dürfte sich aber empfehlen, eine längere Röhre zu nehmen, damit das Ende BG zur Erregung des Tones nicht zu kurz ist.

¹⁾ J. Peiser, Tonfiguren. Physikalische Zeitschrift 1904.

Schwimmendes Geld. Von H. Rebenstorff in Dresden. Meine Mitteilung über Kapillarschwimmer aus Aluminiumblech (diese Zeitschrift 27, 219) läßt erwarten, daß auch das neueste Kriegsgeld aus dem Leichtmetall frei auf reinem Wasser schwimmen wird. Während aber ein Stück des sehr dünnen Bleches auch beim wagerechten Herabfallen aus geringer Höhe sich schwimmend der Wasseroberfläche auflegt, sinkt der Aluminiumpfennig aus der Luft fast stets in die Tiefe. Schwimmend verbleibt er hingegen, wenn man, wie bei dem bekannten Nähnadelversuch, das Geldstück wagerecht zwischen zwei Fingern bis in die Wasseroberfläche bringt und die mit den Spitzen eingesenkten Finger erst jetzt entfernt. Ein anderes Hilfsmittel besteht darin, das Geldstück in die Mitte eines schmalen Papierstreifens zu legen, dessen Enden man festhält und erst voneinander trennt, sobald die Münze wagerecht auf das Wasser gebracht ist.

Eine Denkrage ergibt, daß die so schwimmende Münze eigentlich in das Wasser hineingesenkt ist. Die durch die kleine Kreisscheibe entstehende Eintiefung der Wasseroberfläche hat nach dem Gesetz des Schwimmens ein 2,7 mal so großes Volumen wie das Metallstück selbst. Wie man im reflektierten Licht sieht, ist nun diese Eintiefung einige Millimeter weit vom nach oben konvexen Meniskus umrandet. Der mittlere Durchmesser der durch den Schwimmer verdrängten Wassermenge übertrifft den Durchmesser der Münze aber nur wenig. Daher liegt die ganze Münze ein Stückchen eingetieft unterhalb der Wasseroberfläche. Mit einem etwa 5 cm breiten, unten gerade beschnittenen Papierstreifen kann man dies deutlich erkennen. Es gelingt, mit dem unteren Rande des Streifens die Münze so zu überbrücken, daß die Ecken des Streifens ins Wasser tauchen, während die Münze frei in der Mitte darunter liegt. Ein Kapillarschwimmer unterscheidet sich auch dadurch von jedem gewöhnlichen Schwimmer, daß das durch ihn verdrängte Wasser ein größeres Volumen besitzt als der Schwimmer, während beim gewöhnlichen Schwimmer ein Überschuß seines Volumens über die Wasseroberfläche herausragt.

Auch bei diesen Versuchen bemerkt man wieder die Abstoßung von Gegenständen mit ungleich gekrümmten Menisken am Rande (konvex und konkav). Der benetzte Gegenstand (auch eine im Wasser genäherte Bleistiftspitze) stößt die schwimmende Münze stark ab; diese hält sich auch in der Wassermitte. War bei einem Mißlingen des Schwimmversuches die Münze hineingefallen, so muß sie vor erneutem Aufbringen zunächst sehr gründlich abgetrocknet werden.

Ganz interessant sieht der Schatten einer schwimmenden Münze auf der Innenwand einer als Gefäß benutzten Porzellantasse aus, wenn die Beleuchtung durch eine einzelne Lichtquelle darüber erfolgt. Infolge der Brechung im Meniskus entsteht eine Art Glorienschein. Bei dieser Gelegenheit sei gestattet, ein Versehen beim Abfassen des obenerwähnten Aufsatzes zu berichtigen (a. a. O. S. 220, 1. Z. v. o.). Ein neben einem kapillar schwimmenden Blechstück eingesenkter Aluminiumstreifen zieht das Blechstück zunächst an (beide Menisken nach oben konvex). Wird der Streifen einige Zentimeter tief ins Wasser gesenkt und wieder gehoben, so stößt es das Blechstück ab, da der Streifen nunmehr teilweise benetzt wird (die Menisken sind entgegengesetzt gekrümmt).

Zur Benutzung der Zählsirene. Von H. Rebenstorff in Dresden. Wiederholte Angaben in neuerer Zeit, die Versuche mit der Zählsirene fielen vor der Klasse wenig befriedigend aus, dürften größtenteils auf die Schwierigkeit zurückzuführen sein, den immer höher werdenden Sirenton auf den zu messenden einzustellen. Schon vor vielen Jahren bemerkte ich, daß der Tonvergleich recht schwer ist, wenn man neben dem Sirenton eine Stimmgabel anschlägt. Sehr viel leichter ist der Sirenton nach dem einer Pfeife einzustellen. Letztere, am besten mit verschiebbarem Stempel, den man mit einem Holzkeilchen festklemmt, stellt man nach dem Ton der Stimm-

gabel ein, was nicht schwer ist. Die Pfeife vertritt also für den Klassenversuch das Normalinstrument. Ihre richtige Einstellung erkennt jeder deutlich. Nach dem von Zeit zu Zeit den höher werdenden Sirenenton übertönenden Piff wird das Schnellerwerden der Sirenscheibe abgestellt und das Zählwerk eingeschaltet. Mehrmals sind kleine Änderungen der Tonhöhe nach dem Pfeifenton zu berichtigen. In den meisten Fällen gelingt es, mit einer nur wenige Einheiten betragenden Abweichung die bekannte Schwingungszahl der Gabel bestätigt zu finden. In einigen Fällen wurde ein Intervall der Töne im Betrage etwa eines halben Tones aufrechterhalten. Die gemessene Schwingungszahl machte dann das Zahlenverhältnis des Intervalles deutlich. Eine Wiederholung des Versuches lieferte hierauf fast immer recht genau die Schwingungszahl des Vergleichstones selbst. Es sei noch hierbei bemerkt, daß ich die ziemlich alte Windlade für die Zähl sirene an das Wasserstrahlgebläse des Experimentierisches anschließe, aber dessen Wirkung durch schwaches Treten des Ladenwerkes unterstützen muß, wenn ein Ton in Höhe des a' erreicht werden soll. Die bei diesen Versuchen noch verbleibenden Mängel an Genauigkeit der Zahlen (einzelne Hundertteile) berechtigen nicht, die übersichtliche, beherrschende Anordnung von der Physikklasse fernzuhalten.

Zum Parallelogramm der Kräfte. Von Dr. Christoph Schwantke in Berlin-Pankow. Wenn in der üblichen Weise drei oder mehr an einem Stern aus Fäden befestigte Gewichte sich das Gleichgewicht halten, so macht eine hinreichend genaue Messung der Fädenwinkel beträchtliche Schwierigkeit, und die vorherige Zeichnung der Figur aus dem vorausgesetzten Parallelogrammgesetz und deren Prüfung am Versuch dürfte kein methodisches Ideal sein. Man kann sich leicht durch eine Mattglasscheibe helfen, die nach Einstellung des Gleichgewichts dicht hinter den Fadenstern gestellt und aus einiger Entfernung mit irgendeiner Lichtquelle beleuchtet wird. Der scharfe Schatten des Fadensterns läßt sich nachziehen und dann auf der Scheibe zu einer Figur von außerordentlicher Genauigkeit vervollständigen.

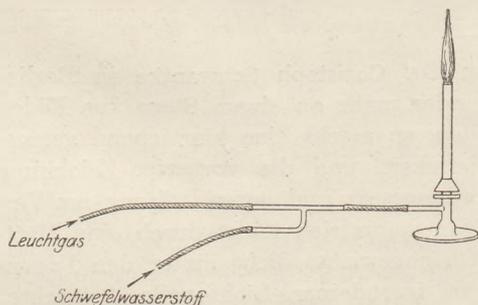
Zum Nachweis der Entstehung von Wasser bei der Salzbildung aus Säure und Base. Von Dr. W. Franck in Hamburg. Der Versuch, den H. Zeitler unter dieser Überschrift in Heft I, S. 35 beschreibt, ist auch in dieser Form nicht einwandfrei. Ebenso wenig wie die konzentrierte Schwefelsäure vom spezifischen Gewicht 1,84 ist das feste Natrium- und Kaliumhydroxyd des Handels wasserfrei. Auch die besten Präparate von Kahlbaum, die bis dahin nicht angebrochenen Packungen entnommen wurden, lieferten beim Schmelzen im Röhrchen einen Anflug von Wassertröpfchen. Will man deshalb die Salzbildung mit Hydroxyden durchführen, so empfiehlt es sich, Calcium- oder Bariumhydroxyd zu verwenden.

Tinte. Von R. Winderlich in Oldenburg i. Gr. Zu einer Lösung von Ferrichlorid wird etwas Gerbsäure gegossen. Es entsteht sofort das dunkle, fast schwarze Ferritannat, das sehr lange Zeit in feinsten Verteilung in der Flüssigkeit schwebend bleibt. Zu einer ganz frisch aus Eisenpulver und Salzsäure bereiteten Ferrochloridlösung mit einem Überschuß von Salzsäure wird ebenfalls Gerbsäure hinzugesetzt. Die Flüssigkeit bleibt vollkommen klar und ungefärbt, erst nach längerem Stehen beginnt sie trübe zu werden. Mit der klaren Lösung von Ferrotannat wird auf gewöhnliches Schreibpapier geschrieben. Die Schriftzüge sind nach dem Eintrocknen nur schwierig zu erkennen. Jetzt wird auf die Schrift etwas Ammoniakgas geblasen; es genügt, daß man in die schräg gehaltene Vorratsflasche bläst. Sofort treten die Schriftbilder deutlich dunkel hervor infolge der Abstumpfung der Säure und der Oxydation des Ferrosalzes. Die modernen Eisengallustinten enthalten saure Ferrosalzlösungen, die mit einem organischen Farbzusatz versehen sind, damit der Schreibende seine Schrift

verfolgen kann. Der Säureüberschuß verflüchtigt sich beim Eintrocknen und wird teilweise auch durch die Füllstoffe des Papiers neutralisiert. Durch die Einwirkung des Luftsauerstoffs entsteht dann nicht nur auf dem Papier, sondern auch innerhalb des Papiers das Ferritannat.

Eisensäure. Von R. Winderlich in Oldenburg i. Gr. Es ist angebracht, bei der Erwähnung der Eisensäure auch darauf aufmerksam zu machen, daß aus dem gewöhnlichen Kaliumchlorat des Handels bei der Sauerstoffentwicklung Kaliumferrat entsteht. Der entwickelte Sauerstoff ist bei Anwesenheit von Eisen stets chlorhaltig. Der geringe Eisengehalt des Chlorats entstammt den Elektroden, die bei der Elektrolyse der Alkalichloride angewendet werden. (Vgl. hierzu diese Zeitschrift **23**, 1910, 129).

Einfacher Tischabzug für brennbare giftige Gase. Von Dr. E. Mannheimer in Mainz. Einen solchen gibt — meines Wissens zum ersten Male — J. W. Terwen in einer Abhandlung über die „Allotropie des Cyans“ (Zeitschr. f. phys. Chem., 91. Bd.



[1916], S. 493) an, um Cyangas unschädlich zu machen. Die Vorrichtung bewährt sich aber auch nach meiner Erfahrung beim Arbeiten mit Schwefelwasserstoff gut. Der Gaszuleitungsschlauch eines gutziehenden Bunsen- oder Teclu-Brenners wird mit einem Dreiwegstück versehen. Während das Leuchtgas durch die geraden Schenkel strömt, wird der H_2S durch den dritten Schenkel geleitet (s. Figur). Das Gefäß, aus dem er ausströmt, muß natürlich ver-

schlossen und mit einer Gasableitungsröhre versehen sein und das Gas etwas unter Druck stehen.

Erlenmeyerkolben mit seitlichem Rohransatz. Von Dr. E. Mannheimer in Mainz. In den mit dem Unterricht verwebten chemischen Schülerübungen besonders der Unterstufe muß auf etwas schwierigere Tätigkeiten reiner Handfertigkeit zuweilen verzichtet werden, soll nicht die „gleiche Front“ sehr bald in eine in voller Auflösung begriffene Schützenlinie verwandelt werden. Jeder Übungsleiter weiß, wieviel Korke, die mit zwei Bohrungen für Trichterrohr und Gasableitungrohr versehen werden sollen, verunglücken, oder welch windschiefen Anblick oft die Gasentwicklungsapparate unserer jungen Chemiker gewähren. Um hier die handwerkliche Tätigkeit auf ein Mindestmaß zu beschränken, lasse ich in Anlehnung an die Rebenstorffschen Probiergläser mit seitlichem Rohransatz seit einigen Jahren in den Übungen Erlenmeyerkolben mit derselben Vorrichtung zu 200 ccm benutzen, wenn es sich darum handelt, größere Gasmengen als in jenen darzustellen. Die einzige Bohrung des Korks braucht dann nur die Trichterröhre aufzunehmen, und man kann sich oft wiederkehrende Zurichtungsarbeiten noch dadurch erleichtern, daß man die Rebenstorff-Röhren und die Erlenmeyer von derselben Halsweite und Höhe bestellt. Die V. L. F. Glasfabrik Stützerbach (Thüringen) fertigte auf meinen Vorschlag solche Kölbchen aus dünnem Gerätéglass an und gab sie — vor dem Kriege — das Stück zu 25 Pf. ab (bei Bestellung von 50 Stück). Sie halten auch Erhitzen aus.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Selbstanfertigung von Kraftmessern für Schülerübungen. Von H. KNAPP. (*Vierteljahrsberichte des Wiener Vereins z. Förd. d. phys. u. chem. Unterrichts XXI, Heft 3 u. 4, 1916.*)

Für die Selbsterstellung der in dieser Zeitschrift (21, 155; 1908) von Maey beschriebenen Kraftmesser gibt der Verfasser genaue Anweisungen. Er benutzt Hosenträgerdraht (harten Messingdraht), der im Handel in verschiedener Stärke zu haben ist und je nach den Dimensionen Kraftmesser mit Meßbereichen von 1 bis 500 g liefert. Man stellt das Skalenrohr aus weißem Papier, das Deckrohr aus schwarzem Papier (z. B. Hülpapier für photographische Platten) her. Zum Aufwickeln schneidet man sich zwei Stücke Glasrohr von 20 und 30 cm Länge und 7 bzw. 10 mm Durchmesser, so daß das fertige Skalenrohr sich hernach ohne jede Reibung in dem Deckrohr verschieben läßt. Die aufzuwickelnden Papierstreifen haben etwa 18 bzw. 20 cm Länge bei 8 cm Breite und werden beim Aufwickeln Strich für Strich mit Klebstoff (Kleister) bestrichen und die aufgewickelten Teile mit dem Finger in der Längsrichtung glatt gestrichen. Dann wird von dem Spiraldraht ein Stück abgeschnitten, das 1 cm länger als die Deckhülse ist, und auf jeder Seite $\frac{1}{2}$ bis 1 cm gerade ausgezogen. Danach richtet man zwei Korkstückchen von je 1 cm Höhe mit Messer und Feile schwach konisch so her, daß sich das eine (A) in das obere Ende der Deckhülse, das andere (B) in das untere Ende der Skalenhülse bis auf etwa $\frac{1}{3}$ ihrer Höhe einschieben läßt. In die Korke werden mit einer Stecknadel Löcher vorgestochen, das eine Drahtende von der schmälere zur breiteren Basis zunächst von B durchgezogen, umgebogen, durch dasselbe Loch zurückgesteckt und zum Häkchen eingebogen, worauf man den Kork bis dicht an die Spiralwindungen heranschiebt. Nun wird die Skalenhülse über die Feder geschoben, auf den Kork gesteckt und dieser mit Klebstoff bestrichen fest in die Hülse eingedreht. Darauf wird mit dem zweiten Drahtende und dem Kork A genau so verfahren. Die aus beiden Korken nach außen ragenden Doppeldrahtstücke werden mit Hilfe zweier Drahtzangen eingedreht, doch bei A vor dem Eindrehen ein Stückchen Metalldraht zwischen die Drähte gelegt, damit später nicht das Federende durch den Kork A hindurchrutscht. Am Drahtende bei A wird dann ein zum Halten dienender Ring von 1,5 bis 2 cm Durchmesser, am Ende von B ein Häk-

chen befestigt oder besser mit Tinol angelötet. Endlich wird das Skalenrohr geeicht, indem man Hakengewichte anhängt und mit spitzem Bleistift Striche anbringt, die man hernach mit Tusche nachzieht. Der Deckhülse wird auf einem Schildchen die Maximalbelastung aufgeschrieben, die für die verschiedenen Sorten des Spiraldrahtes durch Vorversuche festgestellt ist. Man kann auch auf diese Weise Kraftmesser für höhere Belastung (von $\frac{1}{2}$ kg bis 5 kg) herstellen, indem man mehrere Federstücke von gleicher Länge im Skalenrohr anbringt, ihre Enden einzeln durch die Korkstücke hindurchzieht und außen erst zusammendrehet. Der Verfasser gibt noch an, daß die beschriebenen Kraftmesser, wenn die Belastungsgrenze nicht überschritten wird, sehr genaue Resultate liefern und unbegrenzt lange in Verwendung sein können. Das Gewicht des Materials ist bei Kraftmessern bis 500 g so gering, daß es gegenüber der vorkommenden Kraftgrößen vernachlässigt werden kann. P.

Ein einfaches Saitenelektroskop. Von C. W. LUTZ in München. (*Physikal. Zeitschrift 1916, S. 619.*) Das Instrument hat vor den Blättchenelektroskopen den Vorzug größerer Empfindlichkeit bzw. eines größeren Meßbereichs je nach der Spannung der Saite. Es empfiehlt sich für Messungen im Freien, im Praktikum und in der Radiumtherapie.

Fig. 1 zeigt das Saitenelektroskop im Längsschnitt, Fig. 2 in photographischer Ansicht. Es besteht aus zwei getrennten Konstruktionsteilen, dem Einsatz K—B und dem Gehäuse G. Ersteres setzt sich zusammen aus der Kopfplatte K und dem daran befestigten Bügel B. Nach Lösung der beiden Schrauben 1 und 2 und Entfernung des Mikroskops M (Fig. 2) kann der Einsatz senkrecht nach oben aus dem Gehäuse herausgezogen werden.

Am Bügel B (Fig. 1) ist die Saite S, ein Platindraht von $2,5 \mu$ Dicke und 45 mm Länge, ausgespannt und leitend mit ihm verbunden. Bügel und Saite werden von einer polierten Quarzplatte Q getragen und sind dadurch vom Gehäuse isoliert. Der Saite gegenüber steht die Schneide Sch, die an der Bodenplatte P des Gehäuses befestigt ist und mit diesem stets geerdet wird (Erdungsklemme e Fig. 2). Beim Aufladen des Elektroskops über die Stecksonde St (Fig. 1) wird die Saite von der gleichfalls mitgeladenen Bügelstange B abgestoßen und von der geerdeten Schneide Sch angezogen. Die

Größe der Durbiegung wird durch das Mikroskop *M* (Fig. 2) mit Okularmikrometer gemessen. Das Elektroskop wird im allgemeinen nur in dieser einen Schaltung (Doppelschaltung) verwendet und muß empirisch geeicht werden. Für besondere Zwecke wird das Instrument auch mit isolierter Schneide geliefert und kann dann auch in Differentialschaltung gebraucht werden.

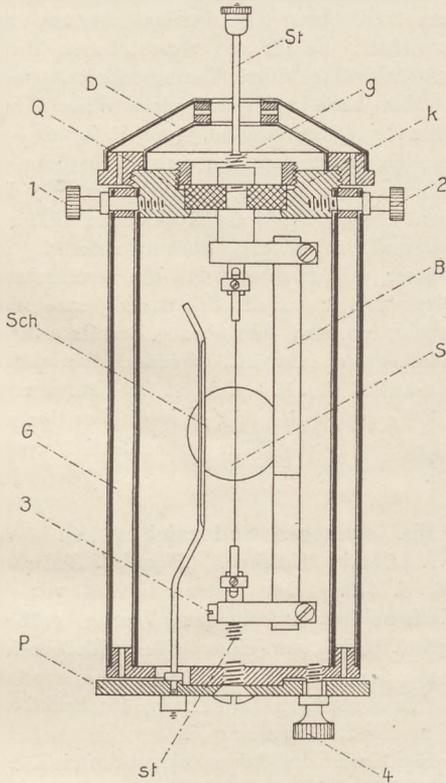


Fig. 1.

Zum Zwecke der Temperaturkompensation ist die Bügelstange *B* aus zwei Teilen zusammengesetzt, sie besteht im oberen Teil aus Messing, im unteren aus Stahl. Zum Schutz gegen Wärmestrahlung ist das Gehäuse *G* wie auch der Deckel *D* doppelwandig und vernickelt; durch den Zwischenraum kann Luft hindurchstreichen.

Die Änderung der Saitenspannung wird nicht durch einen von außen her zu bedienenden Spannkopf, sondern durch eine dem Instrument beigegebene Schraubenmutter mit Teilung ermöglicht, die nach Herausnahme des Einsatzes auf den unteren Befestigungsstift *St* der Saite aufgeschraubt wird.

Das Mikroskop *M* hat 75fache Vergrößerung; zur Beleuchtung dient der allseits verstellbare Spiegel *Sp*. Durch Lockern der Druckschrauben 6 oder 7 und gleichzeitiges Anziehen der gegen-

überliegenden kann die Saite sehr genau auf den Nullpunkt des Okularmikrometers eingestellt werden. Damit das Saitenbild auch bei den größten Ausschlägen gleichmäßig scharf erscheint, ist die Schneide *Sch* mittels der Platte *P* vorwärts oder rückwärts drehbar und wird in der richtigen Lage durch die Schraube 4 festgeklemmt.

Die Zuleitung zur Saite erfolgt durch die dünne Stecksonde *St*. Es kann aber auch ein größerer Instrumententeil auf das Gewinde *g* des Bügels *B* aufgeschraubt werden, oder aber das Elektroskop selbst (ohne den Gußeisenfuß) auf einen anderen Apparat in beliebiger Lage aufgesetzt werden.

Besonderes Interesse bietet noch die Wahl von Quarz als Isoliermaterial. Er hat vor dem Bernstein den Vorzug, daß letzterer bei stärkerer Abkühlung etwas zusammensintert, so daß eingeklemmte Isolatoren leicht locker

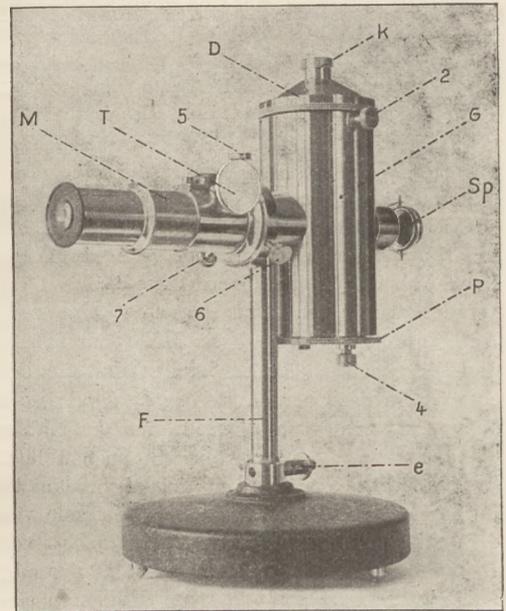


Fig. 2.

werden. Von diesem Mangel ist der geschmolzene Quarz frei; er besitzt nur, wenn er aus der Fabrik kommt, eine schwach leitende, von dem Polierverfahren herrührende Oberflächenschicht, die durch Auskochen mit Salzsäure und dann Salpetersäure und nachheriges Waschen in absolutem Alkohol und destilliertem Wasser vollständig entfernt wird. Isolationsmessungen ergaben dasselbe Isolationsvermögen wie bei Bernstein, beide zeigten einen Spannungsverlust von 0,3 Volt pro Stunde bei einer Anfangsladung von 100 Volt. Ist die Iso-

lation verschlechtert, so kann sie durch mehrstündiges Einlegen in kalte Salpetersäure und nachheriges Waschen in Alkohol und Wasser vollkommen wiederhergestellt werden; meist genügt schon bloßes Reinigen mit destilliertem Wasser¹⁾.

Eichkurven für die verschiedenen Meßbereiche sind in Fig. 3 dargestellt. Bei der scharfen Ablesung, die das Instrument gestattet, lassen

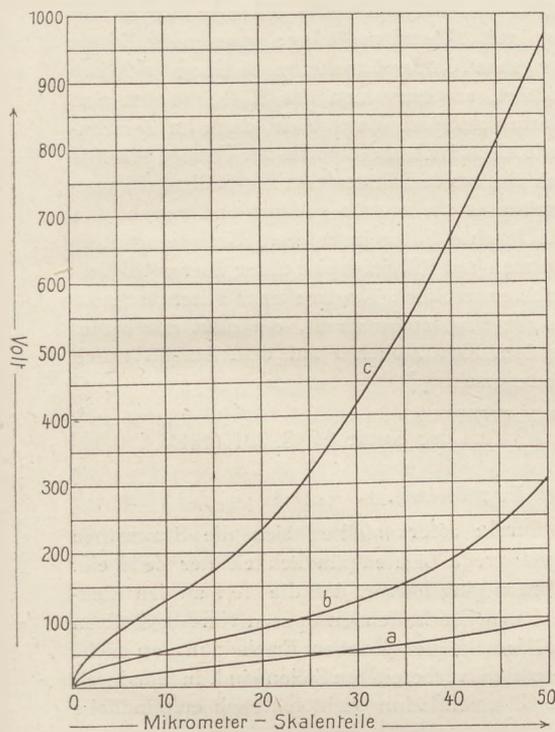


Fig. 3.

sich leicht Zehntel-Skalenteile schätzen, so daß noch Zehntel der in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Werte beobachtet werden können.

Saitenspannung (Tr. T.)	Meßbereich Volt	Mittl. Empfindl. Volt/Skt.
a) Schwach (0,4)	4—98	1,5
b) Mittel (1,2)	7—305	4
c) Stark (1,6)	16—970	17

Die Aufladung des Instruments geschieht am besten mit Hilfe des Ladestabes von Spindler und Hoyer. Bei starker Saitenspannung kann mittels einer geriebenen Hartgummistange bis

¹⁾ Im Schmelzfluß hergestellte Quarzstücke sind schon nach gründlicher Reinigung der Oberfläche vorzügliche Isolatoren und nicht teurer als solche aus Bernstein, sie werden von Heraeus in Hanau geliefert.

zur Selbstentladung (— 1150 Volt) aufgeladen werden, ohne daß die Saite zerreißt.

Die Hauptmaße des Elektroskops (ohne Fuß) sind: Durchmesser 50 mm, Höhe mit Deckel 120 mm, Gewicht 760 g; Kapazität ohne Deckel und Sonde 6 cm. Hergestellt wird das Instrument von der Firma Edelmann in München.

Vorlesungsversuche zur Theorie der Explosivstoffe. Von J. EGGERT und H. SCHIMANK. Über ihre im Physikalisch-Chemischen Institut der Universität Berlin ausgearbeiteten Versuche berichten die Verf. in der Physikalischen Zeitschrift¹⁾. Als „Explosivstoffe“ lassen sich kurz definieren „Systeme, die exothermer chemischer Umsetzung fähig sind, Sensibilität besitzen, d. h. bei denen der Reaktionsvorgang durch geeignete, meist spezifische Mittel ausgelöst wird, und die bei hoher Reaktionsgeschwindigkeit lediglich oder vorwiegend gasförmige Reaktionsprodukte liefern“. Zur Demonstration der Gasentwicklung verwenden die Verf. ein langsamer als Schießpulver abbrennendes Gemenge von gut getrocknetem Ammonsalpeter und Buchenholzkohle im Verhältnis 9 : 1. Man stopft 3 g dieses Gemenges in eine abgeschnittene Infanteriegewehrpatrone, zündet durch überschütteten Feuerwerksatz und läßt das Ganze in ein Probiervglas gleiten, das man durch einen Stopfen mit Gasableitungsrohr, das zur Gaswanne führt, schnell verschließt. Daß bei Drucksteigerung die sonst langsam verlaufende Verbrennung in eine Explosion übergeht, kann man zeigen, indem man aus einer sog. „Scheintodpistole“ von 12 mm Kaliber zuerst eine Papppatrone, die nur das Zündhütchen enthält, verschießt, dann ebenso eine zweite, die darüber eine „Beiladung“ von 0,25 g Schwarzpulver enthält, und eine dritte mit der zugefügten Hauptladung von 2 g Ammonsalpeterpulver. — Bei der „Detonation“ spielt die Art der Auslösung eine maßgebende Rolle; während z. B. „ein Cheddit aus Kaliumchlorat und Milchzucker im Verhältnis 1 : 1“ bei Zündung mit der Flamme ruhig abbrennt [es empfiehlt sich die Zündung auf Asbestpappe mit der Glühnadel], detoniert er auf dem Amboß unter der Wirkung eines Hammerschlages oder bei Anwendung einer Sprengkapsel [„Cheddit“ ist hier im allgemeinen Sinne, als Chloratsprengstoff, gemeint; sonst enthält Cheddit neben dem Kaliumchlorat immer noch einen Nitrokörper (auch Azokörper), z. B. der Streetsche Cheddit 80 Kaliumchlorat, 13 Mononitronaphthalin, 2 Dinitrotoluol, 5 Rizinusöl]. Um die Wirkung der Detonation zu zeigen — für die als angenähertes Maß in der Praxis

¹⁾ Phys. Zeitschr. 18, Nr. 5, S. 109 (1917).

die Aufbauchung des Trautzschen Bleiblockes dient —, verwenden die Verf. einen solchen Block aus plastischem Ton; in das bis etwa zur Mitte reichende Bohrloch wird das eine Mal nur die Sprengkapsel allein eingebracht und entzündet, das andere Mal in einem zweiten Block außerdem noch 0,5 g Cheddit. Die Sprengkapsel ist einfach ein Stück Zündschnur, um dessen Ende ein Streifen Stanniolpapier zwei bis dreimal so gewickelt wird, daß ein kleiner Hohlzylinder entsteht; in diesen werden ~ 30 mg Silberacid mit einem passenden Holzstäbchen sanft eingedrückt und die Kapsel durch Umliegen des Stanniolrandes geschlossen. Um die Brisanz eines solchen Initialsprengstoffes zu zeigen, lege man ein etwa hirsekorngroßes Stück Silberacid frei auf eine dünne Glasplatte, die auf einem Dreifuß ruht, und rufe die Detonation durch Berühren mit einem glimmenden Holzspan [Glühnadel] hervor; die Platte wird oftmals so zerschlagen, daß keine weiteren Sprünge von dem entstehenden Loche aus verlaufen. [Von diesem Silberacid N_3Ag sei hier noch als Nachtrag zu dem Bericht „Krieg und Chemie“ (diese Zeitschr. 28, S. 219) die Dar-

stellung hinzugefügt, wie sie B. Mendelsohn in der dort erwähnten Arbeit wiedergibt²⁾: 1 g salzsaures Hydrazin und 0,75 g salzsaures Hydroxylamin löst man in 10 ccm Wasser im Siedekölbchen mit Trichterrohr auf und fügt eine vollständig abgekühlte Lösung von 1,125 g Kaliumdichromat auf 15 ccm Wasser und 5 ccm konzentrierte Schwefelsäure in kleinen Portionen hinzu. Das sich entwickelnde Gas leitet man durch ein genügend weites Glasrohr in eine Vorlage mit Silbernitratlösung; wenn nach Zusatz der ganzen Chromsäuremenge die Gasentwicklung aufhört, erwärme man das Kölbchen erst eine Viertelstunde im Wasserbade, dann im Paraffinbade allmählich bis 150° . In der Vorlage scheidet sich das weiße Silbersalz in Krystallen ab; man filtriere es ab, wasche gut aus und zerschneide das feuchte Filter in mehrere Kreisabschnitte, die man auf Filtrierpapier unter übergestülptem Trichter trocknet. Ein trockener Filterabschnitt, an die Flamme gebracht, detoniert mit betäubendem Knall, ebenso auf dem Amboß durch Hammerschlag.] O.

²⁾ Aus der Natur 11, S. 301 (1915).

2. Forschungen und Ergebnisse.

Aus der Lehre von der Strahlung. Wie ELSTER und GEITEL fanden, treten in dunkel gehaltenen photoelektrischen Alkalimetallzellen nahe unterhalb der für die Einleitung des Glimmstromes erforderlichen Potentialdifferenz sprungweise Stromstöße auf¹⁾. Die Größe der Sprünge und ihre Häufigkeit hängt sowohl von der Natur der Zelle wie von der angelegten Spannung ab. Bei Kalium und Rubidium tritt die Erscheinung am deutlichsten auf, wenn seit der letzten Belichtung mindestens einige Minuten verflossen sind; bei Natrium und Cäsium war sie schwerer zu erhalten. Im Verlauf der Untersuchungen zeigte sich, daß die Gegenwart freien Alkalimetalls in den Zellen für das Zustandekommen der Erscheinung überhaupt nicht erforderlich zu sein schien. Ein einfacher Silberbelag als Kathode, ein Platindraht als Anode in einer Argonatmosphäre von etwa 0,1 mm Druck gaben bei derselben Spannung auch sprungweise Entladungen, wenn nur vorher eine leuchtende Entladung eingeleitet worden war. Bei Belichtung wurden die Stromstöße häufiger. Um die Ursache dieser Erscheinung festzustellen, ließen die Verf. eine geringe Menge von Chlornatrium oder Chlorkaliumlösung auf der Silberfläche eintrocknen und leiteten bei 310 Volt leuchtende Entladung

hindurch; sofort stellten sich die Stromstöße sowie große Lichtempfindlichkeit der Zelle ein. Hieraus ging hervor, daß die stets an den Elektrodenflächen haftenden Spuren von Alkalisalzen die Ursache der gleichen Erscheinung an nicht besonders vorbereiteten Zellen sind, indem durch die Glimmentladung lichtelektrisch empfindliche Stoffe abgeschieden werden. Durch schwaches Licht oder durch Radiumstrahlen wurde die Häufigkeit der Stromstöße vermehrt, bei stärkerer Bestrahlung gab es einen gleichförmigen Strom. Jene Vermehrung der Stromstöße war sogar ein äußerst empfindliches Anzeichen für die geringsten Beleuchtungsstärken. Durch tropfenweise zu Wasser zugeführte Tusche- lösung wurden eine Absorptionsflüssigkeit zur Erzielung sehr geringer Lichtstärken gewonnen. Lichtfilter von Kupferoxydammoniak und Kaliumbichromat ermöglichten, Licht verschiedener Farbe zu untersuchen. Als untere Grenze der Empfindlichkeit für blaues Licht ergab sich $3 \cdot 10^{-9}$, für gelbrotes Licht $2 \cdot 10^{-7}$ Erg cm^{-2} sec^{-1} . Auch für Beleuchtungsstärken dieser Größenordnung erfolgte die Elektronenemission an den Alkalimetallen noch proportional der Lichtintensität. Die Reflexion des Lichtes an einer spiegelnden Oberfläche der K-Na-Legierung war auch bei diesen kleinsten Beleuchtungsstärken unabhängig davon, ob die durch das schwache Licht ausgelösten Elektronen die re-

¹⁾ Phys. Zeitschr. 17, 268 (1916).

flektierende Fläche verlassen oder zu ihr zurückkehren.

Von einem anderen Gesichtspunkte aus beschäftigten sich R. GANS und A. P. MIGUEZ mit der Wirkung von Licht sehr geringer Intensität²⁾. Es handelte sich darum, festzustellen, ob es möglich ist, einen Oszillator der Schwingungszahl ν zu Schwingungen anzuregen, deren Energie kleiner als das Elementarquantum $\epsilon = h\nu$ ist. Hat eine Lichtwelle, die durch eine Linse hindurchgeht, eine Energie kleiner als ein Quant ϵ , so könnten die Glasteilchen durch sie nicht mehr angeregt werden, d. h. das Licht müßte ohne Brechung durch die Linse hindurchgehen. Für den Versuch wurde das Bild eines Diaphragmas durch eine Linse auf einer photographischen Platte entworfen. Die hierzu benutzten Strahlen einer Kohlenfadenlampe wurden durch ein Filter von blauem Glas und CuSO_4 -Lösung geführt, so daß das Licht möglichst monochromatisch von der Wellenlänge $450 \mu\mu$ war, der größten Empfindlichkeit der photographischen Platte. Zur Schwächung des Lichtes dienten Rauchgläser. Man erhielt auch bei der größten Lichtschwächung noch scharfe Bilder des Diaphragmas, also keine Änderung des Brechungsexponenten. Aus den Versuchen, in Verbindung mit der aus der Quantentheorie entwickelten Berechnung von ϵ und der Energie eines Oszillators, konnte geschlossen werden, daß eine Glaslinse das Licht noch in normaler Weise bricht, wenn dessen Intensität auch so schwach ist, daß die mittlere Energie eines Oszillators nur $3,6 \cdot 10^{-30}$ Quanten beträgt.

Unsere Kenntnis der Tribolumineszenz wurde durch Versuche von A. IMHOF wesentlich gefördert³⁾. Er stellte zunächst fest, daß es für jede Substanz eine spezifische kleinste Krystallgröße gibt, bei der sie noch triboluminesziert. Diese ist z. B. für Zinksulfid 0,001 bis 0,003 mm, Quarz 0,6 bis 0,13, Zucker 0,14 bis 0,22, Kupfervitriol und Flußspat 0,70 bis 1,2, Krystallsoda 2,5 bis 3,0, Zinkammoniumsulfat 3,5 bis 4,0 mm. Die Intensität der Tribolumineszenz ist bei höherer Temperatur geringer als bei tiefer, nimmt aber bei einer gewissen tiefen Temperatur wieder ab. Bei phosphoreszierenden Stoffen ist die Tribolumineszenz auch dann vorhanden, wenn die Phosphoreszenz durch Erwärmung nahezu verschwunden ist. Unter 87 untersuchten anorganischen Stoffen waren etwa 25% tribolumineszierend. Alle Metallsulfate tribolumineszieren, die Chloride derselben Metalle dagegen nicht; chemisch nahe verwandte Salze verhalten

sich überhaupt gleich in bezug auf die Tribolumineszenz. Haben die Salze aber bei gleicher chemischer Zusammensetzung verschiedenen Krystallwassergehalt, so sind sie in bezug auf Tribolumineszenz verschieden. Auch eine Anzahl amorpher Stoffe, wie Glas, Eisenschlacke, amorpher Quarz, Porzellan, Ton, Borax, Kohle, Koks, Kolophonium usw. zeigen Tribolumineszenz, doch beruht diese wahrscheinlich auf einem Glühen kleiner Teilchen, ist also nicht eigentlich Lumineszenz. Was die Farbe des Tribolumineszenzlichtes angeht, so war es bei 47% aller Fälle blau, bei 25% gelb oder orange; die Lichtstärke war am größten im Gelb, am kleinsten im Violett. Mit der Temperatur änderte sich die Wellenlänge in verschiedener Weise.

Der rote Spektralbezirk und der Beginn des ultraroten Gebietes lassen sich jetzt auf photographischem Wege mit Hilfe rot-empfindlicher Platten untersuchen. K. W. MEISSNER benutzte dazu die von den Höchster Farbwerken hergestellten Rotsensibilatoren Dicyanin oder Dicyanin A⁴⁾. Von diesen wurden 0,1 g in 100 ccm heißen absoluten Alkohols im Dunkeln gelöst; diese Lösung wurde mit 50 ccm gewöhnlichen Alkohols, 50 ccm destillierten Wassers und 6 ccm starken Ammoniaks gemischt. Gewöhnliche Trockenplatten wurden dann in dieser Flüssigkeit bei 22° drei Minuten lang gebadet, in einer Mischung von gleichen Teilen Wasser und Alkohol abgespült und darauf im heißen Luftstrom getrocknet. Diese Platten hatten ihre größte Empfindlichkeit am zweiten Tage und hielten sich 4 bis 5 Tage. Am besten für die Sensibilisierung geeignet waren die Platten von Westendorp und Wehner in Köln, sowie von Wratten und Wainrigh in London. Die Platten wurden mit Glycin entwickelt. Die Dispersion wurde mit einem großen Rowlandschen Plan- gitter vorgenommen, die Messungen nach einer von E. Lorenser beschriebenen Anordnung ausgeführt. Es konnte so das rote Spektralgebiet bis 9300 Å.-E. untersucht werden: bei Cäsium, dann auch bei Eisen, Natrium, Kalium, Rubidium, Aluminium, Calcium, Silber, Kupfer, Chrom, Uran.

Andere Wellenlängenbestimmungen im roten Spektralbezirk hat MEISSNER mit der Interferenzmethode von Fabry und Pérot angestellt, für die ihm ein vorzügliches Interferometer von Hilger zur Verfügung stand⁵⁾. Die Entfernung der Interferometerplatten ließ sich bis auf $\frac{1}{100000}$ mm ablesen. Auch hier wurden die bei den Versuchen benutzten photographischen

²⁾ Ann. d. Physik 52, 291 (1917).

³⁾ Phys. Zeitschr. 18, 78 (1917).

⁴⁾ Ann. d. Physik 50, 713 (1916).

⁵⁾ a. a. O. 51, 95 (1916).

Platten mit Dicyanin A, außerdem mit Pinachrom oder Pinacyanolblau sensibilisiert. Es wurden die Wellenlängen von Neon und Argon zwischen 5852 und 8474 Å.-E. bestimmt und mit den Bestimmungen anderer Forscher verglichen.

Nach Beobachtungen von J. STARK zeigt Wasserstoff in zwei Spektralgebieten, nämlich im ultravioletten und im blauvioletteten Teil, kontinuierliche Spektren⁶⁾. Das sehr intensive ultraviolette kontinuierliche Spektrum wurde bei Wasserstoffkanalstrahlen zwischen den Wellenlängen 360 und 200 $\mu\mu$ mit dem Quarzspektrographen beobachtet; ob es etwa auch jenseits 200 $\mu\mu$ noch besteht, müßte mit Schumannplatten besonders untersucht werden. Das blauviolette kontinuierliche Spektrum zeigt sich in der blauen und roten positiven Schicht des Wasserstoffs; es ist am intensivsten am Anfang der Schicht, beginnt im Blaugrün und erstreckt sich unter anwachsender Intensität bis über das Violett hinaus. Mit steigendem Gasdruck nimmt seine Intensität ziemlich rasch zu; bei niedrigem Druck ist sie in der roten Schicht nur gering. Bei der Erklärung dieser kontinuierlichen Spektren lehnt der Verf. die Annahme ab, daß die Träger des Spektrums die stoßenden langsamen primären bzw. sekundären Kathodenstrahlen sein könnten; er begründet dagegen die Ansicht, daß das ultraviolette kontinuierliche Spektrum, da es stets das H^+ -Ion begleitet, von dem Quantenpaar, das aus dem H^+ -Ion und einem angekoppelten Elektron besteht, ausgesandt wird, wenn es von dem optisch freien Zustand des H^+ -Ions infolge der immer weiter fortschreitenden Anlagerung in das neutrale H-Atom sich verwandelt. Ebenso wird das blauviolette kontinuierliche Spektrum des Wasserstoffs emittiert, wenn sich entlang einer Reihe nicht stabiler Zustände ein Elektron an das H_2^+ -Ion anlagert.

Auch bei Quecksilberdampf ist von verschiedenen Forschern ein kontinuierliches Spektrum beobachtet worden, das eine breite kontinuierliche Bande im Grün, dann aber auch Banden im Blau und Violett zwischen $\lambda = 490$ und 400 $\mu\mu$ zeigt. Seine Intensität nimmt bei konstanter Stromstärke rasch mit steigendem Drucke zu und ist im Anfang der positiven Schicht am intensivsten. In beiden Punkten stimmt sein Verhalten also mit dem des blauvioletteten Wasserstoffspektrums überein und es ist daher auch hier anzunehmen, daß das Spektrum bei der Wiederanlagerung eines Elektrons an ein positives Ion emittiert wird. Da das Quecksilber in chemischer und spektraler Hin-

sicht dem Zink und Cadmium entspricht, so darf man auch bei diesen Elementen ein kontinuierliches Spektrum erwarten; und A. Kälhne hat an der positiven Säule im Cadmiumdampf in der Tat ein schwaches kontinuierliches Band von 550 bis 450 $\mu\mu$ beobachtet. Ebenso wurden an der positiven Säule des Glimmstromes in Natrium- und Kaliumdampf kontinuierliche Spektren beobachtet; auch an dem Flammenspektrum von Natrium, Kalium, Rubidium und Cäsium erblickt man kontinuierliche Bänder, deren Intensitäten annähernd proportional den Ionisierungen sind. Es ist also anzunehmen, daß auch bei den Alkalien durch Anlagerung eines Elektrons an ein positives Ion ein kontinuierliches Spektrum erzeugt wird. Da die Atome aller chemischen Elemente im Gaszustand ionisiert werden können, so ist zu vermuten, daß sie alle neben dem Spektrum ihrer positiven Atom-Ionen und dem ihrer neutralen Atome auch ein kontinuierliches Spektrum besitzen.

Die von A. Majorana entdeckte Doppelbrechung kolloidaler Eisenlösungen im Magnetfelde war von Schmauß auf eine Orientierung suspendierter Teilchen zurückgeführt worden. R. GANS und H. ISNARDI untersuchten diese Doppelbrechung in ihrer Abhängigkeit von der Feldstärke und Temperatur⁷⁾. Der die Eisenlösung enthaltende Trog befand sich zwischen den Polen eines Elektromagneten und wurde von dem parallel gemachten Licht einer Bogenlampe durchsetzt; zur Beobachtung der Doppelbrechung dienten zwei Nicols und der Babinetsche Kompensator. Um bei verschiedenen Temperaturen beobachten zu können, wurde der Trog mit einem Zinkgefäß umgeben, durch das erwärmtes Wasser geleitet wurde. Die untersuchten Lösungen waren sämtlich pharmazeutisches Bravaisches Eisen. Bei einer konstanten Temperatur von 14° und veränderter Feldstärke H ergab die Doppelbrechung Δ — wie schon Majorana gefunden — einen konstanten Wert von Δ/H^2 , und zwar verhielt sich die Lösung unter dem Einfluß des Feldes wie ein negativer einachsiger Krystall. Bei veränderter Konzentration war die Doppelbrechung der Konzentration merklich proportional. Um die Doppelbrechung zu vergrößern, wurde die Lösung durch mehrstündiges Erwärmen auf 70° und darauf folgende Abkühlung künstlich gealtert; auch die gealterte Lösung zeigte die Konstanz von Δ/H^2 . Sodann wurde für ein konstantes Feld von 7000 Gauß die Temperaturabhängigkeit zwischen 0° und 80° gemessen. Die Doppelbrechung war bei tiefen Temperaturen positiv, verschwand bei

⁶⁾ Ann. d. Physik 52, 255 (1917).

⁷⁾ Ann. d. Physik 52, 179 (1917).

9°, wurde dann negativ mit einem Minimum bei 32°; bei höheren Temperaturen strebte die Lösung dem isotropen Zustande zu. Bei gealterten

Lösungen stieg die Inversionstemperatur bis zu 33°, das negative Minimum bis zu 55°; die erstere nahm auch mit der Feldstärke etwas zu.
Schk.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Eine bisher verschollene Originalluftpumpe Otto von Guericke's. In den *Geschichtsblättern für Technik, Industrie und Gewerbe*, 1916, Nr. 7 bis 9 macht Graf KARL VON KLINCKOWSTROEM Mitteilung über eine in Schweden wieder aufgefundene Luftpumpe, die mit der in den *Experimenta Magdeburgica* abgebildeten bis auf ganz unbedeutende Unterschiede übereinstimmt und daher wohl für identisch mit dieser angesehen werden darf. Von der Maschine der *Experimenta Magdeburgica* sagt Guericke selbst, er habe sie konstruiert, weil der Kurfürst von Brandenburg sein Experiment mit den Halbkugeln zu sehen gewünscht habe und weil es zu mühsam gewesen wäre, die ursprünglich zu dem Versuch benutzten Apparate, die sich in Würzburg befanden, zu transportieren. Wir haben es also sicher mit einer späteren Form der Maschine zu tun.

Nun hat bereits G. Berthold 1895 die Tatsache mitgeteilt, daß der Arzt und Apotheker Christian Heräus eine für den Kurfürsten von Sachsen bestimmt gewesene Luftpumpe für sich erworben und 1676 nach Stockholm mitgenommen habe. Nachher sei sie in den Besitz des Buchdruckereibesitzers J. H. Werner in Upsala gelangt, und 1734 von dem Professor der Mathematik Daniel Menlös in Lund in Verwahrung genommen. Berthold hat auch Nachforschungen nach dem Verbleib der Maschine veranlaßt, die aber erfolglos geblieben sind.

Es ist nun das große Verdienst Graf Klinckowströms, eine neue Spur entdeckt zu haben, die zu dem folgenden Ergebnis geführt hat: Die Erben Werners, der 1735 oder 1736 starb, scheinen die Maschine nicht reklamiert zu haben, diese blieb vielmehr im Besitz von Daniel Menlös bis zu dessen Tode 1743, und kam dann in die Modell- und Apparatensammlung der Akademie (Universität) zu Lund, die jetzt zu dem dortigen physikalischen Institut gehört. Die von Dr. Siegbahn und Dr. Rydbeck in Lund hergestellten photographischen Abbildungen der Maschine zeigen die erwähnte große Übereinstimmung, während das Berliner (jetzt Münchener) und das Braunschweiger Exemplar (die der Verfasser für noch jünger hält) größere Abweichungen von dem Typus der *Experimenta Magdeburgica* erkennen lassen.

Über denselben Fund berichtet G. BERTHOLD in den *Annalen der Physik*, Bd. 51, 881 (1916);

es sei nunmehr die Möglichkeit gegeben, durch Vergleich der Berliner (Münchener) und der Lunder Luftpumpe mit Guericke's Abbildung festzustellen, welches Exemplar das ältere sei und Anspruch auf den Namen „Archetyp“ habe. Schon jetzt dürfte sich sagen lassen, daß beide Typen echt sind, daß aber keine den „Archetyp“ darstellt. Dieser ging wohl verloren (wie der echte Ring bei Lessing), denn von dem ersten nach Würzburg gelangten Exemplar, mit dem Guericke seine berühmten Regensburger Versuche angestellt hat, scheint keine Spur mehr auffindbar.

Daß auch die Berliner (Münchener) Maschine eine „echte“ Guericke'sche Maschine ist, wird dadurch immer wahrscheinlicher, daß sie im Jahre 1694 als auf der Königl. Bibliothek in Berlin befindlich nachweisbar ist. Wie W. AHRENS (an derselben Stelle wie Graf Klinckowström) mitteilt, hat er in dem Reisetagebuch eines Rostocker Studenten, späteren Professors Carl Arnd aus dem Jahre 1694 die Notiz gefunden, daß er bei Aufzählung der Raritäten der Kurf. Bibliothek zu Berlin auch „Globi Jerikii, die 36 pferd von einander nicht ziehen können“ anführt. Unmittelbar vorher nennt das Tagebuch auch, ohne den Namen Guericke, eine „antlia pneumatica“, d. i. eine Luftpumpe, an deren Zugehörigkeit zu den „Globi“ nicht zu zweifeln sein dürfte. Vielleicht bringt die Folgezeit noch weitere Aufklärungen auch über diese Luftpumpe. Nur das eine ist sicher, daß sie mit der in den *Experimenta M.* beschriebenen, zu den Versuchen vor dem Kurfürsten von Brandenburg bestimmt gewesenen nicht identisch ist.

P.

Zur Geschichte der konstanten galvanischen Elemente. Von JULIUS SCHIFF. Eigenbericht im Anschluß an eine vom Verfasser im Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik (Bd. 7, 1916, S. 288ff.) veröffentlichte Abhandlung.

Die im Jahre 1836 erfundene Daniellsche Kette wird in der deutschen wie in der ausländischen Literatur fast einstimmig als das älteste konstante Element bezeichnet. Manche Geschichtswerke und Lehrbücher der Physik setzen hinzu, daß A. Becquerel, der 1829 ein zwar minder vollkommenes, aber doch einigermaßen konstantes Element angegeben habe — die Sauerstoff-

kette, couple à oxygène, bestehend aus einer Platinplatte in Kalilauge und einem Platindraht in starker Salpetersäure mit Ton als Zwischenschicht — als Vorläufer Daniells zu betrachten sei. So heißt es in W. Ostwalds die älteren Forschungen gründlich berücksichtigendem Werke „Elektrochemie, ihre Geschichte und Lehre“, daß in Becquerels Veröffentlichungen die „Anfänge der konstanten Ketten“ sichtbar werden, Daniell aber als erster eine wirklich konstante Kette konstruiert habe. Hingegen ist der Verfasser dieses Berichts zu der Überzeugung gelangt, daß die für ihre Zeit so wichtige Verbesserung des Voltaschen Elements nicht von Becquerel oder Daniell ausgeht, sondern von den Männern, die sich in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts mit der galvanischen Reduktion gelöster oder angefeuchteter Metallsalze beschäftigten und die — weniger wegen der Stromerzeugung im äußeren Schließungskreise, als wegen der inneren Zersetzung eines Elektrolyten — Ketten aus zwei metallischen und zwei elektrolytischen Leitern mit poröser Scheidewand zusammengestellt haben. Unter diesen Zusammenstellungen sind drei hervorzuheben, da sie untereinander und wohl auch mit der Daniellschen Kette in ursächlichem Zusammenhang stehen.

1. Die Sylvestersche Zersetzungs- zelle¹⁾. Charles Sylvester wollte 1806 zeigen, daß die Reduktion von Blei und anderen Metallen aus ihren Lösungen durch metallisches Zink ein elektrischer Vorgang sei und „daß bloßer Galvanismus, und ohne daß der Zink die Bleiauflösung berührt, dieselben Wirkungen hervorbringt“. Sein Apparat bestand aus einem weiten Zinkgefäße mit sehr verdünnter Salzsäure, in der sich eine unten durch Blase verschlossene Glasröhre mit Lösung von Bleiacetat und eintauchendem Platindraht befand. Zunächst erfolgte keinerlei Einwirkung. Wurde aber der Draht an das Zinkgefäß angeschlossen, so begann — aus leicht begreiflichen, dem Vorgang im Daniellelement entsprechenden Ursachen — sofort an seiner Spitze die Ausscheidung von metallischem Blei. Die Kette lieferte einen längere Zeit fließenden Strom, wie aus den Angaben über die Menge des reduzierten Metalls hervorgeht.

Die Fischersche Chlorsilberkette²⁾. N. W. Fischer, der sich wenig später als Sylvester mit chemischen und galvanischen Reduk-

tionen, insbesondere mit der Ausscheidung von Silber aus dem unlöslichen Chlor- oder Hornsilber beschäftigte, beschrieb 1812 folgende „einfache galvanische Kette“: Eine oben offene, unten mit Blase verschlossene Glasröhre enthielt mit Wasser angefeuchtetes Chlorsilber, in das ein Platindraht hineinführte; sie stand in einem weiten Glasgefäß mit einem in sehr verdünnte Schwefelsäure tauchenden Zinkstabe. Beim Stromschluß wurde durch den zum Platin wandernden Wasserstoff aus dem Chlorsilber metallisches Silber ausgeschieden. Da der Apparat keine Beachtung fand, machte Fischer fünf Jahre später noch einmal auf ihn aufmerksam³⁾ und gab dabei an — was von Wichtigkeit ist —, daß statt des Platindrahts auch ein Silberstab als positive Elektrode verwendet werden könne. Daß der Strom dieser Kette, wenn auch schwach, doch ziemlich konstant war, geht daraus hervor, daß Fischer mit ihm die Reduktion von pulverförmigem und sogar von geschmolzenem Chlorsilber in langen, teilweise mehrere Tage währenden Zeiträumen zu Ende führen konnte.

Döbereiners stöchiometrisch-elektrische Kette⁴⁾. Sie stammt aus dem Jahre 1821 und besteht ähnlich wie die beiden schon beschriebenen Apparate aus einem äußeren Glasgefäße, das einen in Salmiaklösung tauchenden Zinkblechstreifen enthält, und einem in ihm stehenden Glasrohr; dieses wird unten durch Blase verschlossen und nimmt die zu zersetzende Flüssigkeit sowie einen mit dem Zink verbundenen Platindraht auf. In dieser Kette konnte der Erfinder die Lösungen aller möglichen Metallchloride reduzieren, wobei er die Metalle wie Eisen usw. als zusammenhängende Massen am Platin erhielt. Auch verdünnte Säuren ließen sich in dem Glasrohr sehr zweckmäßig zerlegen. Döbereiner bediente sich dieses einfachen Hilfsmittels vielfach, „um chemisch reines Wasserstoffgas aus verdünnter Salzsäure und verschiedene Metalle völlig rein aus ihren Auflösungen in Chlorine und Säuren darzustellen“. Mehrfach betont er die viele Tage lang anhaltende Wirksamkeit der Kette und gibt hierfür als Grund an, daß das Zink nicht wie sonst von verdünnten Säuren, sondern von Salmiaklösung umgeben sei. Über seine Vorgänger hinausgehend, untersucht er auch die Einwirkung seiner Ströme auf die Magnetnadel und findet, daß hier neben den elektrochemischen

¹⁾ Nicholsons Journal of natural philosophy, Vol. XIV, 1806, p. 95, übersetzt Gehlen, Journal f. d. Chemie und Physik, 1. Bd., S. 539, 1806.

²⁾ Gilberts Ann. d. Physik 42, S. 90 ff. (1812).

³⁾ Schweiggers Journal für Chemie und Physik 20, S. 48 (1817).

⁴⁾ Gilberts Ann. d. Physik 68, S. 84 ff. (1821) und Schweiggers Jahrb. der Chemie u. Phys. 1, S. 165 (1821).

auch elektromagnetische Kräfte tätig seien. Er machte überdies die wichtige Beobachtung, daß die Menge des in der Salmiaklösung gelösten Zinks mit dem erzeugten Wasserstoff oder dem ausgeschiedenen Metall äquivalent sei oder, wie man damals sagte, in stöchiometrischem Verhältnis stehe, eine Beobachtung, die im Namen seiner Kette zum Ausdruck kommt und die ihn als Vorläufer Faradays, der die Gesetze der Elektrolyse erst 1834 entdeckt hat, erscheinen läßt. —

Von den drei beschriebenen Ketten entspricht die Fischersche Chlorsilberkette sicherlich am meisten den Anforderungen, die an ein konstantes Element zu stellen sind. In der Form, die sie 1817 erhielt — Zink in verdünnter Schwefelsäure, Silber in feuchtem Chlorsilber —, ist sie in der Tat ein viergliedriges Element, bei dem sich an der Silberelektrode das gleichartige Metall statt des Wasserstoffs niederschlägt und die Polarisation daher nach demselben Prinzip wie in der Daniellschen Kette vermieden ist. Dazu kommt, daß sie im Gegensatz zu dem Sylvesterschen und dem Döbereinerschen Apparat wirklich als Stromquelle für verschiedene Zwecke benutzt worden ist, freilich erst mehr als fünfzig Jahre später, als sie von neuem erfunden worden war. Im Jahre 1868 führte nämlich Pincus aus Insterburg⁶⁾ auf der Naturforscherversammlung eine „kompensierte, sehr konstante“ Kette vor. Sie bestand aus einem Reagenzglas mit verdünnter Schwefelsäure oder Kochsalzlösung, auf dessen Boden ein fingerhutartiges Gefäß aus Silberblech, gefüllt mit Chlorsilber, stand; ein isolierter Leitungsdraht war an das Silber gelötet und konnte mit der in die Flüssigkeit tauchenden Zinkelektrode in Verbindung gesetzt werden. Pincus benutzte seine der Fischerschen bis

⁶⁾ Poggendorffs Annalen **135**, S. 167 (1868).

auf Äußerlichkeiten völlig gleichende Kette zur Zusammenstellung von Batterien, die kräftige und recht konstante Ströme für medizinische Zwecke lieferten und auch zum Telegraphieren, zur Wasserzersetzung usw. gebraucht werden konnten. Er rühmt noch als besondere Vorzüge seines Elementes, daß jegliche Gasentwicklung vermieden und eine Zelle wegen der Unlöslichkeit des Chlorsilbers entbehrlich sei. Merkwürdigerweise wurde in demselben Jahre auch in Frankreich ein Chlorsilberelement — Zink in Salmiaklösung, Silber in Chlorsilber — konstruiert, und zwar von Warren de la Rue und H. Müller⁶⁾. Diese benutzten es zu verschiedenen praktischen Zwecken und insbesondere zum Aufbau von Batterien aus mehr als 3200 Gliedern, mit denen sie Funkenentladungen von 1,6 mm Schlagweite, ein für galvanische Elektrizität recht beträchtliches Ergebnis, erzielten. Es hat auch, was als Beweis für seine Konstanz dienen mag, als Normalelement ($E = 1,04$ Volt) Verwendung gefunden. Diese von Pincus und unabhängig von ihm von den beiden französischen Forschern angegebenen Formen sind im Gedächtnisse der Physiker geblieben und werden in der Literatur genannt⁷⁾. In Wahrheit stammt aber, wie die vorhergehenden Ausführungen ergeben — wenn es auch völlig vergessen war —, die Chlorsilberkette aus dem Jahre 1817, und zwar von Nicolaus Wolfgang Fischer, der von 1815—1850 Professor der Chemie an der Breslauer Universität gewesen ist. Dieser deutsche Forscher, nicht der Franzose Becquerel oder der Engländer Daniell, ist also der Erfinder des ältesten konstanten galvanischen Elementes.

⁶⁾ C. R., T. **67**, p. 794 (1868) und T. **81**, p. 686 (1875) [Pogg. Ann. **135**, S. 496 (1868) und **157**, S. 290 (1876)].

⁷⁾ Vgl. beispielsweise Ed. Hoppe, Geschichte der Elektrizität, 1884 und A. Winkelmann, Handbuch der Physik, 1893.

4. Unterricht und Methode.

Aus der Praxis der physikalischen Schülerübungen. Von W. GRÜNHOLZ. Der Verfasser hat bereits in dem Jahresbericht der Oberrealschule zu Hamm (Ostern 1914) Mitteilung darüber gemacht, wie er an seiner Anstalt das ganze Unterrichtsverfahren in der Physik auf grundlegenden Schülerübungen aufgebaut hat. In der Zeitschrift für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht (Heft 9 bis 12, 1916) zeigt er genauer an einigen Beispielen, wie er in diesen Übungen die Physik als einen auf allgemeine Geistesbildung gerichteten Unterrichtsgegenstand behandelt.

Als wesentlichen methodischen Unterschied des Übungsverfahrens von dem Demonstrationsverfahren sieht er den Umstand an, daß bei ersteren nicht aus einem einzelnen Versuch, sondern aus Versuchsreihen Naturgesetze erschlossen werden können. Er führt als Beispiel das Pendelgesetz an und erklärt die Proportionalität von T mit \sqrt{l} nicht für ausreichend begründet, wenn man sie nur an Pendeln von einfacher, vierfacher und neunfacher Länge demonstriert; er läßt vielmehr an fünf Pendeln von beliebig gewählter Pendellänge (952 bis

294 mm) die Schwingungsdauer aus der für 50 Schwingungen beobachteten Zeit bestimmen und die Quotienten T_1/T_2 mit den entsprechenden Werten von $\sqrt{l_1/l_2}$ vergleichen. Kann man aber behaupten, daß die Methode in beiden Fällen verschieden ist? Das zweite Verfahren ist nur eine präziser durchgearbeitete und auf zwei Fälle mehr erstreckte Verallgemeinerung des ersten. Auch ist ein „Erarbeiten“ des Gesetzes doch nur unter der Voraussetzung möglich, daß man bei einigen tastenden Vergleichen auf die Vermutung gekommen ist, daß vielleicht die Quadrate der Zeiten eine Rolle spielen. Schließlich ist festzustellen, daß auf diese Weise doch nur ein empirisches Gesetz von annähernd genauer Gültigkeit gefunden wird, dessen exakte Formulierung noch der Sicherung durch theoretische Überlegungen bedarf. Das Verfahren, mit beliebig gewählten Pendellängen zu arbeiten, verdient jedoch sicherlich den Vorzug vor dem älteren allzu künstlich auf die Pendellängen 1:4:9 abgestimmten. In ähnlicher Weise wird die Abhängigkeit der Schwingungsdauer von g bei konstanter Pendellänge mit Hilfe eines sich an Machs bekannten Versuch anschließenden Verfahrens ermittelt, und das Ergebnis beider Versuchsreihen in die Formel $T = c\sqrt{l/g}$ zusammengefaßt. Für die Konstante c ergab sich als Mittelwert aus zahlreichen Versuchen der Wert 3,14, der den Gedanken an die Kreis-konstante π nahe legte. Der Verfasser hat nun noch durch Messungen mit einem Reversionspendel diese Konstante auf 4 Dezimalen bestimmen lassen, wobei in drei Versuchen mit verschiedenen Längen die Werte 3,1415 — 3,1414 — 3,1416 gefunden wurden. Er sieht nun die Vermutung $c = \pi$ durch die Erfahrungsergebnisse als hinreichend bestätigt an, um die induktiv gefundene Gesetzmäßigkeit durch die Formel $T = \pi\sqrt{l/g}$ darzustellen. Eine solche empirische Feststellung einer mathematischen Konstante ist ja nicht ganz unbedenklich, aber sie erscheint gerechtfertigt, wenn man daraus das Bedürfnis herleitet, die Konstante π in der Pendelformel nunmehr theoretisch zu begründen; und das Ziel einer möglichst genauen empirischen Ermittlung von π ist sicher auch für die Schüler ein Anreiz zum möglichst genauen Arbeiten.

Ausführlicher geht der Verfasser auf die Elektrizitätslehre auf der Oberstufe ein. Er schließt sich der Ansicht der „Meraner Lehrpläne“ an, daß dieses Gebiet auf die Prima gehört, und daß ihm die Lehre von der Mechanik in ihren grundlegenden Teilen vorhergehen müsse, dann aber könne modernen Anschauungen etwas mehr Rechnung getragen werden, als es der Regel nach in den gebräuchlichen Lehrbüchern

geschehe. Er schaltet, damit die Schüler unbefangen an die Erscheinungen herantreten und scharf zwischen Tatsachen und hypothetischen Hilfsvorstellungen unterscheiden lernen, die von der Unterstufe her bekannten Begriffe „Elektrizität“ und „elektrischer Strom“ zunächst ganz aus. Es wird zuerst der Oerstedtsche Versuch der Ablenkung der Magnetnadel behandelt und der Gedanke einer Energieübertragung längs des geschlossenen Leitersystems entwickelt, die sich in der Hauptsache durch das Entstehen des magnetischen Feldes kundgibt. Der Begriff Stromstärke wird als Ausdruck für die unter verschiedenen Umständen verschiedenen großen Kraftwirkungen aufgefaßt. Da bei dem Drehspulgalvanometer (aus näher erörterten Gründen) der Ausschlag der wirkenden Kraft und also der Stromstärke proportional gesetzt werden kann, wird ein solches Instrument zur Stromstärkemessung benutzt.

Die absolute Messung der Stromstärke geschieht mit einem Dynmesser einfachster Konstruktion. An die kurze (hydrostatische) Schale der Schülerwage wird ein Stabmagnet gehängt, dessen Polstärke aus früheren Versuchen bekannt ist. Aus einem umspannenen Kupferdraht von 1,5 m Länge und 1 mm Querschnitt, einem kleinen Regulierwiderstand (Ruhstrats Schülerwiderstand), einem Drehspulampereometer, einer Stromquelle (Trockenbatterie) und einem Stromwender wird ein Stromkreis gebildet, dessen Stromstärke durch den Regulierwiderstand konstant gehalten werden kann. Aus dem Kupferdraht wird eine kreisförmige Drahtschleife von etwa 5 cm Durchmesser gebildet und in deren Mitte der untere Pol des an der Wage austarierten Magnetstabes gebracht. Die abstoßende Kraft wird durch Auflegen von Gewichtsstücken auf die Wagschale ermittelt. Man gewinnt durch passend angeordnete Versuche die experimentellen Unterlagen für das Biot-Savartsche Gesetz in der Form

$$P = \frac{C \cdot i \cdot m \cdot l}{r^2} = \frac{C i \cdot m \cdot n \cdot 2\pi}{r}$$

Über die Einheit der Stromstärke wird nun so verfügt, daß $C = 1$ wird, demnach die Stromstärke 1 in einer Stromschleife vom Radius 1 dann als vorhanden angenommen, wenn jedes cm dieser Schleife auf einen in ihrer Mitte befindlichen Einheitspol die Kraft von 1 Dyn ausübt. Durch Anwendung auf die vorher angestellten Versuche läßt sich die benutzte Stromstärke in absoluten (Weber-)Einheiten und daher auch in Ampere berechnen und als übereinstimmend mit den Angaben des Amperemeters erweisen.

Als nächstes Problem wird die Abhängigkeit der Stromstärke von der EMK und vom Widerstande (Ohmsches Gesetz) behandelt. Der Verfasser beginnt mit einer, wie er sagt, logischen, nicht empirischen Deduktion des Gesetzes für stationäre geschlossene Ströme, indem er als „Voraussetzung“ ansieht, daß bei n -facher Stromstärke in einem Stromkreise von unverändertem Widerstande die n -fache EMK vorhanden ist, daß dagegen der Stromkreis den n -fachen Widerstand besitzt, wenn bei unveränderter EMK nur die $1/n$ -fache Stromstärke vorhanden ist. Es ist indes nicht ersichtlich, weshalb diese dem rein empirischen Nachweis zugänglichen Zusammenhänge als vermeintliche logische Voraussetzungen eingeführt werden sollen. Was hier logisch genannt wird, ist doch nur, was bei Galilei zuweilen als einfachste, der Natur gemäßeste Annahme eingeführt wird und als solche lediglich von heuristischem Wert. Es scheint mir nicht, daß man eine solche Ableitung als eine logische bezeichnen kann. Die Hauptaufgabe erblickt der Verfasser dann allerdings darin, die absoluten Einheiten für EMK und Widerstand abzuleiten und damit auch die befremdliche Festsetzung von 1,063 m eines Quecksilberfadens von 1 mm² Querschnitt als Widerstandseinheit aufzuklären. Dazu wird in bekannter Weise die Kombination des Ohmschen mit dem Jouleschen Gesetz benutzt. Das letztere wird aus Versuchen von der Art hergeleitet, wie sie Hahn in seinem Handbuch beschreibt. Ist das Joulesche Gesetz in der Form I $q = Ci^2wt$ oder II $q = Ciet$ gefunden, so kann man unter Benutzung des mechanischen Wertes der Wärmeinheit ($A = 4, 188 \cdot 10^7$ Erg) die Konstante $C = 1$ setzen, wenn man in I die Einheit von w , oder in II die Einheit von e angemessen wählt. Die Umrechnung der Versuche führt danach für die EMK zu Werten, die in Vielfachen von 10^8 dargestellt sind, und entsprechend für w zu Werten, die als Vielfache von 10^9 erscheinen. Damit ist verständlich gemacht, daß 1 Volt = 10^8 absoluten Spannungseinheiten, 1 Ohm = 10^9 absoluten Widerstandseinheiten ist. Es schließen sich daran noch Anwendungen in bezug auf die unter Voraussetzung der praktischen Einheiten zu ermittelnde Größe von A und auf die Beziehung zwischen dieser Größe und dem mechanischen Wert von 1 Joule = 10^7 Erg. In diesen Betrachtungen steckt ein für die Schüler recht erhebliches Maß von geistiger Arbeit, die man nicht als überflüssig ansehen kann, wenn sie wie hier der Schulung der geistigen Kräfte dienstbar gemacht wird.

Einen letzten Abschnitt widmet der Verfasser methodischen Ausblicken in das Gebiet

der Elektrostatik, das er als das schwierigste Gebiet des physikalischen Unterrichts auf der Oberstufe bezeichnet, wenn dieser einigermaßen mit dem heutigen Stand der Wissenschaft in Einklang gesetzt und das Gebiet der elektrischen Schwingungen den Schülern zu hinreichendem Verständnis gebracht werden solle. Der Verfasser geht von der Frage aus, welches Äquivalent beim Öffnen eines Stromkreises und dem Verschwinden des magnetischen Feldes an die Stelle der verschwundenen Stromenergie tritt. Als Antwort dient ein Versuch, der die Erzeugung von potentieller elektrischer Energie nachweist, die auftritt, wenn man die Pole einer Stromquelle unter Einschaltung zweier Kondensatorplatten mit einem Elektroskop verbindet. Es ergibt sich hieraus, daß das Entstehen oder Vergehen eines magnetischen Feldes mit dem Vergehen oder Entstehen eines elektrischen Feldes verbunden ist. Zur quantitativen Bestimmung des elektrischen Spannungs- und Ladungszustandes wird der eben erwähnte Fundamentalversuch in erweiterter Form benutzt, indem man die Kollektorplatte des Kondensators mit einem zunächst willkürlich geeichten Elektrometer und mit Stromquellen verschiedener Spannung verbindet. Dies gibt die Möglichkeit einer Eichung nach Spannungseinheiten (Braunsches Elektrometer). Die Versuche zeigen indessen, daß die Angaben des Elektrometers nicht mit denen des Schalttafelvoltmeters übereinstimmen; auch werden die einzelnen Elektrometerausschläge kleiner oder größer, je nachdem man kleinere oder größere Kondensatorplatten benutzt. Dies führt zu dem Begriff der Kapazität und zu der „Gleichung des elektrischen Ladungszustandes“:

$$\epsilon = C \cdot V. \quad 1)$$

Ein Vergleich mit der Ohmschen Gleichung

$$i = \frac{1}{W} \cdot V \quad 2)$$

zeigt, daß auch hier der Faktor $1/W$ die Rolle eines Kapazitätsfaktors spielt, und daß sowohl ϵ als i Energiemengen bedeuten, im Gegensatz zu der älteren stofflichen Auffassung dieser Größen als Elektrizitätsmengen; doch wird der letztere Ausdruck der Einfachheit wegen beibehalten.

Die Gleichung 1) führt nun zu der Frage nach der elektrostatistischen Einheit der Elektrizitätsmenge. Der historische, von dem Coulombschen Gesetz ausgehende Weg scheint dem Verfasser für den Schulunterricht wenig zugänglich, er zieht deshalb vor, von der Potentialeinheit auszugehen, und zwar als elektrostatistische Potentialeinheit die Spannung von 300 Volt einzuführen. Dann folgt aus Gleichung 1) als

Einheit der Elektrizitätsmenge diejenige, die einen Leiter von der Kapazität 1 auf das Potential 1 aufladet, wobei unter Kapazität 1 wie üblich diejenige einer Kugel vom Radius 1 cm verstanden ist. Mit Hilfe eines nach Volt geeichten Elektrometers kann man nunmehr auch Elektrizitätsmengen quantitativ bestimmen.

Das Nebeneinanderbestehen der Gleichungen 1) und 2) legt endlich die Frage nach dem Verhältnis der elektrostatischen und der elektromagnetischen Einheit der Elektrizitätsmenge, das „Hauptproblem der Elektrostatik“ nahe. Zur Beantwortung empfiehlt der Verfasser einen Versuch, den W. Kaufmann in der neuesten Auflage von Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik beschreibt. Ein schwacher Entladungsstrom der Wimshurst- (besser Holtz'schen) Maschine wird durch ein Spiegelgalvanometer von hinreichender und bekannter Empfindlichkeit geschickt und die Stromstärke in absolutem Maß ermittelt. Darauf wird mittels des Kondensators und einer Funkenstrecke die elektrostatische Ladung der Maschine nach Gleichung 1) bestimmt. Das Verhältnis beider liefert bei Kaufmann den Wert $c = 3,4 \cdot 10^{10}$, der Verfasser fand $2,6 \cdot 10^{10}$. Es ist daraus leicht zu folgern, daß 1 Coulomb = $3 \cdot 10^9$ ESE und, bei Hinzunahme

des Jouleschen Gesetzes, $1 \text{ Volt} = \frac{1}{300}$ ESE ist, wenn man die vorher ermittelte ESE der Elektrizitätsmenge als bekannt voraussetzt. Dieser zweite, den historischen Gang entsprechende Weg wird dem Schüler verständlich, wenn er den umgekehrten Weg selber experimentell verfolgt hat.

Ich habe den Gedankengang des Verfassers nur kurz wiedergeben können, um die Leser auf den beachtenswerten Aufsatz aufmerksam zu machen. Ich füge nur noch hinzu, daß zwei Leitmotive, auf die ich in meiner Didaktik des physikalischen Unterrichts hingewiesen habe, auch hier mit großer Stärke betont sind: einmal die Anknüpfung des Unterrichtsganges an einzelne große Probleme, und zweitens die Gruppierung des Stoffes zu größeren „didaktischen Einheiten“. Nur so kann es gelingen, einen strengen methodischen Aufbau des ganzen physikalischen Gedankengebietes zu erzielen, also eine Zusammenfassung zu einer Einheit, die mehr ist als ein abstraktes System, zuwege zu bringen. Es ist nur zu wünschen, daß die Mitteilungen des Verfassers die Anregung zu weiteren Versuchen in derselben Richtung geben.

P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Zur Elektrochemie der Taschenlampenbatterien. Von K. ARNDT. Nach einem Vortrage auf der Hauptversammlung der deutschen Bunsen-Gesellschaft am 20. bis 22. Dezember 1916. (*Physikal. Zeitschr.* 18, 111; 1917.)

Unser jährlicher Verbrauch an Taschenlampenbatterien wird auf 30 Millionen Stück geschätzt. Man verwendet fast durchgehend Osramlampen für 0,2 Amp. und 3,5 Volt, die von ausgezeichneter Güte und Gleichmäßigkeit sind. Die Güte der Batterien dagegen schwankt in weiten Grenzen, obwohl für ihre äußeren Abmessungen durch den Verband der Fabriken von Taschenlampenbatterien E. V. Einheitlichkeit hergestellt ist. Die Batterien bestehen aus je drei kleinen Trockenelementen nach Art der Leclanché-Elemente. Ein Zinkbecher bildet den negativen Pol, den positiven ein Kohlestäbchen, das mit einer feingepulverten Mischung von Braunstein und Graphit (letzterer zur Erhöhung der Leitfähigkeit) umgeben ist. Das in Gaze gehüllte Gemisch füllt das Zinkbecherchen fast ganz aus. Der enge ringförmige Zwischenraum ist mit einer Lösung verschiedener Salze (hauptsächlich NH_4Cl und ZnCl_2), die durch Mehlzusatz zu einem Schleim verdickt ist, ausgefüllt. (Für den Zusatz von ZnCl_2 konnte auf der Versammlung keine Er-

klärung gegeben werden, er wurde vielmehr für schädigend erklärt.) Bei der Entladung geht weder die Auflösung des Zinks glatt vor sich, noch die Sauerstoffabgabe von seiten des Braunsteins. Am Zink bildet sich eine graue Oxydschicht und aus dem Elektrolyten scheiden sich weiße Körner von basischen Zinksalzen aus, die den Widerstand des Elementes bis auf das Dreifache des Anfangswertes erhöhen können. Diese störenden Einflüsse treten um so mehr hervor, je höher die Stromstärke ist und je weniger Ruhepausen man der Batterie gönnt. An der positiven Elektrode bewirkt die Trägheit des Depolarisators während der Stromabgabe ein Sinken der Spannung, das in der Ruhepause erst mehr, dann weniger rückgängig gemacht wird. Die Entladungsspannung sinkt schließlich unter die zulässige Grenze, lange bevor alles Mangansuperoxyd verbraucht ist.

Für die Prüfung der Batterien ist vom Verband deutscher Elektrotechniker vorgeschrieben, daß sie durch einen Widerstand von 15 Ohm geschlossen werden und die Zeit bestimmt wird, innerhalb deren die Spannung auf 1,8 Volt sinkt. Diese Zeit soll drei Stunden betragen, dementsprechend die Brenndauer bei längeren Ruhepausen erfahrungsgemäß etwa $4\frac{1}{2}$ Stunden

beträgt. Beim Lagern nimmt die Spannung der Batterie allmählich ab infolge von chemischen Umwandlungen, die in der offenen Batterie langsam vor sich gehen. Messungen des Vortragenden haben ergeben, daß die Leistung bei $\frac{1}{8}$ kg Gewicht 2,3 Wattstunden beträgt. Die Strommessung und Berechnung des Materialverbrauchs nach dem Faradayschen Gesetz ergab, daß an Mangansuperoxyd 25%, an Zink sogar 50 bis 80% zu viel verbraucht war. Die nach der Entladung unausgenutzt zurückbleibenden Materialien sind rund $\frac{2}{3}$ der ursprünglich vorhandenen Menge, dazu noch der Graphit. Da diese großen Mengen wertvoller Stoffe jetzt zu meist weggeworfen werden, so zeigt sich, daß hinsichtlich der Verwertung der Rückstände noch eine wichtige Aufgabe zu lösen bleibt. P.

Glühlampendraht aus fadenförmigen Krystallen. Die Firma Julius Pintsch A.-G. in Berlin verwendet neuerdings eigentümlich beschaffene Glühlampendrähte, über die Prof. W. BÖTTGER (Leipzig) in der letzten Hauptversammlung der deutschen Bunsen-Gesellschaft Mitteilung machte. (*Physikal. Zeitschr.* 18, 108; 1917.) Gespritzte Fäden aus Wolfram, die auch nach dem Brennen und Formieren äußerst zerbrechlich sind, erlangen erfahrungsgemäß durch Zusatz gewisser Oxyde (wie Thoriumoxyd) die Eigenschaft der Knickbarkeit und Divisibilität. Nähere Untersuchung solcher Fäden ergab, daß sie aus zahlreichen Stücken mit glänzenden Flächen und scharfen Kanten bestehen, und daß diese Stücke eine alle Erwartungen übertreffende Knickbarkeit besitzen, während die Fäden an den Stellen, an denen derartige Stücke zusammenstoßen, bei dem Versuch sie zu biegen, überaus leicht durchbrechen. Es wurde nun dem Metall ein Zusatz von etwa 2% Thoroxyd einverleibt,

aus dem Metall unter Zusatz eines Bindemittels eine Pasta geknetet und diese zu Fäden verspritzt. Die Fäden wurden dann gebrannt, gegebenenfalls entkohlt und formiert. Um die durch den Thoriumzusatz begünstigte Ausbildung krystallinischen Gefüges in möglichst vollkommener Weise zu stande kommen zu lassen, wurden die Fäden nach dem Passieren einer Vorwärmzone mit schroffem Anstieg der Temperatur durch eine Temperaturzone von 2400 bis 2600° geleitet, in der die Fertigformierung und Krystallisation vor sich ging, und zwar in solchem Tempo, daß die Krystallisationsgeschwindigkeit die Geschwindigkeit der Durchführung des Fadens übertraf. Der hierfür konstruierte sinnreiche Apparat hatte nur wenige Zentimeter Höhe. Der gewonnene Draht besaß ein krystallinisches Gefüge mit Individuen von zum Teil vielen Metern Länge bei nur einigen Hundertstel Millimetern Durchmesser; die Begrenzung durch ebene Flächen als Merkmal der krystallinischen Struktur war bei manchen Krystallen schon nach dem Formieren, übrigens erst nach längerem Brennen in der Birne bemerkbar, der ursprünglich nahezu kreisförmige Querschnitt weist dann achteckige Begrenzung auf. Die Glühfäden unterliegen auch bei längerer Brenndauer nicht den Veränderungen, die man als RekrySTALLISATION bezeichnet, und die beim gezogenen Draht schon nach längerer Zeit eintreten, mit dem Erfolg, daß die Fäden im kalten Zustand schon bei leichter Berührung zerbrechen, während der Krystalldraht als ein stabiles Gebilde dem nicht ausgesetzt ist.

Die Ausarbeitung des geschilderten Verfahrens verdankt man den Herren O. SCHALLER und Dr. ORBIG von der Julius Pintsch A.-G. P.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Physikalische Messungsmethoden. Von Dr. WILHELM BAHRDT. Mit 54 Fig. Zweite verbesserte Auflage. (Sammlung Göschen, Nr. 301.) 147 S. Berlin und Leipzig, G. J. Göschen, 1915. Geb. M. 0,90.

Das Büchlein beschreibt eine große Zahl elementarer Meßmethoden, die zum großen Teil auch für Schülerübungen geeignet sind; einige stammen aus der persönlichen Praxis des auf diesem Gebiet wohlbewanderten Verfassers. Für Schüler, die an praktischen Übungen teilnehmen, bietet das Schriftchen mannigfache nützliche Anregung. P.

U. XXX.

Krieg und Naturlehre. Von EMIL MAUDERS. (Beihefte zur Zeitschrift Schaffende Arbeit und Kunst in der Schule, Nr. 59.) Mit 82 Abbildungen, 69 S. Schulwissenschaftlicher Verlag A. Haase, Prag und Leipzig, 1916. Kr. 1,60; M. 1,35.

Das Heft gibt eine recht reichhaltige Übersicht über die Kriegsanwendungen der Physik und Chemie; es ist in erster Reihe für Volksschullehrer bestimmt, kann aber auch Schülern höherer Schulen empfohlen werden. P.

Kriegsstoffe für den Unterricht in Physik und Chemie. Von Karl Spahn, Seminarlehrer in Straßburg i. E. (Hilfsbücher für Kriegskunde von K. König und K. Wendling Nr. 9). 209 S. Straßburg, Straßburger Druckerei und Verlagsanstalt, 1916. M. 3.—.

Das Buch macht den Eindruck eines Lehrbuchs der Physik und Chemie, das völlig nach dem Gesichtspunkte der Kriegstechnik orientiert ist, selbst z. B. bei der Schallbehandlung von dem Geschützdonner ausgeht usw. In Wahrheit will es freilich nur Materialien zur Belehrung der Volksschuljugend darbieten und befließigt sich im Hinblick hierauf einer sehr elementaren, vielfach recht geschickten Darstellung. Hier und da freilich ist der Stoff der elementaren Behandlung nicht zugänglich, so die Erklärung des Dralles der Geschosse; auch bei der Besprechung von Wucht und Leistung sind die Begriffe nicht geklärt. Unzutreffend ist in Betracht der Luftwiderstandes die Berechnung der Geschwindigkeit einer aus 2200 m Höhe senkrecht herabfallenden Granate, unzulässig die Annahme einer Schnellzugsgeschwindigkeit von 150 km/sec. Die Erklärung des Drachenaufstiegs (S. 68) ist verfehlt, ebenso die des stereoskopischen Sehens aus der Neigung der Augenrichtungen. Im übrigen ist aus der populären Literatur eine Fülle brauchbaren Stoffes zusammengetragen, die vielen Lehrern willkommen sein wird. P.

Mondphasen, Osterrechnung und Ewiger Kalender. Von Prof. Dr. Walther Jacobsthal, z. Zt. Hauptmann und Kompagnieführer im Felde. Berlin, Julius Springer, 1917. VIII u. 116 S. Preis M. 2.—.

Der Wochentag eines Datums im Gregorianischen Kalender wird schrittweise entwickelt, zunächst für Januar 1900, dann für das Jahr 1900, dann für das Jahrhundert (19), endlich allgemein. Sollten die Vorschläge von Ostwald, Kewitsch und anderen Erfolg haben, so würde freilich der seit undenklichen Zeiten von der Kulturwelt in Ordnung gehaltene 7tägige Zyklus bald verschwinden und die abgeleitete Formel unbrauchbar werden. Die Monate werden nach der Art von Rebenstorff¹⁾ und Fleck²⁾ behandelt durch Zuordnung von 12 einziffrigen Zahlen, die man auswendig lernt, nicht nach der geschlossenen Formel von Zeller³⁾ durch eine Funktion der Monatsnummer. Das

¹⁾ Unterr.-Bl. f. Math. u. Natw. 1908, S. 77.

²⁾ Berl. Math. Ges. XIV, S. 43. 1915.

³⁾ Bull. de la société math. de France XI, 1882. S. Ahrens, Math. Unterhalt. u. Spiele, S. 385.

Verfahren ist fast oder vielmehr völlig identisch mit dem in dieser Zeitschrift dargelegten. (Text zur Sternkarte 1915, 1916, 1917.)

Alsdann wird die Epakte (hier die Zahl der am 20. März seit Vollmond vergangenen Tage) für 1900 aus astronomischen Tabellen festgestellt und nach dem Metonischen 19jährigen Zyklus auf die folgenden 18 Jahre, endlich auf beliebige Jahre übertragen. Der genannte Zyklus verlangt, daß während eines Jahrhunderts die Epakte regelmäßig um 19 (mod 30) zunimmt, beim Übergang vom letzten Jahre (19) eines Zyklus zum ersten des folgenden sich außerdem noch unregelmäßig oder sprungartig vermehrt um (-1) . Die Nummern der Jahre heißen goldne Zahlen. Wenn man 1805 als Jahr 1 dieses Zyklus auffaßt, so erhält man aus der Epakte dieses Jahres eine Epaktenreihe für das ganze Jahrhundert (18); wenn man aber von 1809 mit der Epakte dieses Jahres ausginge, so läge die Sprungstelle an einem anderen Punkt, die neuen Epakten würden in den letzten 4 Jahren jedes Zyklus um 1 größer werden als nach der vorigen Art. Man kann daher die Reihe nicht von beliebiger Stelle aus beginnen, sondern muß die Willkür der historischen Vergangenheit beachten. Auch dieser Zyklus von 19 Jahren ist nämlich seit alter Zeit von der Kulturwelt sorgfältig weitergerollt worden. Dasjenige Jahr Diocletians, mit dem Dionys seine Ostertabelle begann, hatte die goldne Zahl 1, er gab ihm die Jahreszahl 532, die durch 19 teilbar ist. Somit war fürderhin die goldene Zahl immer wieder 1, wenn eine Jahreszahl durch 19 teilbar war. Nicht etwa ist umgekehrt die goldene Zahl zu der schon bestehenden christlichen Ära als Anhängsel nach jenem Gesetz hinzugefügt worden. So muß begründet werden, daß 1900 ein richtiger Anfang des Metonischen Zyklus ist, denn es kommt nicht nur darauf an, daß die Vollmonde einigermaßen der Wirklichkeit entsprechen, sondern vor allem, daß sie genau den Grundsätzen des neuen Kalenders folgen.

Die zyklischen Vollmonde sollten möglichst mit den mittleren astronomischen Vollmonden übereinstimmen, die wahren, durch die Unregelmäßigkeiten im Lauf der Sonne und des Mondes beeinflusst, sind kein Vorbild für die Zeitrechnung. Nach dem Verfasser hatte am 20. März 1900 11^h abends der Mond ein Alter von 4,4089 Tagen, wofür, um Anschluß an den Kalender zu erhalten, 5 Tage eintreten. Jene Zahl gibt aber irrtümlich das wahre Alter an⁴⁾, das mittlere 4,83⁵⁾ stimmt viel besser zur Zahl 5.

⁴⁾ S. die Anmerkungen S. 39, 65, 69.

⁵⁾ Aus Neugebauers abgekürzten Mondtafeln.

Die Beispiele auf S. 66 und 68 sind daher so zu berichtigen:

	20. März 11 ^h abends		15. April 11 ^h ab.			
Mondalter (vom Vollmond an)	1870	1875	1900	1916	1917	1900
Zyklisch	4 Tage	29	5	1	12	1
Neugebauer	3,68	28,33	4,83	1,77	12,41	1,30
Verfasser	3,26	27,89	4,40	1,35	11,98	0,88

Im zweiten Beispiel wird der Unterschied zwischen zyklischer und mittlerer Berechnung also kleiner als 1 Tag, so daß die Entschuldigung des zu großen Fehlers (S. 68) wegfällt. Die letzte Spalte zeigt, daß Frühlingsvollmond 1900 zyklisch auf den 14. April fällt, nach mittlerer Bewegung auf 14. April 4^h nachmittags, nach wahrer auf 15. April 2^h früh. Bei Anwendung des wahren Vollmonds — die unberechtigt ist — fiel Ostern 8 Tage zu spät⁶⁾.

Die Epakte ist nur ein Hilfsmittel zur Bestimmung des Frühlingsvollmonds; sie ist entbehrlich. So steht bei Wislicenus⁷⁾ eine kurze Tabelle der ersten 19 Frühlingsvollmonde im Jahrhundert (19), die durch die periodische Wiederkehr auf das ganze Jahrhundert (19) auszudehnen ist. Eine zweite Tabelle gibt den Wochentag des 1. Januar für die ersten 28 Jahre und läßt gleichfalls periodische Fortsetzung zu. Durch Vergleichung gewinnt man das Osterdatum für ein beliebiges Jahr des Jahrhunderts (19). Der Verfasser bildet dies Verfahren zwar nach, bevorzugt aber Formeln statt der kurzen Tabellen. Er leitet dann eine Osterformel ab, nicht bloß, wie Wislicenus, für das Jahrhundert (19), sondern allgemein. Diese wird dann schließlich in die Gaußsche⁸⁾ umgewandelt. Auch die umgekehrte Aufgabe: Wann fällt Ostern auf ein bestimmtes Datum? wird gelöst.

Die Ausnahmen, die 1954 und 1981 eintreten, lassen sich ihrem Grunde nach bei dem vorhin empfohlenen einfachen Verfahren leicht berücksichtigen. Die Gaußsche Formel, die den Zahlentheoretiker fesselt, ist schwer zu beweisen und läßt eine plausible Einführung der Ausnahmen nicht zu. Sie ohne Verständnis ihrer Ableitung anzuwenden ist wertlos. Wir empfehlen für den Schulunterricht, den Kalender an sich zu erklären, ohne Zahlentheorie, und dabei die

⁶⁾ Wislicenus, Der Kalender 1905, S. 52; Koppe, Himmel und Erde XII, S. 462, 1900.

⁷⁾ Wislicenus, „Der Kalender“ 1905. — Auch Koppe, Himmel und Erde XII, S. 452: Die Mondphasen und das Osterfest im Jahr. 19, 1900.

⁸⁾ Einfacher die Ableitung von Goldscheider, Gauß' Osterformel, Progr. 1896. In Teil II 1899 viele zahlentheoretische Aufgaben.

schwerfälligen und lästigen Hilfsbegriffe des Mittelalters zu vermeiden. Zur sicheren Beurteilung zweifelhafter Fälle gelangt man nur durch das Studium von Clavius, Explicatio Calendarii Gregoriani (1600). Für jedes Jahrhundert z. B. (17) folgen die goldnen Zahlen periodisch, wenn auch 1700 nicht gerade mit 1, sondern vielmehr mit (10) beginnt. Die Periode ist dann 10, 11, 12 . . . , 19, 1, 2 . . . , 8, 9. Es geht nicht an, aus dem letzten Bruchstück eines richtigen Metonischen Zyklus im Jahrhundert (17), 1786 bis 1799 (g. Z. 1 bis 14) und dem Bruchstück am Anfang des nächsten Jahrhunderts 1800 bis 1804 (g. Z. 15 bis 19) eine Art Pufferstaat zu bilden mit besonderer Verfassung, z. B. dem Gesetz, daß gleiche Epakten zu vermeiden seien. Dieses Gesetz war nicht für einen zusammengefügten Zyklus, sondern für den wiederkehrenden Zyklus einer Kette gegeben. Damit werden die Untersuchungen über normale und abnorme Zyklen (S. 90) überflüssig.

Einige Ausdrücke verraten eine gewisse Kühnheit; auf Versehen beruht die verlängerte Form von Lunation, unmöglich ist es aber, statt Säkularjahr zu sagen „Volles Jahrhundert“ (S. 29 u. 30), während „Beliebiges Jahrhundert“ soviel wie z. B. 1900 bis 1999 bedeuten soll.

Für den kleinsten positiven Rest von 17 (mod 7) schreibt der Verfasser $\Re \left(\frac{17}{7} \right)$. Das sieht aus wie eine Funktion des Bruches $\frac{17}{7}$,

der $= 2 \frac{3}{7}$ ist, und bedeutet 3. Viel leichter für Verständnis und Druck ist die sonst übliche Bezeichnung $R_7(17)$ oder $(17)_7$. Wichtig ist der Satz (S. 17), daß $(a)_7 + (b)_7 = 6$, wenn $a + b \equiv 6 \pmod{7}$. Druckfehler stehen in den Zahlenbeispielen auf Seite 4 und 73. *M. Koppe.*

Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie. Von

Dr.-Ing. Hans Rein. Nach dem Tode des Verfassers herausgegeben von Dr. K. Wirtz, o. Prof. der Elektrotechnik an der technischen Hochschule zu Darmstadt. Mit einem Bildnis des Verfassers, 355 Textfiguren und 4 lithographischen Tafeln. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1917. 406 Seiten. Geb. M. 20,—.

Das Buch hat zum Verfasser den Sohn des in Schulkreisen durch seine pädagogischen Schriften bekannten Professors W. Rein in Jena. Der Hauptteil des Werkes war vor dem Kriege abgeschlossen. Nach dem Tode des Verfassers wurde das Buch von Professor Dr. K. Wirtz in Darmstadt ergänzt und druckreif gemacht. — H. Rein war seit 1909 Vorstand des Laboratoriums für drahtlose Telegraphie der C. Lorenz-Aktiengesellschaft, Berlin. So ist das

vorliegende Buch aus der Praxis heraus zur Einführung in die Praxis geschrieben. Es setzt die Kenntnis der Rechnung mit Wechselstromwiderständen voraus und stellt in der kurzen theoretischen Einleitung mit großer Klarheit die Grundbegriffe der drahtlosen Telegraphie dar: Resonanz und Resonanzkurven — Schwingungen mit gleichbleibender und solche mit abnehmender Amplitude — Die Dämpfung und ihre Bestimmung aus der Resonanzkurve — Die Kuppelung — Die elektrischen Wellen. Der erste Teil behandelt im Anschluß daran die praktischen Ausführungsformen der Einzelbestandteile einer Funkstation. Mit Recht weist Rein beim Hinblick auf die verschiedenen Kondensatoren darauf hin, daß die Formen immer mehr den Charakter von physikalischen Apparaten verlieren, und daß die Grundsätze des allgemeinen Maschinenbaues auch hier auf den Bau befruchtend eingewirkt haben. Besonders bemerkenswert ist die Darstellung der Antennenformen, wobei Rein seine Anschauungen über die Strahlung von Antennen festlegt. Mag man auch in wichtigen Punkten gegenteilige Ansichten haben, worauf einzugehen hier nicht der Ort ist, so ist doch gerade die vollständige Durchführung der vielfach verbreiteten Anschauungen von größtem Wert. — Im zweiten Abschnitt behandelt Rein für die zur Zeit bekannten Sendeverfahren zunächst die physikalischen Vorgänge und geht dann zur Besprechung der besten Energieausnutzung über. — Der dritte Teil über die Empfangsseite enthält die beiden schwersten Fragen der drahtlosen Telegraphie. Wie erzielt man die größte Nutzleistung bei der Zeichenübertragung, und wie können diese Geräte höchster Empfindlichkeit vor Störungen geschützt werden? Die Besprechung der ersten Frage ist aufgebaut auf der eben erwähnten Betrachtung über Antennenstrahlung. Rein zerlegt die Aufgabe so, daß er zunächst das Sendesystem außer acht läßt, dann den Sender und endlich den Raum zwischen beiden in die Betrachtung hineinzieht. — Die beiden letzten Abschnitte über Telephonie ohne Draht und die Richtungs Telegraphie stammen aus der Feder von Professor Wirtz. Sie waren dem Inhalt nach zur Abrundung des Werkes notwendig und geben, wenn auch die Darstellungsart naturgemäß eine andere ist, ein klares Bild der beiden Gebiete.

Das ganze Werk enthält keinen Laboratoriumsversuch. Alle Messungen sind an wirklichen Stationen ausgeführt, alle Gedankengänge knüpfen an die Apparate der Praxis an. Noch vor wenigen Jahren war zwischen den im Laboratorium entstandenen Arbeiten des Gebietes und denen aus der Praxis eine scharfe Trennung.

Wie sehen die Apparate in der Technik aus, wodurch werden die Antennenformen bestimmt, wie rechnet man in der Technik? Diese Fragen treten jedem, der sich mit den Hochfrequenzerscheinungen befaßt, entgegen. Die vielen schönen Abbildungen, Schaltungszeichnungen und Oszillogramme, dazu der überaus klare Text mit den eingeflochtenen Zahlenbeispielen, geben bestimmte Antwort auf die Fragen und geben dadurch dem Buch einen besonderen Wert.

Bei der Durchsicht des Buches wurden folgende Mängel empfunden: 1. Bei den häufigen Hinweisen auf „früher Besprochenes“ und „später zu Erörterndes“ fehlen die Seitenangaben. 2. Einige Apparatabbildungen (z. B. Fig. 158) geben kein Bild von der wirklichen Größe der Gegenstände. 3. Der Ausdruck Σ (Widerstände) für eine Wurzel auf Seite 1 und die Bezeichnung (S. 70) der Kurve $w = A : \lambda^2$ als gleichseitige Hyperbel sind mathematische Schönheitsfehler. Diese kleinen Ausstellungen sollen aber in keiner Weise den großen Wert des Buches herabsetzen.

Curt Fischer.

Lehrbuch der Organischen Chemie. Von Dr. A. F. Holleman. 12. verb. Aufl. Mit zahlreichen Figuren. Leipzig, Veit & Co., 1915. XII u. 492 S. Geb. M. 10,—.

Die vorliegende Organische Chemie ist in gleicher Weise wie die besprochene Anorganische Chemie desselben Verfassers eine Arbeit, die durch stilistische Klarheit im gesamten Text und durch große Bestimmtheit in den einzelnen Begriffsaufstellungen gekennzeichnet ist. Die Eigentümlichkeiten der Stoffanordnung wurden bereits gelegentlich der ersten Auflage in dieser Zeitschrift (12, 312) näher gekennzeichnet. Inzwischen war der Verfasser mit Erfolg bemüht, die Arbeit durch Berücksichtigung der neuen Forschungsergebnisse auf der Höhe zu erhalten. In dieser neuen Auflage finden sich z. B. weitere Ausführungen über die Anschauungen A. Werners zur optischen Isomerie, bei der die Rolle des Kohlenstoffs durch andere Elemente ersetzt ist; einzelne Abschnitte, wie die über die Einwirkung von Oxalsäure auf Glycerin, sowie über die Synthese der Monosen wurden neu geschrieben, andere, wie die über Phthalderivate und über Alkaloide, ganz umgearbeitet. Die fast ganz wertlosen Bruttoformeln z. B. der Alkohole und Säuren sollten auch in den Kapitelüberschriften stets durch die Konstitutionsformeln ersetzt werden, so daß z. B. bei den Säuren stets die Carboxylgruppe zum Ausdruck kommt; bis jetzt sind bei den Alkoholen nur der Methyl- und Äthylalkohol, bei den Säuren nur die Ameisensäure dementsprechend geschrie-

ben. In den kurzen und treffenden Ausführungen über die Polypeptide konnte auch der eigenartigen Tätigkeit der Mikroorganismen bei gewissen optisch aktiven Verbindungen gedacht werden. Beim „Celluloid“ (S. 246) genügt nicht die Angabe, daß es „aus Kollodiumwolle hergestellt“ wird, vielmehr ist der Campher als wesentlicher Faktor bei der Gewinnung mit zu erwähnen. Im übrigen seien die Vorzüge des Buches noch einmal rühmend hervorgehoben.

O. Ohmann.

Lehrbuch der Anorganischen Chemie für Studierende an Universitäten und Technischen Hochschulen von Dr. A. F. Holleman, o. Prof. d. Ch. a. d. Univ. Amsterdam. 12. verb. Aufl. Leipzig, Veit & Co., 1916. 471 S. Geb. M. 11,—.

Die neue Auflage des erst vor kurzem in dieser Zeitschrift (28, 168) eingehend gewürdigten Lehrbuches weist verschiedene Verbesserungen auf. Insbesondere ist das Gebiet der radioaktiven Elemente erweitert worden. Auf S. 373 werden, wohl infolge eines Druckfehlers, die zu einer Plejade gehörenden Elemente „isotrope“ statt isotope Elemente genannt. Es genügt, auf das Erscheinen der neuen Ausgabe des wertvollen Lehrbuches hinzuweisen. O.

Elemente der Chemie und Krystallographie.

Für den Unterricht in der ersten Klasse der Realschulen und der Untersekunda der Oberrealschulen. Bearbeitet von Prof. Dr. R. Herz, Oberl. a. d. Oberrealsch. i. Dortmund. Leipzig, G. Freytag 1914. 96 S. Geb. M. 1,20.

Der Lehrgang beginnt unmittelbar mit Versuchen. Der erste Stoff, der verwendet wird, ist Höllensteinlösung; zu ihr wird Salzwasser gegossen. In Versuch 2 wird „zu einer Eisenvitriollösung eine Lösung von übermangansaurem Kalium“ gegossen. Solcher Versuche stehen 12 auf der ersten Seite; sie sollen mit zwei weiteren hauptsächlich dazu dienen, den Begriff von einem chemischen Vorgange im Gegensatz zu einem physikalischen zu geben. Auf S. 2 folgen unter dem Titel „Ursache chemischer Reaktionen“ 7 weitere schwer verständliche Versuche; so wird in Nr. 1 „doppeltkohlensaures Natron und Weinsäure“ verwendet, in Nr. 3 wird Schießpulver hergestellt, in 4 und 5 werden Kupfervitriollösung und Schwefelsäure elektrolysiert. Dann folgt ein kurzes Kapitel, in welchem bereits die Erhaltung des Gewichts erörtert wird, und dann wird die Luft und die Verbrennung behandelt, worauf das Wasser und weiterhin Säuren und Basen und die Atemtheorie folgen. — Wir halten eine solche Einführung in die Chemie, die den

Schüler vor soviel unbekannte Stoffe stellt — auf S. 1 finden sich außer den erwähnten noch Bleiweiß, Chlorkupfer, Salpeter- und Salzsäure, Bleizucker usw. — und ihn an eine bunte Mannigfaltigkeit unverstandener Versuche herangeführt, für absolut ungeeignet. Sie widerspricht den einfachsten didaktischen Grundsätzen. Daß hierbei das historische Moment gar nicht zu seinem Rechte kommt, sei nur beiläufig erwähnt. Auch sonst ist die Darstellung wenig zweckentsprechend. Die Untersuchung der Luft geschieht, wie in der Mehrzahl der älteren Lehrbücher, mit Hilfe des Phosphors, die des Wassers ebenso mit Hilfe des Natriums. Das Brauneisenerz ist nicht ohne weiteres „das Hydroxyd des Eisens“ (S. 71), die Formel „ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ “ ist daher nicht zutreffend. Wenn auch weiterhin die Behandlung des Technologischen mehr befriedigt und durch manche gute Abbildung unterstützt wird, so vermögen wir doch in dem Lehrgange im ganzen keinerlei methodischen Fortschritt zu erkennen. O.

Praktische Methodik für den höheren Unterricht.

Herausgegeben unter Mitwirkung von Schulmännern von August Scheindler in Wien. **Methodik des Unterrichts in der Chemie**, von Johann Rippel, Prof. a. d. Staatsrealschule im XV. Bezirk in Wien. Wien, A. Pichler, 1915. 130 S. Kr. 3,—, M. 2,55, geb. Kr. 3,50, M. 3,—.

Die Schrift behandelt den chemischen Unterricht an den österreichischen siebenklassigen „Realschulen“, doch sind auch dem Unterricht an den Realgymnasien und Gymnasien am Schluß einige Seiten gewidmet. Daß ein Namen- und Sachregister fehlen, mag sich durch die Kürze der Schrift erklären, daß aber auch ein Vorwort fehlt, welches über verschiedene den Leser dringend interessierende Fragen erwünschten Aufschluß gibt, läßt darauf schließen, daß in Österreich nicht nur das leidige Verbot des Vorwortes in Schullehrbüchern immer noch besteht, sondern daß sich dieses auch auf die für Lehrer bestimmten Schriften erstreckt, was noch stärker zu bedauern wäre. Der Verfasser gibt zuerst (S. 1—6) eine interessante Übersicht über die Fortentwicklung des chemischen Unterrichts an den österreichischen Realschulen, die eigentlich mehr eine Rückentwicklung dieses Unterrichts zu nennen ist, wenigstens hinsichtlich der Stundenzahl. In der ursprünglichen sechsklassigen Realschule (1851) standen ihm noch 12 wöchentliche Unterrichtsstunden zur Verfügung, in der siebenklassigen (1867) 11, nach der Reform von 1880, wobei er aus der 1. Klasse (nach österreichischer Bezeichnung

„VII. Klasse“) völlig ausgeschaltet wurde, nur noch 9, und seit der letzten Reform 1898, bei der noch der vorlaufende mineralogische Unterricht aus der 6. Klasse („II. Kl.“) einfach fortgenommen und in die 4. Klasse verlegt wurde, aber ohne jeglichen Stundenzuwachs, ist der chemische Unterricht noch um eine weitere Stunde vermindert. Auf den nächsten Seiten (6—14) bietet der Verfasser kurze allgemeine Bemerkungen über: „allgemeines Lehrziel und Unterrichtsverfahren, das Experiment, die Arbeitsschule, die Chemieräume und ihre Einrichtung“ und bespricht dann als Hauptthema den „Chemieunterricht an Realschulen“, der sich auch dort in eine Unter- und Oberstufe gliedert, und verfolgt diesen von der ersten Unterrichtsstunde an durch die einzelnen Klassen, wobei er ersichtlich aus reicher Unterrichtserfahrung schöpft. Hier dem Verfasser ins einzelne zu folgen oder auch nur Stellung zu nehmen zu den allgemeinen Gesichtspunkten, nach denen der Verfasser den Lehrstoff behandelt, hieße Grundfragen der chemischen Didaktik aufrollen, wozu es hier an Raume gebricht. Nicht einverstanden ist Ref. damit, daß gleich von Anfang an Stoffe wie Magnesium und Natrium ohne weiteres als gegeben betrachtet werden; der erste chemische Versuch ist das Abbrennen von Magnesium, dem noch in der ersten Stunde verschiedene Versuche mit Natrium folgen. Natrium ist zur Luftuntersuchung, auf die gleich in der ersten Stunde losgesteuert wird, absolut nicht erforderlich. Es gelangen aber in dieser ersten Unterrichtsstunde, abgesehen von einer zu reichlichen Zahl allgemeiner Begriffe, noch viel mehr Stoffe zur Anwendung. In ähnlicher Weise wird bereits in der zweiten Unterrichtsstunde der Phosphor ohne weitere Erklärung seiner Herkunft zu Hilfe genommen. Es stimmt dies alles wenig zu der auf S. 5 wiedergegebenen amtlichen Forderung, die dem einführenden Unterricht in Österreich gerade die Aufgabe stellt, „womöglich immer an ein Naturobjekt anzuknüpfen, um dessen Wechselbeziehungen zu chemischen Erscheinungen aufzusuchen und durch die allmähliche Erweiterung grundlegender Erfahrungen einen allgemeinen Überblick über das chemisch-mineralogische Wissensgebiet zu gewinnen“ — beiläufig eine Forderung, die sich ganz mit den Bestrebungen des Ref., in dieser Zeitschrift wie in sonstigen Schriften, deckt. Weiterhin wird übrigens den Mineralien mehr Interesse zugewendet, in mancher Hinsicht sogar überraschend weitgehendes, und man ist auch sonst erstaunt, was alles den Realschülern, zumal auch in theoretischer Hinsicht und in der

organischen Chemie, geboten werden soll. Die „Eprouvette“ (Probierring) fristet auch im Weltkrieg weiter ihr Dasein. Besondere Anerkennung verdienen die Grundsätze, die der Verfasser über die chemischen Schülerübungen zum Ausdruck bringt, wo er z. B. gerade die Förderung der manuellen Geschicklichkeit betont und dafür eintritt, daß unter der Aufsicht eines einzelnen Lehrers nicht mehr als 12 bis 14 Schüler am zweistündigen Praktikum teilnehmen dürfen, und daß bei stärkerer Frequenz eine Hilfskraft heranzuziehen sei. In diesem Kapitel konnte sich der Verfasser wiederholt auf seine früheren Veröffentlichungen in Jahresberichten beziehen. Alles in allem haben wir es mit einer dankenswerten Schrift zu tun, der besonders die an österreichischen Realschulen tätigen Chemielehrer mannigfache Anregungen entnehmen werden. O.

Apparate und Arbeitsmethoden zur mikroskopischen Untersuchung kristallisierter Körper. Von C. Leiß und Dr. H. Schneiderhöhn. Mit 115 Abb. „Mikrokosmos“, Franckh, Stuttgart 1914. 94 S. M. 2,25, geb. M. 3,—.

Die beiden Verfasser haben sich in die Arbeit so geteilt, daß vom erstgenannten die gesamten, zur mikroskopischen Untersuchung kristallisierter Körper nötigen Apparate, sowohl die mineralogischen Mikroskope mit ihren Nebenapparaten unter Erörterung der Prüfungsmethoden, wie auch die zur Herstellung von Gesteinsdünnschliffen und zur Bestimmung der optischen Konstanten erforderlichen Instrumente behandelt sind, während dem anderen die Bestimmung der physikalischen Konstanten kristallisierter Körper mit Hilfe des Polarisationsmikroskopes zufiel. Eine reiche Zahl trefflicher Abbildungen unterstützen die Darstellung in beiden Hauptteilen, die geeignet ist, weite Kreise in das interessante Gebiet sicher einzuführen. Die Arbeit ist abgefaßt auf Anregung der Zeitschrift „Mikrokosmos“, deren auf das Praktische gerichtete Bestrebungen schon viel Segen für den naturwissenschaftlichen Unterricht gestiftet haben. Sie ist somit in erster Linie für den Leserkreis der genannten Zeitschrift bestimmt, verdient aber über diesen Rahmen hinaus Anerkennung und Verbreitung. O. Ohmann.

Elektrochemie. I. Teil: Theoretische Elektrochemie und ihre physikalisch-chemischen Grundlagen. Von Heinrich Danneel. Mit 16 Abb. Sammlung Götschen, Leipzig 1916. 186 S. Geb. M. 1,—.

Die Vorzüge der trefflichen Arbeit wurden in dieser Zeitschrift bereits wiederholt erörtert, so daß es genügt, auf das Erscheinen der neuen Auflage hinzuweisen. Daß die einzelnen Bändchen der verbreiteten Sammlung im Preise jetzt von 90 Pf. auf 1 M. heraufgegangen sind, ist durch die Kriegsverhältnisse verständlich und wird bei dem vorliegenden inhaltreichen Bändchen am wenigsten empfunden werden. O.

Die Metalle. Von Prof. Dr. K. Scheid. 3. neubearbeitete Auflage. Mit 11 Abb. „Aus Natur und Geisteswelt“ Nr. 29. Leipzig, B. G. Teubner, 1914. 111 S. Geb. M. 1,25.

Die neue Auflage des in dieser Zeitschrift (15, S. 120) bereits näher gekennzeichneten Buches weist verschiedene Verbesserungen auf. Durch Weglassen technologischer Einzelheiten kommt der allgemein belehrende Charakter des Buches noch mehr zum Ausdruck und wird es für die Lektüre seitens der Schüler der oberen Klassen noch mehr geeignet. Auch in geschichtlicher und statistischer Hinsicht sind Verbesserungen eingetreten, so daß das Buch auch in der neuen Auflage angelegentlich empfohlen werden kann. O.

Die Gärungsgewerbe und ihre naturwissenschaftlichen Grundlagen. Von Prof. Dr. W. Henneberg und Dr. G. Bode vom Institut für Gärungsgewerbe zu Berlin. Band 110 der Sammlung „Wissenschaft und Bildung“. Mit 64 Abbildungen. Leipzig, Quelle & Meyer, 1913. 128 S. Geb. M. 1,25.

Das Buch gibt einen ausgezeichneten Überblick sowohl über die biologische Seite wie auch über die technische Verwertung der Gärungsvorgänge, die in dem Unterricht der Organischen Chemie nicht übergangen werden dürfen. Insbesondere die Gärungserreger, die so verschiedenartigen Heferassen und die Spaltpilze haben eine vorzügliche Darstellung gefunden, was damit zusammenhängt, daß das Institut für Gärungsgewerbe, an dem die Verfasser tätig sind, gerade auf dem Gebiete der Züchtung reiner Heferassen Hervorragendes leistet. Die Ausführungen über die Verwendung der Gärungsvorgänge bei der Wein- und Bierbereitung, bei der Alkoholbrennerei, der Essigerzeugung usw. sind so anregend und leicht verständlich geschrieben, daß sich das Buch auch zur Lektüre für die Schüler der oberen Klassen sehr gut eignet. Keiner wird das Buch, das die neuesten Ergebnisse der Forschung und Technik berücksichtigt, ohne Genuß aus der Hand legen.

O. Ohmann.

Physiologische Chemie. Erster Teil: Assimilation. Von Dr. med. A. Legahn. Mit 2 Tafeln. Zweite, neubearbeitete Auflage. Sammlung Göschen Nr. 240, Leipzig 1916. 123 S. M. 1,—.

Der Weltkrieg hat uns in seinen Folgeerscheinungen die Beschäftigung mit den Nahrungsmitteln, die Fragen nach dem relativen Wert der Kohlehydrate, Fette und Eiweißstoffe, wieder eindringlich nahegelegt. Hoffentlich pflanzt sich davon manches auch in die Friedenszeiten fort, wenn die Lebensmittelknappheit wieder erfreulicheren Zuständen weicht. Über die genannten Fragen sowie hauptsächlich über die Verarbeitung der pflanzlichen und tierischen Nahrungsmittel in den verschiedenen Stadien der Mund-, Magen- und Darmverdauung, sowie über das Blut, die Lymphe und die Schutzstoffe gibt das vorliegende Buch wissenschaftlich gediegenen Aufschluß. Es ist neben der neulich in dieser Zeitschrift (28, S. 110, 1915) angezeigten Arbeit von A. Lipschütz „Stoffwechsel und Energiewechsel des Menschen“ für den Unterricht in der Organischen Chemie angelegentlich zu empfehlen. O. Ohmann.

Die Chemie in Natur und Technik. Von Dr. W. Dederichs. Herausgegeben vom Verband für soziale Kultur und Wohlfahrtspflege (Arbeiterwohl). M.-Gladbach 1912, Volksvereins-Verlag G. m. b. H. 238 S. Geb. M. 0,75.

Das Buch enthält eine gedrängte Fülle nützlicher chemischer Angaben, besonders aus der Technologie. Es behandelt an erster Stelle, was etwas ungewöhnlich ist, die Ernährung und Nahrungsmittel, dann Beleuchtung und Brennstoffe, ferner Gespinnstfasern, Seife, Leder, Gummi, Papier, schließlich Tonwaren, Glas und Metalle. Das Buch ist mit Sachkenntnis und Liebe zu der so unmittelbar ins Leben eingreifenden chemischen Wissenschaft geschrieben, doch können wir uns mit der gewählten Art der Darbietung nicht in allem einverstanden erklären. Gerade für die Verbreitung in weite Volkskreise wäre es zweckmäßiger gewesen, nicht nur nach Art eines Lesebuches Kenntnisse zu vermitteln, sondern durch eine gewisse, wenn auch beschränkte Zahl von Abbildungen die Darstellung zu beleben, sowie durch einige bestimmte Versuche anschauliches Verständnis für chemische Vorgänge überhaupt erst zu erwecken; denn was jetzt auf der Volksschule davon übermittelt wird, ist ganz unzulänglich und kaum zu rechnen. Dem erwähnten Mangel des Buches wird sich in einer Neuauflage irgendwie abhelfen lassen, wäre es auch auf Kosten des Umfanges. Aber auch in der vorliegenden Form wird sich das ausnehmend preiswerte Büchlein Freunde erwerben, und wir möchten besonders Volksbibliotheken auf dasselbe aufmerksam machen. O. Ohmann.

Himmelserscheinungen im Juni und Juli 1917.

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

	Juni						Juli					
	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30
♿ {AR D	3 ^h 24 ^m	3.38	3.57	4.24	4.56	5.35	6.19	7. 6	7.52	8.35	9.14	9.49
	+ 15 ^o	+ 16	+ 17	+ 19	+ 21	+ 23	+ 24	+ 24	+ 23	+ 21	+ 18	+ 15
♀ {AR D	5 ^h 38 ^m	6.05	6.32	6.58	7.25	7.51	8.17	8.42	9. 7	9.32	9.55	10.19
	+ 24 ^o	+ 24	+ 24	+ 24	+ 23	+ 22	+ 21	+ 20	+ 18	+ 16	+ 14	+ 12
☉ {AR D	4 ^h 51 ^m	5.12	5.33	5.54	6.14	6.35	6.56	7.16	7.37	7.57	8.17	8.36
	+ 22 ^o 31'	+ 23. 0	+ 23.18	+ 23.27	+ 23.25	+ 23.12	+ 22.50	+ 22.18	+ 21.36	+ 20.45	+ 19.45	+ 18.37
♂ {AR D	3 ^h 24 ^m	3.38	3.53	4. 8	4.23	4.38	4.53	5. 8	5.23	5.37	5.52	6. 7
	+ 18 ^o	+ 19	+ 20	+ 21	+ 22	+ 22	+ 23	+ 23	+ 23	+ 24	+ 24	+ 24
♃ {AR D		3.34		3.44		3.52		4. 1		4. 9		4.16
		+ 18		+ 19		+ 19		+ 20		+ 20		+ 20
♄ {AR D	8 ^h 0 ^m						8.15					
	+ 21 ^o						+ 20					
Aufg. ☉ Unterg.	3 ^h 43 ^m	3.40	3.39	3.39	3.40	3.42	3.46	3.51	3.56	4. 3	4.10	4.17
	20 ^h 14 ^m	20.18	20.22	20.24	20.24	20.24	20.22	20.19	20.14	20. 9	20. 2	19.54
Aufg. ☾ Unterg.	20 ^h 46 ^m	23.34	0.45	4.14	10. 0	15.59	20.52	22.32	0.20	5.29	11.13	17.11
	3 ^h 2 ^m	9.27	16.18	21.13	22.48	—	4. 6	11.24	17.41	20.26	21.37	—
Sternzeit im mittl. Mittag	4 ^h 53 ^m 13 ^s	5.12.56	5.32.39	5.52.21	6.12. 4	6.31.47	6.51.30	7.11.12	7.30.55	7.50.38	8.10.21	8.30. 4
	Zeitgl.	- 1 ^m 49 ^s	- 0.54	+ 0. 7	+ 1.12	+ 2.17	+ 3.19	+ 4.15	+ 5. 3	+ 5.41	+ 6. 7	+ 6.19

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Sommeranfang am 22. Juni, 1 Uhr 15 Min. M.E.Z.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		Juni 19, 14 ^h Juli 19, 4 ^h	Juni 27, 17 ^h Juli 27, 8 ^h	Juni 5, 14 ^h Juli 4, 23 ^h

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Juni	unsichtbar	als Abendstern 1/4 bis 1/2 Stunde lang sichtbar	unsichtbar	wird in der zweiten Monats- hälfte morgens im NO. sichtbar	anfangs noch für kurze Zeit abends sichtbar, von Mitte des Monats ab unsichtbar
im Juli	unsichtbar	als Abendstern etwa 1/2 Stunde lang sichtbar	wird zu Anfang des Monats mor- gens im NO. sichtbar, zuletzt schon 1 1/2 Stun- den lang	die Sichtbar- keitsdauer steigt bis auf 3 1/4 Stunden am Ende des Monats	unsichtbar: Konjunktion am 27.

Eine in Deutschland **unsichtbare, partielle Sonnenfinsternis** findet am Nachmittag des 19. Juni statt. Die Sichtbarkeit beschränkt sich auf nördliche Gebiete von Kanada über Sibirien bis nach dem nördlichen Skandinavien. Eine gleichfalls bei uns **unsichtbare, partielle Sonnenfinsternis** ereignet sich am Morgen des 19. Juli. Sie ist nur im südlichen Eismeer sichtbar.

Eine in Deutschland **sichtbare, totale Mondfinsternis** ereignet sich am Abend des 4. Juli. Der Beginn der Finsternis fällt auf 20 Uhr 52 Min. M. E. Z. Um 21 Uhr 51 Min. beginnt die Totalität und dauert bis 23 Uhr 27 Min. Das Ende der Finsternis erfolgt erst 25 Minuten nach Mitternacht. Durch die Einführung von Sommerzeit erhöhen sich alle angegebenen Stundenzahlen um 1.

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.