

Die Ionen- und Elektronentheorie im Unterricht.

Von

Dr. B. Bavink in Bielefeld.

Der außerordentliche Fortschritt, den die Physik der letztverflossenen Jahre auf dem Gebiete zu verzeichnen hat, das man am besten durch das Stichwort: Ionen- und Elektronentheorie kennzeichnet, legt die Frage nahe, inwieweit auch der physikalische Unterricht an höheren Schulen der nunmehr so wesentlich veränderten Sachlage Rechnung zu tragen hat. Da es indessen wenig Wert hat, über Notwendigkeit bzw. Berechtigung etwaiger Umgestaltungen oder Ergänzungen des bisherigen Lehrstoffs allgemein zu diskutieren, so lange keine positiven Vorschläge vorliegen, so möchte ich im folgenden eine Reihe solcher Vorschläge machen im Anschluß an die Erfahrungen, welche ich im eigenen Unterricht der Oberstufe seit einer Reihe von Jahren (zuerst am Gymnasium, sodann an der realgymnasialen Studienanstalt) mit der Behandlung der fraglichen Dinge gemacht habe. Wenn dadurch eine fruchtbare Aussprache über die oben erwähnte Frage angeregt werden sollte, so wäre der Zweck dieser Zeilen erreicht.

Die anzustrebenden Änderungen erstrecken sich in zweierlei Richtung. Zum ersten ist, da es sich um wesentliche neu einzufügende Kapitel handelt, eine Revision des gesamten übrigen Stoffes nötig, um nicht nur Platz, sondern auch organischen Anschluß für das Neue zu schaffen, zum zweiten ist eben dies die Frage, was von dem Neuen und in welcher Weise es eingeführt werden soll.

I.

Zunächst also: Revision des sonstigen Lehrstoffs. Daß schon bisher kein Physiklehrer imstande war, alles, was an sich dem elementaren Physikunterricht zugänglich wäre, auch nur das, was in der Mehrzahl der gebräuchlichen Lehrbücher enthalten ist, wirklich „durchzunehmen“, ist eine Binsenwahrheit, die näherer Erläuterung nicht bedarf. Ausgewählt hat der Lehrer also auch bisher schon und wird es immer tun. Es wäre daher an sich auch nichts dagegen einzuwenden, daß in den Lehrplänen und Lehrbüchern das Bisherige stehen bliebe und das notwendige Neue einfach eingefügt würde, wenn nicht die Gefahr bestünde, daß dadurch der Unterricht doch zu einem Zuviel veranlaßt wird. In einer Lage, wie der heutigen, wird es vielmehr geboten sein, sich klar zu machen, daß wir letzten Endes nur die Wahl haben zwischen der Beibehaltung gewisser liebgewordener, aber an sich wohl entbehrlicher alter und der Einführung neuer Kapitel, da wir nun einmal mit einer sehr beschränkten Zeit rechnen müssen. Fragen wir uns also zunächst, wo ev. Abstriche oder Einschränkungen zulässig bzw. geboten erscheinen können — ich möchte auch nicht verfehlen, auf die ganz analoge Lage hinzuweisen, in die der mathematische Unterricht durch die bekannten Reformbestrebungen gekommen ist. Folgende Punkte möchte ich der Erwägung unterbreiten: 1. Die Mechanik könnte auf allen höheren Schulen, in Anlehnung an die Lehrpläne der Studienanstalten, wohl auf die notwendigen Kapitel der allgemeinen Mechanik, die Schwingungs- und Wellenlehre und die

kosmische Mechanik eingeschränkt werden. Schon hierdurch wird sehr viel Zeit gewonnen. Bestimmungen von Schwerpunkten und Trägheitsmomenten, Zusammensetzungen von parallelen Kräften, Drehmomenten u. dgl. sind, so wertvoll an sich diese Kapitel sein mögen, für den Zusammenhang entbehrlich. Ebenso könnte noch manches andere kleine Kapitel wesentlich vereinfacht werden. Wieviel Zeit gespart werden könnte, wenn endlich einmal die Grundbegriffe der Differentialrechnung¹⁾ offen in die mathematischen Lehrpläne aufgenommen würden, statt wie bisher an verschiedenen Stellen verstreut als „limes“ usw. sich herumzutreiben, wage ich gar nicht auszumalen, bemerke jedoch, daß ich sie natürlich benutze und dadurch mit Leichtigkeit Zeit und Ausdrucksmöglichkeit für ungezählte Dinge gewinne, die sonst ganz ungesagt oder doch halb unverständlich bleiben müssen. — 2. In der Akustik dürften schwerlich wesentliche Einschränkungen möglich sein, in der Optik dagegen könnten und sollten m. E. die rein geometrischen Kapitel beträchtlich mehr, als es bislang geschieht, gekürzt werden. In einer Zeit, wo drei Viertel aller lebenden Physiker durch die tiefstgreifenden Probleme der Konstitution der Materie in Atem gehalten werden, sollte auch im Unterricht die Ableitung der Linsen- oder Hohlspiegelformeln, die Konstruktion reeller und virtueller Bilder u. dgl. nicht Stunden lang in Anspruch nehmen und so jenen doch ungleich wichtigeren und interessanteren Dingen der Platz genommen werden. — 3. In der Wärmelehre läßt sich nur wenig kürzen, höchstens käme in Betracht, daß eine zu weit getriebene Behandlung der Ausdehnung fester und flüssiger Körper zu vermeiden wäre. Die dadurch etwa frei werdende Zeit würde jedoch schon durch eine eingehendere Behandlung der Gasgleichung und der kinetischen Gastheorie (s. u.) wieder verbraucht werden müssen. — 4. Wesentliche Kürzungen des Stoffes der Elektrik und Magnetik sind ebenfalls wohl ausgeschlossen. Ich möchte jedoch befürworten, die Lehre vom Erdmagnetismus nur sehr kursorisch zu behandeln, und — einer gründlichen Behandlung des Kraftlinienbegriffs zuliebe — auch Dinge, wie die absolute Messung der Polstärken, Messungen zum Ohmschen Gesetz u. dgl., auf das Notwendige zu beschränken. Natürlich ist es von fundamentaler Wichtigkeit für das Verständnis des Schülers, daß er einmal an einfachen Fällen die Möglichkeit absoluter Messungen eingesehen hat. Allein es ist zu diesem Zweck nicht gerade nötig, ihn mit der Gaußschen Methode oder ähnlich komplizierten Methoden der Elektrik bekannt zu machen. Einige einfache Versuche mit der Polwage bringen z. B. im ersten Falle begrifflich alles Nötige bei, und wenn derartige Versuche an wissenschaftlicher Präzision auch zu wünschen übrig lassen, so sind es eben dafür Schulversuche, von denen man nicht mehr zu erwarten braucht, als daß sie das Wesentliche zeigen. So wünschenswert es ist, den Schülern hin und wieder bei passender Gelegenheit auch einmal eine Messungsreihe von wissenschaftlicher Exaktheit vorzuführen, so genügen doch dafür dann auch ein oder zwei Beispiele. — Ganz besonders gilt dies noch für elektrostatische Meßversuche, die bekanntlich nur mit großen Schwierigkeiten einigermaßen genau ausführbar sind. Gerade der geschickte Experimentator wird sich hierbei vor einer allzu weitgehenden Ausnutzung seines Talents zu hüten haben.

Wichtiger jedoch als alle etwa vorzunehmenden wirklichen Streichungen ist die Forderung, den Stoff, der nun zu behandeln bleibt, so zu behandeln, daß der Anschluß an das Neue ungezwungen und leicht erreicht wird, m. a. W. den Unterricht entsprechend zu konzentrieren. Wer diese Forderung erfüllt, findet auch Zeit und Gelegenheit für das Neue. Das im einzelnen auszuführen, würde hier zu viel Raum erfordern. Ich erinnere deshalb nur kurz an folgende Punkte: Die moderne Elektrizitätstheorie und mit ihr das gesamte moderne physikalische Weltbild

¹⁾ Die Integralrechnung ist entbehrlich, abgesehen davon, daß man den Begriff „Integrieren“ als Umkehrung des „Differenzierens“ einführt.

ruht bekanntlich auf drei Grundpfeilern: der erste ist der Begriff der atomistischen Struktur sowohl der Materie als auch der Elektrizität (neuerdings auch der Energie), der zweite die Vorstellung des Faraday-Maxwellschen „Kraftfeldes“, der dritte der Energie- (und Entropie-) Satz. Es ergibt sich hieraus von selbst die Folgerung, daß von allem Anfang an im Unterricht diejenigen Begriffe und Sätze in den Vordergrund zu schieben sind, deren klares Verständnis die Vorbedingung für den späteren Aufbau des ganzen Erkenntnisgebäudes liefert. Fällt diese Aufgabe mit Rücksicht auf das Herausarbeiten der Atomistik zunächst auch der Chemie zu, so hat doch die Physik später einen ebenso großen Anteil an der näheren Ausgestaltung dieses Bildes. Es geht deshalb heute nicht mehr an, der kinetischen Wärmetheorie die Rolle einer nur gelegentlich einmal erwähnten, sozusagen nur als wissenschaftlicher Luxus betrachteten, im übrigen aber entbehrlichen Gedankenkonstruktion zuzuweisen. Wir müssen uns vielmehr klar machen, daß die Zeit gekommen ist, diese Theorie ebenso ausgiebig an passender Stelle heranzuziehen, wie es in der Chemie allgemein von vornherein mit der Atomistik geschieht. Die Bedenken, die früher mit einem gewissen Recht dagegen erhoben worden sind, fallen heute, wo es sich nicht mehr um eine bloß hypothetische Konstruktion, ein „Modell“ der Erscheinungen, sondern um unbezweifelbar reale Dinge und Vorgänge handelt, fort. Wir können nichts Besseres tun, als der veränderten Situation von vornherein Rechnung tragen. (Ich rede natürlich hier zunächst immer nur von der Oberstufe.) Eben hierhin gehört auch noch ein Punkt, der besonderer Erwähnung bedarf, das ist die Fassung des Faradayschen Grundgesetzes der Elektrolyse. Im Hinblick auf die notwendige Herausarbeitung des Begriffes „Elektrisches Elementarquantum“ erscheint es durchaus geboten, diesem Gesetze von Anfang an die atomistische Fassung zu geben, nicht erst diese aus der sog. rein experimentellen Fassung zu erschließen. Man kann das leicht und gewinnt sogar dadurch noch an Kürze und Verständlichkeit, wenn man den Grundversuch in bekannter Weise so anstellt, daß man durch den gleichen Strom in drei gleichen Apparaten aus HCl , H_2SO_4 und etwa NaCl oder NaOH gleich viel H entwickelt. Dies ergibt sofort: 1. gleiche Anzahl der H -Atome aus HCl und H_2SO_4 , 2. gleiche Zahl von Na - und H -Atomen (da ja H für Na eintritt). Die Fassung: „Verhältnis der Ionenmengen = Verhältnis der Atom- bzw. Äquivalentgewichte“ erscheint dann als Folgerung. Daß eine gründliche Behandlung der Dissoziations-theorie und daher auch das Raoult-van't Hoff'sche Gesetz nicht fehlen dürfen, ist selbstverständlich. Hier lassen leider die Lehrbücher noch immer vielfach im Stich. — Von hier aus ist der Schritt zur Ionentheorie der Gase leicht (s. u.).

Was die anderen beiden oben genannten Punkte anlangt, so ist über die frühzeitige Einführung des Energiesatzes wohl kein Wort mehr zu verlieren. Wenn auch nur die Lehrpläne für Mädchenschulen ausdrücklich die Hervorhebung dieses Gesichtspunktes schon auf der Unterstufe betonen, so gilt doch die Berechtigung des von ihnen Gesagten ganz ebenso auch für Knabenschulen. Schon die Unterstufe muß dem Energiesatz eine gewisse Summe von Material unterordnen, auf der Oberstufe kann er dann mit gutem Gewissen als Axiom an jeder Stelle eingeführt werden, und es ist nur die Aufgabe, in jedem einzelnen Falle die zunächst etwas unklare Vorstellung von einer Größe, die erhalten bleibt, bzw. sich in eine andere verwandelt, zur vollen Klarheit exakter quantitativer Definitionen zu erheben. Dasselbe gilt für die Vorstellungen des „Kraftfeldes“. Auch diese gehören unbedingt schon in den vorbereitenden Unterricht der Unterstufe bis so weit, daß der Schüler wenigstens eine gewisse Anzahl von Tatsachen vorläufig unter diese Vorstellung unterzuordnen sich gewöhnt hat. Für die Oberstufe erwächst dann erstens die Aufgabe, die am besten in der Elektrostatik gelöst wird, die mathematische Theorie des Kraftfeldes in ausreichender Weise zu entwickeln, und zweitens durch das Ineinanderarbeiten von Theorie und Experiment die Gewißheit zu begründen, daß es sich bei

dem „Kraftfelde“ eben doch noch um mehr als um eine bloße mathematische Konstruktion, vielmehr um einen unbezweifelbar bestehenden wirklichen Zustand im Raume (bzw. im Dielektrikum) handelt, der durch die gewählten Bilder zwar zunächst nur äußerlich beschrieben wird, dessen Realität jedoch von der näheren Ausführung dieses Bildes ganz unabhängig ist. Wenn der Physikunterricht es nicht fertig bringt, durch die Behandlung der Induktion, der Selbstinduktion und der elektrischen Wellen sowie der elektromagnetischen Lichttheorie (Wellenlängenskala!) diese (Faradaysche) Vorstellungsreihe zur völligen Klarheit zu bringen, so hat er einen seiner Hauptzwecke verfehlt.

II.

Es fragt sich nun zweitens, in welchem Umfange und in welcher Weise das Neue in der Schule zu behandeln ist. — Über die Frage der Klassenstufen möchte ich mich hier nicht auslassen. Es wird dabei wesentlich auf die Verteilung des sonstigen Stoffes ankommen. Im allgemeinen wird man die fraglichen Kapitel ganz oder doch nahe an den Schluß des Oberstufenkurses legen müssen. Sie bieten dann zugleich reichlichste Gelegenheit, fast alles früher Behandelte: Mechanik, Wellenlehre, Elektrizitätslehre, Gasgleichung usw. zu wiederholen. —

Sehr wichtig ist dagegen die Frage, inwieweit die in Rede stehenden Dinge auch in der Schule experimenteller Darbietung zugänglich sind (da wir natürlich nicht wieder in „Kreide- und Schwammphysik“ verfallen wollen). Hierzu ist nun zu sagen, daß zwar nicht alles, was wohl an sich wünschenswert wäre, demonstriert werden kann, aber doch völlig genug, um der Behandlung einen ebenso breiten experimentellen Boden zu geben, wie an anderen Stellen des physikalischen Lehrgangs. Es fehlt nur leider den meisten Schulen bisher das allernotwendigste Material und wohl manchen Herren Fachgenossen auch noch die Kenntnis einer großen Zahl derjenigen Experimente, die man vorführen kann (was bei der Neuheit der Sache nicht zu verwundern ist). Es kommt jedoch erleichternd hinzu, daß man hier in einer Menge von Fällen die direkte Beobachtung sehr wohl durch die Vorlegung geeigneter Photogramme ersetzen kann. So braucht z. B. der Zeemaneffekt, wenn er nicht etwa aus anderen Gründen von der Schule ausgeschlossen bleiben soll, nicht deshalb gestrichen zu werden, weil man ihn selber nicht gut vorführen kann. Gibt es doch Photogramme desselben genug, die hier um so eher die direkte Beobachtung ersetzen können, als es sich ja im übrigen um die Verwendung von Apparaten handelt, die im Prinzip den Schülern längst bekannt und nur in der hier erforderlichen Ausführung für die Schule nicht erschwinglich sind. Wer grundsätzlich jedes Verfahren dieser Art verdammen wollte, müßte zunächst schon einmal die gesamte Himmelsmechanik vom Lehrplan streichen, denn die dafür notwendigen astronomischen Beobachtungsreihen kann man in der Schule doch auch nicht ausführen. — Die wichtigsten der anzustellenden Versuche werde ich in der nunmehr folgenden kurzen

Skizze eines Lehrgangs der Ionen- und Elektronentheorie

anführen, bemerke jedoch, daß es selbstverständlich noch zahlreiche andere Versuche gibt, die je nach Zeit und Umständen eingefügt werden mögen.²⁾

Einleitung: Elektrolyse, nach vorheriger Erledigung des Qualitativen und der Anwendungen, nunmehr das Quantitative: Faradaysches Gesetz (s. o.), Begriff des elektrischen „Elementarquantums“ (den Namen Elektron würde ich hier noch nicht einführen, sondern ihn für die selbständig auftretende „Korpuskel“ der Kathodenstrahlen usw. reservieren), Dissoziationstheorie. Be-

²⁾ Die „Physikalischen Werkstätten“ in Göttingen (Baurat Gerberstr. 15) beabsichtigen, eine Zusammenstellung der wichtigsten Apparate für die im folgenden angeführten Versuche demnächst in den Handel zu bringen. Nähere Mitteilungen darüber werden vorbehalten.

griff des „Ions“ und Ionenwanderung (*Versuch* nach Nernst). Bedeutung der „Faradayschen Zahl“ ($96\,500 \text{ Coul/gr} = \frac{\epsilon}{\mu_H}$, für andere Ionen $\frac{\epsilon}{\mu} = \frac{96\,500}{A}$ ($A = \text{Äquivalentgewicht}$). Bezeichnet man ferner die Avogadrosche Konstante mit N , so ist $\mu_H = \frac{0,0000896}{2N}$, woraus $N\epsilon = 4,325 \text{ Coul}$ folgt, eine Gleichung, die den Zusammenhang zweier fundamentaler Konstanten ausspricht. Vorläufige absolute Größenangaben. Nunmehr folgt das Kapitel:

I. Elektrizität in Gasen. Zur Überleitung würde sich ein von Lenard angegebener *Versuch*³⁾: Ablenkung einer Schliere leuchtenden Na-Dampfes durch ein elektrisches Feld nach der Kathode hin, sehr empfehlen, doch ist die fragliche Schliere leider sehr schwer zu erhalten. Ich gehe deshalb gewöhnlich sogleich zu den folgenden Versuchen über:

a) *Versuche mit dem Elektroskop*: Entladung durch Flammengase, glühenden Draht, Phosphor, ev. auch ultraviol. Licht. Nachweis: 1. daß es sich nicht um direkte Wirkung dieser Agenzien, sondern um einen Zustand der Luft handelt; 2. daß dieser Zustand nicht etwa in einer durch Feuchtigkeit verursachten Leitfähigkeit im gewöhnlichen Sinne besteht. Der Nachweis zu 1. wird durch Abschirmen der direkten Wirkung und Abblasen der Luft gegen das Elektroskop hin erbracht. Den entscheidenden *Versuch* zu 2., der für die ganze Theorie grundlegend ist, will ich kurz angeben, da der Apparat von jedem ohne Mühe herstellbar ist. Man befestigt an einer isolierenden (Siegelack-) Stange einen Zylinder aus Drahtnetz oder Blech (Kakaobüchse ohne Boden), der oben durch ein Drahtnetz N_1 (Fig. 1) verschlossen ist, an einer zweiten ein Drahtnetz N_2 (am besten wieder in Zylinderform übergreifend), an einer dritten ein flaches Netz N_3 oder eine Metallplatte. Verbindet man diese letztere mit dem Elektroskop, lädt dasselbe und stellt unter den Zylinder 1 eine kleine Flamme, so wird das El. mäßig rasch entladen. Die entladende Wirkung der Flammengase hört jedoch sofort auf, wenn zwischen N_1 und N_2 ein kräftiges elektrisches Feld am besten dadurch erzeugt wird, daß man N_1 mit der Lichtleitung (220 Volt), N_2 mit der Erde verbindet. (Vorsicht vor Kurzschluß! Vorschaltwiderstand!) Bei Benutzung der Influenzmaschine treten leicht störende Nebenwirkungen auf, doch kommt man mit etwas Geduld auch so zum Ziele. Da die Feuchtigkeit des Gasstromes durch das Verfahren offenbar nicht geändert wird (Nachweis durch Darüberhalten eines kalten Glases), so ist die Erklärung nur durch das Abfangen der Ionen in dem Felde zwischen N_1 und N_2 zu geben. Dieser grundlegend wichtige Versuch sollte deshalb unter keinen Umständen fehlen. Nunmehr folgt sogleich:

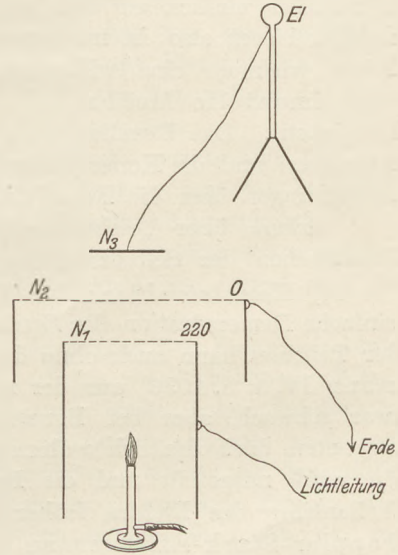


Fig. 1.

b) *Begriff der Ionisierung und Mittel dazu*, wobei insbesondere auch der „Ionenstoß“ hervorzuheben ist. Unterscheidung der selbständigen und unselbständigen Strömung. Stromstärke im Gase $i = nev$ (n die Zahl der pro cm der Strombahn vorhandenen Ionen, e Ladung, v Geschwindigkeit des einzelnen Ions). Ungültigkeit des Ohmschen Gesetzes. Begriff des Sättigungsstromes. Diesen selbst nachzu-

³⁾ Müller-Pouillet-Kaufmann, Bd. IV, 3, S. 1151.

weisen, dürfte in der Schule nur in seltenen Fällen möglich sein. Ein *Versuch*, mit Hilfe eines hochempfindlichen Galvanometers⁴⁾ (mindestens für 10^{-8} Amp.) und zweier Drahtnetze oder Platten, sowie der Influenzmaschine einen (unselbständigen) Strom in Luft nachzuweisen, wenn diese durch Flammengase oder Röntgenstrahlen ionisiert wird, ist jedoch ausführbar und sollte nicht versäumt werden. — Hinweis auf die magnetische Wirkung der „Konvektionsströme“ (Rowland).

c) Formen der selbständigen Strömung: Funken, Spitzenstrom, Bogen; Glimmstrom. Ausführlichere Beschreibung nur des letzteren. *Vakuumskala*. Schichtenbildung (Erklärung durch die Ionenstoßhypothese). Erscheinungen im hohen Vakuum.

d) Kathodenstrahlen: Neben den üblichen *Versuchen* sollte hier vor allem die *Demonstration auch der elektrischen Ablenkung*, womöglich ebenso wie die der magnetischen quantitativ, vorgeführt werden. (Braunsche Röhre.) Die sog. „Stoßwirkung“ (Glimmerrädchen) ist neuerdings als eine indirekte Wirkung der Erwärmung, ähnlich wie bei der „Lichtmühle“, erkannt, dieser Versuch bleibt also besser ganz fort. Die magnetische Ablenkung kann recht hübsch durch einen *Modellversuch* mit hängendem stromdurchflossenen Lamettafaden illustriert werden, vor allem um die völlige Übereinstimmung im Verhalten der „Leitungs“- und „Konvektions“-Ströme sinnenfällig zu zeigen. — Aber auch die Theorie der elektrischen und magnetischen Ablenkung braucht der Schule nicht vorenthalten zu werden. Sie führt bekanntlich einfach auf den horizontalen parabolischen Wurf bzw. die Kreisbewegung zurück, bietet also in mathematischer Hinsicht noch nicht einmal etwas wesentlich Neues, vielmehr eine willkommene Wiederholung früher besprochenen Stoffes. Die experimentelle Meßbarkeit der fundamentalen Größen v und ε/μ ist damit klargestellt. Das Resultat wird, wenn man es nicht selbst angenähert finden kann, angegeben und die Konsequenzen über die Natur der Teilchen besprochen. Vorläufige Andeutungen über die Konstitution der Atome.

Exkurs über „elektromagnetische Masse“ und Massenbegriff überhaupt (unter Heranziehen der Selbstinduktion). Elektromagnetische Grundlegung der Mechanik.

e) Kanalstrahlen: Die Versuche werden sich in den meisten Fällen auf die einfache Demonstration der Erscheinung beschränken müssen. Die positive Ladung der Teilchen kann auch ohne direkte Versuche (s. z. B. bei Müller-Pouillet-Kaufmann IV, 3, S. 1036) aus der magnetischen Ablenkung erschlossen werden, die zwar schwach, aber bei Benutzung eines kräftigen Magazinhufeisen- oder Elektromagneten doch deutlich wahrnehmbar ist. — Das quantitative Ergebnis für v und ε/μ wird mitgeteilt und die Natur der Teilchen erörtert. — Hat man schon die Wellenlehre des Lichtes früher durchgenommen, so wird man die Erwähnung des Doppler-Stark-Effektes an dieser Stelle nicht versäumen. Ich habe jedesmal dabei einen besonders großen Eindruck auf die Schüler festgestellt.

Anhang: Inwieweit andere Erzeugungsarten der $+$ - und $-$ -Strahlen (Wehneltkathode, Salzanode, Photokathodenstrahlen) hier noch heranzuziehen sind, kann einstweilen fraglich erscheinen. Auf die Vorführung des experimentell einfachsten Falles der letzteren (Hallwachs-Effekt) würde ich ungern verzichten. Jedes Elektroskop in Verbindung mit einer frisch amalgamierten Zinkplatte genügt dafür. Der Versuch ist wohl auch bisher schon vielfach in die Schulbücher aufgenommen, ebenso wie der von Hertz beobachtete Effekt (s. z. B. Poske, Oberstufe, III. Aufl., § 147, 5). Außerdem dürfte hier der geeignete Ort sein, mit ein paar Worten auf die Elektronentheorie der Metalle zu verweisen, die jedoch ausführlicher zu behandeln ich nicht befürworten möchte.

⁴⁾ Das von den „Physikalischen Werkstätten“ in Göttingen hergestellte, in dieser Zeitschrift früher beschriebene vortreffliche Instrument sei bestens empfohlen. Es reicht für alle hier in Betracht kommenden Versuche aus.

f) Röntgenstrahlen: Neben den allgemein üblichen Vorführungen und Erklärungen, bei denen leider wohl vielfach die Anwendungen allzu sehr in den Vordergrund geschoben werden, kann heute wohl die Erörterung der Natur der Röntgenstrahlen, sowie der darauf zielenden Methoden, vor allem Laues genialer Beugungsmethode nicht mehr übergangen werden. Photogramme der letzteren Erscheinung sind leicht aufzutreiben. — Ein Exkurs über die Krystallstruktur überhaupt schließt sich ungezwungen an.

Hinweis auf die Reziprozität zwischen Aussendung und Absorption von Kathoden- und Röntgenstrahlen (s. u. bei Wilsons Versuchen).

II. Radioaktivität: Versuche zum mindesten mit Spinthariskop und Elektroskop (das geöffnete Spinthariskop genügt, um ein empfindliches Elektrometer zu entladen). Wenn irgend möglich, sollten jedoch auch einige Versuche über die Emanation und die „induzierte Aktivität“ als experimentelle Grundlage der **Umwandlungstheorie** gezeigt werden. Diese selbst ist nicht zu kurz abzumachen. Hat man Differentialrechnung zur Verfügung, so läßt sich die Gleichung $R = R_0 \cdot e^{-\lambda t}$ leicht herleiten und die Bedeutung der Halbwertkonstanten $\tau = \ln 2 / \lambda$, sowie die Formulierung des „radioaktiven Gleichgewichts“ ($R_1 : R_2 = \tau_1 : \tau_2$) ist auch quantitativ klargestellt. Andernfalls muß man sich auf eine mehr qualitative elementare Fassung der Begriffe beschränken. Die wichtige Anwendung auf die Altersbestimmung der Gesteine (und damit die absolute geologische Datierung) ist auch wohl erwähnenswert. — Wie weit man in der Angabe der Umwandlungsreihen (etwa des Urans) gehen will, mag einstweilen dem Geschmack des einzelnen überlassen sein. (Über „isotope Elemente“ s. u.)

An dieser Stelle ist wohl auch der geeignete Ort für die Behandlung der Luftelektrizität, die jedoch nicht zu weit ausgedehnt werden sollte.

Hat man die Optik bereits absolviert, so wird nunmehr zweckmäßig die

III. Elektronentheorie der Lichtemission und -absorption zunächst behandelt, andernfalls ist sogleich zu Kap. IV überzugehen und III später nachzuholen.

a) Wiederholung der Spektralanalyse. Erklärung der Erscheinungen auf Grund des Atommodells der Elektronentheorie. Unterschied der festen und gasförmigen Strahler.

b) Strahlungsgesetze: Kirchhoffs Gesetz. Allgemeines über Energiestrahlung. Qualitative Erörterungen über die Energiekurve $S = f(\lambda)$. Geschichtliches. Wiens Verschiebungsgesetz $\lambda_{\max} \cdot T = \text{konst.}$ Soweit gehen auch bisher schon Schulbücher (z. B. Poske, O. St. § 117, 5). Ist es zu kühn, wenn ich befürworte, nun auch noch den letzten und wichtigsten Schritt Plancks hinzuzufügen? Sollen wir das endlich gelöste Problem — dessen Lösung eine der Großtaten der deutschen Physik ist — gerade kurz vor der Lösung abrechnen? — Natürlich meine ich nicht, daß wir Plancks theoretische Entwicklungen (beruhend auf dem zweiten Hauptsatz, der Quantenhypothese usw.) den Schülern vorsetzen sollen. Aber ein paar Energiekurven für verschiedene Temperaturen würden doch wohl ausreichen, um deutlich zu machen, was der Sinn der Planckschen Formel $S_\lambda = \frac{C\lambda^{-5}}{e^{h/\lambda T} - 1}$ ist. Dann werden die

Schüler aber auch imstande sein, zu begreifen, daß die beiden Konstanten dieser Formel, da Planck dieselbe aus theoretischen Betrachtungen über die Energieverteilung an die einzelnen Atome (bzw. Elektronen) hergeleitet hat, mit den atomistischen Konstanten zusammenhängen, und daß daher die Messung mit den fraglichen Konstanten zugleich die Loschmidtsche Zahl ($N = 27,6 \cdot 10^{18}$) ergibt. — Es ist ja richtig, daß wir im allgemeinen vermeiden sollen, schwierigere theoretische Ergebnisse einfach anzugeben, die die Schüler völlig zu durchschauen doch nicht imstande sind. Allein auch solche didaktischen Grundsätze sollten nicht zur Zwangsjacke gemacht werden. Ich verweise wiederum auf die Himmelsmechanik. Wir sind auch da nicht in der Lage, das Wichtigste, nämlich

die Herleitung der Kegelschnittsgleichung aus dem Gravitationsgesetz in der Schule zu bringen. Trotzdem wird wohl kaum ein Lehrer oder ein Lehrbuch darauf verzichten, dem Schüler diese Großtat Newtons mitzuteilen und, soweit als es dann eben möglich ist, verständlich zu machen. Wenn es nun hier wohl allgemein zugestanden wird, daß die hervorragende Wichtigkeit der Sache die Ausnahme von dem didaktischen Grundsatz rechtfertigt, ja sogar fordert, so möchte ich doch zur Erwägung stellen, ob wir dann das gleiche nicht auch in einzelnen anderen Fällen (natürlich müssen es einzelne bleiben) beanspruchen dürfen, und dazu scheint mir das Plancksche Gesetz zu gehören. — Dieselbe Frage erhebt sich auch bei einem weiteren hierhin gehörigen Gegenstande, dem

c) Zeemann-Effekt. Die Gründe, welche für die völlige Ignorierung dieser Erscheinung sprechen, liegen so auf der Hand, daß sie hier nicht auseinandergesetzt zu werden brauchen. Nichtsdestoweniger kann ich mich des Gefühls nicht erwehren, daß weder die theoretische noch die experimentelle Unzugänglichkeit das Gewicht der Gründe ganz aufheben können, die trotzdem zugunsten einer Berücksichtigung des Zeemann-Effektes sprechen. Der Zeemann-Effekt ist nicht nur einer der wichtigsten und meist untersuchten Gegenstände der modernen Physik, sondern er bildet vor allem das glänzendste aller heute vorhandenen Beispiele für die Rolle der Hypothesen in der Physik. In dieser Hinsicht kommen nicht einmal die Himmelsmechanik, die Krystalloptik, das periodische System oder die Strukturformeln der organischen Chemie ihm gleich. Der Eindruck ist, wenn die Sache in richtiger Weise (erst die Theorie, dann die Bestätigung) vorgetragen wird, geradezu überwältigend. Gerade die Schlichtheit der Erscheinung an sich kommt dem zugute. Die Herrschaft des Geistes über die Natur erscheint hier sozusagen in Reinkultur. Ich habe deshalb auch noch jedesmal erlebt, daß fast die gesamte Hörerschaft beinahe dramatisch bewegt war. Einer meiner Primaner rief einmal am Schluß der betreffenden Stunde plötzlich: „Sie wollen uns wohl noch alle zu Physikern machen!“ Soll man sich solchen Stoff entgehen lassen? Ich wage die Frage nicht allgemein zu verneinen oder zu bejahen. Es ist mir wohlbekannt, daß die sog. „elementaren“ Herleitungen des Zeemann-Effektes wie auch die „Modellversuche“ mit Kreiseln u. dgl. recht unbefriedigend sind, und daß daher die „populären“ Darstellungen meist wenig Wert haben. Doch läßt sich andererseits die Frequenzänderung im Magnetfeld überhaupt durch den bekannten Versuch mit zwei Na-Flammen verhältnismäßig einfach vorführen und im übrigen sind Photogramme ausreichend (s. o.), so daß die experimentelle Basis einigermaßen vorhanden ist. Eine Forderung sei freilich nachdrücklich erhoben: Wenn der Lehrer die Sache nun auch theoretisch verständlich zu machen sucht, so muß doch der Schüler unter allen Umständen das wissen, daß ihm nur relativ grobe Analogien und Andeutungen gegeben werden konnten, und daß ihm die völlige Aufklärung ohne weitergehende Hilfsmittel gar nicht möglich ist. Er wird dann der Unbescheidenheit der Halbbildung von selber entgehen.

Den Abschluß des Ganzen, zugleich einen Höhepunkt des gesamten Unterrichts, bilden endlich diejenigen Untersuchungen, die man als

IV. **Moderne Atomistik** zusammenfassen kann — Untersuchungen, die einesteils zur Bestimmung der Atomkonstanten, andererseits zu schon ziemlich eingehenden Vorstellungen vom Bau der Atome geführt haben, vor allem jedoch die wirkliche Existenz der Atome und Moleküle außer allem Zweifel erwiesen haben.

a) Wiederholung der chemischen Atomistik (Dalton und Avogadro). Frage nach der Größe der Avogadroschen Konstanten.

b) Kinetische Theorie: Historische Notizen. Ableitung der Grundformel $p = \frac{1}{3} Nm w^2$ (die Ableitung ist ganz elementar und einfach möglich, man muß nur die in den Lehrbüchern übliche Methode, die meist den Impulssatz benutzt, etwas

abändern). Folgerungen: Absolute Werte der Geschwindigkeiten und Regel von Avogadro ($\frac{1}{2} m_1 u_1^2 = \frac{1}{2} m_2 u_2^2$ als Bedingung des Temperaturgleichgewichts vorausgesetzt). Nimmt man $pv = RT$ hinzu, so folgt ganz leicht auch $\frac{c_p}{c_v} = \frac{\frac{5}{2} R (T_2 - T_1) + E_i}{\frac{3}{2} R (T_2 - T_1) + E_i}$ ($T_2 - T_1$ Temperaturerhöhung E_i innere Arbeit in den Molekülen), woraus sich für einatomige Gase in bekannter Weise $\kappa = \frac{5}{3}$ ergibt. Dieses Glanzstück der Theorie sollte ebenfalls in der höheren Schule nicht völlig ausgeschlossen werden.

Nunmehr referierend VAN DER WAALS Bestimmung der „mittleren Weglänge“ und LOSCHMIDTS daran anschließende Rechnungen.⁵⁾ Schwanken der Werte für N (10—90 Trillionen). Erklärung durch die mangelhafte Kenntnis der „inneren“ Vorgänge im Molekül, Bestätigung der Theorie durch den an den einatomigen Gasen (He, A) berechneten Wert von N ($28 \cdot 10^{18}$). Kurzer Ausblick auf die kinetische Theorie der festen Körper (Dulong-Petitsches Gesetz).⁶⁾

c) Kolloidale Lösungen. (*Versuche*, jedoch nicht zu vielerlei.) Vorführung der Brownschen Bewegung. Referate (am besten Schülervorträge) über (Svedbergs), Seddigs, Perrins Untersuchungen. Perrins Zählungen. ($N = 27,9 \cdot 10^{18}$.)

d) Bestimmungen von ϵ : Regeners und Rutherford-Geigers Zählung der α -Teilchen. Thomsons Ionennebelzählungen. Wilsons Photographien, wohl eine der hervorragendsten Leistungen der ganzen modernen Experimentalphysik, werden bei dieser Gelegenheit mit gezeigt. Der Eindruck auf die Schüler ist ein ganz außerordentlicher. — Ehrenhaft-Millikans Zerstäubungsversuche. Zur Erwägung gestellt sei endlich noch eine Erörterung der neueren

e) Vorstellungen über das Atominnere. Thomsons u. a. Atommodelle (Demonstration mittels schwimmender Magnete). Energie der radioaktiven Prozesse. Valenzelektronen. Periodisches System und Radioaktivität. Isotope Elemente usw.

Die Relativitätstheorie heranzuziehen, wofür hier oder bei den Kathodenstrahlen der geeignete Ort wäre, halte ich nicht für angebracht. Wer Zeit und ein genügend aufnahmefähiges Schülermaterial hat, mag versuchen, das Problem herauszustellen, welches das negative Ergebnis des Michelson-Morleyschen Versuches, das positive dagegen des Fizeauschen „Mitführungs“-versuchs aufgibt und darauf hinweisen, daß nur eine grundsätzliche Änderung in unserer Auffassung von der Zeitgröße die Schwierigkeiten hebt.

Einfache Versuche mit schallempfindlichen Gasflammen.

Von

Landesschulinspektor Dr. Karl Rosenberg in Graz.

Zu den fesselndsten Versuchen der Akustik gehören jene mit schallempfindlichen oder „sensitiven“ Flammen. Nicht selten werden sie gemeinsam mit den teilweise verwandten „tönenden oder singenden“ Flammen besprochen. Auch in dieser Zeitschrift wurden derartige Versuche wiederholt beschrieben¹⁾. Auffällig erscheint es,

⁵⁾ Eine sehr hübsche, allgemein verständliche Darlegung des Wesentlichen der Sache findet man z. B. bei Lecher, *Physikalische Weltbilder* (Thomas, Leipzig, 1 M.).

⁶⁾ Auch hierfür sogar ist eine ganz einfache, elementare Ableitung leicht zu geben, wie z. B. die Programmarbeit von Hillers (*Realg. des Joh.* — Hamburg 1910) zeigt.

¹⁾ Le Conte Stevens, *Versuche mit der sensitiven Flamme*. III, 87. — B. Schwalbe und Dr. R. Lüpke, *Versuche über tönende und tonempfindliche Flammen*. III, 217. — K. Antolik, *Physikalische Schulversuche*. IV, 178, 179, 181, 185. — F. Brandstätter, *Über singende und empfindliche Flammen*. VIII, 162. — H. Rebenstorff, *Versuche mit akustischen Flammen*. XV, 280. — E. H. Barton, *Eine einfache empfindliche Flamme*. XVI, 290. — H. Rebenstorff, *Akustische Versuche*. XIX, 281.

daß hierbei — wie überhaupt in der einschlägigen Literatur, soweit sie mir zugänglich war — die einfachste und dankbarste Herstellung schallempfindlicher Gasflammen kaum erwähnt, jedenfalls aber nicht ihrem vollen Werte nach ausgenutzt erscheint. Deshalb dürfte eine zusammenhängende und ausführliche Beschreibung und Besprechung dieser Versuche, die von mir seit vielen Jahren erprobt und verwendet wurden, vielleicht nicht unwillkommen sein.

Von den Versuchen mit sensitiven Flammen sind jene von J. Tyndall wohl am bekanntesten²⁾. Aus einem engen Brennerrohre (aus Speckstein mit etwa 1 mm Lochdurchmesser) wird ein Strahl von Leuchtgas herausgetrieben und angezündet. Wenn in der Leuchtgasleitung ein entsprechend hoher Druck herrscht, so daß die erhaltene, langgestreckte Stichflamme wenigstens 35—40 cm lang ist, so kann sie bereits etwas schallempfindlich sein; es zeigt sich dies dadurch, daß sie auf Zischlaute, Pfeifen, Rasseln mit einem Schlüsselbunde, Knistern von zusammengeballtem steifem Papier u. dgl. sich verkürzt und zackig ausbreitet. Zumeist aber ist der in unseren Gasleitungen vorhandene Druck hierfür viel zu gering. Man muß dann einen Gassack oder einen Gasometer von entsprechender Größe mit dem brennbaren Gase füllen und den Druck so lange steigern, daß die etwa 60 cm lange Flamme durch jede weitere Drucksteigerung zu rauschen beginnt. Die beschriebenen Versuche gelingen dann recht zuverlässig und wirken durch die hohe Empfindlichkeit der Flamme geradezu überraschend.

So einfach nun diese Methode ist, dürfte doch bisweilen der Mangel eines entsprechend großen Gasbehälters eine Anstellung des Versuches unmöglich machen. Es ist daher von größtem Werte, daß man durch einen einfachen Kunstgriff auch bei vollkommen normalem, ja sogar bei geringem Gasdrucke³⁾ schallempfindliche Flammen erhalten kann. Dieser Kunstgriff wird auf Govi zurückgeführt⁴⁾; es dürfte jedoch nicht leicht sein, die Priorität unzweifelhaft festzustellen. Auch G. M. Hopkins beschreibt diese Methode, nennt jedoch keine Quelle⁵⁾.

Ich will nun die Anstellung des betreffenden Versuches in der Weise beschreiben, daß ich gleichzeitig eine möglichst genaue Anleitung für die Herstellung der hierzu erforderlichen, höchst einfachen Vorrichtung gebe. Man benötigt hierzu: Glasröhren von etwa 4—5 mm innerer Weite (nicht zu dünnwandige Röhren wählen), weichen Draht von beiläufig 2 mm Dicke (Messing, Kupfer, Aluminium), endlich ein Drahtnetz aus feinem Eisendraht (besser noch aus Messingdraht), von dem etwa 14 Drähte auf 1 cm — also rund 200 Maschen auf 1 cm² — entfallen⁶⁾.

Von den Glasröhren werden durch Ausziehen etwa 30 cm lange Stücke hergestellt, die an einem Ende rundgeschmolzen werden und sich am anderen Ende in eine schlanke, recht gleichmäßig ausgezogene Spitze mit rundgeschmolzenem Rande verjüngen, deren Öffnung im Lichten $\frac{1}{2}$ —1 mm weit sein muß. Am besten ist es, den ausgezogenen Rohrteil durch einen feinen Feilstrich möglichst gerade an einer Stelle abzuschneiden, an der das Lumen noch etwas weiter als 1 mm ist; dann läßt

²⁾ J. Tyndall, *Der Schall*. S. 286. — Auch Müller-Pouillet, *Lehrbuch der Physik* usw. 10. Aufl. I., S. 780, und Weinhold, *Physikalische Demonstrationen*. 4. Aufl. S. 249.

³⁾ Bei meinen Versuchen betrug der Gasdruck im Mittel 3,8 cm Wassersäule.

⁴⁾ Van Schaik, *Wellenlehre und Schall*. S. 117. — Le Conte Stevens, a. a. O. S. 87.

⁵⁾ G. M. Hopkins, *Der praktische Experimentalphysiker* (bearb. von Dr. M. Krieg). S. 105. — Der Umstand, daß hier der Name des Autors nicht genannt erscheint, hat es verschuldet, daß in meinen Büchern von einer sensitiven Flamme „nach Hopkins“ gesprochen wird, was in künftigen Auflagen verbessert werden wird.

⁶⁾ Von der Beschaffenheit dieses Drahtgitters hängt das Gelingen der Versuche in erster Linie ab; mit weitmaschigeren Gittern als oben angegeben, gelingen die Versuche gar nicht oder nur mangelhaft. Als Bezugsquelle kann ich empfehlen: Ferdin. Jergitsch Söhne, Alpenländische Drahtindustrie, Wien IV/1, Preßgasse 29. Auch alle Geschäfte, die Netze für Siebe (für den Bedarf der Mühlen) führen, dürften geeignete Drahtgitter liefern.

man das enge Rohrende unter fortwährendem Drehen im Saume einer nicht großen und heißen Flamme — es genügt eine Kerzenflamme — ganz langsam bis zur gewünschten Weite zusammenlaufen. Nach dem Augenmaße (oder durch Einführen eines ganz schlanken Meßkeiles aus Schablonenblech) kann man leicht beurteilen, wann die richtige Weite erreicht ist. Sollte beim Abschneiden das Rohr schief abbrechen oder splintern, so ist es unbrauchbar; die Versuche werden wohl auch noch gelingen, aber einen um so viel ungünstigeren Eindruck machen, daß sich die kleine Mühe der Herstellung einer neuen Spitze reichlich lohnt. Ich möchte gleich an dieser Stelle bemerken, daß die richtige Herstellung dieser Brennerröhre eine der wichtigsten Vorbedingungen für ein gutes Gelingen der Versuche bildet. Auf einige Fehler, die sich bei diesem Teile der Vorbereitung des Versuches ergeben können, komme ich später nochmals zurück.

Vom vorerwähnten Drahte schneiden wir ein Stück von 50 cm Länge ab und biegen den einen Endteil zu einem Ringe von ungefähr 6 cm Durchmesser. Hierzu legen wir den Draht um einen zylindrischen Gegenstand von passendem Durchmesser (Auerzylinder, kleines Trinkglas, Holzzylinder u. dgl.) herum und drehen ihn zum Ring zusammen. Das andere Drahtende wird durch Herumwickeln um ein Stück des vorerwähnten Glasrohres zu einer Schraube von etwa 8 Umläufen gebogen. Sodann gibt man dem Drahte die aus Fig. 1 ersichtliche Form. Nun wird aus dem Drahtnetz ein kreisrundes Stück herausgeschnitten, dessen Durchmesser um etwa 15 mm größer ist als jener des Drahttringes. Indem wir das Drahtnetz auf den Tisch und den Ring darauflegen (das spiralisierte Ende nach oben), wird es uns leicht gelingen, das Netz rings um den Ring herumzubiegen und so verläßlich und sauber darauf zu befestigen. Beim Zugreifen sei man etwas vorsichtig, um sich die Drahtspitzen nicht in die Finger zu bohren; allenfalls wird auch ein stumpfes Holzstückchen oder dergleichen dabei gute Dienste leisten. Mit dem schraubenförmig gewundenen Teile soll nun unser Drahtnetzhalter mit sanfter Reibung auf der vorhin erwähnten Brennerröhre festsitzen, jedoch leicht verschiebbar bleiben. Wir erreichen dies unschwer, indem wir vor dem Darüberschieben die mittleren Drahtwindungen etwas zur Seite drücken.

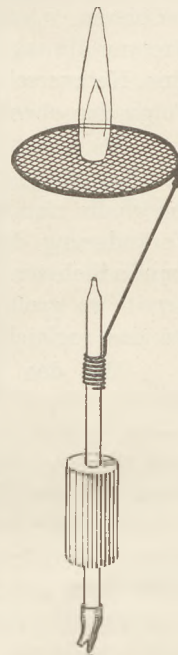


Fig. 1.

Die so weit vorbereitete einfache Vorrichtung (Fig. 1) bildet den Brenner für die sensitive Flamme. Er wird in vertikaler Lage in der Klammer eines Bunsenbrenners befestigt; schiebt man auf die Röhre einen durchbohrten Kork, so läßt sich dieser auch in einer weiteren Klammer sehr sicher einzwängen. Das untere Röhrende wird mit der Gasleitung verbunden, wobei man des gasdichten Verschlusses wegen an die Röhre zunächst ein engeres Schlauchstück ansteckt und dieses mittels eines einerseits verengten Glasrohrstückes mit dem gewöhnlichen Gasleitungsschlauche verbindet; den letzteren etwa direkt an der Brenneröhre festzubinden, empfiehlt sich nicht, weil dann der schwere Schlauch eine in mehrfacher Hinsicht unbequeme Belastung des Brenners vorstellt.

Damit sind die leicht durchführbaren Vorbereitungen beendet. Für den Versuch selbst schieben wir zuerst das Drahtnetz so tief herab, daß es nur 1—2 mm über der Brenneröffnung schwebt, öffnen den Leitungshahn und entzünden das Gas oberhalb des Netzes. Es soll nun mit einer aufrechten, 6—8 cm hohen und leuchtenden Flamme brennen. Darauf schieben wir den Drahtnetzhalter ganz langsam aufwärts; die Flamme durchläuft nun alle jene Formen, die wir auch an einem gut konstruierten Bunsenbrenner (Teclubrenner) wahrnehmen, wenn wir die anfänglich geschlossenen Luftzuführungsöffnungen immer mehr und mehr öffnen: die Flamme

wird von der Basis her allmählich ihr Leuchtvermögen verlieren und endlich nur mehr eine gelbliche Spitze zeigen; dann wird sie blaßviolett und wenig sichtbar sein; endlich erscheint im Innern an der Basis der nun immer stärker rauschenden Flamme ein immer deutlicher hervortretender grünblauer Kegel⁷⁾. Ist nun alles richtig vorbereitet, so wird die Flamme in dem vorhin erwähnten Stadium der leuchtenden Flammenspitze bereits sensitiv sein. Auf Zischlaute verkürzt und verbreitert sie sich; gleichzeitig wird sie rauschend, und es erscheint im Innern der grüne Kegel, wodurch die Erscheinung trotz der geringen Flammenhöhe auch aus größerer Entfernung vorzüglich sichtbar ist.

Die Erscheinung wird durch Gasdruck, Brennerweite und Netzabstand mannigfaltig beeinflusst. Ist die Öffnung des Brennerrohres zu eng geraten, so werden wohl zweifellos alle geschilderten Erscheinungen zu beobachten sein. Die Flamme ist jedoch dann zu klein (kaum 3—4 cm hoch) und daher wenig gut sichtbar; auch ist die Regulierbarkeit keine günstige, da der Spielraum für die Verschiebung des Netzes kaum einige Millimeter beträgt. Ist dagegen die Brenneröffnung zu groß, so fehlt eine genügende Empfindlichkeit. In diesem Falle ist der vorhin beschriebene Vorgang der Verengung der Glasrohrspitze sehr allmählich vorzunehmen; durch wiederholtes Probieren wird man bald die dem jeweiligen Gasdrucke entsprechende Weite der Brenneröffnung ausfindig machen. Bei einer Flammenhöhe von 8—10 cm wird dann eine Netzverschiebung von reichlich 1—3 cm nötig sein, um die Flamme die ganze Folge der obenbeschriebenen Veränderungen durchlaufen zu lassen.

Es möge an dieser Stelle noch im besonderen darauf hingewiesen werden, daß die Empfindlichkeit dieser sensitiven Flamme durch zwei verschiedene Hilfsmittel innerhalb ziemlich weiter Grenzen verändert werden kann, und zwar erstens durch Veränderung des Netzabstandes und zweitens durch Regulierung der Gaszufuhr. Am empfindlichsten ist die Flamme, wenn bei völlig geöffnetem Gashahne der Netzabstand bereits so groß gewählt ist, daß bei der geringsten weiteren Vergrößerung dieses Abstandes sogleich das Stadium des Rauschens eintritt.

Bei den bereits angedeuteten Versuchen: Beunruhigung der Flamme durch Zischen (durch S- und Z-Laute), Pfeifen (mit einem kleinen Signalpfeifchen oder auf einem hohlen Schlüssel), Schlüsselklirren, überhaupt Zusammenschlagen von Metall- und Glasgegenständen, Stiefelknarren, Zerreißen oder Zerknittern von steifem Papier, Rauschen des Wassers (Öffnen eines Wasserleitungshahnes) usw. kann die Entfernung zwischen der Erregungsstelle und der Flamme so groß gewählt werden, als es der Raum erlaubt; bei hinlänglicher Empfindlichkeit der Flamme kann die Einwirkung sogar von einem Nebenraume aus (bei angelehnter oder gar bei geschlossener Verbindungstür) erzielt werden. Natürlich muß dabei im Experimentierraume und in dessen nächster Umgebung völlige Ruhe herrschen. Auch darf kein störender Luftzug vorhanden sein; Umhergehen in der Nähe der Flamme ist unbedingt zu vermeiden.

Wenn man eine ziemlich laut tickende Taschenuhr mit dem Rande an die Brenneröhre (zwischen Spitze und Schraubenwindungen des Drahtes) sanft andrückt, so wird die recht empfindlich eingestellte Flamme genau im Rhythmus des Uhrtickens zucken; das Ticken wird durch das Flammengeräusch verstärkt und so im ganzen Raume hörbar. Bei höchster Empfindlichkeit der Flamme wird sogar beim bloßen Annähern der Taschenuhr (und zwar an den Gasstrahl zwischen Netz und Spitze) ein rhythmisches Zucken der Flammenspitze wahrnehmbar sein.

Im allgemeinen wird diese Flamme für sehr hohe Töne besonders empfind-

⁷⁾ Vgl. mein Experimentierbuch für den Unterricht in der Naturlehre, 3. Aufl., I. Band, S. 432, wo auch ein ganz einfacher Versuch beschrieben ist, um diese Erscheinungen recht sinnfällig vorzuführen (Fig. 353).

lich sein, wie man natürlich am besten mit einer sogenannten Galton-Pfeife⁸⁾ nachweisen kann. Töne, deren Wellenlänge 20—40 mm beträgt, deren Schwingungszahl somit zwischen rund 16000 und 8000 liegt, beeinflussen die Flamme besonders stark; dagegen nimmt bei noch kürzerer Wellenlänge die Wirksamkeit ab, was wohl auf die geringeren Dichteänderungen bei derartigen Schallschwingungen zurückzuführen sein dürfte.

Da die Galton-Pfeife denn doch ein kostspieliges Instrument ist, das nicht alle Schulen besitzen dürften, war es mein Bestreben, für diese Versuche einen einfachen und billigen Ersatz zu schaffen. Man kann sich einen solchen sozusagen kostenlos auf folgende Art herstellen. Ein einige Zentimeter langes vierkantiges Stückchen harten Holzes — am einfachsten von einem unter dem Namen „Kantel“ bekannten Lineale⁹⁾ abzuschneiden — wird einerseits schief abgeschrägt (Fig. 2) und auf den

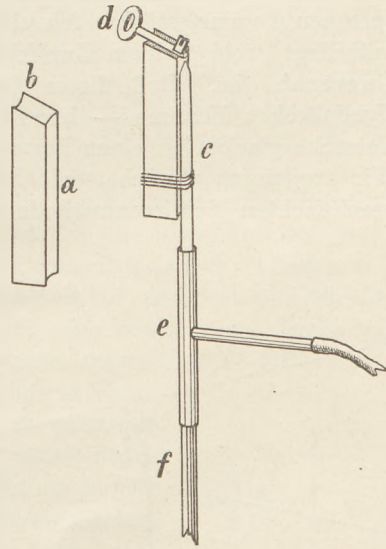


Fig. 2.

(ähnlich dem Pipsen einer Maus) erhalten. Die richtige Stellung der Röhrchen wird durch Fig. 3 angedeutet; der aufsteigende Luftstrahl muß gegen die scharfe Kante des Röhrchens treffen und der Winkel der Rohrachsen ungefähr 120° betragen. Sehr wichtig ist es, daß der untere Rand des Metallröhrchens ganz glatt und eben ist; man muß daher vielleicht durch Abfeilen und Abschleifen auf einem Abziehsteine etwas nachhelfen. Die korrekte Einstellung, bei der es auf Bruchteile eines Millimeters ankommt, wird nach fertiger Zusammenstellung dadurch leicht erreicht, daß das Picein vor dem völligen Starrwerden einige Zeit noch etwas plastisch bleibt, so daß das Metallröhrchen durch leichten Fingerdruck sowohl seitlich wie nach vorwärts verschoben werden kann. Auch späterhin kann durch leichtes Erwärmen des Metallröhrchens (z. B. des Griffes unseres Schlüssels) das Picein wieder weich gemacht und eine nachträgliche Verbesserung immer noch erreicht werden; nach dem völligen Erstarren ändern die Teile ihre gegenseitige Stellung nicht mehr. Ein kleiner Schlüssel wirkt als gedeckte Pfeife von unveränderlicher Tonhöhe. Man kann aber auch ein kleines, beiderseits offenes Metallröhrchen mit einem verschiebbaren Stempel (aus einem Stück Rundstahl oder Rundmessing) versehen und so

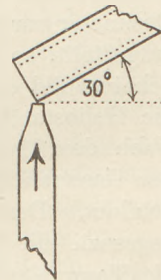


Fig. 3.

⁸⁾ Müller-Pouillet, Lehrbuch der Physik usw. 10. Aufl. I. Bd. S. 660.

⁹⁾ In Österreich zumeist unter dem Namen „Walzel“ bekannt.

ein Pfeifchen mit veränderlicher Rohrlänge herstellen. Um unsere Vorrichtung bequem handhaben und anblasen zu können, würde ich empfehlen, das Glasrohr in ein T-Rohr aus Blech (*e* in Fig. 2) mit Picein oder mit Siegelack einzukitten. Wer einige Geschicklichkeit im Lötten besitzt, wird sich solche T-Röhrchen leicht selbst herstellen können; andernfalls wird ein Klempner sie für billiges Geld anfertigen. In das zweite Ende des T-Rohres wird ein Holzstab (*f*) luftdicht eingekittet; mit diesem kann die Vorrichtung in einen Klammerhalter oder (besser) in einen runden Fuß aus Holz oder Eisen eingesetzt werden. An das seitliche Röhrchen kommt ein Gummischlauch mit einer größeren Gummibirne, wie solche bei photographischen Momentverschlüssen verwendet werden. Durch Zusammendrücken dieser Birne kann man das Pfeifchen nach Belieben zu ganz kurzem oder zu andauerndem Tönen bringen.

Bevor ich nun auf weitere Versuche mit unseren einfachen Apparaten zu sprechen komme, möchte ich einiges zur Erklärung der Erscheinung vorbringen. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß der gegen Schallwellen empfindliche Teil der Gasstrahl ist. Daß dieser Gasstrahl teilweise — oder auch ganz, wie bei der Tyndallschen Flamme — brennt, ist von untergeordneter Bedeutung¹⁰⁾. Für diese Tatsache glaube ich einen Beweis in dem nachfolgenden Versuche gefunden zu haben. Wir projizieren ein Schattenbild des aufsteigenden Gasstrahles nach der von Dvořák vereinfachten Schlierenmethode¹¹⁾. An Stelle des Objectives unseres Projektions-

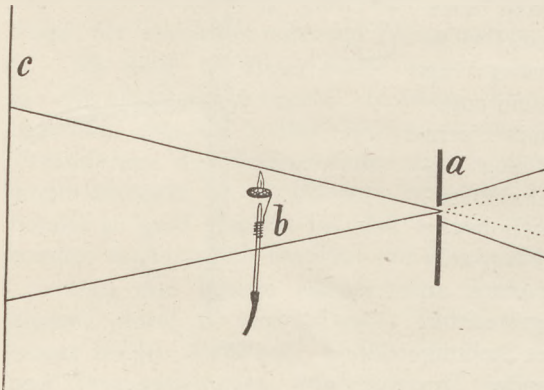


Fig. 4.

apparates (in den Vereinigungspunkt der den Kondensator verlassenden Strahlen) kommt eine Revolverzscheibe *a* (Fig. 4) mit runden Blendenöffnungen. Wir müssen sie so aufstellen, daß die Mitte des hellen Lichtfleckes (Bild des Kraters der positiven Kohle) eine recht enge Blendenöffnung (1—2 mm Durchmesser) gerade bedeckt; je enger die Blende gewählt wird, desto schärfer werden sich Schatten von Gegenständen, die sich zwischen dem Lichtpunkte und einem schattenauffangenden Schirme *c* befinden, auf dem letzteren abbilden, wobei allerdings die

Beleuchtungsstärke des Schirmes abnimmt. Durch Vor- oder Zurückschieben der Blende (in der Richtung der optischen Achse) wird man leicht erreichen, daß die auf dem Schirme beleuchtete Kreisfläche gleichmäßig hell und frei von farbigen Flecken erscheint. Einige Dezimeter vor der Blende *a* wird (bei *b*) der Brenner für die empfindliche Flamme (Fig. 1) aufgestellt, so daß auf dem Schirme ein möglichst scharfes, etwa 2—4 mal vergrößertes Schattenbild erhalten wird. (Bei Anstellung des Versuches mit Sonnenlicht kommt vor die Heliostatöffnung eine Sammellinse, deren Lichtkegel auf die Blende geleitet wird.) Nach dem Anzünden der empfindlichen Flamme erscheint auf dem Schirme sowohl der Gasstrahl (unterhalb des Netzes) als auch die Flamme vollkommen deutlich abgebildet. Der erstere erscheint nach beiden Seiten durch eine feine schwarze Linse begrenzt, die von der Brenneröffnung bis fast ganz an das Drahtnetz hinaufreicht; die Flamme selbst bildet sich als ein leichter, auf dem Drahtnetz aufruhender Schatten ab, von dem sowohl nach oben wie auch unter das Drahtnetz lebhaft bewegte Wärmeschlieren ausgehen. Beunruhigen wir nun die Flamme z. B. durch Aneinanderschlagen zweier Metallstäbe oder dergleichen, so verschwindet die beiderseitige Begrenzung des

¹⁰⁾ Dr. H. Böttger, Physik. I. Bd. S. 971/972. — J. Tyndall a. a. O. S. 289.

¹¹⁾ Vgl. mein Experimentierbuch (3. Aufl.), II. Bd., S. 431—434.

Gasstrahles zum Teil; die beiden schwarzen Konturlinien verkürzen sich in der Richtung vom Netze zur Brenneröffnung erheblich, während gleichzeitig der Flammenschatten sich verbreitert und die Schlierenzone unter dem Netze sich nach unten und nach den Seiten hin vergrößert. Aber auch wenn der Leuchtgasstrahl oberhalb des Netzes nicht angezündet wird, demnach das Gas unverbrannt nach oben strömt, zeigt sich, und zwar ebenso deutlich, die Verkürzung des Gasstrahles im Augenblicke und auf die Dauer seiner akustischen Beeinflussung. Man entferne dazu den Drahtnetzträger; der früher durch das Drahtnetz in seiner ungestörten Bewegung behinderte Gasstrahl steigt nun viel höher auf und läßt die durch auftreffende Schallwellen eintretenden Veränderungen sehr deutlich wahrnehmen. Besonders tief zuckt er zusammen, wenn Metallgegenstände klirrend aneinandergeschlagen werden; weniger tief — aber vollkommen deutlich — bei den Tönen unserer kleinen Pfeife.

Es ist somit das Ergebnis unseres Versuches auch von der Beschaffenheit des verwendeten Gases unabhängig und ist es nur nötig, einen entsprechenden Gasdruck herzustellen. Wenn das verwendete Gas bei zu hohem Drucke ausströmt und dabei vielleicht noch durch Hahnverengungen und dergleichen sich hindurchquälen muß (wie z. B. bei einem aus einer Stahlbombe entströmenden Kohlensäurestrahle), ist es unmöglich, den angestrebten Zweck zu erreichen.

Zur Erklärung dieser Erscheinungen erinnern wir uns zunächst an eine recht alltägliche Beobachtung. An einem windstillen Tage wird der aus einem Fabrikschlothe aufsteigende Rauch auf eine gewisse Höhe hin als ein scharfbegrenzter Zylinder erscheinen und erst höher oben sich in Rauchwirbel auflösen¹²⁾. Der bewegte Strahl erfährt an den ruhenden Teilen der umgebenden Luft eine beträchtliche Reibung; die nahe der Begrenzungsfläche liegenden emporsteigenden Teilchen (z. B. *a* in Fig. 5) werden dadurch zurückgehalten und zeigen die Neigung, in eine Wirbelbewegung im Sinne des gezeichneten Pfeiles zu geraten, wie eine solche beim sogenannten „Rauchstoßapparate“ tatsächlich durch die Reibung an den Rändern der Öffnung zur Bildung eines Wirbelringes führt. Es befindet sich somit die Umhüllungsfläche des Strahles in einer Art labilen Zustandes, der um so mehr gefährdet erscheint, je mehr die Geschwindigkeit des Aufsteigens durch die Bewegungshindernisse verringert wird; darum löst sich der aufsteigende Strahl von einer gewissen Höhe angefangen von selbst in Wirbel auf¹³⁾. Aber auch im scharf begrenzten unteren Teile des Strahles kommt es zu einem solchen „Zerfall in Wirbel“ — zu einer förmlichen „Aufrollung“ des Strahles —, wenn an diesen Stellen die umgebende Luft erschüttert wird; denn dadurch dringen Teilchen durch die Begrenzung in den Strahl und umgekehrt, die mittlere Geschwindigkeit des Aufsteigens verringert sich, und der Zerfall des Strahles tritt bereits an einer tiefer gelegenen Stelle ein. Eine verwandte Erscheinung zeigt uns auch ein Wasserstrahl, der aus einem wenig geöffneten Leitungshahne ausfließt. Er erscheint zunächst als ein glattbegrenzter Zylinder (ähnlich einem Glasstabe), der von einer gewissen Stelle an sich in Tropfen auflöst. Führen wir nun vorsichtig von der Seite eine Nadelspitze in die glatte Begrenzungsfläche des Strahles, blasen wir von seitwärts ganz leicht gegen den Strahl oder klopfen wir leise mit einem harten Gegenstande an den Wasserleitungshahn, so verkürzt sich der glatte Teil des Strahles:

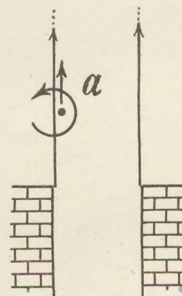


Fig. 5.

¹²⁾ H. Kayser, Lehrbuch der Physik für Studierende. 3. Aufl. S. 146/147. — E. Riecke, Lehrbuch der Experimentalphysik. 1. Aufl. I. Band. S. 250/251. — H. Böttger, Physik. I. Band. S. 374 und 972.

¹³⁾ Vgl. dazu auch P. Czermaks Versuche über Wirbel bei Konvektionsströmungen. Wied. Ann. 50, S. 331. — Auch Müller-Pouillet, Lehrbuch der Physik usw. 10. Aufl. III. Band. S. 785/786 u. 788 und mein Experimentierbuch, II. Band, S. 163.

der Zerfall tritt früher ein. Ganz ähnliche Erscheinungen können wir an dem Brenner der sensitiven Flamme durch mechanische Hilfsmittel hervorrufen; durchschneiden wir den Gasstrahl durch eine ganz langsam in horizontaler Ebene bewegte Stricknadel, klopfen wir leise an die Brennröhre oder blasen wir ganz schwach gegen den Gasstrahl, so zuckt die Flamme ebenso zusammen wie bei akustischer Beeinflussung. Daß bei diesen Störungen die Flamme ihr Äußeres ändert, ist eine sekundäre Erscheinung. Zerfällt nämlich der Gasstrahl und breitet er sich, in Wirbel aufgelöst, nach allen Seiten aus, so mischt sich das Leuchtgas mit einer größeren Menge von Luft; infolgedessen ist der Verbrennungsvorgang (ähnlich wie beim Bunsenbrenner bei innerer reichlicherer Luftzuführung) ein abgeänderter, was sich eben äußerlich in einer Veränderung der Flamme zu erkennen gibt. So wird unsere sensitive Flamme gleichsam ein Indikator auf den jeweiligen Zustand des Gasstrahles. Auch die Verbreiterung der Flammenbasis durch die akustische oder mechanische Beeinflussung des Strahles findet nun ihre Erklärung, ebenso wie die typische Veränderung des bei der Tyndallschen Flamme in seiner ganzen Ausdehnung brennenden Gasstrahles.

Die sensitive Flamme wird nun seit langer Zeit als willkommenes Hilfsmittel verwendet, um die Erscheinungen der Ausbreitung des Schalles zu untersuchen¹⁴⁾. Am bekanntesten dürfte in dieser Hinsicht die zuerst von A. Weinhold eingehend beschriebene Versuchsanordnung mit Rauchstoßapparat und sensitiver Flamme sein¹⁵⁾;

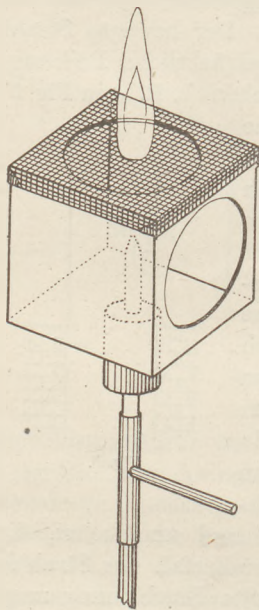


Fig. 6.

durch diesen Versuch wird der wichtige¹⁶⁾ Unterschied zwischen der Fortpflanzung des Schalles in der Luft (durch eine longitudinale Wellenbewegung) und der einfachen Fortbewegung der Luft sinnfällig dargetan. Natürlich bietet unsere einfache empfindliche Flamme bei dieser Versuchsanordnung einen vollen Ersatz für die schwieriger herzustellende Tyndallsche Flamme; richtet man es so ein, daß die Wirbelringe den Gasstrahl unterhalb des Netzes treffen, so erlischt die Flamme recht zuverlässig.

Besonders dankbar gestalten sich Versuche über die Zurückwerfung des Schalles. Man gelangt hier zu weit einfacheren und zuverlässigeren Versuchsanordnungen als bisher empfohlen wurden¹⁷⁾. Da man zu diesen Versuchen als Schallerreger die einfache Vorrichtung Fig. 2 verwendet — also eine Tonquelle; die sehr kurze Wellen aussendet, erscheint ein günstiges Ergebnis auch nach den dankenswerten Ausführungen, die W. Volkmann diesem Gegenstande widmet¹⁸⁾, von vornherein gesichert.

Zu diesem Zwecke könnte ich die beiden folgenden Versuche bestens empfehlen. Man stellt sich nach Fig. 6 einen Brenner von etwas abgeänderter Form her. Aus starker (etwa 3 mm dicker) Pappe macht man sich einen Hohlwürfel von ungefähr 8 cm Seitenlänge. Aus der oberen Fläche und einer Seitenfläche werden kreisrunde Löcher von 5 cm Durchmesser herausgeschnitten. Die obere Fläche wird mit einem

¹⁴⁾ Le Conte Sevens, a. a. O.

¹⁵⁾ Weinhold, Physikalische Demonstrationen. 4. Aufl. S. 249—252. — Auch desselben Autors Vorschule zur Experimentalphysik. 5. Aufl. S. 220/221, sowie mein Experimentierbuch I. Band, S. 305/306.

¹⁶⁾ Vgl. auch F. Poske, Didaktik des physikalischen Unterrichtes. S. 151/152 u. 301.

¹⁷⁾ Weinhold, a. a. O. S. 254—256. — Frick-Lehmann, Physikalische Technik. II. Band S. 1597.

¹⁸⁾ W. Volkmann, Anleitung zu den wichtigsten physikalischen Schulversuchen. S. 153/154.

feinen Drahtnetz überdeckt, das man quadratisch (mit 12 cm Seite) zuschneidet, nach allen vier Seiten über den Würfel herabbiegt und mit weichem nicht zu dicken Drahte festbindet. Unter die durchbohrte Gegenfläche ist ein Kork angeleimt (oder mit Picein angekittet), durch dessen Bohrung das Brennerrohr mit leichter Reibung hindurchgeht. Die Brennröhre ist wieder — ähnlich wie die Vorrichtung Fig. 2 — in ein T-Rohr eingekittet, das mittels eines Holzstabes in einen einfachen Holz- oder Eisenfuß eingesetzt werden kann. Die Gaszuführung erfolgt durch das seitliche Rohr. Die Regulierung der Empfindlichkeit geschieht durch Auf- und Abschieben des Pappewürfels, wozu man den Kork als Handgriff benützt.

Zu diesem „Empfänger“ verfertigen wir nach Fig. 7 einen „Erreger“ in folgender Art. Zu einer starkwandigen Röhre aus Pappe (zum Postversand für Zeichnungen, Notenhefte usw. gerne verwendet) von beiläufig 60 cm Länge und 6—8 cm Durchmesser werden zwei Deckel — einer nur wenige Zentimeter, der andere etwa 12 cm hoch — hergestellt. In den letzteren kommt (wie Fig. 7 andeutet) ein Pfeifchen, ähnlich wie es in Fig. 2 dargestellt und beschrieben wurde. Angeleimte Korke mit kurzen Holzstäben dienen gegebenenfalls zum Feststellen der Röhre in zwei Klammerstativen. Zunächst zeigen wir mit diesen beiden Apparaten folgenden Versuch. Wir richten die wagerecht gehaltene Rohrachse gegen die seitliche Öffnung des Empfängers Fig. 6, wobei beide Apparate anfänglich weit auseinanderstehen und dann allmählich

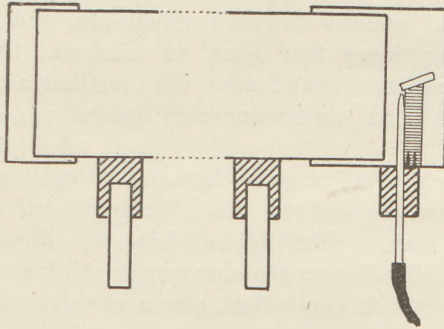


Fig. 7.

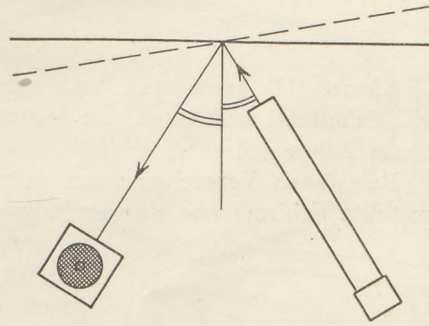


Fig. 8.

genähert werden; die Flamme reagiert dabei immer stärker auf das mit einem Gummiballe zum Tönen gebrachte Pfeifchen. Bedecken wir jedoch die vordere Röhrenmündung mit dem zweiten Deckel, so ist die Reaktion unmerklich (oder mindestens sehr wenig merklich). Die im Innern der Papperöhre erzeugten Schallwellen werden durch die schalldämpfenden Wände der Röhre unwirksam gemacht. Auch wenn wir die vorne wieder geöffnete Röhre in wagerechter Ebene um 90° drehen, so daß die Röhrenmündung nicht zum Empfänger, sondern nach der Seite gerichtet ist, zeigt sich nur eine sehr geringe Einwirkung auf die Flamme (von Reflexionen an den Zimmerwänden usw. herrührend). Stellen wir dagegen die beiden Apparate — wie Fig. 8 von oben gesehen andeutet — vor eine den Schall zurückwerfende Wand (ein mit Zeichenpapier überspannter optischer Schirm erwies sich dazu als sehr geeignet), so ist deutlich zu erkennen, daß die Flammenreaktion am stärksten ist, wenn die Achsen beider Apparate mit dem Schirme gleiche Winkel bilden (Reflexionsgesetz). Die Wirkung wird dagegen erheblich schwächer, wenn der Schirm auch nur etwas um seine vertikale Achse gedreht wird.

Eine zweite Versuchsanordnung, die wohl noch auffälliger Resultate gibt, läßt sich mit den bekannten Blechhohlspiegeln ausführen, die man auch zu Versuchen über strahlende Wärme verwendet. In den Brennpunkt des einen Spiegels kommt die Mündung des Pfeifchens (Fig. 2), in jenen des zweiten der Brenner (Fig. 1); der letztere wird wohl am besten so aufgestellt, daß der kurze Teil des Gasstrahles (unter

dem Drahtnetz) gerade durch den Brennpunkt hindurchgeht. Die Entfernung der Spiegel kann bis zu 8 m und darüber betragen. Man reguliert zunächst die Empfindlichkeit der sensitiven Flamme so, daß sie, wenn beide Apparate zunächst ohne Hohlspiegel in der beabsichtigten Entfernung aufgestellt sind, eine möglichst geringe Reaktion zeigt. Ohne dann an der Einstellung des Brenners etwas zu ändern, werden „Erreger“ und „Empfänger“ in die Brennpunkte der sorgfältig orientierten Spiegel gebracht. Die Reaktion ist nun eine sehr deutliche; sie wird erheblich geschwächt, wenn zwischen die Spiegel eine große Tafel aus starker Pappe gebracht wird oder wenn man einen Spiegel (auch nur ganz wenig) um eine vertikale Achse dreht, so daß die beiden Achsen der Spiegel nun nicht mehr in eine Gerade fallen. Es empfiehlt sich dabei natürlich, die richtige Stellung der Stativfüße beider Spiegel durch Kreidemarken auf der Tischfläche (dem Fußboden) zu bezeichnen, damit man durch

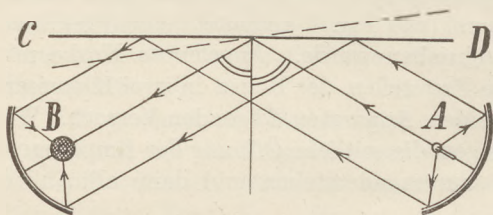


Fig. 9.

mehrmalige Wiederholung auf den sehr auffälligen Unterschied in der Wirkung hinweisen kann. Sehr wirkungsvoll verläuft auch ein nach Fig. 9 (wieder Ansicht von oben) angeordneter Versuch. In A ist der „Erreger“, in B der „Empfänger“, jeder im Brennpunkt eines Hohlspiegels, aufgestellt, CD ist der vorerwähnte optische Schirm. Eine geringe Drehung reicht hin, um die Einwirkung fast ganz zu hindern. Statt

des Schirmes CD kann man auch eine glatte Zimmerwand oder die (vertikal aufgestellte) Schultafel ausnützen; im letzteren Fall wird wieder der eine Spiegel um eine vertikale Achse gedreht.

Bei diesen Versuchen kann man durch passend angebrachte und entsprechend aufgestellte Schirme aus starker Pappe die direkte Wirkung des „Erregers“ auf den „Empfänger“ noch weiter abschwächen, was übrigens zumeist kaum als nötig empfunden werden dürfte. Dagegen würde es sich empfehlen, einem etwaigen Einwande, daß die einzelnen Töne, die man mit dem Erreger hervorbringt, infolge ungleichmäßigen Zusammendrückens des Gummiballes möglicherweise recht verschiedene Intensität haben könnten, von vornherein dadurch zu begegnen, daß man das Anblasen des Pfeifchens durch einen kleinen mit Luft gefüllten Gasometer¹⁹⁾ besorgen läßt.

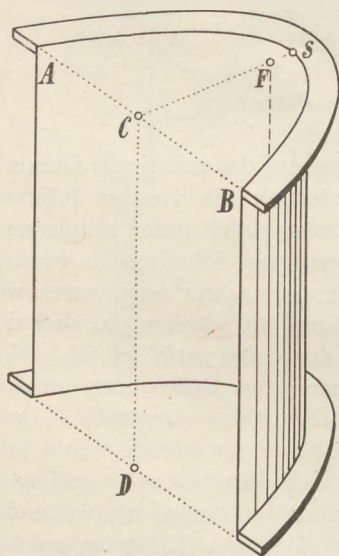


Fig. 10.

Da es nun möglicherweise manchen Schulen an guten und entsprechend großen Schallspiegeln fehlen könnte, war ich auch hier bemüht, einen billigen Ersatz zu finden. Einen solchen erhält man in parabolischen Zylinderspiegeln (Fig. 10), die man aus je einem Bogen starker Pappe herstellt; diese wird oben und unten an zwei Parabelschablonen aus Holz (vom Tischler leicht nach Zeichnung herzustellen) oder aus sehr starker Pappe angenagelt. Die Orientierung dieser „Spiegel“ ist noch einfacher als jene sphärischer Spiegel; bei vorzüglicher Wirkung ist der Kostenpreis geringfügig. Auch der in Fig. 9 angedeutete Versuch gelingt damit in vollkommen zufriedenstellender Weise. Die Ab-

¹⁹⁾ Oder — nach dem Vorschlage von H. Rebenstorff — durch einen mit Luft aufgeblasenen größeren Gummiballon.

messungen der von mir verwendeten Spiegel sind: $\overline{AB} = 40$ cm, $\overline{CS} = 25$ cm (Abstand des Brennpunkts F vom Scheitel $S = 4$ cm), Höhe $\overline{CD} = 50$ cm.

Wenig befriedigt haben mich bisher Versuche über die Brechung der Schallwellen; ich möchte dies aber vorläufig (mindestens in erster Linie) der Unmöglichkeit zuschreiben, mir hierfür gegenwärtig das erforderliche Material zu beschaffen. Ich hoffe, durch Verwendung von Rebenstorffschen Gummiballons — was vor einiger Zeit zu ähnlichen Versuchen auch von A. Stroman empfohlen wurde²⁰⁾ — noch zum Ziele zu gelangen, und würde in diesem Falle später darüber berichten.

Dagegen gelang es, in sehr deutlicher Weise die Interferenz der Schallwellen nachzuweisen²¹⁾. Für den Versuch muß man sich einen besonderen „Erreger“ herstellen; es wird hierzu wieder ein kleines Pfeifchen (ähnlich jenem in Fig. 2 und 7) verwendet, das in einen schalldichten Hohlwürfel aus Pappe, ähnlich wie beim „Empfänger“ (Fig. 6), eingeschlossen ist. Um das Pfeifchen bequem im Hohlwürfel festmachen zu können, läßt man die obere Fläche offen und verwendet zu ihrem Verschlusse einen recht genau gearbeiteten Schachteldeckel. Dieser Erreger wird wieder mit einem T-Rohr-Ansatze zum bequemen Anblasen und zugleich zur Befestigung in einem Halter oder in einem Fuße versehen, wie dies früher bei den Apparaten Fig. 2 und 6 ausführlicher beschrieben wurde; am besten richtet man es so ein, daß die Würfel der beiden Apparate auf Ständern von gleicher Höhe angebracht sind. Aus

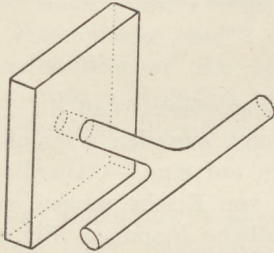


Fig. 11.

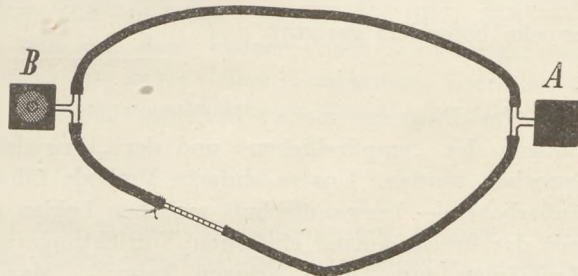


Fig. 12.

der Mitte der einen Seitenwand des neuen Hohlwürfels wird mit einem scharfen Korkbohrer eine genau kreisrunde Öffnung ausgeschnitten, in die sich ein T-Rohr aus Glas oder Blech von etwa 1 cm Weite einstecken läßt und daselbst durch Reibung festhält. Ein zweites derartiges T-Rohr wird in einen Schachteldeckel (Fig. 11) eingesetzt, mit dem man die seitliche Öffnung des Empfängers (Fig. 6) abschließen kann; auch dieser Deckel muß recht genau gearbeitet werden, damit er auf dem Pappekästchen verläßlich festsitzt. Die seitlichen Ansätze der beiden T-Rohre werden durch gewöhnliche Gasschläuche von gleicher Länge (jeder 1 m lang) verbunden, wie aus der schematischen Figur 12 ersichtlich ist, die von oben gesehen die beiden würfelförmigen Pappekästchen, und zwar in A den Erreger, in B den Empfänger andeuten soll. Der eine Schlauch ist irgendwo durchschnitten und sind seine beiden Teile durch ein etwa 30 cm langes Glasrohrstück verbunden; dieses darf nur so weit sein, daß es ganz leicht in die beiden Schlauchteile hineingeschoben werden kann. Auf der einen Seite wird der Schlauch durch Draht festgebunden. Schiebt man den einen Schlauch ganz über das Glasrohr, so sind beide den Schallwellen eröffneten Wege gleich lang; durch Ausziehen des verschiebbaren Rohrteiles wird der eine Weg verlängert. Für den Versuch muß das Pfeifchen des Erregers möglichst gleichmäßig angeblasen werden, was am besten durch einen kleinen, mit Luft gefüllten Gasometer

²⁰⁾ Diese Zeitschr. XXVII, S. 229.

²¹⁾ Auch Anolik (a. a. O.) benutzt für diesen Versuch eine sensitive Flamme; ich bin jedoch nach dem dort empfohlenen Verfahren zu keinem befriedigenden Ergebnisse gekommen.

geschieht. Nachdem dieser in Gang gesetzt und die empfindliche Flamme entzündet ist, verlängert man durch ganz langsames Ausziehen des Glasrohres den einen Schallweg. Man wird dabei durch mehrmaliges Wiederholen leicht und unzweifelhaft eine Stelle feststellen, bei der die Flammenreaktion ein Minimum ist. Indem man diese Schlauchlänge unverändert läßt, macht man nun die Flamme durch Herabschieben des Pappewürfels so weit unempfindlich, daß eine Reaktion kaum mehr wahrnehmbar ist. So ist der Empfänger nun zu belassen. Man wird nun durch Verlängern des Schlauches periodische Maxima und Minima finden, die voneinander auf dem Glasrohre immer denselben Abstand einer halben Wellenlänge zeigen; man bezeichnet sich diese Stellen auf dem Glasrohre zuerst durch Tuschestriche und später durch Feilrisse. Bei meinen Versuchen gab das Pfeifchen das sechsgestrichene E mit $n = 10240$ Schwingungen und ergab sich ein mittlerer Abstand zweier Maxima mit 34 mm, was mit der berechneten Wellenlänge von 33,2 mm recht befriedigend übereinstimmt. Wenn man den Versuch zeigt, der natürlich, um im Unterrichte nicht zu viel Zeit zu beanspruchen, zum größten Teile schon vor der Stunde vorzubereiten ist (besonders was die Empfindlichkeitsregulierung der Flamme betrifft), so unterlasse man auch nicht, die Rohrlänge mit möglichst gleichmäßiger (natürlich geringer) Geschwindigkeit in einem Zuge zu vergrößern; die periodische Verstärkung und Schwächung der Flammenreaktion beim Passieren der betreffenden Feilstrichmarken ist dann höchst auffällig. Der Versuch erscheint mir seiner Übersichtlichkeit wegen für Unterrichtszwecke besonders geeignet.

Im Eingange meines Berichtes habe ich darauf hingewiesen, daß die Erscheinungen der „empfindlichen“ und der „tönenden“ Flammen zuweilen gemeinsam besprochen werden. Unsere einfache Methode führt insofern auf eine — allerdings nur äußerliche — Verwandtschaft zwischen beiden Gruppen von Erscheinungen, als man mit der beschriebenen einfachen Vorrichtung für empfindliche Flammen (Fig. 1) auch Luftsäulen zum Tönen bringen kann²²⁾. Man hebt hierzu das Drahtnetz so hoch, daß die Flamme dauernd rauscht und der mehrerwähnte grüne Kegel erscheint und setzt das Emporheben noch weiter fort, so daß dieser grüne Kegel wieder verschwindet und die Flamme nun in bläulicher Farbe und großer Unruhe auf dem Netze förmlich hin- und herrollt. Stellt man nun einen Lampenzylinder oder eine Papp- oder Blechröhre von mäßigen Dimensionen so über die Flamme, daß ihr unterer Rand auf dem Drahtnetze aufruht, so kommt die in der Röhre enthaltene Luftsäule in äußerst kräftiges Tönen. Dabei erhitzt sich das Drahtnetz allerdings meistens so stark, daß die Flamme durchschlägt; sie muß dann ausgelöscht werden und kann erst nach einer kleinen Pause zu einer Wiederholung des Versuches wieder angezündet werden. Erklärungen dieses Versuches werden von den in der Fußnote 22 angegebenen Autoren gegeben; sie laufen alle darauf hinaus, daß das Rauschen der Flamme durch eine Summe von Explosionsgeräuschen entsteht, und daß die im Rohre befindliche Luftsäule sich aus diesem Gewirre gleichsam die ihr zusagenden auswählt und sie durch Mittönen verstärkt. Es ist nun recht interessant, daß man die beiden Versuche einfach kombinieren kann. Man schiebt den Pappewürfel des Brenners Fig. 6 anfänglich recht tief herab, entzündet die leuchtende Flamme und stellt einen Lampenzylinder — am besten den bauchigen Zylinder einer kleinen Flachbrenner-Petroleumlampe — über die Flamme auf das Drahtnetz; durch den nunmehr verstärkten Luftzug streckt sich die Flamme empor und verliert an Leuchtkraft. Nun schiebt man den Papp-

²²⁾ Der Versuch scheint schon ziemlich lange bekannt zu sein. In der 5. Auflage der großen Physik von P. Reis (1882) findet man auf S. 274 mitgeteilt, daß dieser aus den Siebziger Jahren stammende Versuch von Geyer herrühren soll. In neuerer Zeit haben in dieser Zeitschrift Geschöser (XII, 94), Rosenfeld (XIII, 163) und Rebenstorff (XV, 281) darüber berichtet.

würfel etwas höher, so daß ein Brausen (aber noch kein Tönen!) entsteht. Auf die früher aufgezählten, in mehreren Metern Entfernung hervorgerufenen Geräusche, z. B. Zischen, Rasseln mit einem Schlüsselbunde u. dgl., entsteht eine der späteren Flammenphasen (grüner Kegel) und die Luftsäule tönt kräftig, solange das erregende Geräusch dauert. Die sensitive Flamme reagiert nun gleichsam akustisch auf Geräusche.

Es sei gestattet, bei dieser Gelegenheit auch auf eine vielleicht noch nicht allgemein bekannte Tatsache hinzuweisen. Stellt man einen gut konstruierten Bunsenbrenner (z. B. einen sogenannten Teclubrenner) durch reichliche Luftzufuhr auf das Stadium des Rauschens (Erscheinen des grünen Kegels) ein und stülpt eine hinlänglich lange und weite Glas- oder Blechröhre über die Flamme, so kommt die Luftsäule — aber meist nur für einen Augenblick — ins Tönen; denn sofort schlägt die Flamme zurück. Verhindert man nun dieses Zurückschlagen durch ein über die Brennröhre gebundenes feines Drahtnetz, so kann es gelingen, ein andauerndes Tönen der Luftsäulen hervorzubringen. Es ist daher von vornherein zu erwarten, daß man mit jener Brennergattung, bei der ein Zurückschlagen fast ausgeschlossen ist — nämlich mit dem Mekerbrenner²³⁾ — ganz vorzügliche Wirkungen erzielen muß. Unter Benützung der kleineren Brennertypen tönen Glas- oder Pappröhren von etwa 80 cm Länge und 6—8 cm Weite sehr stark und zuverlässig. Die Röhren werden dabei so tief, als es der Brenner zuläßt, herabgeschoben, und falls das Ansprechen nicht sofort erfolgt, etwas auf- und abbewegt. Sogar eine Blechröhre von 8,5 cm Durchmesser und 2 m Länge tönt mit dem kleinen, noch zuverlässiger mit dem großen Brenner (der aber mit mehreren Lagen feinen Drahtnetzes überbunden werden muß) und liefert ein geradezu nervenerschütterndes Tongewirre (Grundton mit wechselnden Obertönen).

Nur anhangsweise — weil nicht zum eigentlichen Gegenstande gehörig — sei noch eine kurze Bemerkung über die vorhin beschriebenen parabolischen Zylinderspiegel aus Pappe (Fig. 10) gestattet. Mit ihnen gelingt auch der bekannte Versuch über die Reflexion der Wärmestrahlen in ganz vorzüglicher Weise. Nur kleidet man dazu die Spiegel innen mit dem hochpolierten dünnen (0,1 mm) Aluminiumblech aus, auf dessen vielseitige Verwendbarkeit zu physikalischen Zwecken zuerst H. Rebenstorff hingewiesen hat²⁴⁾. Eine entsprechend große Tafel davon wird in den parabolischen Zylinderspiegel gelegt und mittels vier photographischen Kopierklammern an die Pappe festgeklemmt. In die Brennlinie des einen Spiegels kommt ein Thermoskop (Fig. 13), bestehend aus einer möglichst dünnwandigen Blechröhre von etwa 2 cm Durchmesser und einer Länge, die die ganze Höhe des Spiegels möglichst ausnützt. Oben und unten ist die Röhre durch mit Picein eingekittete und gedichtete Korkstöpsel abgeschlossen. Durch den oberen von beiden geht ein rechtwinklig gebogenes enges Glasrohr, das

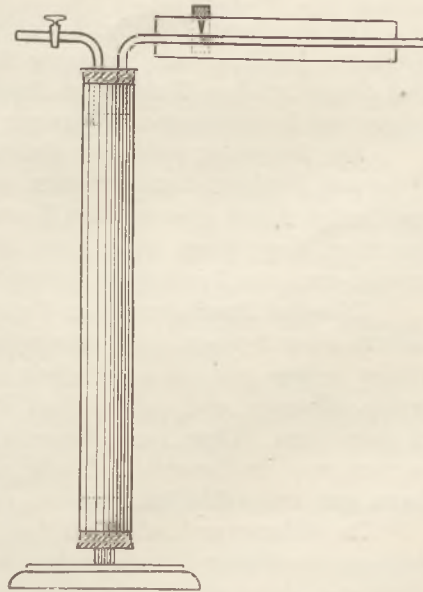


Fig. 13.

²³⁾ Diese Zeitschr. XXIV, S. 377.

²⁴⁾ Periodische Blätter für Realienunterricht XII, S. 74 ff. — Die Bezugsquelle dafür ist Basse & Selve, Hüttenwerke usw. in Altena, Westphalen. Preis (vor dem Kriege) per Kilogramm 10 M.

einen Tropfen gefärbten Weingeistes (Index) enthält, und ein zum Druckausgleich dienendes Hahnrohr. Am Indexrohr ist eine Kartonskala mit einem verschiebbaren Blechzeiger mit feinem Draht festgebunden²⁵⁾. Im unteren Korke ist ein kurzer Holzstab eingekittet, der in einem schweren Fuße steckt. Das Blechrohr wird außen gut berußt. Selbstverständlich ist der Apparat so hoch zu machen, daß die beiden wagerechten Teile der Glasröhren noch über den oberen Spiegelrand hinausragen. In der Brennlinie des zweiten, in 4—6 m Entfernung aufgestellten Spiegels wird ein nicht zu dünner Eisen- oder Neusilberdraht ausgespannt; das untere Ende wird in einer Holtzschen Fußklemme, das obere mittels eines Korkes in der Klammer eines Statives befestigt und mit einer Ansteckklemme versehen. Durch den Draht wird ein Strom von passend regulierter Stromstärke gesendet, so daß der Draht heiß wird (Anlegen von farbenthermoskopischem Papiere), aber nicht zum Glühen kommt. Bevor der Strom geschlossen wird, stellt man eine hinlänglich große Pappetafel vor den einen Spiegel. Dann wird der Strom geschlossen und nach ganz kurzer Zeit der Pappeschirm entfernt; der Flüssigkeitsindex wandert sofort nach vorwärts. Neuerliches Vorsetzen des Pappeschirmes bringt die Bewegung allsogleich zum Stillstande; der Index kehrt in die Anfangstellung zurück. Die billig herzustellen den Spiegel lohnen daher durch Verwendung zu zwei sehr lehrreichen Versuchen die Mühe ihrer Anfertigung in reichlichstem Maße.

Versuche über die Erregung stehender elektromagnetischer Schwingungen von kurzer Wellenlänge auf Drähten.

Von

Professor Dr. J. Weiß in Ettenheim.

I.

Die in dieser Zeitschrift, Jahrgang 1914 Seite 141—148, von Dr. LEIMBACH in Göttingen beschriebenen Apparate für kurze elektrische Wellen gestatten in bequemer und übersichtlicher Weise eine Anzahl Versuche, die früher nur mit einer umständlichen und komplizierten Apparatur ausgeführt werden konnten.

Zur Erregung stehender elektromagnetischer Schwingungen von großer Wellenlänge auf Drähten dienen Spulen nach Seibt oder Tesla. Die Seibtsche Spule wird gewöhnlich durch galvanischen Kontakt erregt, bei der Teslaanordnung benützt man induktive Koppelung; man kann aber gerade so gut die Seibtsche Spule induktiv erregen und die Teslaspule galvanisch koppeln.

Dieselbe Erscheinung im Gebiet kurzer elektrischer Wellen erhält man beim LECHERSchen System. Die Koppelung der Drähte, auf denen man die stehenden Wellen zeigen will, ist gewöhnlich induktiv oder kapazitiv. Die Wellen besitzen nur geringe Energie, und daher pflegt ihr Nachweis mit sehr empfindlichen Geißlerröhren zu geschehen. Diese Versuche erfordern eine völlige Verdunkelung des Experimentier- raumes, was im Unterricht häufig als lästig empfunden wird, außerdem einen besonderen gut ausprobierten Apparat, und gelingen trotzdem oft nicht befriedigend.

In sicherer und sehr einfacher Weise gelingt nun die Erzeugung kurzer stehender elektromagnetischer Schwingungen auf Drähten und ihr Nachweis mit Hilfe der oben erwähnten Apparatur unter Anwendung der Rohrantennen. Verdunkelung ist nur soweit erforderlich, als sie durch die Galvanometerablesung bedingt wird. Es sollen kurz einige Versuche angegeben werden.

²⁵⁾ Ähnlich wie bei dem in Fig. 112, Seite 165 des I. Bandes meines Experimentierbuches beschriebenen Thermoskope.

1. Induktive Koppelung. Man stimmt Sender *S* und Empfänger *E* aufeinander ab, indem man die Antennen gleich lang macht. Ist der Sender z. B. 70 cm lang, so beträgt die Wellenlänge der Eigenschwingung ungefähr 140 cm, da an den Enden der Antennen je ein Bauch sich befindet und in der Mitte dazwischen, da, wo die Funkenstrecke ist, ein Knoten der elektrischen Spannung angenommen werden kann. Man spannt ferner mit zwei Glasstäben einen blanken Kupferdraht aus, dessen Länge ein Vielfaches der Länge des Senders ist; der Draht kann z. B. $3 \cdot 70 = 210$ cm lang sein. Er soll keine Knicke besitzen, was man leicht erreichen kann, indem man ihn über ein Stück Holz zieht; Dicke beliebig, bequem ist $\frac{1}{4}$ bis 1 mm. Dem einen Ende in geringem Abstand gegenüber und dem Draht parallel stellt man den Sender auf, am anderen Drahtende in gleicher Weise den Empfänger. Durch Induktion werden auf dem langen Draht stehende elektromagnetische Wellen erregt, die ihrerseits wieder den Empfänger induktiv erregen. Der Nachweis der stehenden Wellen längs des Drahtes geschieht in der Weise, daß man an ihm mit dem Finger entlang fährt. Der Galvanometerausschlag ist dann je nach der Berührungsstelle bald stark, bald schwach.

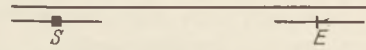


Fig. 1.

Berührt man den Draht an den Stellen, wo Bäuche der elektrischen Spannung sind, so spricht der Empfänger nur wenig an. Erfolgt die Berührung in den Knoten, so zeigt der Empfänger eine maximale Erregung. Die Versuchsanordnung ist, wie man sieht, die denkbar einfachste und führt sicher zum Ziele. Zum Ausspannen des langen Drahtes eignen sich zwei Glasstäbe mit Eisenfuß, wie diejenigen sind, an denen der Sender und Empfänger festgeklemmt werden. Den Sender kann man angenähert als linearen Oscillator auffassen.

Im allgemeinen werden auf einem Draht gleichzeitig viele Eigenschwingungen erzeugt. Alle stimmen darin überein, daß die Länge des Drahtes ein ganzes Vielfaches ihrer Halbwellenlänge ist. Je nach der Energie, Dämpfung und Wellenlänge der erregenden Senderschwingung kann die eine oder andere Eigenschwingung auf dem Draht stärker hervortreten; so ist es mir sofort gelungen, auf einem Draht 4, ein andermal 5, ja selbst 10 und noch mehr Knoten in gleichem Abstand voneinander festzustellen. Hierbei waren also von vornherein bestimmte Wellen scharf ausgeprägt. Ist dies nicht der Fall, so unterdrückt man die nicht gewünschten Wellen, indem man an einigen der gewünschten Knotenstellen erdet. Ich habe z. B. bei 2,80 m gesamtter Drahtlänge in 35 und 105 cm Entfernung von dem einen Drahtende geerdet, um 70 cm lange Wellen zu erzeugen, und erhielt dann weitere Knoten bei 175 und 245 cm, Bäuche mitten zwischen den Knoten. Sender und Empfänger waren dabei auf 70 cm Länge eingestellt. Man wird auch bemerken, daß die Knoten und Bäuche am schärfsten gegen die Enden des Drahtes hin ausgeprägt sind; die Mitte zeigt überwiegend den Charakter eines Knotens. Die Versuche gelingen am sichersten, wenn man sich auf die Erzeugung weniger Halbwellen beschränkt.

2. Kapazitive Koppelung. Man befestigt an den Enden des langen Drahtes, sowie an je einem Ende des Senders und Empfängers kleine Kupferblechscheiben. Stellt man Sender, langen Draht und Empfänger in einer geraden Linie hintereinander auf, so daß je zwei Blechscheiben einander gegenüberstehen und einen kleinen Kondensator bilden, so hat man wieder dieselben Erscheinungen wie bei Versuch 1. Als Blechscheiben habe ich kupferne 10-Centimesstücke genommen, es gehen aber

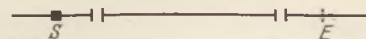


Fig. 2.

auch viel größere; ihr Abstand kann einen Millimeter bis mehrere Zentimeter betragen. Man erde in den zu erwartenden Knotenstellen. Entfernt man den langen Draht, so spricht der Empfänger nicht mehr an; wir haben also wirklich die Wellen des langen Drahtes und nicht etwa Wellen im Dielektrikum, die auch ohne Draht auftreten, nachgewiesen.

Hier seien einige allgemeine Bemerkungen eingeschoben. Man erregt den Sender, indem man aus ihm, einer mittelgroßen Leidener Flasche und der Sekundärspule des Induktors einen Schwingungskreis bildet (vgl. *diese Zeitschrift* 1915, S. 320). Der Gang des Unterbrechers ist vom größten Einfluß auf die Erregung der Schwingungen. Die Funkenstrecke muß oft durch Abschmirlgeln von dem sich reichlich bildenden Ruß befreit werden. Der weichere von den beiden Kristallen des Detektors wird leicht durch unvorsichtiges Schrauben unbrauchbar; man lasse sich daher gleich einige Ersatzzinnhütchen mit oder ohne Kristallen mitkommen. Wer Kristalle selbst einsetzen will, wird in jeder Mineraliensammlung geeignete Stücke finden. Man setzt die Substanzen in die Bohrung ein und drückt den Zinnrand an. Günstig zu bearbeiten und stark in der Wirkung ist z. B. die Kombination Graphit-Bleiglanz (vgl. *diese Zeitschrift* 1914, S. 234, Der Kohledetektor im Unterricht, von Kellermann, Wien). Am besten werden Sender, Draht und Empfänger lose miteinander gekoppelt.

3. Einfluß des Dielektrikums. Wie mit dem Lecherschen System kann man nach Versuchsordnung 1 oder 2 den Einfluß eines Dielektrikums auf die Wellenlänge untersuchen. (Vergleiche Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik, Versuchsordnung von Drude zur Bestimmung von Dielektrizitätskonstanten.)

4. Einfluß einer angehängten Kapazität. Statt in Versuch 1 und 2 den langen Draht mit dem Finger zur Erde abzuleiten, wollen wir ein Stanniolblatt von passender Größe anhängen und es mit Hilfe eines Glasstabes dem Draht entlang schieben. Man nähere jeweils dem Stanniolblatt ein zur Erde abgeleitetes Blech in paralleler Stellung, so daß Stanniolblatt und Blech einen Kondensator bilden! — Je nach seiner Größe beeinflusst das Stanniolblatt die Schwingungen in verschiedener Weise infolge der verschiedenen Kapazität. Hieraus folgt, daß man Sender, langen Draht und Empfänger möglichst frei aufstellen muß. Während das Stanniolblatt an einer bestimmten Stelle des Drahtes hängt, gleite man mit dem Finger dem Draht entlang, wodurch man wieder die nun vorhandenen Knoten und Bäuche auffindet.

II.

Im Folgenden sollen die vorstehenden Mitteilungen durch genaue Zahlenangaben ergänzt und die Ergebnisse kurz besprochen werden. Der verwendete Kupferdraht hatte in allen Fällen eine Dicke von 0,5 mm.

1. Induktive Koppelung von Sender, langem Draht und Empfänger. Der Draht war zur Befestigung an den Enden zu einer Schlinge gebogen und jede über einen Glasstab gesteckt; seine Länge betrug 5,45 m. Sender und Empfänger trugen die mitgelieferten Rohrantennen und beide waren 91 cm lang. Ihre Entfernung vom Draht betrug 2—5 cm. Ich fand

Spannungsbäuche bei	0	91	180	272	360	460	545 cm
Spannungsknoten	„	36	139	225	315	407	505 cm.

Die Entfernungen sind jeweils von dem Drahtende ab gemessen, das dem Empfänger gegenüberstand. Der Nachweis der Knoten und Bäuche geschah immer durch Berühren des Drahtes mit der Hand. Als in den Knoten Stanniolblätter angehängt worden waren, erhielt ich einen Galvanometerausschlag von 3 Skalenteilen bei Berührung des Drahtes an einem Spannungsbauch und von 30 Skalenteilen bei Berührung in einem Knoten. Dieselbe Wirkung auf den Galvanometerausschlag wie Berühren hatte Anhängen eines größeren Stanniolblattes.

An den Enden des Drahtes ergaben sich Spannungsbäuche.

2. Hierauf wurde an jedes Drahtende ein Blatt Stanniol von etwa 200 cm² Flächeninhalt angehängt. Durch Berühren fand ich nun Knoten ungefähr bei 7, 113, 217, 327, 434, 540 cm; mitten zwischen zwei Knoten war ein Bauch. Dann wurde in jedem Knoten wieder ein Stanniolblatt angehängt, wodurch der Unterschied zwischen

Knoten und Bäuchen noch deutlicher wurde. Die Zahl der Knoten ist also die gleiche geblieben wie bei Versuch 1, nur sind alle Knoten gegen die Drahtenden hin gerückt. Anhängen von kleineren Stanniolstücken an den Drahtenden bewirkte eine geringere Verschiebung der Knoten, Annäherung eines Bleches an die kleineren Stanniolblätter erzeugte eine stärkere Verschiebung. Die Theorie ergibt, daß das Anhängen einer unendlich großen Kapazität am Ende des Drahtes einer Verlängerung des Drahtes um $\frac{1}{4}$ gleichwertig ist; es muß dann also am Orte der Kapazität ein Knoten sein.

3. Sender kapazitiv, Empfänger induktiv gekoppelt. Der die Koppelung vermittelnde Kondensator bestand aus zwei 10-Centimesstücken, welche einander in 0,5—3 cm Entfernung gegenüberstanden. Die eine Antenne des Senders war 31 cm lang, die andere mit der Kupfermünze 29 cm. Die Ebene der Kupfermünzen stand normal zur Achse der Antennenrohre und zum Draht, und der Empfänger hatte eine Länge von 60 cm. Ich erhielt Knoten bei 35, 106, 177, 250 cm, die Länge des Drahtes betrug 274 cm. Als ich Sender und Empfänger je 90 cm lang machte, traten nur noch 3 Knoten auf und zwar etwa bei 35, 135 und 235 cm. Der Abstand der beiden Kupfermünzen voneinander war dabei auf 5 cm erhöht worden. Der Galvanometerausschlag bei Berührung in einem Knoten betrug 56 Skalenteile, bei Berührung in einem Spannungsbauch noch 16. Dieser letztere Ausschlag blieb, als ich den langen Draht ganz entfernte, und rührte offenbar von den an den Zimmerwänden reflektierten Wellen her. Bei einem weiteren Versuch an einem Draht von 266 cm Länge traten Knoten bei 35, 105, 181 und 257 cm auf; ich hatte dabei die 10-Centimesstücke durch Kupferscheiben von 7 cm Durchmesser ersetzt, die einen Abstand von etwa 1 cm voneinander hatten und 20 cm von der Funkenstrecke entfernt waren. Zuerst erhielt ich auf dem langen Draht die Grundschiwingung, nach Putzen der Funkenstrecke die mitgeteilte Oberschiwingung, die ich wünschte. Ein Reflexionsversuch ergab als halbe Länge der vom Sender ausgesandten Wellen in Luft etwa 70 cm. Die Knoten auf dem langen Draht sind im Vergleich mit Versuch 1 gegen den Sender, d. h. gegen die Kapazität, hin verschoben.

4. Sender und Empfänger mit dem Draht kapazitiv gekoppelt. Die Kapazitäten bestanden aus 10-Centimesstücken, der Draht war 218 cm, Sender und Empfänger je 70 cm lang. Knoten entstanden bei 30, 108 und 186 cm. Auch diesmal trat zuerst die Grundschiwingung auf, und erst nach Reinigung der Funkenstrecke ergab sich die mitgeteilte Oberschiwingung. Bei einer Senderlänge von 53 cm entstanden vier Knoten, nämlich bei 25, 80, 135 und 190 cm. Anhängen von Stanniol in den Knoten verstärkte den Unterschied zwischen den Knoten und Bäuchen beim Berühren des Drahtes.

5. Besprechung der Versuchsergebnisse. Die denkbar einfachsten Verhältnisse finden wir bei Versuchsanordnung 1. Hier kann man ohne weiteres im voraus angeben, an welchen Stellen des langen Drahtes Knoten der gewünschten Oberschiwingung zu erwarten sind. Die Oberschiwingung kann allerdings durch die Grundschiwingung verdeckt werden; denn meist tritt mit der Oberschiwingung gleichzeitig die Grundschiwingung auf, bei welcher der Draht als halbe Wellenlänge schwingt. Gleichwie man ferner in den Knoten einer schwingenden Saite träge Massen, z. B. Papierreiter, anhängen kann, ohne die Schwingungen dadurch zu stören, kann man bei unseren elektromagnetischen Wellen in den Knoten elektrische Massen, d. h. Kapazitäten, anhängen. Das Berühren des Drahtes mit der Hand hat auf die elektromagnetischen Schwingungen die entsprechende Wirkung, wie wenn man eine schwingende Saite berührt. Berühren in den Bäuchen stört in beiden Fällen die Schwingungen. Zur Vermeidung von Störungen müssen daher auch die elektrisch geladenen Teile (Sender, Empfänger, langer Draht) von allen als Kapazität in Betracht kommenden Körpern, z. B. der Tischplatte, genügend weit entfernt sein.

Versuche 2 und 3 zeigen die Wirkung einer Kapazität am Ende des Drahtes. Wir gewinnen damit zugleich ein genaueres Urteil über den Verlauf der Schwingungen im Sender. Letzterer besteht aus den beiden Kupferplatten, welche die Funkenstrecke bilden und eine Kapazität darstellen, sowie den daran angesetzten Stabantennen. Jede Senderhälfte (die aus einer Kupferscheibe mit angesetzter Antenne besteht), bildet ein schwingungsfähiges System, derart, daß es bei Erregung mit der Grundschiwingung anspricht. Der Knoten der Schwingung liegt nahe der Kupferscheibe der Funkenstrecke. Spannung und Stromverteilung sind aus beistehender Figur ersichtlich (nach ZENNECK).

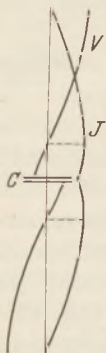


Fig. 3.

Stellt man bei Versuch 4 Sender und Empfänger senkrecht zum Draht und einander parallel, so wird der Empfänger aus zwei Ursachen zum Ansprechen gebracht: einmal infolge der vom Sender ins Dielektrikum ausgesandten Wellen, dann aber auch infolge der Beeinflussung durch den Draht *D*. Die Wellen erster Art nennt man Raumwellen, die letzteren „Oberflächen-

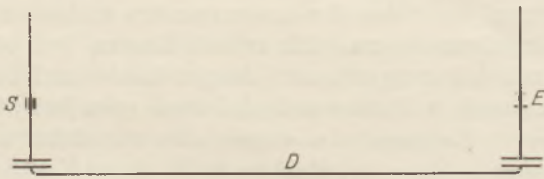


Fig. 4.

wellen“. Die Benennung wird verständlich, wenn man bedenkt, daß der Draht *D* in der Praxis der „drahtlosen“ Telegraphie der Erdoberfläche entspricht. Die Oberflächenwellen sind in vielen Fällen, z. B. bei Telegraphie über See, von ausschlaggebender Bedeutung, indem ihre Wirkung die der Raumwellen bei weitem überwiegen kann. Es verdient bemerkt zu werden, daß die gewöhnlichen Modelle für drahtlose Telegraphie nur die Raumwellen zur Darstellung bringen. Unsere Versuchsanordnung arbeitet mit stehenden Oberflächenwellen, die drahtlose Telegraphie benützt jedoch fortschreitende. Ein weiterer Unterschied liegt darin, daß wir diese Wellen längs eines Drahtes, also einer Linie, hervorgerufen haben, während sie in der Praxis längs der Erdoberfläche sich ausbreiten.

Über Arbeitstische für chemische Schülerübungen.

Von

P. Bräuer in Hannover.

Eine möglichst enge Verbindung zwischen Demonstrations- und Arbeitsunterricht ist auch aus praktischen Gründen erwünscht. Sind die Unterrichtsräume voneinander getrennt, so ist ein Übergang von einem zu dem anderen Verfahren während derselben Unterrichtsstunde mit Zeitverlust verbunden. Das Hinübergehen in das Arbeitszimmer, das Aufschließen der Schränke und Aufstellen der nötigen Gerätschaften nimmt von der kurzen Unterrichtsstunde soviel Zeit in Anspruch, daß nicht allzu viel für den eigentlichen Zweck übrigbleibt. Eine Einteilung der Unterrichtsstunden in solche, die für den Demonstrations- und solche, die für Arbeitsunterricht verwendet werden, wie es der Lehrgang fordert, hilft diesem Übelstande ab, wenn der in der Arbeitsstunde zu erledigende Stoff diese ausfüllt und wenn in der vorangehenden Stunde der Arbeitsplan gründlich besprochen wurde. Nun treten aber gerade im Anfange des chemischen Unterrichts, solange es sich nur um einfache qualitative oder quantitative Versuche handelt, aber auch später, Fälle ein, in denen es erwünscht ist, Schülerversuche von geringer Zeitdauer in den Demonstrationsunterricht einzuschieben. Hierher gehören Versuche mit einfachen Hilfsmitteln wie Ausführung von Reaktionen

in Probiergläsern, Erhitzung von Stoffen auf Kohle vor dem Lötrohr, Flammenreaktionen u. dgl. Ich führe ein Beispiel an. Um Darstellung und Eigenschaften des Chlorwasserstoffs zu erläutern, soll im Probierglase Kochsalz mit Schwefelsäure übergossen und erwärmt werden. Die Nebelbildung beim Austritt des Gases in die Luft, die Einwirkung auf angefeuchtetes Lackmuspapier, die Löslichkeit in Wasser durch schnelles Einstellen des umgekehrten Probierrohres in ein mit Wasser gefülltes Becherglas, wobei das Wasser in dem Glase aufsteigt, sollen beobachtet werden, während zugleich im Demonstrationsunterricht die Darstellung des Gases in größerem Maßstabe stattfindet und eine Flasche oder Bunte-Bürette mit demselben gefüllt wird, wobei keine besondere Aufsicht von seiten des Lehrers nötig ist. In diesem Fall und zahlreichen ähnlichen Fällen ist es sehr erwünscht, wenn ein Wechsel des Unterrichtsortes ver-

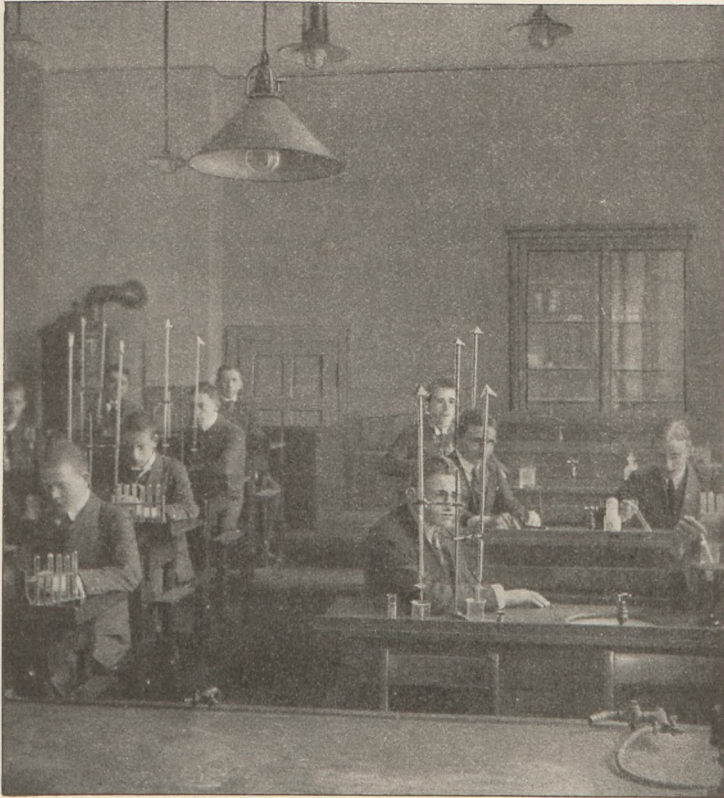


Fig. 1.

mieden werden kann und der Schülerversuch sich ohne weiteres in den Demonstrationsunterricht einordnen läßt. Dazu sind Tische nötig, die zu zwei Zwecken dienen können. Einmal müssen sie auf einem gestuften Podium aufgestellt sein, um dem Schüler den Experimentiertisch des Lehrers deutlich sichtbar zu machen, sie müssen mit einem Sitz ausgestattet sein und die Rolle einer gewöhnlichen Schulbank spielen können, andererseits müssen sie chemisches Arbeitsgerät und die gebräuchlichsten Chemikalien enthalten und mit Wasser- und Gasleitung versehen sein. Eine für diesen Doppelzweck geeignete Einrichtung, die ich hier genauer beschreiben will, besitzt das hiesige Realgymnasium; sie besteht seit 5 Jahren und hat sich als brauchbar erwiesen.

Das Unterrichtszimmer ist 9 m lang, 6 m breit und 4,30 m hoch (Fig. 1). Das Licht fällt vom Beschauer aus rechts durch 3 hohe Fenster, die Verdunkelungsein-

richtung besteht aus schwarzen Segeltuchvorhängen. Der in der Figur nicht sichtbare Projektionsapparat steht rechts vor dem Experimentiertisch, die Projektionswand befindet sich gegenüber und ist mit weißer Ölfarbe auf die Zimmerwand links aufgemalt.

Das Podium für die 9 Arbeitstische hat 4 niedrige Stufen, auf der linken Seite stehen 4, rechts 5 Tische, hinter dem letzten rechts ein geräumiger Glasschrank mit Schiebetüren zur Aufbewahrung von Wagen, Büretten, Stativen usw. in 10facher Ausrüstung für die Zwecke des praktischen Unterrichts.

Die Arbeitstische (Fig. 2 und 3) für je 2 Schüler sind 1,90 m lang und 0,87 m hoch, die Breite der Tischplatte beträgt 0,50 m, die Entfernung zwischen der Vorderkante des Tisches und der Rückenlehne des Sitzes 1 m. Die Klappsitze sind in 50 cm Höhe angebracht. Hinter dem letzten Tische auf der linken Seite führt eine Treppe von 4 Stufen auf das Podium. Den Sitzen gegenüber enthält jeder Tisch je eine Schublade, die verschließbar und mit Muschelgriff versehen ist, der Raum darunter bleibt für die Füße frei. An den Seiten ruht der Tisch auf Säulen, in der Mitte

enthält er in einer Breite von 0,75 m 2 verschließbare Schränkchen zur Aufbewahrung für ein Gestell mit 12 Probiertgläsern, Kochgestell, Schalen, Kochflaschen, Bechern, Trichtern sowie für jeden Tisch 5 Flaschen mit 3 Säuren, Kalilauge und Ammonlösung. Die Schublade enthält einen Brenner mit Schlauch, Löffel, Bürste, Glasstäben usw. Der Hahn der Gasleitung ist in der Mitte jedes Platzes angebracht, der

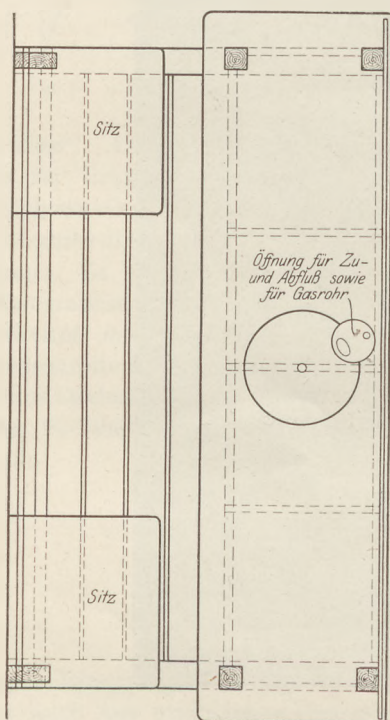


Fig. 2.

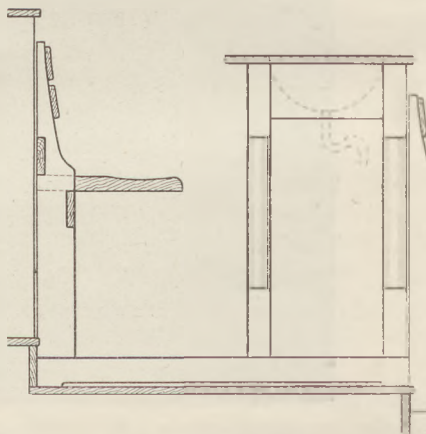


Fig. 3.

Wasserzu- und Abfluß befindet sich in der Mitte des Tisches, das Wasserbecken hat einen Durchmesser von 0,30 m, der Abfluß kann durch einen Korkstopfen verschlossen werden. Man kann so in einfachster Weise mit Hilfe einer Brücke aus lackiertem Eisenblech eine Gaswanne herstellen. Die Tischplatte besteht aus Eichenholz, das zweimal mit heißem Leinöl getränkt ist, die übrigen Teile des Tisches sind mit Ölfarbe gestrichen. An jeder Seite des Tisches befindet sich ein schmales Brett, um ein Buch oder Notizheft darauflegen zu können, sowie Haken für Handtuch und Schwamm.

Diese Tische werden nur für den verbindlichen Unterricht in O II und U I benutzt, da für das fakultative Praktikum der Oberprimaner ein besonderer Unterrichtsraum mit 18 Plätzen zur Verfügung steht. Es haben demnach während jedes Jahres

je 2 Schüler aus O II und U I¹⁾ einen Platz nebst Gebrauchsgegenständen in Benutzung, jeder von ihnen wird bei Beginn der praktischen Übungen in O II darauf hingewiesen, daß er Tisch und Inhalt 2 Jahre lang zu benutzen und für Ordnung und Sauberkeit aufzukommen hat. Zweimal jährlich werden die Schränke und Schubladen nachgesehen, von den Schülern gereinigt, zerbrochene Glas- und Porzellangegenstände auf Anstaltskosten ersetzt und die Flaschen wieder gefüllt. Die hierfür nötigen Aufwendungen sind gering. Der 0,75 m breite Mittelgang zwischen den Arbeitstischen erleichtert dem Lehrer Anleitung und Beobachtung der Schüler bei ihrer Tätigkeit. Die Arbeiten können fast alle in sitzender Haltung von den Schülern ausgeführt werden, was in allen Fällen, besonders beim Wägen, bei der Maßanalyse, beim Arbeiten mit dem Lötrohr, von Vorteil ist und auch das Aufschreiben der Notizen erleichtert. Den erwähnten Vorteilen dieser Einrichtung stehen nennenswerte Nachteile nicht gegenüber. Abzüge für schädliche Gase und Säuredämpfe stehen zwar in dem Unterrichtsraume den Schülern nicht zur Verfügung, doch genügt der elektrisch betriebene Ventilator, um die Luft in kurzer Zeit zu reinigen²⁾.

Kleine Mitteilungen.

Modell zur Veranschaulichung des Foucaultschen Pendelversuches in mittleren Breiten.

Von **Wilhelm Weber**, Reg. u. Baurat in Osnabrück.

Zur Darstellung des Foucaultschen Pendelversuches pflegt in den Lehrmittelsammlungen bis jetzt nur ein einfaches Fadenpendel vorhanden zu sein, das mit seinem Teller auf einer Schwungmaschine mit senkrechter Achse befestigt wird. Hierbei läßt sich natürlich nur die Pendelebenen-Drehung für die Erdpole zeigen, deren Verständnis wohl kaum Schwierigkeiten begegnen wird. Im Gegensatze hierzu ist für den Schüler die mit niederen Breitengraden sich gegenüber der Erddrehung verringende Drehung der Pendelebene zwar mathematisch wohl bald hergeleitet, jedoch begrifflich, scheint es, ist ihm die Sache schwer näher zu bringen. Hier will mein Modell helfen, das aus der Betrachtung der Drehung des Himmelsgewölbes in unseren Breiten heraus die scheinbaren Verhältnisse zustandekommen läßt.

Auf das schwingende Pendel wirkt nur die radial gerichtete Erdschwere; den unendlich fernen Fixsternen gegenüber muß also die Schwingungsebene ihre Richtung bewahren, soweit nicht diese Ebene durch den seine Lage im Raume ändernden Erdradius „gekippt“ wird.

Die Drehung der Pendelebene am Pole der Erde erscheint hiernach klar. Irgendein dort im Horizonte befindlicher Stern nimmt als unendlich ferner Punkt scheinbar die Pendelebene in 24 Stunden um 360° mit sich herum. Am Äquator üben die Sterne überhaupt keine Drehung aus, die Pendelebene „kippt“ nur gegen sie.

In unseren Breiten setzt sich die Sternengeschwindigkeit bezüglich unseres Standpunktes im allgemeinen aus einer horizontalen und vertikalen Geschwindigkeit zusammen. Zwei um 180° entfernte Punkte des Horizontes haben jedoch ebenso wie am Pole eine reine horizontale Geschwindigkeit, man erkennt sofort, daß diese Punkte die Berührungspunkte unseres Breitenkreises und des ihm entsprechenden südlichen mit dem Horizonte sind; sie liegen im Meridian.

¹⁾ Die Anstalt hat Parallelklassen.

²⁾ Der Bau der Tische ist von einer hiesigen Großtischlerei nach meinen Angaben ausgeführt. Die vollständige Einrichtung einschließlich des Schrankes erforderte einen Kostenaufwand von etwa 2000 M.

Wählt man diese als Zielpunkte des schwingenden Pendels, so kann man sich ebenfalls für einen kleinen Zeitteil die Pendelebene mit ihm verbunden und herumgenommen denken. Ihre Winkelgeschwindigkeit bezüglich der Pendelachse ergibt sich (s. Figur) zu $\omega \sin \varphi$ ($\omega =$ Erdwinkelgeschwindigkeit); das Kippen der Pendelachse ergibt eine ähnliche Betrachtung des Zenithbreitenkreises zu $\omega \cos \varphi$.

Das Modell ist für φ gleich 50° gedacht. Die Himmelsachse A ist nur halb ausgeführt und in E und s drehbar gelagert. Ihr oberer Teil ist nur durch einen Stumpf angedeutet, der an dem festen Meridianbogen M sitzt. M selbst ist einerseits am Gestell und andererseits auf P_s befestigt. Auf der Achse ist weiter die Horizont-Breitenkreis-Scheibe B_h befestigt, deren Rand mit Leder oder Gummi belegt ist, um möglichst sicher die große Scheibe C mitzunehmen. Außerdem wird der kräftige Rektascensionsdraht Ar mit dem Äquatordraht $Äq$ von ihr mitgedreht. Ar konnte wegen des Gestelles nur etwa zur Hälfte ausgeführt werden.

Scheibe C dreht sich um einen an E angedrehten Zapfen. An ihr ist die Pendelebene Pe mittels eines Bügels D befestigt, so, daß sie frei über dieser und einer

zweiten kleineren Scheibe, dem Beobachterhorizont H schwebt. H ist fest mit E verschraubt, unterhalb ist eine kleine Druckfeder angeietet, die den guten Eingriff zwischen B_h und C sichern soll. Auf H ist eine kleine menschliche Figur (der Beobachter) angebracht und auf Pe ein Fadenpendel aufgemalt. Pe besteht aus Glas.

Zur Vervollständigung ist noch der Zenith-Breitenkreis B_z an M feststehend angebracht.

Mit der Kurbel K wird nun die Himmelsachse langsam gedreht, wodurch die fraglichen Erscheinungen entstehen.

Man übersieht leicht, daß mit abnehmendem φ der Durchmesser von B_h sich der Null nähert, also

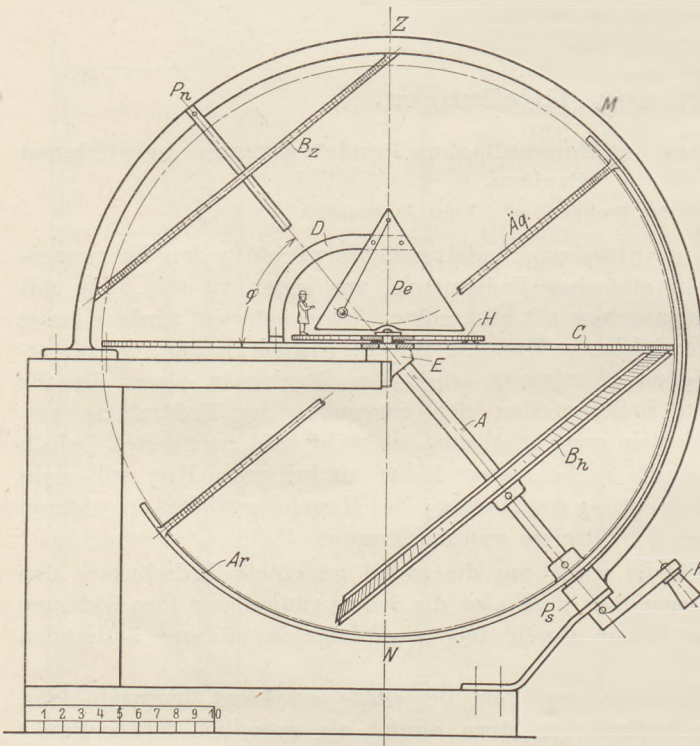
keine Drehung von C verursachen kann: für den Äquator gibt es keine Circumpolarsterne. Nähert sich φ dem rechten Winkel, so wird $B_h = C$: alle Sterne führen am Pole in 24 Stunden eine reine Horizontalbewegung aus. Somit dürfte auch in der sog. mathematischen Geographie das Modell gute Dienste leisten.

Den Bau dieses Modelles habe ich der Firma Julius Kräcker, Berlin SW 68, übertragen. Die Abbildung ist für die Ausführung nicht bindend.

Mechanische Darstellung des Dopplerschen Prinzipes.

Von **Wilhelm Weber** Reg. u. Baurat in Osnabrück.

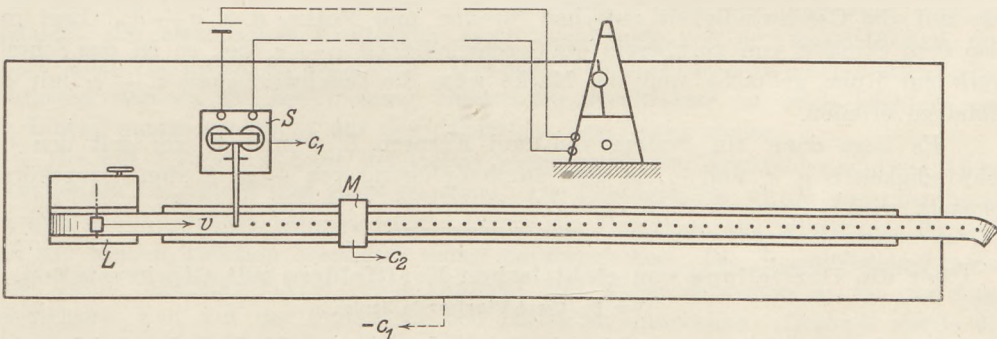
Nach Anwendung des Dopplerschen Prinzipes auf Schallwellen durch Buys-Ballot ergab sich eine große Zahl von Bestätigungen desselben, sowohl aus dem



täglichen Leben¹⁾ als auch aus besonderen hierfür ersonnenen Versuchseinrichtungen. Die Auffindung des Prinzipes selbst war eine rein mathematische Leistung, etwa der Robert Mayers vergleichbar. Vor kurzem wurde in dieser Zeitschrift Mayers Gedanken „versuch“ dem Schülerverständnis näher zu bringen versucht. In folgendem soll ein ähnlicher Versuch gemacht werden, Dopplers Gedankengang an Hand eines vorgestellten oder wirklichen Modelles zu erklären²⁾. Die mechanische Darstellung der mathematisch freilich einfachen Gleichung gibt zugleich erwünschte Gelegenheit, den Begriff der relativen Geschwindigkeit gründlich zu üben.

Es soll der allgemeine Fall dargestellt werden, daß die Schallquelle und der Beobachter Eigengeschwindigkeit besitzen, wie es z. B. den Erscheinungen zugrunde liegt, die eintreten, wenn eine pfeifende Lokomotive gegen ein Tunnelportal fährt.

Die Herleitung der Formel knüpft an ein Morsetelegraphenwerk an, wie es in Schulsammlungen gewöhnlich vorhanden ist. Der Schreibmagnet wird durch einen Pendelunterbrecher (Mälzelsches Metronom mit Stromschließer oder Foucaulthammer) mit bestimmter Impulszahl erregt und schreibt auf den ablaufenden Papierstreifen Punkte. Selbst einfachste Morseschreiber lassen mittels ihres Windfangreglers den



Streifen genügend gleichförmig auslaufen. Das Schreibwerk (d. i. Magnet und Anker mit Schreibhebel) sei der Wellensender (Tonquelle). Man stelle sich vor (s. Abb.), daß das Schreibwerk S und das Laufwerk L voneinander getrennt ausgeführt seien, so daß S gegen L bewegt werden kann.

Jeder Punkt bedeutet eine Welle, der laufende Streifen den Wellenträger, der die Impulse mit entsprechender Geschwindigkeit fortpflanzt. Der Streifen läuft auf einer wagerechten, längeren Leiste mit seitlicher Führung fort und dann zum Fußboden ab. Auf der Leiste ist eine Marke M verschiebbar angeordnet, unter der der Streifen durchläuft. Diese Marke stellt das Ohr des Beobachters dar; sie wird von Hand nach dem Sekundenschlag um ein auf der Leiste abgemessenes Stück (Geschwindigkeit des Beobachters) fortbewegt. Zur gleichen Zeit wird das Schreibwerk ebenfalls längs des Streifens um ein bestimmtes Stück (Geschwindigkeit der Tonquelle) bewegt.

Es sei:

die Anzahl Punkte in der sec. (Schwingungszahl) = n_0
 die neue Schwingungszahl für den Beobachter = n
 die Geschwindigkeit des Schreibwerkes (Tonquelle) = c_1

¹⁾ Der auffallende Klangunterschied zwischen der geschwungenen Kirchenglocke (bimmbaum) und der von der Uhr etwa angeschlagenen erklärt sich hieraus ebenfalls leicht; in mir bekannten Physiklehrbüchern fand ich hierauf noch nicht hingewiesen.

²⁾ Im Jahrgang 1908 dieser Zeitschrift S. 249 ist zur Erklärung des Prinzipes ein Modell beschrieben, das aber m. E. für das Verständnis des Zusammenhanges nicht mehr leisten dürfte, als etwa ein Kamm, der schneller oder langsamer an einem Kartenblatte vorbeigezogen wird.

die Geschwindigkeit der Marke (Beobachter) = c_2
 die Geschwindigkeit des Laufwerkes oder Streifens (Schallgeschwindigkeit) . . = v
 der Abstand der Punkte auf dem Streifen (Wellenlänge) = λ .

Dann ist die Geschwindigkeit des Streifens gegen das Schreibwerk = $v - c_1$ und da $n_0 \lambda = v - c_1$ ist:

$$1. \lambda = \frac{v - c_1}{n_0} = \text{Wellenlänge.}$$

Die Geschwindigkeit des Streifens gegen die Marke ist $v - c_2$ [d. h. in der Sekunde geht eine Strecke $v - c_2$ durch die Marke (Ohr des Beobachters) hindurch]. Auf dieser Strecke sind enthalten $\frac{v - c_2}{\lambda}$ Punkte. Diese Zahl bedeutet also die neue Schwingungszahl n und der Wert für λ eingesetzt ergibt:

$$2. n = \frac{v - c_2}{v - c_1} n_0.$$

Man übersieht nun weiter leicht, daß zur wirklichen Ausführung des Versuches Schreib- und Laufwerk nicht getrennt zu sein brauchen, da es ja nur auf die Geschwindigkeit zwischen Streifen und Schreibwerk, d. i. $v - c_1$, ankommt und ebenso nur auf die Geschwindigkeit zwischen Streifen und Marke, d. i. $v - c_2$. Legt man also dem Streifen von vornherein die Geschwindigkeit $v - c_1$ bei, so ist das Schreibwerk zur Ruhe gebracht und der Marke wäre die Geschwindigkeit $c_2 - c_1$ mit der Hand zu erteilen.

Es liegt dann ein System von drei Körpern L , S und M vor mit den Geschwindigkeiten v , c_1 und c_2 , in dem durch Zufügung von $-c_1$, S zum Bezugskörper gemacht wird.

Über die Darstellung von elektrischen Kraftfeldern mit Gipskrystallen.

Von Dr. **Curt Fischer** in Berlin.

In einem Aufsatz an anderer Stelle¹⁾ habe ich eine Methode beschrieben, wie man elektrische Kraftfelder sichtbar machen kann. Aus Stanniol wird ein Querschnitt durch die Leiterteile des zu untersuchenden Apparates ausgeschnitten und auf eine Fensterglasplatte (etwa 18×18 cm) sauber aufgeklebt. Dann wird die bei feuchtem Wetter etwas angewärmte Platte mit der Stanniolschicht nach oben am besten auf 3 Gummistopfen aufgelegt und mit Gipspulver bestreut. Werden sodann die Leiterteile teils geladen, teils zur Erde abgeleitet, so ordnen sich beim Klopfen mit einem Holzstäbchen die Krystalle ähnlich wie die Feilspäne im magnetischen Kraftfeld.

Die Gipskrystalle²⁾ wurden von einem Schwalbenschwanzkrystall (Alter Stolberg, Harz) gewonnen. Es wurden Scheiben abgeblättert und diese im Mörser so weit zerstoßen, daß sie durch ein Drahtsieb (10 Drähte auf 1 cm) hindurchfielen. Die so gewonnenen kleinen Krystallplättchen wurden von dem schädlichen Mehl durch ein Haarsieb oder durch ein Papier mit vielen Stecknadelstichen befreit. Über die beste Korngröße läßt sich, ähnlich wie bei magnetischen Kraftfeldversuchen, streiten. Verwendet man zum Streuen eine längsgekniffte Heftseite als Rinne, so kann man es erreichen, daß zuerst das grobe Korn herabfällt. Damit wird das Feld bei starker Ladung zuerst entworfen. Dann kann man das feinere Pulver zur Ausarbeitung des Feldbildes bei schwächerer Ladung verwenden. Das Pulver hat sich, in einer Blechschachtel aufbewahrt, drei Jahre unverändert erhalten.

¹⁾ *Phys. Zeitschr.*, 9. Jahrgang, S. 221, 1908.

²⁾ Eine in dieser Zeitschrift, 19. Jahrgang, S. 154, von G. Mie veröffentlichte Arbeit empfiehlt Rutilkrystalle. Die Arbeit war mir damals nicht bekannt. Ich habe dann auch damit gute Bilder erhalten, bevorzuge aber trotzdem das Gipspulver, teils weil es viel billiger ist, teils weil bei den Schülern durch die weiße Farbe der elektrischen Kraftfelder der Unterschied von den „schwarzen“ magnetischen Feldern unbewußt schneller erfaßt wird.

Die Versuche wurden nicht nur im Demonstrationsunterricht, sondern auch mit Erfolg bei Schülerübungen in gleicher Front am Dorotheenstädtischen Realgymnasium Berlin ausgeführt. Beim Einzelversuch wird die Ladung der Stanniolbelegungen am besten durch eine Influenzmaschine erfolgen, durch deren Gang immer die gewünschte Ladung erzielt werden kann. Da die Zuleitungen von der Maschine zu den Belegungen meist senkrecht zur Glasplatte stehen müssen, so wurden die Kupferdrähte von der Maschine aus über einen horizontalen Glasstab geführt und hingen, durch Aufspulen etwas federnd gemacht und am Ende mit einer Bleikugel beschwert, auf die Stanniolbelegungen herab. Bei Schülerversuchen erhielt jede Gruppe eine Leydener Flasche von etwa 2000 cm Kapazität. Diese wurde mit der einen im Saal aufgestellten Influenzmaschine geladen und auf eine isolierende Glasplatte gestellt, so daß die Belegungen der Flasche abwechselnd schadlos angefaßt werden können. Die Zuleitungen sind aufgespulte dünne Kupferdrähte, die mit den Belegungen der Flasche verbunden werden. Sie enden in 20 cm langen dickeren Kupferdrahtstücken, die in halber Länge mit einem T-Knick in eine Glasröhre, die Handhabe, eingesteckt und mit Siegellack befestigt sind. Sprühende Spitzen sind dabei möglichst zu vermeiden.

Für den Unterricht ist die Methode besonders deshalb von Bedeutung, weil sie gestattet, die elektrischen Kraftfelder ganz unabhängig von den magnetischen, und damit auch vor diesen zu behandeln. Das paßt nicht nur besser in einen methodischen Lehrgang, sondern die Besprechung elektrischer Kraftfelder ist auch leichter, weil die Linien immer senkrecht auf der Oberfläche der Leiter stehen.

Die auf 1 Tafel am Ende des Heftes wiedergegebenen Kraftfelder sind von Obersekundanern hergestellt und photographiert. Die Photographie wurde von oben herab bei diffusem Tageslicht bewerkstelligt. Durch die Unterlage aus schwarzem Papier³⁾ sind die weißen Teilchen besonders scharf hervorgehoben. Die Stanniolbelegung war meist durch regellooses Pulver etwas verdeckt und wurde, trotzdem sie für das Auge gut sichtbar war, auf der Platte für den Druck zu undeutlich. Deshalb wurde die Negativplatte an diesen Stellen mit schwarzem Papier beklebt, so daß die ursprünglichen Stanniolbelegungen hier im Abzug weiß erscheinen.

Fig. 1 und 2 stellen die Felder zweier ungleichnamig und zweier gleichnamig geladener Leiter dar, wobei zu berücksichtigen ist, daß die Kreise als Querschnitte sowohl durch Kugeln als auch von parallelen Zylindern aufgefaßt werden können. Fig. 1 kommt deshalb auch bei der Behandlung von Wellen längs paralleler Drähte in Frage.

Fig. 3 zeigt, wie die Kraftlinien zwischen zwei ungleichnamigen Polen in einen dritten ungeladenen Leiter hineingezogen werden.

Fig. 4 ist das Feld einer geladenen Kugel über dem leitenden Experimentiertisch, oder auch das Feld eines Telegraphendrahtes über der Erde.

Fig. 5 veranschaulicht die Vorgänge in einem Elektroskop und zeigt, wie wichtig die geerdete leitende Hülle desselben für eine quantitative Verwertung des Ausschlages ist.

Fig. 6 stellt das Feld eines Plattenkondensators dar.

Die Bilder werden hier veröffentlicht, damit auch diejenigen, welche die Herstellung der Bilder im Unterricht nicht zeigen, doch wenigstens mit einem Kugel-episkop dieselben vorführen können.

Die Habersche Synthese des Ammoniaks als Schulversuch.

Von Dr. E. Mannheimer in Mainz.

Der Chemieunterricht wird wohl allenthalben in diesen Kriegszeiten bei dem Stickstoff und seinen Verbindungen länger und gründlicher verweilen als sonst und

³⁾ Mit Asphaltlack auf der Unterseite bestrichene Platten eignen sich besonders für die Demonstration.

insbesondere auch den neueren technischen Verfahren zur Gewinnung des Ammoniaks und der Salpetersäure einigermaßen eingehende Besprechung und, soweit es geht, experimentelle Demonstration widmen. Auf die kriegs- und volkswirtschaftliche Bedeutung der Haberschen Synthese des Ammoniaks aus Luft-Stickstoff und Wasserstoff ist an dieser Stelle nicht einzugehen, wohl aber sei darauf hingewiesen, daß es auch in didaktischer Beziehung wichtig ist, ein experimentell leicht zu handhabendes Verfahren der Synthese des NH_3 aus den Elementen zu haben: Die Versuche zum Beweis der Zusammensetzung dieses Gases, sei es durch Zerlegung durch den elektrischen Funken oder durch Chlor nach A. W. Hofmann, sei es durch Umsetzung des NH_3 mit Kaliummetall, Kupferoxyd, Stickoxyd oder durch Wechselwirkung eines Nitrides auf Wasser, ebenso wie die „Synthese“ unseres Stoffes aus Fe, KOH und KNO_3 — sie alle lassen an Umständlichkeit z. T. nicht viel, an Beweiskraft für einen mittelbegabten Schüler manches zu wünschen übrig, zumal sehr viel Nebenreaktionen einbegriffen sind, die eine eingehende Sondererklärung erfordern.

Es war mir und sicher auch andern Fachgenossen deswegen höchst willkommen, in dem inhaltreichen Aufsatz von Scheid, Chemieunterricht während des Krieges (Monatsh. naturw. Unterr. VII [1914], S. 535) kurz erwähnt zu finden, daß man nach Riesenfeld die Habersche Synthese dadurch nachahmen kann, daß man in einer engen Quarzröhre über gepulvertes Uranmetall die Elementargase unter Atmosphärendruck leitet. Hierzu ist mindestens 1 g des teuren Uranmetalls nötig, und die durchsichtige Quarzröhre auch von nur 20 cm Länge bedeutet eine ziemliche Ausgabe. Da aus den oben auseinandergesetzten Gründen die direkte Synthese des NH_3 methodisch wichtig erscheint und es andererseits für den Unterricht demgegenüber weniger darauf ankommt, das technische Verfahren in einem zwerghaften Schulversuch nachzuahmen (wobei eine der Hauptbedingungen, der hohe Druck von 200 Atm., aus begreiflichen Gründen wegfallen muß), so war es mir darum zu tun, eine billige, übersichtliche und sichere Versuchsanordnung zu finden, nach der das Ammoniak in einigermaßen reichlicher Menge katalytisch aus den Elementen entsteht, so, daß es dem Schüler in seinen hervorstechenden Eigenschaften gezeigt werden kann.

Auf der Suche nach einer billigeren und ebenso wirkungsvollen Versuchsanordnung zog ich nach verschiedenen anderen Metallen das von Haber auch in seiner Originalabhandlung (*Zeitschr. f. Elektrochem.*, Bd. 19, S. 53) angegebene Cer-Eisen heran, das uns in genügender Reinheit in den „Zündsteinen“ der bekannten Feuerzeuge billig zur Verfügung steht. Es ergibt — in einer Röhre aus gewöhnlichem Kaliglas — bei niedrigerer Temperatur ebenso gute Resultate wie das Uran im Quarzrohr, und die Ausbeute läßt sich, bei Verwendung größerer Mengen Cer-Eisen, wie unten angegeben, noch beträchtlich steigern. Da das Resultat der Versuche von einigen leicht zu übersehenden Umständen abhängig ist, sei das Verfahren kurz beschrieben.

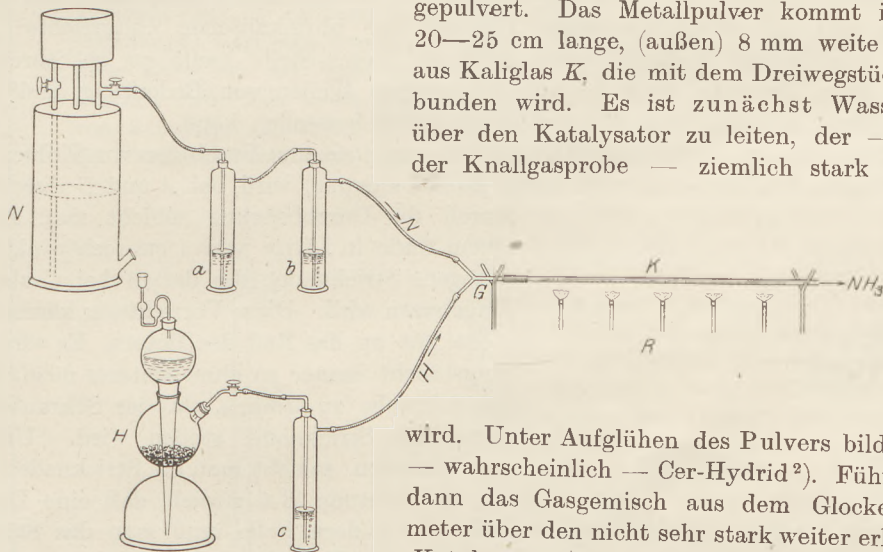
Herstellung reinen Stickstoffs: In einem Literkolben mit Gummistopfen, Tropftrichter und Gasableitungsrohr werden 150 ccm (nicht mehr!) einer Lösung von NaNO_2 1:3 bis nahe zum Sieden erhitzt, dann wird aus dem Tropftrichter im Sekundentempo eine gesättigte Lösung von NH_4Cl (30⁰/₁₀ig) zutropfeln lassen. Ist die Stickstoffentwicklung im Gang, so wird der Kolben auf ein siedendes Wasserbad gestellt. Die N-Entwicklung kann auf diese Weise beliebig reguliert werden, ist jederzeit zu unterbrechen und verläuft gefahrlos¹⁾. Der Stickstoff ist bei dieser langsamen Entwicklung fast rein, wird aber zur Befreiung von Spuren von NH_3 durch

¹⁾ Will man größere Mengen N herstellen, so empfiehlt sich das in den bekannten Experimentier-Handbüchern von Heumann, Arendt, Scheid u. a. angegebene Verfahren überhaupt nicht, wonach die beiden Substanzen in konzentrierten Lösungen sofort zusammenzubringen sind. Auch bei vorsichtigem Erwärmen tritt zuweilen plötzlich ein Punkt lebhaftester Reaktion ein: der N entwickelt sich dann in solch großen Mengen auf einmal, daß auch ein Sicherheitsrohr nicht genügt, und, wie es mir einmal passierte, eine explosive Zertrümmerung des Kolbens eintritt.

eine Waschflasche mit verd. H_2SO_4 , (*a*) zur Befreiung von Stickoxyd durch konzentrierte Kalilauge (*b*) geschickt und kann direkt verwendet werden, ohne ihn im Gasometer anzusammeln. Er muß luftfrei sein (Explosionsgefahr mit Wasserstoff!), weil er sonst auch den Katalysator ungünstig beeinflusst (oxydiert).

Der Wasserstoff wird aus reinstem Zink und reinster Schwefelsäure arsenfrei entwickelt (*H*) und durch konzentrierte Schwefelsäure (*c*) getrocknet. Er kann in einem F. C. G. Müllerschen Glockengasometer dem luftfreien N unmittelbar im Raumverhältnis 3:1 beigemischt werden, oder er gesellt sich diesem in einem Dreiwegstück (*G*) so bei, daß auf eine Gasblase N (in der Waschflasche *a*) ungefähr drei des Wasserstoffs in *c* kommen. Die Geschwindigkeit, mit der das Gasgemisch mit dem günstigsten Erfolg den Katalysator passiert, sei so, daß vom N 2—3 Glasblasen pro Sekunde in die Waschflasche eintreten.

Als Katalysator genügen 6—8 „Zündsteine“. Sie werden unter leichten Hammerschlägen im Diamantmörser und danach möglichst fein in der Achat-Reibschale gepulvert. Das Metallpulver kommt in eine 20—25 cm lange, (außen) 8 mm weite Röhre aus Kaliglas *K*, die mit dem Dreiwegstück verbunden wird. Es ist zunächst Wasserstoff über den Katalysator zu leiten, der — nach der Knallgasprobe — ziemlich stark erhitzt



wird. Unter Aufglühen des Pulvers bildet sich — wahrscheinlich — Cer-Hydrid²⁾. Führt man dann das Gasgemisch aus dem Glockengasometer über den nicht sehr stark weiter erhitzten Katalysator (oder mengt man wie oben den N

bei), so ist NH_3 deutlich sofort nachzuweisen durch den Geruch (bei Verwendung auch von 2 g Uran war das nicht der Fall), durch angefeuchtetes rotes Lackmus- oder Curcuma-Papier und durch den mit Salzsäure befeuchteten Glasstab (deutliche Nebelbildung!). Bei Verwendung größerer Mengen des Katalysators (6 g) in einer 50 cm langen Röhre (wie in der Figur), die durch einen Reihenbrenner *R* schwach erwärmt wird, kann das durch vorgelegtes Wasser (20 ccm) absorbierte NH_3 nach ungefähr 5 Minuten durch Neblers Reagenz sehr deutlich nachgewiesen und — durch colorimetrischen Vergleich mit einer NH_3 -Lösung bekannten Gehalts — auch quantitativ bestimmt werden. Die — ohne Anwendung von Druck — entstandene Menge NH_3 kann nach den Haberschen Gleichgewichts-Berechnungen nur äußerst gering sein, für den Schüler aber ist der Nachweis des Gases, nach meinen Erfahrungen, ein sehr eindringlicher Versuch, den man am besten (auf der Oberstufe) an die Spitze der Besprechung des NH_3 stellt.

Anmerkung: Theoretisch nicht uninteressant ist die Wirkungsweise des Katalysators: Leitet man über das anfänglich entstandene Cerhydrid nur reinen Stickstoff, so kann geraume Zeit hindurch Ammoniakbildung auch ohne Wasserstoff wahrgenommen werden. Andererseits hat auch bei schon benutztem Katalysator ein Überleiten nur von reinem Wasserstoff eine Bildung von NH_3 zur Folge. (Führt man dagegen durch Überleiten von Stickstoff allein bei frischer, un-

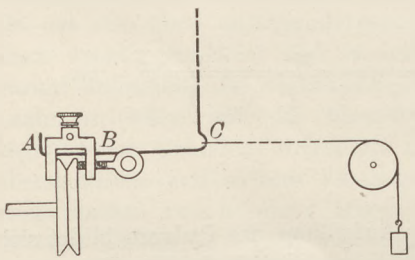
²⁾ Abegg-Auerbach, Handbuch d. Anorg. Chem. Bd. III, 1. S. 195.

benutzter Metallegierung das Cer in das Nitrid über, so wird dadurch merkwürdigerweise der Katalysator fast ganz unwirksam.) Es könnte sonach, wie es scheint, die „katalytische“ Wirkung des Cereisens vielleicht auf Bildung und Wiederzerfall von „labilen“ Cerhydriden bzw. -nitriden beruhen, von denen letztere die stabileren sind. Auch andere Beobachtungen, die z. Zt. noch näher verfolgt werden, deuten darauf hin.

Für die Praxis.

Die Polarisation von Seilwellen. Von Paul Hanck in Pasewalk. P. SPIES hat in dieser Zeitschrift XXI, 85¹⁾ einen Apparat beschrieben, mit dem sich die Polarisation von Seilwellen vorzüglich demonstrieren läßt. Stehende Wellen werden an einer Schnur hervorgerufen, die an dem Schwungrad eines Elektromotors befestigt ist. Durch eine geeignete Vorrichtung wird die Torsion der Schnur verhindert. Da mancher Fachgenosse wegen des hohen Preises von 60 M. für den Apparat von einer Anschaffung absehen wird, andererseits aber die Versuche auch gerne vorführen möchte (POSKE sagt auf Seite 328 seiner Didaktik des physikalischen Unterrichts: „Eine solche mechanische Verdeutlichung wird an dieser Stelle kaum zu entbehren sein, zumal diese Versuche auch für die elektrischen Wellen von Bedeutung sind“), will ich angeben, wie man den Apparat leicht selbst herstellen kann.

Eine stärkere elektrische Klemme, wie man sie zum Verbinden von Kohleplatten und Drähten braucht, eine sogenannte Kohlenklemme, wird bei *A* und *B* durchbohrt.



Durch die Durchbohrung schiebt man eine an einem Ende in Länge von 1 cm rechtwinklig umgebogene Stricknadel, die darauf bei *C* abermals umgebogen wird. Diese Vorrichtung klemmt man recht fest an das Rad des Motors. Es wird allerdings nicht immer so ohne weiteres möglich sein, die Schraube zu drehen, da der Schraubenkopf gegen die Stricknadel stoßen wird. Um dies zu vermeiden, schiebt man die Stricknadel, wenn

der Bau des Motors es zuläßt, so weit in Richtung *BA* zurück, daß eine Drehung der Schraube ungehindert erfolgen kann. Im andern Falle muß man das Stück *BC* sehr kurz wählen, es wird dann allerdings das Umbiegen der Nadel unbequemer sein. Das freie Ende der Stricknadel läßt man unter einem Winkel von etwa 45° frei herunterhängen, und zwar, wenn sich der Motor, wie es wohl meistens der Fall ist, im Sinne des Uhrzeigers dreht, zur rechten Seite des Rades. Wenn man dann bei *C* eine längere Schnur befestigt, die durch ein passendes Gewicht gespannt wird, erhält man, sobald der Motor in Gang gesetzt wird, schöne stehende Wellen. Die Torsion der Schnur wird dadurch, daß die Stricknadel sich nicht mitdrehen kann, verhindert. Als Polarisationsgabeln wählte ich stärkeren entsprechend gebogenen Draht, der an Fußklemmen horizontal oder vertikal befestigt wird. Wenn der Motor zu andern Zwecken benutzt werden soll, kann die Klemme jederzeit leicht wieder entfernt werden.

Nicht durchführbar wäre die angegebene Konstruktion, wenn zwischen dem Rad und dem Lager der Radachse so wenig Zwischenraum vorhanden ist, daß die Kohlenklemme oder das umgebogene Stricknadelende gegen dieses Lager stößt. Der Zwischenraum wird allerdings wohl in der Regel so bemessen sein, daß das Rad sich ungestört drehen kann. Die Versuche gefangen mit dieser einfachen Vorrichtung so gut, daß man auch mit einem käuflichen Apparat wohl keine besseren Ergebnisse erzielt.

¹⁾ Vergleiche auch ROSENBERG, Experimentierbuch für den Unterricht in der Naturlehre. 2. Aufl. II. Bd. S. 492.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Zwei Fallmaschinen. Von amerikanischen Fachmännern sind im letzten Jahr zwei Formen von Fallmaschinen angegeben worden, die beide die Schwingungen von Pendeln zu Hilfe nehmen. Die eine von A. A. UPHAM (Whitewater, Wisconsin), in *School Science March 1915* beschriebene besteht in einer etwa 16 Fuß langen Latte, die vom Fußboden bis zur Decke des Zimmers reicht und in gewissen Abständen mit Bohrungen (a_1, a_2, a_3, a_4) versehen ist, in die ein Pflock gesteckt werden kann (Fig. 1). Über diesen wird ein Faden gelegt, der am einen Ende die Fallkugel (eine Metallkugel) trägt und dessen anderes Ende mit der Hand festgehalten wird. Eine zweite Reihe von Bohrungen (b_1, b_2, b_3, b_4) ist für Pflocke bestimmt, an denen Fa-



Fig. 1.

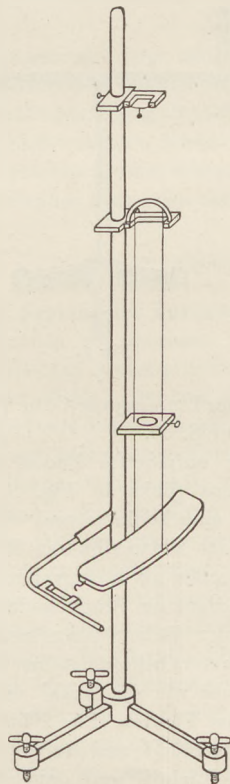


Fig. 2.

denpendel mit Kugeln von gleicher Größe wie die Fallkugel (und zwar in Einschnitten an der Stirnfläche) befestigt werden können. Die Pendellänge ist jedesmal so abgemessen, daß die Pendelkugel im tiefsten Punkt ihrer Schwingung gerade mit der

herabfallenden Kugel zusammenstößt. Durch Fäden, deren Enden man zwischen zwei Fingern hält und gleichzeitig losläßt, bewirkt man die gleichzeitige Ingangsetzung beider Kugeln. Die Höhen, aus denen man die Fallkugel fallen läßt, verhalten sich (von unten nach oben gerechnet) wie 1:4:9:16, die Pendellängen sind so gewählt, daß sich die entsprechenden Schwingungszeiten wie 1:2:3:4 verhalten, und daß die Pendelkugel in der Mitte ihrer Schwingung von der Fallkugel getroffen wird. Man stellt den Versuch nacheinander mit den Fallstrecken 1, 4, 9, 16 und den zugehörigen Pendeln an und findet so das Wegzeitgesetz des freien Falles bestätigt. Durch Anbringung elektromagnetischer Auslösungen läßt sich das Verfahren noch vervollkommen.

Die zweite Maschine ist von A. P. CARMAN und L. A. PINKNEY (University of Illinois, Urbana) in *School Science, June 1915* beschrieben. Sie dient zur genauen Messung der Größe von g . Ein bifilares Pendel (Fig. 2) von 105 cm Länge ist an einer Schneide aufgehängt, die mittels einer verschiebbaren Klemme an einem Stativ angebracht ist. Der Pendelkörper besteht aus einem schwach zylindrisch gekrümmten viereckigen Holzblock, dessen Krümmung ihren Mittelpunkt in der Schneide hat. Die Fallkugel (aus Blei) ist an demselben Stativ etwas höher als das Pendel an einer ebenfalls verschiebbaren Klemme aufgehängt und zwar mittels eines sehr feinen Drahtes, der zwischen den Enden eines gabelförmigen Hartgummistückes gespannt ist. Das Pendel wird ebenfalls durch einen feinen Draht in abgelenkter Stellung festgehalten. Beide Drähte werden gleichzeitig durch denselben Starkstrom, in den sie hintereinander eingeschaltet sind, durchgeschmolzen; dies ist die bemerkenswerteste Neuerung. Vor dem Versuch wird die Kugel so aufgehängt, daß sie beim Herabfallen auf den ruhenden Pendelkörper gerade dessen Mittellinie, die auf geschwärztem Papier angegeben ist, treffen würde. Stellt man nun die Fallkugel so hoch ein, daß sie das schwingende Pendel ebenfalls in der Mittellinie trifft, so ist die Dauer des Falles gleich $\frac{1}{4}$ Schwingungsdauer des Pendels. Da man letztere nach bekanntem Verfahren genau bestimmen kann, so ist damit auch die Fallzeit und nach Messung der Fallhöhe auch die Größe von g ermittelt. Fällt die Kugel nicht genau auf die Mittellinie, sondern seitlich davon, so läßt sich die an der Zeit anzubringende Korrektur durch eine leichte Rechnung ermitteln. Bei einer Reihe von sechs derartigen

Bestimmungen war der Mittelwert 981 cm/sec^2 , während die am meisten abweichenden Werte 978 und 985 waren. Erwähnt sei noch, daß die Schwingungsdauer des Pendels durch eine längs der Aufhängungsfäden verschiebbare Masse in gewissen Grenzen geändert werden kann.

P.

Nachweis der Abhängigkeit des mikroskopischen Bildes von der Größe und Gestalt der Aperturblende. Von Dr. WILHELM VOLKMANN. (Aus der Natur, Ztschr. f. d. naturw. u. erdkundl. Unterr., 1916, S. 391.) Der Verfasser geht von dem Gedanken aus, daß nur kohärentes Licht eine Abbildung hervorbringen kann. Nach der von Abbe herrührenden Unterscheidung spricht man von primärer Abbildung, wenn die von jedem Objektpunkt ausgehenden Strahlen kohärent sind, von sekundärer Abbildung, wenn zu jedem von einem Objektpunkt ausgehenden Strahl Strahlen von anderen Objektpunkten kohärent sind. Der erste Fall tritt ein, wenn das Objekt selbstleuchtend oder diffus reflektierend ist. Das von verschiedenen Objektpunkten stammende Licht hat dann keinerlei Verwandtschaft miteinander. Der zweite Fall tritt ein, wenn durchsichtige Objekte von hinten beleuchtet sind. Es sind dann die Strahlen miteinander verwandt (kohärent), die von demselben Punkt der Lichtquelle kommen, dagegen haben die verschiedenen durch einen Objektpunkt gehenden Strahlen nichts miteinander gemein. Da durchsichtige Objekte vorwiegend in der Mikroskopie betrachtet werden, nennt man die sekundäre Abbildung in nicht ganz zutreffender Weise meist mikroskopische Abbildung.

Handelt es sich um zarte und besonders um regelmäßige Strukturen, die für das durchgehende Licht wirksame Beugungsspalte und Beugungsgitter sind, so wird jeder auf einen Objektpunkt fallende Strahl in ein Bündel gebeugten kohärenten Lichtes zerfällt. Im Gegensatz zur diffusen Reflexion, bei der diese Zerfällung nach allen Richtungen gleichmäßig erfolgt, sind bei der Beugung bestimmte Richtungen bevorzugt und wird die Verteilung auf alle Richtungen ganz genau vorgeschrieben durch die Beschaffenheit der übrigen Teile des als Beugungsgitter wirkenden Objektes. Jeder von der ursprünglichen Richtung abgebeugte Strahl übermittelt gewissermaßen eine ganz bestimmte Nachricht über die Natur des Objektes und wenn er außerhalb des Linsenrandes fällt oder durch einen Schirm abgeblendet ist, kann die Linse aus den unvollständigen Nachrichten kein voll-

kommenes Bild des Objektes mehr zusammensetzen. Die Linse nimmt die ihr durch Beugungsstrahlen übermittelten Nachrichten für vollständig und bildet, wie Abbe sagt, das Beugungsgitter ab, für das die auf die Linse fallende Beugungserscheinung eine vollständige wäre.

Nach dem Abbeschen Satze kann man die Abbildung errechnen und in den von O. Lummer herausgegebenen Vorlesungen Abbes über Bildentstehung im Mikroskop sind einige Beispiele ausgerechnet. Nur in wenigen Fällen ist das Ergebnis leicht zu übersehen, meist ist die Rechnung sehr schwierig (und das Ergebnis unanschaulich. Schon Abbe hat deshalb eine Vorrichtung bauen lassen, um die Wirkung der Abblendung gewisser Teile des gebeugten Lichtes zu beobachten. Hier wird eine billigere und in mancher Hinsicht bequemere Vorrichtung beschrieben, die von Leppin und Masche, Berlin, Engelfufer 17, angefertigt wird. Eine Anleitung, denselben Apparat aus einigen Brillengläsern zusammenzusetzen, findet sich in W. Volkmann,

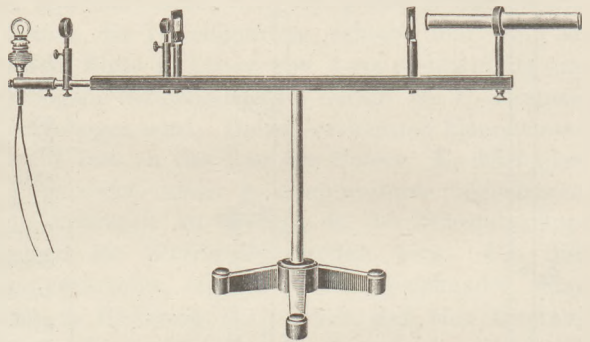


Fig. 1.

Praxis der Linsenoptik (Gebr. Borntraeger, Berlin, 1910) auf S. 95.

Der aufgerollte Faden des kleinen Glühlämpchens (links in Fig. 1) wird durch zwei Linsen, eine konkave und eine konvexe, in der Ebene des Blendenhalters dicht vor dem Beobachtungrohr als kleiner Kreis abgebildet. Als Objekt dient ein Stück seidene Müllergaze dicht hinter den Beleuchtungslinsen. Die Beugungsbilder erster Ordnung stehen um das ungebeugte Mittellicht wie die Kegel um den König. Die folgenden Figuren (Fig. 2 bis 7) deuten die angewandte Blende und den von ihr durchgelassenen Teil des Lichtes und daneben das entstehende Bild an. Fig. 3 enthält die Theorie der schiefen Beleuchtung, die Strichzahl wird richtig, die Strichdicke aber falsch gezeichnet. Bei Fig. 5 und 6 fehlt jede Ähnlichkeit des Bildes mit dem Objekt. Bei Fig. 7 ist die Zahl der Striche verdoppelt (der größeren Beugungsfigur entspricht ein feineres Gitter).

Diese wenigen Beispiele geben eine Andeutung, mit anderen Blenden werden andere Bilder gewonnen. Was die Zeichnungen nicht zeigen können, das ist die für jeden Mikroskopiker höchst wertvolle Tatsache, daß diese Fehlbilder sich nicht etwa durch irgendeine Unschärfe verraten, daß einige von ihnen sogar mit viel größerer Bestimmtheit sich abgrenzen als das treue Bild, andere wieder einen größeren Reichtum der Zeichnung aufweisen (z. B. Fig. 7).

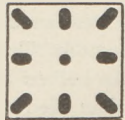


Fig. 2.



Fig. 3.

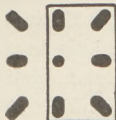


Fig. 4.

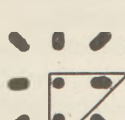
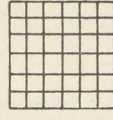
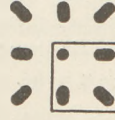
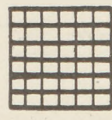


Fig. 5.



Fig. 6.

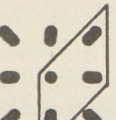
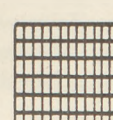
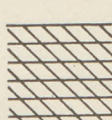


Fig. 7.



Der Wert des Apparates liegt neben seinem geringen Preise darin, daß sowohl Objekt wie Beugungsfigur verhältnismäßig grob sind, so daß man die erforderlichen Blenden leicht mit dem Taschenmesser in starkes Papier schneiden und Gitter, zu deren Studium man etwa durch einen

mikroskopischen Befund angeregt wird, durch photographische Verkleinerung einer Zeichnung herstellen kann. Dieses Diapositiv würde dann statt der Müllergaze eingesetzt werden. Durch diese Anwendung des Apparats dürfte es möglich sein, zweifelhafte Strukturen aufzuklären und die Deutung des mikroskopischen Befundes zu klären.

Wo mikroskopische Übungen gehalten werden, wird das Bedürfnis bestehen, diese Erscheinungen

zu zeigen, denn sie enthalten eine Anleitung zur richtigen Deutung des gesehenen Bildes, die für den Mikroskopiker wichtiger ist als alle Kenntnis der geometrischen Optik des Mikroskopes.

W. V.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Das absolute System der Farben. Durch einen ebenso treffenden wie launigen Vergleich charakterisiert Wilhelm Ostwald zu Beginn seiner Arbeit obigen Titels¹⁾ das zur Zeit noch immer einzig brauchbare Verfahren zur sicheren Kennzeichnung einer bestimmten Farbe (nämlich eine Probe davon vorzulegen): dem entspräche, „daß man bei der Bestellung von Maschinen bestimmter Dimensionen deren Abmessungen in Gestalt von Bindfadenstücken entsprechender Länge dem Bestellbrief beifügt“. Es braucht hier nicht besonders hervorgehoben zu werden, von welcher Wichtigkeit für Wissenschaft und Technik eine Ausdehnung des absoluten Maßsystems auch auf das Gebiet der Farben sich erweisen würde, und mit welcher Freude es daher zu begrüßen ist, daß ein Mann wie Ostwald mit der ganzen ihm eigenen Energie und Gründlichkeit sich dieses Problems angenommen und, wie es scheint, es zu einer befriedigenden Lösung geführt hat.

Grundbedingung für eine Chromometrie ist

die Festlegung der Urvariablen, welche die Mannigfaltigkeit der Farben bestimmen. Als solche haben drei Größen zu dienen: die Reinheit, der Farbton und das Grau.

1. Die Reinheit wird folgendermaßen definiert: jede Farbe läßt sich als ein Gemisch von einem farbigen und einem farblosen oder grauen Anteil darstellen. Dann ist die Reinheit einer Farbe derjenige echte Bruch, welcher den farbigen Anteil in dem Gesamtlicht angibt. Man kann sie bestimmen, wenn man ein helles und möglichst breites Spektrum entwirft und die etwa zu untersuchende farbige Fläche durch dieses hindurchführt. Dann erscheint sie an derjenigen Stelle des Spektrums am hellsten, deren Farbe mit ihrer eigenen übereinstimmt, am dunkelsten am Ort ihrer Komplementärfarbe. Wäre die Farbe ganz rein, so müßten diese beiden Stellen die Helligkeit eines vollkommenen Weiß resp. ein vollkommenes Schwarz ergeben. Die tatsächlich erhaltenen Helligkeiten bestimmt man, indem man sie mit einer Stufenreihe von rein grauen Aufstrichen vergleicht, an denen der Anteil des weißen Lichtes, den sie im Vergleich

¹⁾ Zeitschr. f. phys. Chem. 91, 129 (1916).

zu einer absolut weißen Fläche reflektieren, ein für allemal irgendwie photometrisch bestimmt worden ist. Als absolut weiße Fläche kann mit genügender Annäherung eine Schicht chemisch reinen Bariumsulfats genommen werden; deren Helligkeit setzen wir gleich 1. Rechnerisch betrachtet, setzt sich nun die Farbe einer Fläche aus drei Teilen zusammen: dem Anteil reiner Farbe f , dem Anteil weißen Lichtes w , das die Fläche zurückwirft, und dem Anteil s , den sie absorbiert. Ist nun h_1 die maximale Helligkeit der Fläche im Spektrum (gemessen wie oben angegeben), so haben wir demnach:

$$f + w = h_1.$$

Nun ist aber:

$$f + w + s = 1,$$

also

$$1 - h_1 = s.$$

Die Helligkeit h_2 der dunkelsten Stelle muß, wie man ohne weiteres einsieht, gleich w sein. Folglich gelten die folgenden Beziehungen:

$$h_2 = w,$$

$$f + w + s = 1,$$

$$f + h_2 + 1 - h_1 = 1,$$

$$f = h_1 - h_2.$$

Der Reinheitsgrad ist also gleich der Differenz der beiden an den gekennzeichneten Stellen im Spektrum gemessenen Helligkeiten. Man sieht leicht, daß die Reinheitsbestimmung, in dieser Weise ausgeführt, von der Natur der Beleuchtung und des beobachtenden Auges unabhängig ist und ihr somit ein absoluter Charakter im physikalischen Sinne zukommt.

2. Die Definition des Grau ist durch den folgenden Bruch gegeben:

$$\frac{w}{w + s}.$$

Es bestimmt sich daher praktisch aus den oben definierten Größen nach folgender Rechnung:

$$\frac{w}{w + s} = \frac{h_2}{h_2 + s} = \frac{h_2}{1 + h_2 - h_1}.$$

3. Für die Bestimmung des Farbtönen läßt sich eine vollständige Elimination subjektiver Momente nicht erreichen, wohl aber eine ziemlich weitgehende. Man benutzt dazu einen Farbkreis, dem folgende rationale und eindeutige Einteilung zugrunde liegt. Sämtliche Farbtöne sind derart auf der Peripherie eines Kreises angeordnet, daß sich jeweils die additiven Komplementärfarben, d. h. solche Farben, die bei additiver Mischung ein neutrales Grau ergeben, polar gegenüberliegen. Ist daher die eine Hälfte des Farbkreises nach irgendeinem Prinzip geordnet, so ist es damit zugleich auch die andere. Als Einteilungsprinzip wird das sogenannte Prinzip der inneren Symmetrie vorgeschlagen: sind a und c zwei beliebige Punkte des Farbkreises,

zwischen denen symmetrisch ein dritter Punkt b liegt, so gehört nach b die Farbe, die man durch additive Mischung gleicher Anteile der Farben a und c erhält.

Sodann müßte durch eine Konvention die spektrale Zusammensetzung des Lichtes festgelegt werden, mit dem der Farbkreis beleuchtet werden soll. Zweifellos würde man hierzu aus praktischen Gründen das Tageslicht nehmen. Ferner gilt es, die Zahlenbezeichnung der Teile im Farbkreis, den Anfangspunkt und den Sinn der Zählung festzusetzen. Es erscheint am zweckmäßigsten, den Farbkreis in hundert Teile zu teilen, den Anfangspunkt an die hellste Stelle, nämlich das reine Gelb zwischen den Übergängen nach Grüngelb und Rotgelb, zu legen, und von diesem Gelb aus durch Orange, Rot, Violet, Blau und Grün fortzuschreiten.

Die Ergebnisse seiner Arbeit faßt Ostwald in folgenden Worten zusammen: „Damit sind die Grundlagen gegeben, um jede beliebige vorgelegte Farbe zahlenmäßig zu kennzeichnen. Ihre Lage im Farbkreise wird durch die Nummer des entsprechenden Farbtönen angegeben und die Bruchzahlen für die Reinheit und das Grau decken die ganze Mannigfaltigkeit der Abkömmlinge, welche durch Zumischung von Schwarz und Weiß in allen denkbaren Verhältnissen zu dem reinen Farbton erhalten werden können. Zwei Ziffern, entsprechend 100 Stufen, reichen praktisch für jede der drei Veränderlichen aus, so daß sechs Ziffern zur erschöpfenden Bezeichnung jeder Farbe genügen.“

Die Analyse einer jeden vorgelegten Farbe läßt sich ausführen, indem man zunächst mit Hilfe eines Farbmischapparates diejenige Farbe des Farbkreises bestimmt, welche mit der vorgelegten zusammen neutrales Grau ergibt. Die um ± 50 Einheiten verschiedene Nummer ist die des zugehörigen Farbtönen. Um die Reinheit und das Grau zu bestimmen, dienen grundsätzlich die eingangs geschilderten Versuche im Spektrum oder mit Lichtfiltern. An ihre Stelle können auch Messungen anderer Art treten, welche die Bestimmung der Menge der Ergänzungsfarbe von bekannter Reinheit bezwecken, welche mit der vorgelegten Farbe neutrales Grau ergibt. Die Messung der Helligkeit dieses Grau gestattet eine andere unabhängige Bestimmung des Grau. Ich habe mich überzeugt, daß die Bestimmungen nach den verschiedenen Methoden, welche ganz unabhängige Grundlagen benutzen, Resultate ergeben, die innerhalb der Versuchsfehler übereinstimmen. Dies ist eine Gewähr dafür, daß in keiner der beschriebenen Messungsmethoden ein grundsätzlicher Fehler vorhanden ist.“

H. Sch.

Lichtelektrizität. Verschiedene Versuche haben ergeben, daß die lichtelektrische Wirkung der Metalle wesentlich von dem die Metalle umgebenden oder in ihnen eingeschlossenen Gasen abhängig ist. Dieser Einfluß der Gase hat auf Anregung von W. Hallwachs G. PAECH eingehender untersucht¹⁾. Die Versuche erstreckten sich zunächst auf Platin in Luft, Wasserstoff, Kohlensäure und Wasserdampf. Die mit dem ausgeglühten Platinblech beschickte Zelle wurde evakuiert und dann mit dem betreffenden Gase gefüllt. Der Einfluß der Gase auf die lichtelektrische Wirkung war sehr erheblich. So z. B. war diese in CO_2 rund $\frac{7}{4}$ mal so groß als in Luft. Zink und Platin verhielten sich gleichmäßig. Die Empfindlichkeit stieg der Reihe: Wasserstoff, Luft, Kohlensäure folgend an; Wasserdampf rief bereits in kleinen Mengen große Lichtelektrizität hervor. Die Vermutung von Hallwachs, daß die Reihenfolge der Gase mit der Dielektrizitätskonstante zusammenhänge, veranlaßte, den Einfluß zugemischter Dämpfe von Substanzen verschiedener Dielektrizitätskonstante zu untersuchen. Als solche dienten Methylalkohol ($D=33$), Azeton ($D=25$), Chloroform ($D=4,9$), Benzol ($D=2,3$). Es zeigte sich, daß die Empfindlichkeit durch die beiden Körper mit großer Dielektrizitätskonstante vermehrt, durch die beiden mit kleiner vermindert wird. Auch einheitliche Gase von hoher Dielektrizitätskonstante hatten die gleiche Wirkung. So lieferte Ammoniak ($D-1=7,1 \cdot 10^{-3}$) fünfmal so große Werte als trockene Luft, für welche

$$D-1=0,59 \cdot 10^{-3}$$

ist; Methyläther ($D-1=7,4 \cdot 10^{-3}$) die 2,5fache, Äthylen ($D-1=1,4 \cdot 10^{-3}$) die 1,8fache Empfindlichkeit wie trockene Luft. In allen Fällen steigerte die Vergrößerung der Dielektrizitätskonstante die Lichtelektrizität.

Die Untersuchungen von Wiedmann und Hallwachs mit gasfreien Kaliumzellen, welche gegen die gashaltenden Zellen einen ganz verschwindend kleinen lichtelektrischen Effekt zeigten (*D. Ztschr.* **27**, 298) wurde von Pohl und Pringsheim nicht bestätigt gefunden; trotz 430 ständigen Siedens in bester Gasleere und mehrfacher Destillation wies das Kalium in der Gegend der größten selektiven Wirkung keine geringere Lichtelektrizität auf, als das in gewöhnlicher Weise behandelte²⁾. Dieser Widerspruch veranlaßte G. WIEDMANN zu einer Wiederholung der Versuche, bei denen aber

¹⁾ Ann. d. Physik **43**, 135 (1914).

²⁾ Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **16**, 336 1914).

an Stelle des weißen spektral zerlegtes Licht benutzt wurde³⁾. Zur Entfernung der Gase erwies sich die Gaedesche Diffusionspumpe als besonders geeignet; zwischen Pumpe und Zelle war ein U-Rohr eingeschaltet, das in flüssige Luft oder CO_2 tauchte. War die Zelle durch einfaches Filtrieren des Kaliums hergestellt, so war die Empfindlichkeit für die Wellenlängen 436, 406, 365 $\mu\mu$ bzw. 74, 28,5, 31,5; nach einmaliger Destillation des Kaliums aber betrug die Empfindlichkeit bzw. nur 4,8, 4,2, 5,6 cm. Nach viermaliger Destillation sank die Empfindlichkeit des Kaliums für $\lambda=436 \mu\mu$ auf den 125. Teil, für 365 $\mu\mu$ auf den 30. Teil. Bei fortschreitender Entgasung ging die lichtelektrische Empfindlichkeit unter 1 Proz. der ursprünglichen herab, während die selektive Wirkung in dem ihr zukommenden Gebiet ganz verschwand. Das negative Ergebnis bei Pohl und Pringsheim führte der Verfasser auf die geringe Menge des benutzten Kaliums zurück.

Die Vorteile der von ELSTER und GEITEL konstruierten lichtelektrischen Zellen mit Kadmium- und Zinkkathoden bei photometrischen Messungen im ultravioletten Licht liegen darin, daß sie bei unzerlegtem Licht den sichtbaren Anteil von selbst fast ganz ausscheiden (*D. Ztschr.* **27**, 299). Ihre Anwendbarkeit für feine Messungen wurde noch gesteigert durch ein von Hartmann und Braun hergestelltes hochempfindliches Drehspulgalvanometer, das bei 1 m Skalenabstand eine Stromempfindlichkeit von $4,4 \cdot 10^{-11}$ Amp. hat⁴⁾. Vermittels der Kadmiumzelle verglichen ELSTER und GEITEL die Intensität des ultravioletten Sonnenlichts mit der einer Quecksilberlampe von bekannter Belastung und bestimmter Entfernung vom Photometer. Will man auch den benachbarten Teil des sichtbaren Sonnenspektrums mit in die Messungen beziehen, so hat man die Kadmiumzelle durch eine solche mit Zinkkathode zu ersetzen. Die Verfasser konstruierten ein Photometer mit auswechselbaren Zellenkapseln, das außer der Zink- und Kadmiumzelle noch eine besondere Kapsel für eine Alkalimetallzelle enthielt, so daß man nacheinander das sichtbare, das violette mit Einschluß des ultravioletten und das ultraviolette Gebiet des Sonnenspektrums für sich photometrieren konnte.

Eine Vergleichung des normalen mit dem selektiven Photoeffekt einer Natrium-Kalium-Legierung wurde von A. L. HUGHES in der Weise vorgenommen, daß die Stromspannungskurven beider Effekte im Wellenbereiche

³⁾ a. a. O. **17**, 343 (1915).

⁴⁾ Phys. Ztschr. **16**, 405 (1915).

4360 bis 4050 Å. E. bestimmt wurden⁵⁾. Bei einem Potential von 404 Volt war der selektive Effekt 25,9mal größer als der normale. Mit abnehmendem Potential nahm dieses Verhältnis zu und erreichte bei 1 Volt 53,6, also über den doppelten Wert.

Eine Beziehung zwischen der Emission der Thermoionen und der Photoelektronen suchte O. W. RICHARDSON aufzustellen⁶⁾. Er bestimmte die vollständige „photoelektrische Emission“ eines erhitzten Körpers, welche durch die vollständige schwarze Strahlung erregt wird, mit der der Körper bei der betreffenden Temperatur im Gleichgewicht ist. Bei 2000° ist für Platin der vollständige photoelektrische Strom $= 2,1 \cdot 10^{-11}$ Amp./cm², der Thermoionenstrom $= 6 \cdot 10^{-4}$ Amp./cm² (ev. noch 10^{-7} Amp.); der erstere würde also nur einen sehr kleinen Bruchteil des letzteren betragen.

Die Lichtempfindlichkeit des Selenis ist, wie H. GREINACHER fand, nur ein Spezialfall einer allgemeinen Eigenschaft, der Wechselstromempfindlichkeit gewisser Widerstände⁶⁾. Der Verfasser untersuchte zunächst die bekannte Eigenschaft der Selenzellen, bei längerem Stromdurchgang ihren Widerstand zu ändern. Hierbei wurde sowohl Gleichstrom als Wechselstrom durch die Zelle geschickt, zuletzt der Wechselstrom dem Gleichstrom superponiert. Die Selenzelle war bei diesen Versuchen in eine Wheatstonesche Brückenkombination eingefügt, wobei eine Batterie und eine Wechselstromquelle hintereinandergeschaltet werden konnten. Es zeigte sich nun, daß ein durch die Zelle gehender Gleichstrom verstärkt wurde, sobald ein Wechselstrom sich über den Gleichstrom lagerte. Die Erscheinung erinnerte an den gewöhnlichen Lichteffect der Selenzellen, bei dem ebenfalls ein durch die Zelle gehender Gleichstrom vergrößert wird, sobald man das Selen belichtet. Es lag nahe, den inneren Zusammenhang in der Verwandtschaft des Lichts mit Wechselströmen zu suchen. Um weitere Beziehungen festzustellen, wurde die Abhängigkeit beider Effekte 1. von der Intensität, 2. von der Stromstärke, 3. der Trägheitseffekt und 4. der Temperatureffekt untersucht. Zunächst wurde die Widerstandsänderung einmal als Funktion der Wechselstromintensität, dann als Funktion der Lichtintensität bestimmt. Die Lichtquelle, eine Metallfadenlampe von weniger als $\frac{1}{10}$ Kerze, wurde in veränderlichem Abstände von der Selenzelle innerhalb eines lichtdichten

Kastens angebracht. Die graphische Darstellung der Abhängigkeit der Widerstandsänderung von der Wechselstrom- bzw. der Lichtenergie ergab für beide gerade Linien, die für die vier benutzten Selenzellen in derselben Reihenfolge und Neigung aufeinander folgten. Auch die Abhängigkeit von der Stromstärke war bei beiden Effekten analog. Die Abhängigkeit von der Zeit (Trägheit) war allerdings verschieden, doch ist es nur natürlich, daß die in Elektronenbewegung bestehende Gleichstromvergrößerung durch Wechselstrom rascher ihren definitiven Wert annimmt, als bei der viel allmählicher wirkenden Belichtung. Die Temperaturwirkung war wieder für beide Effekte von durchaus gleicher Art und Größe. Aus den Versuchen folgt jedenfalls, daß der Wechselstromeffect sich in allem so verhält wie der Lichteffect, und der Schluß erscheint gerechtfertigt, daß man es in beiden Fällen mit demselben Phänomen zu tun hat. *Schk.*

Elektrische Aktivierung des Stickstoffes.

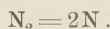
In einer zusammenfassenden umfangreichen Abhandlung berichtet A. KOENIG¹⁾ über Versuche, die er mit mehreren Mitarbeitern zur Frage der elektrischen Aktivierung des Stickstoffes angestellt hat. Das Problem, um das es sich dabei handelt, ist das folgende: der elementare Stickstoff ist bekanntlich, chemisch gesprochen, ein ziemlich träges Element, das nur sehr schwer mit anderen Elementen Verbindungen eingeht. Gänzlich inaktiv ist er aber doch nicht; so vereinigt er sich schon bei gewöhnlicher Temperatur mit Lithium zu Nitrid und bei der Temperatur der Rotglut beispielsweise mit Calcium ebenfalls zu Calciumnitrid. Bei diesen Temperaturen ist mit physikalischen Methoden, z. B. durch Messung der Gasdichte, eine Dissociation des Stickstoffmoleküls in Stickstoffatome nicht nachweisbar, und wir werden daher zur Erklärung einer Aktivität des Stickstoffes in den ebengenannten Fällen vor die folgende Alternative gestellt: entweder ist die Bindung der Stickstoffatome in einem Molekül derart, daß dabei dem Molekül eine schwache Restaktivität in Form geringer, nicht abgesättigter Nebenvalenzen verbleibt, oder aber es befindet sich auch bei niedriger Temperatur ein sehr kleiner, physikalisch nicht nachweisbarer, wohl aber für das chemische Verhalten ausschlaggebender Teil des Stickstoffes in dissoziiertem Zustande, d. h. also in Form von Stickstoffatomen. Aus chemischen Gründen ist die erste Annahme wenig wahrscheinlich; denn wir kennen kein Beispiel dafür, daß der Stickstoff als ganzes Molekül eine Verbindung eingeht.

⁵⁾ Phil. Mag. **31**, 100, 149 (1916); Die Naturwissenschaften **4**, 174 (1916).

⁶⁾ Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **18**, 117 (1916).

¹⁾ Ztschr. für Elektrochemie **21**, 267 (1915).

Nun weiß man seit längerer Zeit, daß Stickstoff von niedrigem Druck nach Durchgang von hochgespannten elektrischen Entladungen mit schön goldgelber Farbe nachleuchtet. Es erhob sich die Frage, ob dieses Nachleuchten dem reinen Stickstoff zuzuschreiben ist, oder ob es nur bei Gasgemischen auftritt. Verschiedene diesbezügliche Untersuchungen führten teilweise zu entgegengesetzten Resultaten. Erhöhtes Interesse gewann diese Frage, als es J. STRUTT²⁾ gelang, den Nachweis zu erbringen, daß das nachleuchtende Gas chemische Reaktionsfähigkeit zeigt. Da die Produkte, die er durch Einwirkung des leuchtenden Gases auf verschiedene Substanzen, wie Phosphor, Quecksilber, Natrium und Kohlenwasserstoffe erhielt, sauerstofffrei sind (Nitride, Blausäure), so kam er zu der Ansicht, daß die Aktivität des leuchtenden Stickstoffes nur einer besonderen Modifikation desselben, und nicht der Beimengung irgend eines anderen Gases zuzuschreiben sei. Und zwar soll der Vorgang der elektrischen Aktivierung darin bestehen, daß der molekulare Stickstoff in seine Atome zerfällt, gemäß der Gleichung:



Das Nachleuchten tritt bei der Wiedervereinigung der Atome zum Molekül auf, und die chemische Reaktionsfähigkeit des leuchtenden Stickstoffes kommt eben daher, daß in ihm freie, also sehr reaktionsfähige Stickstoffatome vorhanden sind.

Gegen diese Struttsche Auffassung wurden zahlreiche Einwände gemacht, auf die hier im einzelnen nicht eingegangen zu werden braucht. Besonders wurde die Reinheit des zur Verwendung gelangenden Stickstoffes in Frage gestellt, und so stellte z. B. COMTE³⁾ fest, daß bei der Entfernung der letzten Sauerstoffspuren aus dem Stickstoff durch erhitztes Kupfer dieser die Fähigkeit nachzuleuchten fast ganz verlor, sie aber sofort wieder auftrat, sobald geringe Spuren von Sauerstoff zugelassen wurden.

Die Ergebnisse der eingangs erwähnten Arbeit von KOENIG tragen nun wesentlich zur

Aufklärung des vorliegenden Problems bei. Durch zahlreiche, sehr sorgfältig ausgeführte Versuche stellt er nämlich folgendes fest: Die von STRUTT behauptete Bildung einer chemisch aktiven Modifikation des Stickstoffes in elektrischen Entladungen findet tatsächlich statt, und zwar vermag derselbe auch bei völliger Abwesenheit von Spuren von Sauerstoff und Stickoxyden nachzuleuchten. Dieses Nachleuchten wird herabgesetzt durch Spuren von Metall Dampf und Metallstaub, indem diese durch chemische Reaktionen (Bildung von Nitriden) und durch rein katalytische Wirkung den Stickstoff entaktivieren. Spuren von Sauerstoff können durch Oxydation des Metalles diese schädliche Wirkung zum Teil beseitigen, und so erklären sich die abweichenden Ergebnisse von COMTE und anderen Forschern, deren Versuchsanordnungen durchaus zulassen, daß Metalldämpfe in das Reaktionsgefäß gelangen. Hier mußte in der Tat Sauerstoffzufuhr zunächst begünstigend, dann aber vernichtend auf die Erscheinung des Nachleuchtens einwirken.

Um die chemische Reaktion des aktiven Stickstoffes unter reineren Versuchsbedingungen untersuchen zu können, wurde mit Erfolg versucht, die Aktivierung auch durch einen hochgespannten Gleichstromglimmbogen vorzunehmen. Auf diese Weise hergestellter aktiver Stickstoff reagiert mit Metallen, Stickoxyd, Äthylen, Acetylen und Pentan, nicht aber mit Wasserstoff, Methan, Wasserdampf, Sauerstoff und Ozon. Jedoch gelang es, auch den Sauerstoff mit einer gleichen Apparatur zu aktivieren, und dieser aktive Sauerstoff reagierte mit dem aktiven Stickstoff unter Bildung von Stickoxyd. Der aktive Sauerstoff geht aber viel schneller als der aktive Stickstoff unter Leuchterscheinung wieder in den normalen Zustand zurück, und beim Wasserstoff geht wahrscheinlich die Rückbildung des inaktiven aus dem aktiven Gas so schnell vor sich, daß eine Aktivierung des Wasserstoffs sich aus diesem Grunde bisher noch nicht hat nachweisen lassen.

H. Sch.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Ein Beitrag zur Geschichte des Quecksilbers und der Quecksilberverbindungen. Von J. SCHIFF⁴⁾. Der Verfasser liefert den interessanten Nachweis, daß das Quecksilber-

chlorid, dessen Erfindung gewöhnlich den mittelalterlichen arabischen Chemikern zugeschrieben wird, wahrscheinlich schon den alten Griechen und Römern bekannt gewesen ist. Wir geben nur die Hauptpunkte des anregenden Aufsatzes wieder.

Im November 1912 weilte Goethe in Jena und fand dort in den Epigrammen des Ausonius (4. Jahrh. nach Chr.) einen merkwürdigen „Ver- und Entgiftungsfall“, der ihn naturwissenschaftlich interessierte:

²⁾ Proc. Roy. Soc. London A. 85, 219 (1911); 86, 56, 262 (1912); 87, 179, 302 (1912); 88, 539 (1913).

³⁾ Phys. Ztschr. 14, 74 (1913).

⁴⁾ Arch. f. d. Geschichte d. Naturw. u. d. Technik, Bd. 5, S. 390/7 (Leipzig, Vogel, 1915).

In Eumpinam adulteram.

*Toxica zelotypo dedit uxor moecha marito,
Nec satis ad mortem credidit esse datum.
Miscuit argenti letalia pondera vivi,
Cogeret ut celerem vis geminata necem.
Dividat haec si quis, faciunt secreta venenum;
Antidotum sumet, qui sociata bibet.
Ergo inter sese dum noxia pocula certant,
Cessit letalis noxa salutiferae.
Protinus et vacuos alvi petiere recessus,
Lubrica dejectis qua via nota cibis.
Quam pia cura deum! prodest crudelior uxor.
Et quum fata volunt, bina venena juvant. —*

Obgleich Goethe einstmals laboriert und die Chemie seine „heimliche Geliebte“ genannt hatte, wußte er nicht Rat und wandte sich mit einer kurzen Anfrage an seinen Freund Döbereiner²⁾. Dieser schrieb ihm nach wenigen Tagen: „Das Gift . . . muß . . . Quecksilbersublimat gewesen sein, ein Salz, was sich mit dem metallischen Quecksilber sehr leicht verbindet und damit ein Heilmittel sondergleichen, die Panacea mercurialis bildet. — Das Quecksilbersublimat haben die Chinesen in den frühesten Zeiten gekannt und bereitet . . .“ Darauf sandte ihm Goethe das vollständige Epigramm nebst einer Übersetzung, zu der er seinen Freund, den Lucrezübersetzer Major von Knebel, inzwischens angeregt hatte:

Giffrank reichte dem eifernden Gatten ein
buhlerisch Ehweib;
Meinend jedoch, es sei noch nicht zum Tode
genug,
Mischt sie dazu noch flüssige Last merkuri-
schen Giftes,
Daß die gedoppelte Kraft schneller ihn stürze
zum Tod.
Reichst du getrennt sie dar, sind beides hef-
tige Gifte,
Doch heilsamer Natur, wer sie verbunden genießt.
Während nun unter sich selbst in feindlicher
Gärung sie kämpfen,
Weichet der tödliche Trank endlich dem heil-
sameren:
Und nun schlüpft es hinab durch des Magens
leere Behausung,
Da, wo die Speise zuletzt sucht den gewöhn-
lichen Weg.
O ihr sorgenden Götter! Ein allzu tückisches
Weib nützt,
Und, wenn das Schicksal es will, heilt ein
gedoppeltes Gift.

²⁾ Über das Verhältnis Goethes zu D. vgl. die Besprechung von: J. Schiff, Briefwechsel zwischen Goethe und J. W. Döbereiner, diese Zeitschr. 27, 362.

Der Brief Goethes enthielt noch die Sätze

„Bei näherer Betrachtung des Gedichtes kann der Zweifel entstehen, ob die Frau das Gift voraus und das Quecksilber nachgesendet, weil der Mann nicht sterben wollen, oder ob sie das Gift mit dem Quecksilber erst vermischt und dann dem Manne eingegeben. Für den Chemiker bleibt die Frage gleich, für den Arzt verändert sich die Bedeutung einigermaßen.“ „Wollen Sie die Sache für das chemische, philosophische und juristische Publikum durch Publikation unserer kleinen Korrespondenz bringen, so soll es mir angenehm sein.“ Dem entsprach Döbereiner bereits im nächsten Heft des „Schweiggerischen Journals für Chemie und Physik“, VI. Band, 1812, wobei er noch die Chemiker und Ärzte ersuchte, sich zu äußern, ob ihnen außer dem Quecksilbersublimat noch andere, durch Quecksilber zu entkräftende Gifte bekannt seien. Solche wußte ihm jedoch niemand zu nennen. J. Schiff hält die Döbereinersche Erklärung auch vom theoretischen Standpunkt aus für gerechtfertigt: Sublimat, das Quecksilberchlorid der heutigen Chemie, verbindet sich nämlich tatsächlich sehr leicht mit Quecksilber zu Quecksilberchlorür oder Kalomel, und zwar ist hierzu nicht — wie die gewöhnliche Vorschrift der Lehrbücher lautet — Zusammenreiben und Erhitzen nötig; es genügt vielmehr, im Probierglase die Sublimatlösung einige Minuten mit Quecksilber zu schütteln, um weißes pulverförmiges Kalomel als Ausscheidung zu bekommen. Ebenso ist richtig und überdies allgemein bekannt, daß Sublimat ein heftiges Gift und Kalomel, die „panacea mercurialis“ des Döbereinerschen Briefes, ein wichtiges Heilmittel ist.

Eine andere Frage ist, ob die Einwirkung des Quecksilbers auf das Quecksilberchlorid im Magen des Menschen rasch genug erfolgen würde, um der Vergiftung durch das schnell wirkende Sublimat vorzubeugen. Zum mindesten wäre hierzu nötig, wie auch Döbereiner in seiner Abhandlung hervorhebt, daß beide Stoffe zugleich eingegeben würden, nicht aber — was nach dem Wortlaut des Gedichtes nicht ausgeschlossen erscheint und auch von Goethe als möglich bezeichnet wird — nacheinander als Gift und Gegengift. Vielleicht ist auch der „merkwürdige Kriminalfall“ nur eine Fiktion des Dichters Ausonius oder eines ihm als Gewährsmann dienenden Arztes oder Naturforschers gewesen, freilich eine Fiktion, welcher Untersuchungen über die chemischen und physiologischen Eigenschaften des Quecksilbers und des Sublimats vorausgegangen sein müßten. [Physiologisch am günstigsten liegt der ebenfalls von Goethe aufgestellte Fall, daß das Weib

„das Gift mit dem Quecksilber erst vermischt und dann dem Manne eingegeben“ hat. D. Ref.] Die die Entdeckung des Sublimats betreffenden Angaben H. Kopps, E. von Meyers u. a. dürften dementsprechend zu berichtigen sein.

Zu dieser Abhandlung macht E. VON LIPP-MANN die „Bemerkung“³⁾, daß es bei der Deutung des Epigrammes nicht der oben erwähnten Annahmen bedürfe; der „leitende Gedanke ist vielmehr der im Altertum sehr verbreitete, daß zwei starke Gifte ihre Wirkungen gegenseitig aufzuheben vermögen“ — als Beispiele werden Aconitum und das Skorpionengift, sowie Aconitum und Nießwurz aus Plinius (75 n. Chr.) angeführt. Hinsichtlich der Meinung, daß das Quecksilbersublimat den Chinesen schon in frühester Zeit bekannt gewesen sei, teile Döbereiner nur einen Irrtum seines Zeitalters, das gewohnt war, den Quell alles Wissens im

alten China zu suchen; es könne aber nach v. Richthofen u. a. vor der Berührung mit den Nestorianern und den Arabern, also vor dem 7. und 8. Jahrh., von eigentlichen chemischen Kenntnissen in China keine Rede sein. Dagegen läßt sich mit vieler Wahrscheinlichkeit sagen, daß die Darstellung des Sublimats schon in den ersten Jahrhunderten u. Z., allerdings nur einigen alexandrinischen und syrischen Chemikern von Fach, nicht etwa „den Griechen und Römern“, bekannt war.

Demgegenüber bemerkt J. SCHIFF, daß in dem Epigramm nicht allgemein von Gift und Gegengift die Rede sei, sondern daß ein bestimmtes Gegengift (Quecksilber) genannt werde; mithin sei zu schließen, daß der Verfasser (oder sein Gewährsmann) auch ein bestimmtes Gift im Auge hatte. O.

4. Unterricht und Methode.

Zur Didaktik des physikalischen Unterrichts. In den Monatsheften f. d. naturwiss. Unterricht VIII, Heft 6, 1915 hat P. BECK „über Art und Höhe der im physikalischen Unterricht zustellenden Anforderungen“ geschrieben. Er knüpft an die Forderung Kerschensteiners (in der Schrift „Aufgabe und Gestaltung der höheren Schulen“) an, daß die beiden realistischen Schulen niemals einem humanistischen Gymnasium, das nach den Leitsätzen des Verfassers organisiert sei, ebenbürtig werden würden, wenn sie nicht verzichten lernten auf die Hälfte ihrer Wissensmenge zugunsten der Erkenntnistiefe, der Schulung des Beobachtungs- und Anschauungsvermögens und des praktisch-wissenschaftlichen Könnens. P. BECK stellt sich die Aufgabe, die Richtigkeit dieses Urteils speziell für die Physik nachzuweisen: Er findet einen auffallenden Unterschied zwischen dem mathematischen und dem physikalischen Unterricht darin, daß dort wirklich geübt werde, während man sich hier zumeist damit begnüge, daß die Klasse alles einmal „gehabt habe“. Daher rühre dann die allgemein verbreitete Unfähigkeit der Schüler, mit den physikalischen Begriffen zu arbeiten, z. B. das Boyle-Gay-Lussacsche Gesetz zur Bestimmung des Normalvolumens eines Gases anzuwenden. Am schlimmsten sei es im Anfangsunterricht bestellt. Wie man im Sprachunterricht mit dem Deklinieren und Konjugieren anfangt, so solle man auch in der Physik darauf verzichten, dem Tertianer einen allgemeinen Überblick über alle physikalischen Erscheinungen zu geben, sondern ihn vielmehr lehren, wie man

mit Maßstab, Nonius, Mikrometerschraube, Wage und Thermometer umgeht, wie man etwa eine 10%ige Zuckerlösung selbst berechnet und herstellt, ihr spez. Gewicht bis auf die zweite Stelle richtig bestimmt u. dgl. m. Der Geist der Physik sei Exaktheit, Klarheit und Schärfe der Begriffe, Sauberkeit des Arbeitens, nicht aber Oberflächlichkeit und Liederlichkeit.

Auch gegen die Überschätzung des „heuristisch-genetisch-induktiven Verfahrens“ geht der Verfasser an und rügt mit Recht die voreiligen Schlüsse, die bei diesem Verfahren üblich und in einem sehr verbreiteten Lehrbuch nicht selten sind. Die Mehrzahl der Schulversuche sei zwar, in geeigneter Weise verwertet, sehr zweckmäßig, ja unentbehrlich, aber völlig ungeeignet, um daraus irgendein Naturgesetz induktiv herzuleiten. [Das ist gewiß richtig, soweit das Gesetz zu seiner Herleitung ausgedehntere Versuchsreihen erfordert; man wird sich hier mit einem bestätigenden Versuch begnügen müssen. Das Beispiel der Umkehrung der Natriumlinie ist weniger zutreffend. Daß auch in einem unscharfen Sonnenspektrum, in dem man die D-Linie nicht sieht, beim Durchgang durch Natriumdampf die Linie sofort auftritt, begründet noch keinen Einwand, sondern erfordert nur ein genaueres Eingehen auf den Vorgang; Kirchhoff und Bunsen haben selbst an der scharfen Doppellinie eine ähnliche Beobachtung gemacht und gerade hieran ihre epochemachende Entdeckung angeknüpft.] Den eigentlichen Kern der induktiven Methode erblickt der Verfasser in der Nötigung, nicht von abstrakten Begriffen und abstrakten Regeln, sondern vom Einzelnen, Konkreten auszugehen. Dies Konkrete seien die Erfahrungen, die der

³⁾ a. a. O., Bd. VII, Heft 1, 1916, S. 82/4.

Schüler aus dem täglichen Leben mitbringt und die Experimente im Unterricht. Das Heil erwartet er aber nur von der eigenen praktischen Betätigung des Schülers, nicht sowohl um ihrer selbst willen, als im Hinblick auf die Erziehung zum naturwissenschaftlichen Denken. Das Wesen der naturwissenschaftlichen Bildung bestehe nicht darin, daß man die Konstruktion des Telefons, die Technik der Elektrizitätserzeugung, das Verfahren der Leuchtgasfabrikation in allen Einzelheiten kenne. Das Problem liege viel tiefer. Im Gegensatz zu der vor hundert Jahren herrschenden Geringschätzung des Wirklichen und der Loslösung von ihm bestehe das Denken im modernen, besonders von Ernst Mach vertretenen Sinne darin, daß man bei jedem Begriff frage, welche Beziehung hat der Begriff zur Wirklichkeit, wie ist der Begriff entstanden, ist der Begriff geeignet zur intellektuellen Beherrschung der Wirklichkeit? „Auf dem Respekt vor den Tatsachen, auf dem unerbittlichen Wirklichkeitssinn beruht die ganze moderne Kultur. . . . Weil es nun kein Fach gibt, in dem der Schüler das Wirklichkeitsdenken, den Wirklichkeitssinn des modernen Menschen in sich entwickeln kann — ist ein intensiver Betrieb der Naturwissenschaften unentbehrlich für jede Erziehung, die nicht auf jeden Zusammenhang mit der modernen Kulturentwicklung verzichten will.“

Wir haben die Gedanken des Verfassers in gedrängtem Auszuge mitgeteilt, weil wir in ihnen viel Richtiges erkennen und weil die Unzufriedenheit mit dem Hergebrachten und Bestehenden der Quell jedes Fortschritts ist. Wir verübeln es ihm daher auch nicht, daß er gegen die Geltendmachung irgendwelchen systematischen Zusammenhangs in der Physik schärfere Worte braucht, als uns berechtigt scheint. So lange Wissenschaft ein System von Erkenntnissen bedeutet, wird man sich auch im Unterricht der Forderung zusammenhängenden Wissens nicht entziehen können. Möge die neue Richtung, die die Zukunft für sich in Anspruch nimmt, zusehen, wie sie dieser Forderung gerecht wird und die Gefahr allzu bruchstückartigen Wissens vermeidet. P.

Graphische Darstellung der Wirkungsweise von Linsen und Linsensystemen. In der *Deutschen optischen Wochenschrift*, Jahrg. 1915/16 Nr. 21, gibt Dr.-Ing. L. BLOCH eine bemerkenswerte graphische Darstellung an. Die bekannte Gleichung $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ läßt sich als Gleichung einer geraden Linie mit den veränderlichen Koordinaten a und b auffassen. Trägt man $OA = a$ als Abszisse ab (Fig. 1), zeichnet

in den Winkelraum zwischen der positiven X- und Y-Achse ein Quadrat mit der Seite f und zieht durch A und die dem Anfangspunkt O gegenüberliegende Ecke D des Quadrats die Gerade AB , so schneidet dieser von der Ordinatenachse ein Stück $OB = b$ ab. Der Beweis ergibt sich leicht aus der Ähnlichkeit der Dreiecke AOB und DEB . Mit Hilfe dieser Konstruktion läßt sich nun die Wirkungsweise zunächst der Sammellinsen veranschaulichen. Da die Größen von Gegenstand und Bild sich wie a zu b verhalten, so kann auch das Größenverhältnis beider durch dieselbe Konstruktion

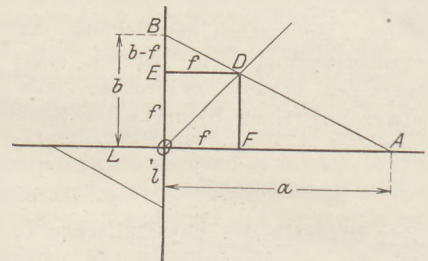


Fig. 1.

dargestellt werden. (Vgl. L und l in der Fig. 1.) In Fig. 2 wird die Lage des Gegenstandes durch die Punkte A , die des Bildes durch die mit gleichem Index bezeichneten Punkte B dargestellt. In den Fällen A_7, A_8 , die der Lupe entsprechen, wird die Bildweite negativ. In den Fällen A_{10}, A_{11}, A_{12} liegt das Bild ebenfalls auf derselben Seite der Linse wie der Gegenstand, ist reell und verkleinert. Dies kommt praktisch vor bei der Hinterlinse eines aus zwei Konvexlinsen zusammengesetzten Systems, wo die Vorderlinse konvergente Strahlen zur Hinterlinse gelangen läßt, die durch diese noch konvergenter gemacht werden, so daß das Bild näher an die Hinterlinse herangebracht und verkleinert wird. Für den Fall einer Konkavlinse ist die Brennweite f negativ zu nehmen und das Quadrat in den dritten Quadranten einzuzeichnen. Die einzelnen hier auftretenden Fälle lassen sich ebenfalls an einer entsprechenden Figur leicht unterscheiden. Man erkennt namentlich, daß nur bei konvergenten Strahlen, also negativem a , ein reelles Bild erhalten wird. Auch durch ein bewegliches Modell läßt sich der Zusammenhang von Bildweite und Gegenstandsweite zur Anschauung bringen.

Vorteilhaft ist die beschriebene Darstellungsart besonders bei Linsensystemen, deren einzelne Linsen in beliebigem Abstände voneinander angeordnet sind. Sind z. B. zwei Konvexlinsen gegeben, deren Brennweiten f_1 und f_2 sind, und deren Abstand e größer als die Summe ihrer Brennweiten ist, so kann

man die Konstruktionen, statt sie nacheinander an zwei getrennten Achsensystem auszuführen, auch an einem zusammenlegen (Fig. 3). Man zeichnet $A_1 B_1$ wie in Fig. 1, trägt von B_1 aus den Abstand e nach unten ab und erhält so die Gegenstandsweite $a_2 = CA_2 = e - b_1$, für die

durch deren Endpunkt eine Parallele zu $A_2 B_2$ zieht. Auf ähnliche Weise kann auch die Wirkung der Kombination eine Konvexlinse mit einer Konkavlinse, sowie die Wirkung der optischen Instrumente dargestellt werden.

Wir bemerken schließlich, daß der Gedanke,

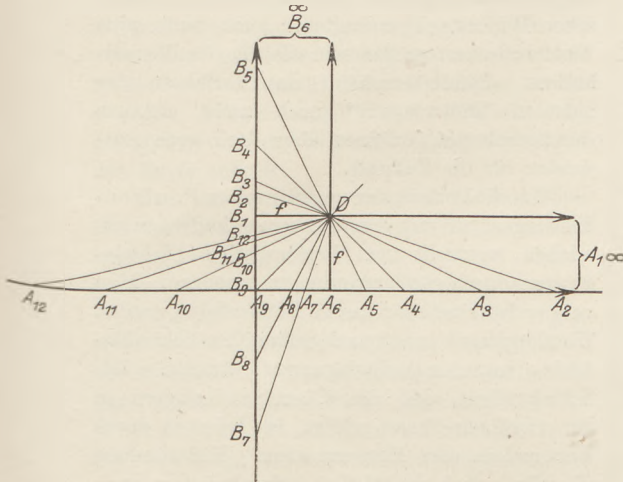


Fig. 2.

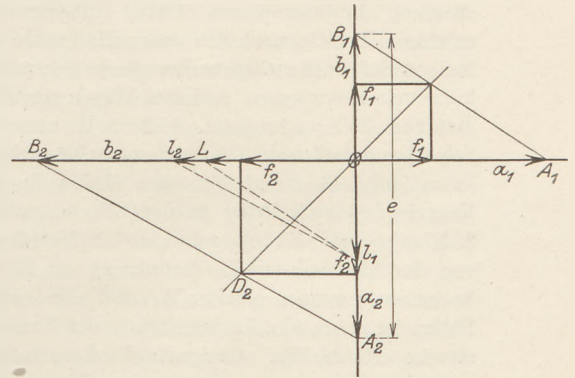


Fig. 3.

zweite Linse unmittelbar auf dem nach unten gehenden Teil der Ordinatenachse. Man erhält nun hier wie in Fig. 1 die Bildweite $OB_2 = b_2$. Auch die Bildgröße läßt sich durch Konstruktion finden, wenn man die Gegenstandsgröße L auf der Abszissenachse abträgt, durch eine Parallele zu $A_1 B_1$ die erste Bildgröße l_1 bestimmt und

die Linsenformel mit der Gleichung der geraden Linie in Beziehung zu setzen, bereits von K. Schellbach ausgesprochen worden ist. Auch W. Masche hat in seinen „Physikalischen Übungen“ (3. Teil, Leipzig 1915) denselben Gedanken für die experimentelle Auffindung der Linsenformel benutzt. P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Fortschritte der drahtlosen Telegraphie.

Den gegenwärtigen Stand der Forschung legt H. DIESELHÖRST in einer größeren Abhandlung „Die Fortschritte der drahtlosen Telegraphie“¹⁾ unter Hinweis auf die aktuellen Probleme dar. Die Hauptpunkte der sehr lesenswerten Arbeit seien kurz wiedergegeben. Als Ausgangspunkt des eigentlichen Themas werden einige bewährte Systeme der Schwingungserzeugung besprochen. Die Schwebungsstoßerregung nach Wien arbeitet mit der Löschfunkenstrecke (Gesellschaft für drahtlose Telegraphie), bei der durch Serienschaltung sehr kurzer Funkenstrecken erreicht wird, daß der Funke im Primärkreis nach dem ersten Schwebungsminimum abreißt. An der Hand von Oszillogrammen wird gezeigt, daß dann fast die gesamte Energie in den Sekundärkreis übertragen ist und dort schwach gedämpft

auschwingt. Hauptvorteile der Methode sind: geringe Dämpfung, Konstanz der Wellenlänge und die Möglichkeit, durch Steigerung der Funkenzahl in das Gebiet akustischer Schwingungszahlen zu kommen, so daß die Zeichen im Telephon als gut definierte Töne von falschen Nebengeräuschen leicht unterschieden werden können (System der tönenden Funken). Das Marconi-System verwendet eine rotierende Funkenstrecke mit einer festen und einer drehbaren Elektrode; die Abreißgeschwindigkeit beträgt etwa $200 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$. Diese Funkenstrecke bewältigt sehr große Energiemengen. Beide Methoden erzeugen gedämpfte Schwingungen; im Gegensatz dazu gestattet das Poulsen-System, mit Hilfe des Lichtbogens völlig ungedämpfte, kontinuierliche Schwingungen herzustellen. Zwar sind die Funkenmethoden durch dieses System nicht verdrängt worden, da sie bei hohen Energiebeträgen weitaus im Vorteil sind, doch hat es sich in einer Anzahl von Stationen behauptet. Prinzipielle Neuerungen

¹⁾ Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie (zitiert als J. B.) 10, 1 (1915).

scheinen für das Poulsen-System nicht vorzuliegen.

Die Wiensche Schwebungsstoßerregung arbeitet mit einem Wirkungsgrad von etwa 80%; der Primärfunke verbraucht immer noch einen beträchtlichen Energieanteil, da bis zum Erlöschen, d. h. bis zum Eintritt des ersten Schwebungsminimums, mehrere Schwingungen ablaufen; außerdem muß ein bestimmter Koppelungsgrad sehr genau eingehalten werden. Deshalb geht die Entwicklung jetzt dahin, eine „ideale Stoßerregung“ herbeizuführen. Dabei soll der Primärfunke bereits nach der ersten Halbwelle erlöschen und die übertragene Energie im Sekundärkreis weiterschwingen. Auf zwei Wegen versucht man zum Ziele zu kommen: 1. Beim Wienschen Schwebungsverfahren mit sehr enger Koppelung (etwa 50%) überträgt die erste Halbwelle die Energie fast vollständig in den Sekundärkreis; 2. Simon und Reich schlagen ein Verfahren vor, das identisch mit der Benutzung von Lichtbogenschwingungen zweiter Art ist. In beiden Fällen ist schnellste Entionisierung der Funkenstrecke erforderlich. Geeignete Funkenstrecken sind beschrieben von NESPER²⁾. Eingehende Untersuchungen über die Löschwirkung hat RIEGGER angestellt³⁾. Er findet gute Löschwirkung bei einer ganzen Anzahl sehr scharf bestimmter Koppelungsgrade; bei sehr kurzer Funkenstrecke verringert sich die Anzahl der kritischen Koppelungsgrade; auch brauchen sie dann nur mit geringerer Schärfe eingehalten zu werden. BOAS fand, daß Wolfram auch bei hoher Belastung zu sehr kurzen Funkenstrecken geeignet ist; bei kleinsten Elektrodenabständen kann man dann den Koppelungsgrad beliebig variieren (bis 50%), da die Unregelmäßigkeiten der Rieggerschen Koppelungskurve verschwinden⁴⁾. DIESELHORST führt sodann eine ganze Anzahl von Funkenstrecken mit guter Löschwirkung an; besonders geeignet sind unsymmetrische Funkenstrecken (Simon und Reich), Quecksilberfunkenstrecken; Leon Chaffee empfiehlt eine unsymmetrische Plattenfunkenstrecke⁵⁾ (Kathode Aluminium, Anode Kupfer oder Silber, Zwischenmedium feuchter Wasserstoff). Allerdings bewältigen alle diese Funkenstrecken nur kleine Energiemengen. Außer guter Löschwirkung muß aber die zweite Bedingung erfüllt sein: Die Energie muß sich nach der ersten Halbwelle möglichst vollständig im Sekundärkreis befinden.

²⁾ Stoßsender der drahtlosen Telegraphie; Elektrotechn. Zeitschrift 1914, S. 322 u. 359.

³⁾ Diss. Straßburg 1910; J. B. 5, 35 (1912).

⁴⁾ Verh. d. Phys. Ges. 15, 1130 (1913).

⁵⁾ J. B. 7, 483 u. 555 (1913).

DIESELHORST legt ausführlich dar, daß die im Primärkreis zurückbleibende Energie nicht unbedingt verloren geht; sie kann zur Wiederaufladung des Primärkondensators dienen. Dabei kommt die Schwingungsdauer und Dämpfung des Zuleitungskreises wesentlich in Betracht; dieser muß möglichst induktiven, nicht Ohmschen Widerstand enthalten. Auch muß seine Eigenwelle viel größer sein als die des Primärkreises. Somit erscheint das Verfahren der „idealen Stoßerregung“ noch nicht gänzlich durchgearbeitet, eröffnet aber doch gute Aussichten für die Zukunft.

Um die Vorteile der ungedämpften Poulsen-Schwingungen mit den Funkenmethoden zu erreichen, versucht man kontinuierliche Schwingungen durch Stoßerregung zu erzeugen. Man verwendet eine sehr rasche Funkenfolge, so daß Überlappung der schwachgedämpften Sekundärkreis-(Antennen-)schwingungen eintritt. Die Schwierigkeit, daß das Übereinanderlagern in der richtigen Phase erfolgt, ist behoben durch Verwendung der MEISSNERSCHEN⁶⁾ Hilfszündung (Gesellschaft f. drahtl. Tel.); damit liefern auch die Funkenmethoden ein geeignetes Wellensystem für drahtlose Telephonie.

Da Löschfunkenstrecken bei sehr großen Energiebeträgen (Großstationen) nicht sehr günstig arbeiten, versucht man hier mit Hochfrequenzmaschinen zum Ziele zu kommen. Die Wechselstrommaschinen von ALEXANDERSON geben zwar 100 000 bis 200 000 Perioden pro sec (Wellenlänge 3 bis 1,5 km) liefern aber keine ausreichende Energie. Viel besser arbeitet die GOLDSCHMIDT-Maschine mit Frequenztransformation in der Maschine⁷⁾; mit ihr hat man in Eberswalde und Eilvese gute Erfolge erzielt. Ruhende Frequenztransformatoren benutzt die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie (Graf Arco). Man verwendet dabei eine Ausgangsschwingung mit verzerrter Grundkurve und verstärkt durch abgestimmte Schwingungskreise eine geeignete Oberschwingung. Die Verzerrung der Grundkurve kann entweder schon in der Maschine oder durch Ventilzellen (Gleichrichter) erfolgen; auch die Verwendung der dritten harmonischen Schwingung im Wechselstromlichtbogen wird vorgeschlagen⁸⁾. Die rationellste Methode legt die magnetische Sättigung des Eisens zugrunde⁹⁾.

⁶⁾ J. B. 7, 99 u. 607 (1913).

⁷⁾ Elektrotechn. Zeitschr. 1911, S. 54.

⁸⁾ Zenneck, Phys. Z. 13, 953 (1912). J. B. 7, 423 (1913).

⁹⁾ Epstein, D. R. P. Nr. 149761; Joly, C. R. 152, 699 u. 856 (1911); Vallani, El. Z. 1911, S. 988.

Die Kompensation der Grundwelle ist weniger wichtig, weil die Oberschwingungen durch abgestimmte Schwingungskreise gut herausgeholt werden. Allerdings bekommt man nur den in der Oberschwingung enthaltenen Energiebetrag als Nutzarbeit, während die Energie der Grundkurve als Leerlaufverlust verloren geht. Wechselstrommaschinen mit hoher Ausgangsfrequenz sind notwendig; besonders wichtig ist äußerste Konstanz der Umlaufzahl dieser Maschinen, da bei geringen Schwankungen starke Verstimmung gegenüber dem die Oberschwingung auswählenden Kreis auftritt.

Zum Ausbreitungsvorgang ist zu bemerken, daß die Hertz'sche Theorie nur für kurze Entfernungen gültig ist¹⁰⁾. Bei größeren Entfernungen wirken zusammen: Beugung um die Wölbung der Erdoberfläche, elektrische Eigenschaften der obersten Erdschicht, Beschaffenheit der Atmosphäre. Das Beugungsproblem ist für gut leitende Erdoberfläche theoretisch gelöst (Poincaré, Nicholson, March-Sommerfeld, Rybczynski). Über den Einfluß der Atmosphäre sind ganz präzise Vorstellungen nicht zu bilden, bevor nicht die gelegentlichen Beobachtungen durch systematische Massenbeobachtungen ersetzt sind. Am meisten Aussicht auf Erfolg hat vorläufig eine Auffassung, die eine Ionisierung der oberen Luftschichten zugrunde legt; Reflexion scheint bedeutungsvoller als Absorption; die in der Akustik bekannte „Zone des Schweigens“ scheint auch hier eine Rolle zu spielen. Für die Ausschaltung nicht resonanzfähiger luftelektrischer Störungen ist ein Verfahren aussichtsvoll, das eine zweite, gegen die eigentliche Empfangsantenne etwas verstimmt Antenne verwendet; durch Störungen werden beide Antennen angestoßen; Gegenschaltung hebt die Detektorwirkung auf; die normalen Zeichen werden nur von der abgestimmten Antenne aufgenommen.

Die Wirkungsweise der Kiebitz'schen Erdantennen wird ausführlich erörtert. Einige neue Detektoren werden besprochen (Gasdetektoren von FLEMING, „Audion“ von DE FOREST, LIEBENRÖHRE). Auf den Schwebungsempfang¹¹⁾, der auch bei ungedämpften Wellen Tonempfang ermöglicht, wird eingegangen.

Schließlich wird ein neues Verfahren für drahtlose Telephonie, das eine Reichweite bis zu 600 km ermöglicht, dargelegt¹²⁾. Das System beruht auf der Anwendung einer Selbstinduktion mit vormagnetisiertem Eisenkern. Der Mikro-

phonstrom beeinflusst die Magnetisierung und damit die Größe der Selbstinduktion. Diese liegt in einem Resonanzkreise, so daß durch den Mikrophonstrom die Abstimmung und damit die Stärke des Antennenstroms beeinflusst wird. Die Empfindlichkeit der Methode wird als sehr groß angegeben; man soll mit weniger als 2 Watt einen Antennenstrom zwischen 10 und 40 Amp. rhythmisch beeinflussen können.

Zum Schlusse sei auf einen Vorschlag des Herrn DRESSELHORST nachdrücklich hingewiesen; er empfiehlt 1000 Perioden sec^{-1} als 1 Hertz zu bezeichnen; die Wellenlänge in Kilometern ergibt sich dann, wenn 300 durch die Frequenz in Hertz dividiert wird. — —

Aus einer Abhandlung von H. REIN: „Soll man radiotelegraphische Großstationen mit gedämpften oder ungedämpften Schwingungen betreiben“ (J. B. 10, 216, 1916) sei folgendes mitgeteilt. Für Großstationen kommen in Frage: Marconisender, tönende Löschfunkensender, beide mit gedämpfter Welle; Hochfrequenzmaschinen in der Goldschmidt-Schaltung oder unter Verwendung statischer Frequenzwandler (Arco-Telefunken), beide mit ungedämpfter Welle. Es arbeiten;

Poldhu (Clifden, Glacebay, Coltano) mit tönendem Funkensystem;

Nauen nach System Telefunken und Löschfunken.

Eilvese mit Goldschmidt-Maschine.

Der Verfasser kommt zu folgenden Ergebnissen: Zugunsten der gedämpften Funkenanlagen spricht nur die Möglichkeit stetiger und schneller Wellenvariation. Bezüglich des erzielbaren Wirkungsgrades der Senderseite, der Energieabsorption im Erdboden und in der Atmosphäre sowie der Möglichkeit der Einrichtung eines tönenden Empfanges sind ausschlaggebende Unterschiede beider Systeme nicht festzustellen. Alle übrigen Vergleichspunkte sprechen für ungedämpfte Schwingungen, denn:

a) Erzeugung größerer Schwingungsenergien ist ohne grundsätzliche Schwierigkeiten möglich;

b) Die Senderantenne wird bei ungedämpfter Welle am vollkommensten ausgenutzt; z. B. beträgt bei einer Belastung von 100 Kilowatt die maximale Antennenspannung, die für die Antennenisolation und Verluste durch Sprühen maßgebend ist:

Ungedämpft: 40 500 Volt.

Gedämpft: 142 000 Volt (bei 600 Funken sec^{-1}).

c) Die Energieaufnahme des Empfangsindikators ist stets größer bei ungedämpfter Welle, wie aus der Formel hervorgeht:

$$\frac{A_{nu}}{A_{ng}} = \frac{1}{4} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{\partial_{a1}}{\partial_{a2}}} \right)^2$$

¹⁰⁾ Reich, Phys. Z. 14, 934 (1913). Barkhausen, J. B. 5, 261 (1911).

¹¹⁾ Fessenden, Electrician 59, 985 (1907).

¹²⁾ L. Kühn, Elektr. Z. 1914, S. 816.

Wobei: A_{nu} aufgenommene Energie bei unge-
dämpfter,
 A_{ng} bei gedämpfter Welle;
 ϑ_{a1} Log. Dämpfungsdekrement der
Senderantenne,
 ϑ_{a2} Log. Dämpfungsdekrement der ges-
amten Empfangsanordnung.

(Man sieht, daß für $\frac{\vartheta_{a1}}{\vartheta_{a2}} > 0$ stets $\frac{A_{nu}}{A_{ng}} > 1$ also
 $A_{nu} > A_{ng}$).

d) Hochfrequenzmaschinenanlagen stören
wegen ihrer schärferen Abstimmbarkeit benach-
barte kleine Funkenstationen mit Telephon-
empfang in ihrem Verkehr nicht.

Für den Betrieb von Großstationen ist dem-
nach der ungedämpften Welle der Vorzug zu
geben.

Dr. Erich Günther, Dresden.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Auszüge aus James Clerk Maxwells Elektri-
zität und Magnetismus.** Übersetzt von HILDE
BARKHAUSEN, herausgegeben von FRITZ ENDE.
Mit 9 Abbildungen, 182 S. Braunschweig,
Friedr. Vieweg und Sohn, 1915. M. 7,—,
geb. M. 8,—.

Obwohl das Maxwellsche Werk in einer
guten deutschen Übersetzung vorhanden ist, hat
die vorliegende Veröffentlichung doch den be-
sonderen Wert, daß sie aus dem umfangreichen
Inhalt gerade nur das heraushebt, was für das
Verständnis der Maxwellschen Theorie von
Wichtigkeit ist. Die Übersetzung ist gut und
fließend geschrieben. Der Herausgeber hat sich
durch eine große Reihe von Anmerkungen und
Zusätzen, in denen er die Maxwellschen Dar-
legungen vom heutigen Standpunkt beleuchtet
und ergänzt, ein großes Verdienst erworben. Er
weist dabei auch auf die Teile der Theorie hin,
die sich heute als unhaltbar erwiesen haben,
nämlich die Annahme, daß die Elektrizität alle
Räume durchdringe, und die Annahme fiktiver
Spannungen für das Innere magnetischer Körper.
Auch bezüglich der fiktiven elektrischen Spannung
wird auseinandergesetzt, daß diese nicht als el-
astische Spannung in einem festen isotropen Körper,
dem Äther gedeutet werden kann. Die Weiter-
bildungen der Maxwellschen Theorie durch
Heaviside und Hertz finden gelegentliche
Berücksichtigung. Manche feinen historischen
Ausführungen Maxwells wie die über Ampère
und Faraday sind ebenfalls aufgenommen und
werden Interesse erregen. Nicht unerwähnt sei,
daß in dem Werk durchweg mit Vektoren ge-
arbeitet wird, und daß alle Vektorbezeichnungen
in Vektorschrift wiedergegeben sind. Ein An-
hang enthält ein ausführliches Verzeichnis von
Formeln aus der Vektorrechnung. *P.*

Kurzer Abriss der Elektrizität. Von Dr.
L. GRAETZ, Professor an der Univ. München.
Mit 172 Abbildungen. 8. vermehrte Auflage.
Stuttgart, J. Engelhorn's Nachf., 1915. 208 S.

Dieser kurze Abriss unterscheidet sich von
dem größeren Werk des Verfassers „Die Elek-
trizität und ihre Anwendungen“ nicht bloß durch
den geringeren Umfang, sondern auch in der
Gesamtanlage, insofern nicht von der Elektro-
statik ausgegangen wird, sondern die elektrischen
Ströme galvanischer Elemente an den Anfang
gestellt sind. Das Buch erweckt daher auch in
didaktischer Hinsicht Interesse; die elektrischen
Spannungserscheinungen an ungeschlossenen Bat-
terien und an Induktionsapparaten bilden den
Übergang zur Betrachtung der elektrostatischen
Vorgänge. Zur Erklärung der Erscheinungen
ist von Anfang an die Elektronenvorstellung
herangezogen. Endlich sind die Anwendungen
nicht in besonderen Abschnitten behandelt, son-
dern gleich an die Gesetze, zu denen sie gehören,
angeschlossen und dadurch in eine lebensvolle
Beziehung zu diesen gesetzt. Die Klarheit der
Darstellung des Verfassers ist bekannt und
sichert dem Buche auch fernerhin einen un-
bestrittenen Erfolg. Auch für die Hand von
Schülern wird namentlich wegen der reichlichen
Berücksichtigung der technischen Anwendungen
das Buch zu empfehlen sein. *P.*

Lichtmessungen mit Selen. Von W. Jaenichen.
Mit 5 Tafeln und 22 Textabbildungen. Ver-
lag der Zeitschrift für Feinmechanik, Nikolasee
bei Berlin. 1914. M. 3,—.

Die Schrift ist die Dissertation eines Dr-
Ing, sie gibt einen Überblick über die zahl-
reichen Vorschläge für die Verwendung des
Selens zur Messung der Lichtintensität, und eine
kritische Untersuchung der für diesen Zweck
gebauten Apparate, sowie des von ihm selbst
konstruierten Instruments. Es ergibt sich, daß
die Methoden, bei denen die Änderung des Leit-
werts der Selenzelle als Meßmittel benutzt
wird, mit starken Fehlerquellen behaftet sind,
daß dagegen die Verwendung der Selenzelle
als Mittel zur Vergleichung zweier Lichtquellen,
also zu Relativmessungen, eine beträchtlich

größere Genauigkeit beanspruchen kann. Die Messungen farbigen Lichtes begegnen auch hier großen, kaum zu behobenden Schwierigkeiten.
P.

Naturlehre für die Unterstufe der Mittelschulen. Von Dr. A. Höfler unter Mitwirkung von E. Maiß und G. Schilling. 5. neubearbeitete Auflage. Mit 285 Abbildungen im Text, darunter 5 farbigen Figuren und 140 Denkaufgaben. Wien, Carl Gerolds Sohn, 1915. Geb. Kr. 2,80.

Das Buch hat im ganzen den Charakter der früheren Auflagen fast unverändert erhalten. Eine dankenswerte Zufügung aus der Feder des bereits verstorbenen Dr. G. Schilling, der diese Auflage vorbereitet hatte, ist ein Abschnitt über die Arbeitsleistungen physikalischer Kräfte, der als Wiederholung der ganzen Naturlehre gedacht ist und die Anfangsgründe der Energetik enthält. Das hier Dargebotene stellt dasjenige Maß energetischer Belehrung dar, das den Schülern der Unterstufe nicht vorenthalten bleiben darf.
P.

Physik und Chemie für die Unterstufe höherer Lehranstalten, gegründet auf Schülerübungen. Von K. Moest (Klosterschule in Roßleben a. U.) und O. Elsaesser (Realschule in Schönebeck a. E.). 1. Teil: Physik. Mit 73 Abbildungen, 134 S. Leipzig, Quelle und Meyer, 1913. Geb. M. 1,40.

Die Verfasser haben einen reichen Übungsstoff aus allen Gebieten der Physik zusammengestellt, der durchweg in Schülerübungen behandelt werden soll. Nach ihrer Angabe haben sie diesen Stoff innerhalb der zur Verfügung stehenden lehrplanmäßigen Zeit unter Verwendung von Doppelstunden bewältigt. Jede „Übung“ umfaßt indes zumeist eine so große Zahl von Einzelversuchen, daß einesteils eine Ausführung durch sämtliche Schüler doch kaum erreichbar sein dürfte, und andererseits auch die Häufung der Erscheinungen keinen günstigen Einfluß ausüben wird. Es möchte sich kaum die Zeit zu einer ruhigen zusammenfassenden Besprechung und Auswertung finden, wenn nicht dafür außer den Doppelstunden noch besondere Stunden angesetzt werden. Die Auswahl der Versuche ist geschickt, die Apparate meist einfach; die Verfasser scheinen diese größtenteils selbst hergestellt zu haben, wofür Anleitungen in einem besonderen für Lehrer bestimmten Ergänzungsheft in Aussicht gestellt sind. Auch wer nur eine Auswahl aus den hier anempfohlenen Versuchen zu benutzen beabsichtigt, wird das Buch mit Vorteil zur Hand nehmen. Am Schluß ist auf 25 Seiten der gesamte aus den

Übungen sich ergebende Lernstoff übersichtlich angegeben. Das Schriftchen ist im Hinblick auf die im Fluß begriffene Frage der Schülerübungen auf der Unterstufe durchaus zu begrüßen.
P.

Prinzipien der Atomdynamik. Von Dr. J. Stark, Prof. a. d. Techn. Hochschule Aachen. III. Teil. Die Elektrizität im chemischen Atom. Mit 94 Figuren. XVI und 280 Seiten. Leipzig, Verlag von S. Hirzel, 1915. Geheftet 8 Mk., gebunden 9 Mk.

Dieser dritte Band über Atomdynamik behandelt in gleicher Denkrichtung wie die beiden früheren Bände die Eigenschaften eines elektrostatischen Atommodells, welches sich von dem bekannten Modell von Thomson dadurch unterscheidet, daß es sich auf die Erörterung der Oberflächenladungen beschränkt. Im übrigen aber wird wie beim Thomsonschen Modell angenommen, daß die positive Ladung auf Räumen von der Größenordnung eines Atomdurchmessers verteilt ist, während die negativen Elektronen relativ hierzu sehr klein sind. Ein früher Vorläufer auf dem Gebiete des elektrischen Atommodells ist Berzelius gewesen, wie Verfasser unter Abdruck der einschlägigen Literaturstellen ausführt. Verfaßt sich verschiedene Formen von Atombildern aus, natürlich in freier und willkürlicher Weise; auch Verbindungen werden erörtert. Ferner werden Atomeigenschaften, wie Valenz, Aggregatzustand, Dispersion behandelt.
E. Gehrcke.

Kurzes Lehrbuch der Chemie. Anorganische Chemie. Von Dr. F. Krafft, Prof. a. d. Univ. Heidelberg. Mit zahlr. Holzschn. und 1 Spektrotafel. 6. Aufl. Leipzig und Wien, F. Deuticke, 1915. 529 S. M. 10,—.

Das Buch wurde bereits beim Erscheinen der 3. Auflage in dieser Zeitschr. (XII, 49/50) eingehend besprochen. Die Klassifikation nach dem Periodischen System — die indessen nicht so streng durchgeführt ist, wie z. B. in dem Seubertschen Lehrbuche — und die Berücksichtigung alles dessen, was zum Ausbau dieses Systems gehört, sind die Hauptkennzeichen auch der neuen Auflage des wertvollen Buches. Im übrigen ist die neuere physikalische Chemie nur in geringem Maße berücksichtigt. Die schon in der vorigen Auflage beanstandete falsche Darstellung des Atmungsprozesses bzw. des Entstehens der Körperwärme — wonach dieser Vorgang „dem der tierische Organismus die ... Wärmezufuhr verdankt, nichts anderes als eine in der Lunge stattfindende Verbrennung durch den Luftsauerstoff“ ist, während in Wirklichkeit diese Oxydation mit ihrer exothermischen

Wirkung sich gerade über den ganzen Körper verteilt — findet sich auch in der neuen Auflage (S. 8). Man wird auf die Vermutung gedrängt, daß die beim Verleger einlaufenden Besprechungen nicht überall mit größter Pünktlichkeit auch dem Autor zugestellt werden; es wäre das eine starke Verkennung des Zweckes der Kritik. Der bei der Zerlegung des roten Quecksilberoxyds (S. 13) stehende Satz „Bei beginnender Rotglut (500°) tritt Zerfall des Oxyds in Quecksilber und Sauerstoff ein (folgt Gleichung)“ ist in doppelter Hinsicht ungenau; denn erstens beginnt bei 500° noch nicht einmal die Grauglut, deren Anfang gewöhnlich auf 525° angesetzt wird, und zweitens tritt der gänzliche Zerfall einer auch nur wenige Gramm betragenden Menge HgO, wie er durch die aufgestellte Gleichung ausgedrückt wird, erst nach langem Erhitzen bei beträchtlich höheren Temperaturen ein; dazu genügt kaum die Dunkelrotglut (~ 700°) und die Hellrotglut (~ 950°). Eine ähnliche Ungenauigkeit findet sich auf S. 297, wonach Mennige „durch Erhitzen . . . zu dunkler Rotglut (ca. 450°)“ dargestellt wird; 450° ist noch bei weitem keine dunkle „Rotglut“, überhaupt keine „Glut“; beiläufig ist auch die Temperatur 450° zur rationellen Darstellung von Pb₃O₄ etwas zu hoch gegriffen, letztere geschieht meist nur durch Erhitzen bis zu 300° oder in dem Intervall von 300 bis 400°. Diese Beanstandungen betreffen jedoch insgesamt nur Dinge, die den Wert der übrigen Darstellung des Buches nicht herabmindern können. Diese zeichnet sich vielmehr durch besondere Gründlichkeit und Klarheit sowie durch stete Berücksichtigung sowohl der technischen Anwendungen wie auch der historischen Zusammenhänge aus. Die Schreibweise ist überall wissenschaftlich genau.

O. Ohmann.

Moderne Chemie. Von Sir William Ramsay.

II. Teil: Systematische Chemie. Ins Deutsche übertragen von Dr. Max Huth, Chemiker der Siemens & Halske-A.-G., Berlin. 2. Aufl. Halle, W. Knapp, 1914. 243 S. M. 3,80. Geb. M. 4,30.

Nur mit Widerstreben nimmt man das Buch eines Autors zur Hand, der seinen hochangesehenen wissenschaftlichen Namen durch sein fast rätselhaftes politisches Verhalten so arg befleckt hat. Es gilt, soweit dies möglich ist, die wissenschaftliche Leistung von der Person zu trennen. Gegenüber der ersten, in dieser Zeitschrift (XIX, 322/23) eingehend besprochenen Ausgabe (1906) berücksichtigt die neue Auflage zunächst die Elektronenauffassung. Die Ionengleichungen mit den üblichen Zeichen „+“ und „-“ wurden nicht verändert, nur werden sie so umgedeutet, daß das Zeichen „+“

ein Elektron, und das Zeichen „-“ die Abwesenheit eines Elektrons bedeutet. Die systematische Einteilung des Ganzen — nach Hydriden, Haliden, Oxyden, Karbonaten, Silikaten usw. — die wir in der vorigen Besprechung als für die moderne Methodik ganz besonders bedeutsam hervorhoben, ist in der neuen Auflage unverändert geblieben und kennzeichnet am meisten den Wert des Buches für die Zwecke des Unterrichts. Die Radiochemie ist, trotz der nahen Beziehungen des Autors zu diesem Zweige der Forschung, nur ganz kurz gestreift; sie wird gleichsam einer neuen Auflage vorbehalten, wenn der Verfasser bezüglich der Umwandlung der Elemente sagt: „Die Entwicklung der Wissenschaft schreitet so schnell fort, daß es sicher bald notwendig sein wird, die Moderne Chemie den jüngsten Anschauungen entsprechend zu behandeln“. Das Niton fehlt im Register, ist jedoch im Text (S. 38) berücksichtigt.

Die Übersetzung ist ausgezeichnet, doch ist die Schreibweise „Kalzium“, „Zäsium“, „Zyan“ u. a. ganz unwissenschaftlich, vermutlich aber auf Willkürlichkeiten unerfahrener Setzer zurückzuführen, die unentwegt jedes C in K oder Z umsetzen, gleichviel was dabei herauskomme, und die nicht unterscheiden, ob sie ein wissenschaftliches Buch bzw. Zeitschrift oder eine volkstümliche Schrift vor sich haben. Hier müssen die Autoren selber Wacht halten. Es sei daher von neuem auf die maßgebende, vom Verein Deutscher Ingenieure herausgegebene und von Dr. H. JANSEN bearbeitete „Rechtschreibung der naturwissenschaftlichen und technischen Fremdwörter“ (Berlin-Schöneberg, H. Langenscheidt) eindringlich hingewiesen.

O. Ohmann.

Einführung in die Elemente der allgemeinen Chemie. Methodisch bearbeitet von Max Rosenfeld, Teschen. Mit 14 Fig. Leipzig, Veit & Co., 1915. 153 S. Geb. M. 3,—.

Das knapp gefaßte Buch gibt eine treffliche Übersicht über die wichtigsten älteren Gesetze und Theorien — wie die Verbindungs- und Gasgesetze, die Atomtheorie usw. — und über die wichtigsten Ergebnisse der neueren physikalischen Chemie — wie die Gesetze des osmotischen Druckes, die Theorie der Lösungen, der Elektrolyse, die Dissoziationstheorie usw. Einige Einzelheiten sind zu erwähnen. Der Ausdruck (S. 8) „Zinn kommt in zwei Allotropien vor“ ist nicht statthaft. Bei der Erläuterung des Begriffes der Allotropie (S. 5) fehlt jeglicher Hinweis auf die Energieverhältnisse, die gerade für die ganze Auffassung dieser Erscheinung von ausschlaggebender Bedeutung sind; auch später, wo in klarer und eingehender Weise von der Energie

die Rede ist, wird nichts darüber gesagt. — Es ist ferner zu bedauern, daß das Buch hinsichtlich des Begriffes Verbindungsgewicht dem älteren Brauche folgt, wonach Verbindungsgewicht das Äquivalentgewicht bedeutet, und nicht dem neueren, dem fast alle Schullehrbücher und hervorragende, für akademische Kreise bestimmte Lehrbücher — wie die von Seubert, Ostwald, Jellinek u. a. — folgen, wonach Verbindungsgewicht im Sinne von Atomgewicht gebraucht wird. — Leider begegnen wir auch hier wieder dem Ausdruck, daß bei der Umwandlung eines Stoffes, der Stoff „verschwindet“ (S. 3 usw.). Der Ausdruck ist durchaus irreführend. Wenn beispielsweise das Eisenpulver am Magneten, nur an einer Stelle durch die Glühnadel angeregt, sich mit dem Luftsauerstoff verbindet, so ist das Eisen keineswegs mit allen seinen Eigenschaften „verschunden“, seine wichtigsten Eigenschaften, z. B. die Schwere, seine Masse, sind vollkommen erhalten geblieben; das vermehrte Gesamtgewicht legt Zeugnis davon ab, daß zu dem ganzen ursprünglichen Gewicht des Eisens noch das der sich mit dem Eisen vereinigenden Sauerstoffmenge hinzukommt. Es widerstrebt daher einem gesunden Denken, zu sagen „das Eisen verschwindet“; es hat sich vielmehr bei seiner Verbindung mit dem Sauerstoff nur etwas um-

gewandelt, d. h. in gewissen Eigenschaften verändert; es ist aber nicht „verschunden“, es „verschwindet“ überhaupt kein Stoff, auch nicht das kleinste Teilchen. Gerade im Hinblick auf das wichtige Gesetz von der Erhaltung der Masse sollte man den irreführenden Ausdruck vom „Verschwinden“ eines Stoffes in allen Lehrbüchern grundsätzlich vermeiden. — Die Avogadro'sche Zahl N ist mit „ $7,10^{23}$ “ zu hoch angegeben. — In bezug auf die unwissenschaftliche Schreibweise Zyan, Silizium usw. gilt die am Schluß der obigen Besprechung (Ramsay) gemachte Bemerkung.

Im übrigen zeigt das Buch in seiner ganzen Durchführung diejenige Klarheit und Anschaulichkeit, die diesen Autor von jeher ausgezeichnet hat. Das Buch wird indessen weniger für die eigentlichen Chemie-Studierenden geeignet sein, — dazu geht es an verschiedenen Punkten nicht weit genug, auch wären hierzu spezielle Literaturnachweise erwünscht —, wohl aber für solche Naturwissenschaft-Studierenden, die sich der Chemie nicht näher zuwenden wollen und überhaupt für diejenigen, die einen Einblick in das großartige, jetzt neubelebte Forschungsgebiet der allgemeinen Chemie gewinnen wollen. Allen diesen Kreisen sei das Buch angelegentlich empfohlen.
O. Ohmann.

Versammlungen und Vereine.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 29. Januar 1915. Herr VOLKMANN sprach über die schiefe Ebene und den Vektorbegriff in der Schule. Er kritisierte die im Unterricht gebräuchlichen Formen der schiefen Ebene von Weinhold, Frick, Bertram, F. C. G. Müller und beschrieb einige von ihm selbst vorgenommene Abänderungen. Er zeigte, wie man bei Ableitung der Gesetze der schiefen Ebene von der horizontalen oder von der vertikalen Grundrichtung ausgehen kann und welche Vorteile der letztere Weg habe. Sodann ging er näher auf den Vektorbegriff ein und zeigte, wie man diesen mit Vorteil bei der schiefen Ebene zur Anwendung bringt. — Herr JOHANNESON wies auf die Grimshel'sche Konstruktion der schiefen Ebene und auf seine „Radwage“ hin, an der jene Gesetze auch entwickelt werden können. — In der weiteren Diskussion wurden im allgemeinen mehr die aus der Erfahrung abgeleiteten Formen der schiefen Ebene befürwortet, die eine Abstraktion nötig machenden Darstellungen abgelehnt.

Sitzung am 12. Februar 1915. Es fand eine allgemeine Aussprache statt über die Fragen: „In welcher Weise kann im Physik- und Chemieunterricht auf den Krieg Bezug genommen werden? Welche Hilfsmittel sind hierfür vorhanden? Welche Forderungen ergeben sich aus dem Kriege für den Physik- und Chemieunterricht?“ Herr MASCHKE berichtete über die von ihm vor den Schülern besprochenen Gegenstände. Er hatte behandelt: Die Flugbahnen der verschiedenen Geschosse, ihre Anfangsgeschwindigkeit, Steighöhe und Reichweite, den Unterschied zwischen Schrapnell und Granate, die Sprengfüllung der Granate, die Art des Zünders, die Wirkungen der verschiedenen Geschosse, die 21- und 42 cm-Mörser, die Montierung der drahtlosen Telegraphie auf den Flugapparaten. Zur Erläuterung dienten Diapositive, die er nach Bildern aus den artilleristischen Schriften der Heeresverwaltung, sowie einigen illustrierten Blättern hergestellt hatte. — Herr HEITCHEN hob einige allgemeinere Gesichtspunkte hervor, auf die im Unterricht hingewiesen werden könnte: Die Energiefrage, Körper- und Willensenergie, Energie der Kohlen, Festigkeitslehre

(Brücken), Feststellung des Standpunktes eines feindlichen Geschützes usw. — Herr WALLENBERG berichtete über eine von ihm kürzlich vorgenommene Automobilfahrt an die Ostfront.

Sitzung am 24. August 1915. Herr POSKE gab einen Bericht über die Tätigkeit des Vereinsausschusses zur Herstellung eines Normalverzeichnisses physikalischer Apparate. Der aus 8 bzw. 9 Mitgliedern bestehende Ausschuß habe bisher in 22 Sitzungen 1. ein Normalverzeichnis im engeren Sinne aufgestellt, 2. Normalien für Neubauten und Ausstattungen behandelt. Der Referent ging auf einzelne Gebiete der Physik ein und machte Angaben über die aufgestellten Etatvorschläge, wobei die „notwendigen“ und die „wünschenswerten“ Apparate und Einrichtungen getrennt wurden. — Über die Einrichtung und Lage der Räume berichteten die

Herren HAHN und VOLKMANN. — Herr SPIES (Posen) sprach über Röntgeneinrichtungen im Felde, die in tragbarer Form, als von Pferden oder von Kraftwagen beförderte Einrichtung hergestellt würden. Die Ausstattung eines Röntgenkraftwagens, den er selbst zur Front zu führen hatte, wurde ausführlich geschildert.

Sitzung am 26. November 1915. Herr HEYNE hielt einen Nachruf für die verstorbenen Ehrenmitglieder des Vereins, die Herren Arendt und Kreh. Herr Arendt, gestorben am 25. Oktober, war von 1884—1890 Vorsitzender des Vereins; Herr Kreh, gestorben am 13. November, war von 1890—1898 Vorsitzender. Die Anwesenden erhoben sich zu Ehren der Verstorbenen von ihren Sitzen. — Herr C. FISCHER führte den Universal-demonstrationsapparat für Gleich- und Wechselstromtechnik von Hervert (Prag) vor. *Schk.*

Korrespondenz.

Weitere Meldungen von Unfällen im Chemie- bzw. Physikunterricht.

(Vgl. die „Aufforderung betreffend Meldung von Unfällen“ in *dieser Zeitschr.* XXVI, S. 207, sowie die daraufhin erfolgten Mitteilungen in *dieser Zeitschr.* XXVII, S. 138/140.)

Wir erhalten nachfolgende dankenswerte Mitteilungen über Unfälle:

A. Im Chemieunterricht:

1. Von Herrn Prof. Dr. H. SOMMERLAD, Oberlehrer an der Kgl. höh. Maschinenbauschule zu Breslau. Im Chemieunterricht der O II der Breslauer Oberrealschule wollte ich eine sehr kleine Menge von chlorsaurem Kalium mit rotem Phosphor mittelst eines Hornlöffels mischen. Gleich bei der ersten Berührung erfolgte Explosion, der Löffel wurde mir aus der Hand, an der ich einen Schlag empfand, gerissen und zersplitterte. Der (bei HEUMANN erwähnte) Versuch ist zu unterlassen.¹⁾

Explosion eines Eudiometers. Ein aus einer Thüringer Glasfabrik bezogenes Eudiometerrohr wollte ich vor dem Unterricht prüfen. Das Rohr hatte ich mit einem Handtuch umwickelt, die Hand mit Handschuh geschützt, das Gesicht durch Glasscheibe. Das Eudiometer wurde vollständig zertrümmert, das obere Ende weit weggeschleudert. [Eine Anfrage ergab, daß es sich um ein Knallgasgemisch im Verhältnis von 2H:1O handelte, also ohne Überschuß

von H oder O, und daß Wasser als Sperrflüssigkeit diente; beim gleichen Versuch erlebte auch Ref. vor vielen Jahren eine Explosion, dagegen niemals bei den zahlreichen Versuchen, bei denen sich das eine oder andere Gas im Überschuß befand.] Ich benutze jetzt stets das Eudiometer von BAHRT [*diese Zeitschr.* 23, S. 70]; bei diesem läßt sich allerdings nicht so bequem zeigen, welches Gas nach der Vereinigung noch übrig bleibt.

Unfall mit einem Gemisch von Kaliumchlorat und Schwefelantimon. Vor mehreren Jahren hat sich in Breslau ein bedauerlicher Unfall ereignet. Ein früherer Bergwerksbeamter, der einen Handel mit Sprengstoffen betrieb, wollte ein Glasgefäß mit Glasstöpsel, das ein Gemisch von $KClO_3 + Sb_2S_3$ zu Zündzwecken enthielt, öffnen. Da der Stöpsel festsaß, wurde einige Gewalt angewendet. Es erfolgte Explosion, wodurch der Betreffende so schwer verletzt wurde, daß er einige Tage später starb. Es hatte sich wahrscheinlich zwischen Stöpsel und Gefäß etwas von der Mischung eingeklemmt. Zur Aufbewahrung des Gemisches sollte man nur Gefäße mit Korkstopfen nehmen; WEINHOLD gibt in seinen „Demonstrationen“ auch ein Pulverglas mit Glasstöpsel an. [Explosive Gemenge sollten nur — in entsprechend geringer Menge — zum einzelnen Versuch und nie in Vorratsmengen hergestellt werden.]

2. Von Herrn Fachlehrer HANS KELLERMANN in Wien. Ein Amateurphotograph reinigte eine Anzahl Fläschchen unter Benutzung von Salpetersäure. Darunter befand sich ein solches, das Glycerin enthalten hatte. Beim Schütteln erfolgte eine heftige Explosion, das Fläschchen wurde in Stücke gerissen, doch fanden keine

¹⁾ *Anm. der Red.* Man vergleiche indessen seine ungefährliche Ausführung in: O. OHMANN, Die Verhütung von Unfällen im chemischen und physikalischen Unterricht (Berlin, Winkelmann & Söhne), 2. Aufl., S. 34.

Verletzungen statt. Da viele Schüler photographieren, wäre wohl im chemischen Unterricht davor zu warnen, Salpetersäure als Reinigungsmittel zu verwenden. Es könnte sonst jemand zum unfreiwilligen Nitroglyzerinerzeuger werden.

3. Von Herrn Dr. A. QUEHL in Berlin-Lichtenberg. Beim Entwickeln eines brennbaren Gases, das durch eine Waschflasche mit konzentrierter Schwefelsäure geleitet wurde, schlug beim Entzünden die Flamme zurück, der Glasverschluß der Waschflasche wurde gegen die Decke geschleudert, wo er zersplitterte; die Waschflasche selbst blieb unversehrt. Verletzungen fanden nicht statt. Ein andermal explodierte eine Kugelhöhre beim Durchleiten eines brennbaren Gases, es war wohl zu früh mit der Erhitzung begonnen worden. Es ist zu betonen, daß alle brennbaren Gase explosive Gemenge bilden können. [Es sollte stets die sog. „Knallgasprobe“ vorgenommen bzw. das Ausströmungsrohr mit Metallwelle gesichert werden.]

An einer Berliner Realanstalt wurde (nach dem Bericht meines Bruders) eine große Stange Phosphor frei herumgelegt. Sie geriet in Brand und fiel auf den Boden. Die Klasse stürzte hinaus, der Raum konnte erst nach längerer Zeit wieder betreten werden. Eine Schale Wasser fehlte bei dem Versuch.

Ein Schüler sollte einmal durch Riechen sich von der Entwicklung von Chlor in schmalem Reagenzglas überzeugen. Er sog, nur mit einem Atemzuge, so viel Gas ein, daß er nach 5 Minuten Übelkeit mit Erbrechen bekam, nach Hause entlassen werden und einen weiteren Tag wegen starker Kopfschmerzen fehlen mußte. Es war gerade ein sehr schwächlicher Junge. Ich blase jetzt höchstens ein wenig Luft in das Glas und lasse dann einen Schüler herantreten.

Vor einigen Monaten arbeitete ich einmal viel mit Nitroglyzerin und hatte darauf anderthalb Tage recht peinliche Kopfschmerzen. — Eine Explosion beim Springbrunnenversuch mit Ammoniak passierte mir im ersten Jahr, als ich einen gewöhnlichen dünnwandigen Kolben genommen hatte.

Für den Chemieunterricht in Mädchenschulen dürfte folgender Unfall Interesse haben. Das Hausmädchen hatte den Kachelofen im Schlaf-

zimmer geheizt; er wollte gar nicht ziehen. Über zwei Stunden stand er offen, dann schraubte sie zu. Dreiviertel Stunde später erfolgte ein furchtbarer Krach, das ganze Zimmer füllte sich mit Rauch, und die obere Hälfte des Ofens fiel prasselnd zu Boden. Am gleichen Tage explodierten in der Nähe noch zwei andere Öfen. Natürlich muß sich auch hier ein explosives Gasgemenge gebildet haben. Vielleicht hatte das Wetter, die kalte Luft im Schornstein, schuld; die Nacht vorher war plötzlich Kälte eingetreten. Die Versicherungsagenten erleben übrigens solche Fälle öfters.

B. Im Physikunterricht.

Explosion eines Knallgasapparates (Oberrealschule Breslau, mitgeteilt von Herrn Prof. SOMMERLAD). Die beiden Platinbleche, an dünnen Drähten aufgehängt, standen einander sehr nahe. Es trat zwischen ihnen Anziehung ein, die Drähte wurden glühend. Bei der Explosion wurde nur der Korkstopfen herausgeschleudert. Zum Befestigen der Bleche, die nicht zu nahe nebeneinander stehen dürfen, sollten nur starke, starre Platindrähte verwendet werden. [Über einen ähnlichen Fall vgl. das erwähnte Unfallbuch S. 78.]

Die Einsendung weiterer Unfallsbeschreibungen an die Adresse der Redaktion bzw. des Unterzeichneten ist im allgemeinen Interesse dringend erwünscht. Es sei nochmals betont, daß auf Wunsch des Einsenders sowohl die Nennung des Namens als auch der Anstalt unterbleiben kann.

O. Ohmann,
Berlin-Pankow, Cavalierstr. 15.

Berichtigungen. In dem Bericht von O. BÜRGER, Kirn „Über das Verhalten der Kohlensäure . . .“, Heft III, S. 156/7 sind durch ein Versehen in der Druckerei einige Zeilen verschoben worden. Die Zeilen 20 bis 35 („untersucht . . .“ bis „ . . . nun die“) gehören zwischen die 49. und 50. Zeile (die mit den Worten „Verhalten“ bzw. „Frage“ beginnen). — In dem Beitrag für die Praxis „Demonstrationsversuch mit Wechselstrom“ von Dr. E. GÜNTHER, Dresden, Heft III, S. 146, ist in Zeile 4 und 9 von unten statt „Sinuslinie“ „Sinuslinie“ zu setzen.

Erdmagnetische Elemente in Mitteleuropa, Epoche 1916,5.

Nach Mitteilung von Dr. A. Nippoldt in Potsdam.

Östl. Länge v. Gr.	0°			5°			10°			15°			20°		
	δ	i	H	δ	i	H	δ	i	H	δ	i	H	δ	i	H
55° n. Br.	14,7	69,4	0,169	12,6	69,0	0,172	9,9	68,7	0,174	6,1	68,4	0,176	4,1	68,3	0,178
50° n. Br.	14,4	66,4	0,187	12,2	65,9	0,190	9,8	65,3	0,194	7,2	64,8	0,197	4,4	64,5	0,199
45° n. Br.	13,9	62,8	0,207	11,9	62,3	0,211	9,7	61,6	0,215	7,4	60,9	0,218	4,9	60,3	0,222

b. z. wenden.

Mittlere jährliche Änderungen (Mittel 1904–1914):

in $D - 7,3$, max $+ 9,8$ min $+ 4,9$
 „ $H - 12$, „ $- 23$ „ 0
 „ $I + 0,3$, „ $+ 1,5$ „ $- 0,9$.

Für Berlin sind die Werte zur Epoche 1916,5: $D = 7^{\circ}56'$ $I = 66^{\circ}22'$ $H = 0,1866$.

Die in der Tabelle angegebenen Werte sind durch Berechnung auf Grund von Ausgleichungen gefunden. Etwas abweichend davon sind die Werte, die sich aus den nur auf Beobachtungen gestützten, die neuesten Veröffentlichungen der Carnegie-Institution benutzenden Karten der deutschen Seewarte für 1915 ergeben.

Himmelserscheinungen im August und September 1916.

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

	August						September					
	4	9	14	19	24	29	3	8	13	18	23	28
☿ { AR D	9 ^h 29 ^m +17 ^o	10. 6 +13	10.39 +10	11. 8 + 6	11.35 + 3	12. 0 - 1	12.22 - 4	12.41 - 7	12.57 - 9	13. 7 -11	13.11 -12	13. 4 -11
♀ { AR D	6 ^h 21 ^m +18 ^o	6.30 +18	6.41 +18	6.55 +18	7.10 +18	7.27 +18	7.45 +18	8. 5 +18	8.25 +17	8.45 +16	9. 6 +15	9.28 +14
☉ { AR D	8 ^h 57 ^m +17,3 ^o	9.16 +15,9	9.35 +14,4	9.54 +12,8	10.12 +11,1	10.30 + 9,4	10.49 + 7,6	11. 7 + 5,7	11.25 + 3,8	11.43 + 1,9	12. 1 + 0,0	12.19 - 2,0
♂ { AR D	12 ^h 28 ^m - 3 ^o	12.39 - 4	12.50 - 5	13. 2 - 7	13.14 - 8	13.26 - 9	13.38 -10	13.51 -12	14. 3 -13	14.16 -14	14.30 -15	1434. -16
♃ { AR D		2.13 +12		2.14 +12		2.14 +12		2.13 +12		2.11 +12		2. 7 +11
♄ { AR D	7 ^h 39 ^m +21 ^o						7.54 +21					
☉ Aufg. Unterg.	4 ^h 25 ^m 19 ^h 45 ^m	4.33 19.36	4.42 19.26	4.50 19.16	4.58 19. 5	5. 7 18.54	5.15 18.43	5.23 18.31	5.32 18.19	5.40 18. 7	5.48 17.55	5.57 17.44
☾ Aufg. Unterg.	10 ^h 35 ^m 20 ^h 58 ^m	17. 4 23.53	19.36 5.50	21. 3 12.46	0. 3 17.17	5.57 18.42	12.22 20. 9	17. 0 0.16	18.26 7.38	20.55 13.51	1.18 16.22	7.27 17.30
Sternzeit im mittl. Mittag	8 ^h 50 ^m 45 ^s	9.10.28	9.30.11	9.49.53	10. 9.36	10.29.19	10.49. 2	11. 8.44	11.28.27	11.48.10	12. 7.53	12.27.36
Zeitgl.	+5 ^m 57 ^s	+ 5.23	+ 4.35	+ 3.33	+ 2.19	+ 0.55	- 0.38	- 2.18	- 4. 3	- 5.49	- 7.34	- 9.16

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Herbstäquinodium am 23. September, 10^h15^m M.E.Z.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		Aug. 28, 18 ^h 24 ^m Sept. 27, 8 ^h 34 ^m	Aug. 6, 22 ^h 5 ^m Sept. 5, 5 ^h 26 ^m	Aug. 13, 13 ^h 0 ^m Sept. 11, 21 ^h 31 ^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im August	unsichtbar	1 ³ / ₄ bis 3 ¹ / ₂ Stunden lang als Morgenstern sichtbar, am 9. im größten Glanz	abends nur noch für ganz kurze Zeit sichtbar	5 ¹ / ₂ bis 7 ¹ / ₂ Stunden lang vor der Morgendämmerung sichtbar	wird in den ersten Tagen im NO. sichtbar, zuletzt schon 3 ³ / ₄ Stunden lang
im September	unsichtbar	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 4 Stunden an	unsichtbar	von Mitte des Monats ab die ganze Nacht hindurch sichtbar	die Sichtbarkeitsdauer steigt bis auf 5 ¹ / ₂ Stunden

Verfinsterungen der Jupitertrabanten:

Aug. 26, 22^h 53^m, 1 Eintritt des II. Trabanten. Sept. 27, 21^h 3^m, 6 Eintritt des III. Trabanten.
 Sept. 12, 22^h 26^m, 8 „ „ I. „ „ 27, 22^h 29^m, 4 „ „ II. „ „
 „ 27, 22^h 57^m, 2 Austritt des III. „ „

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.

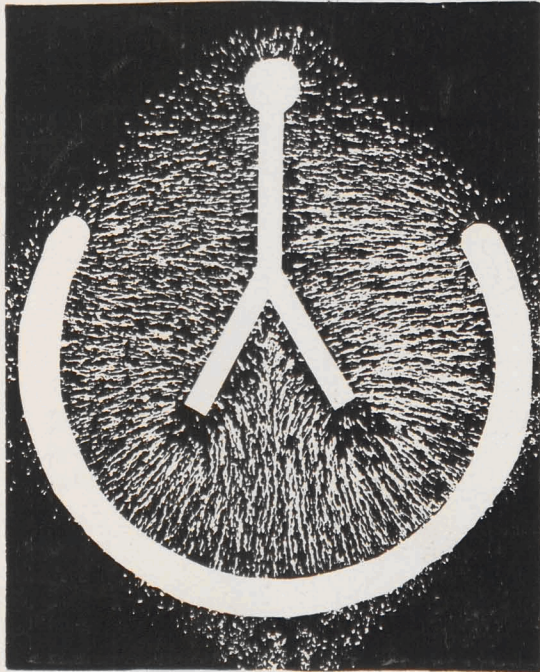


Fig. 5.

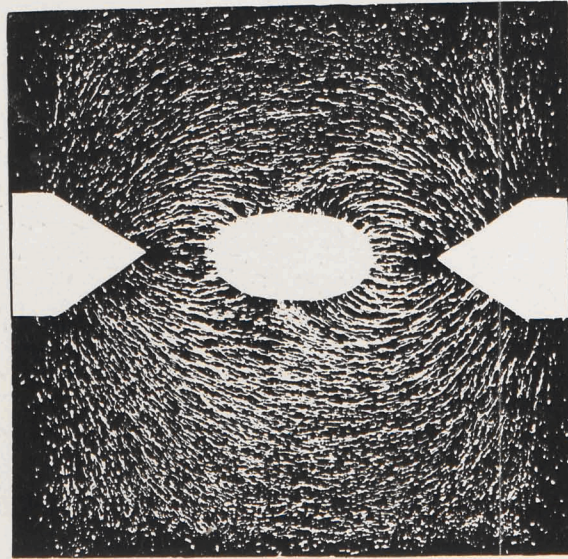


Fig. 3.

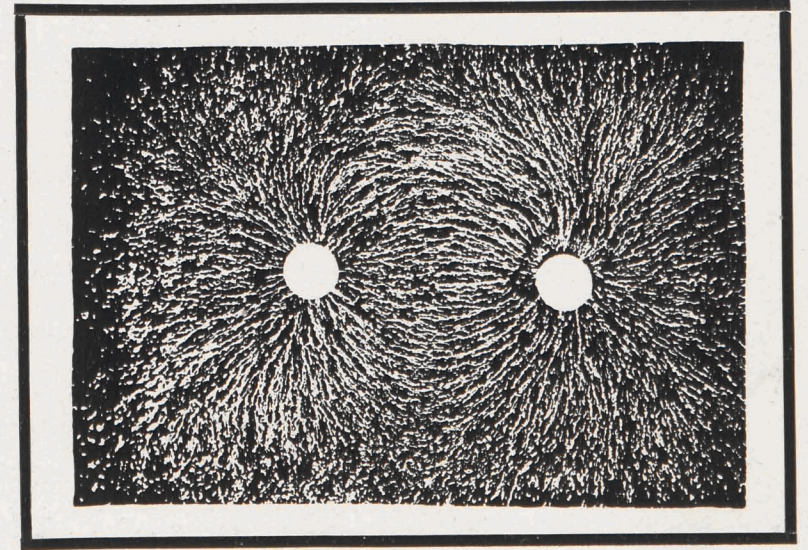


Fig. 1.

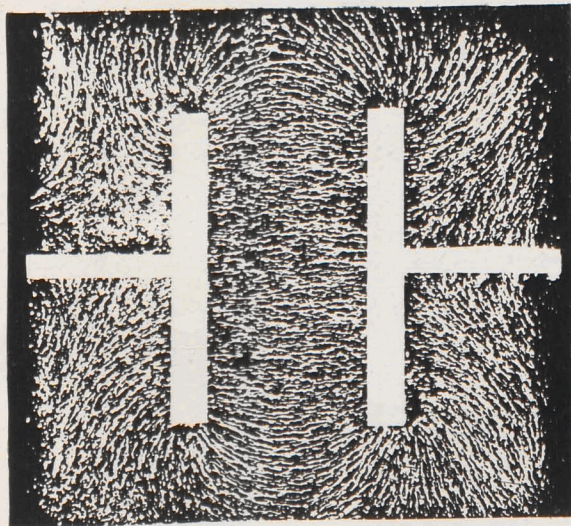


Fig. 6.

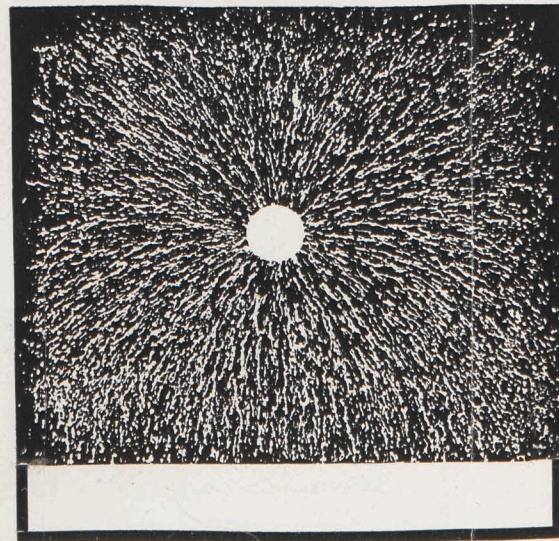


Fig. 4.

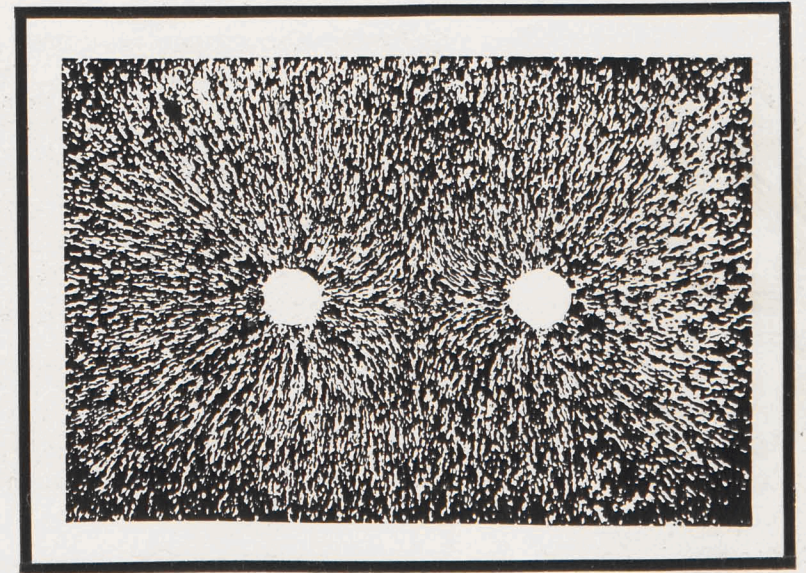


Fig. 2.