



Verlag von Julius Springer in Berlin.

Aufn. a.d. Photogr. Lehranstalt d. Letto-Vereins.

Prof. Dr. H. B. Schwaab

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XIV. Jahrgang.

Drittes Heft.

Mai 1901.

Professor Dr. Bernhard Schwalbe

Geheimer Regierungsrat und designierter Stadtschulrat zu Berlin
† den 31. März 1901.

Mitten aus der Vollkraft des Wirkens hat der Tod den Mann hinweggerafft, dessen Name neben dem Ernst Machs unserer Zeitschrift von ihrer Gründung an durch mehr als dreizehn Jahre zu besonderer Zierde gereichte. Seiner Ermutigung und seinem Beistande verdankt diese Zeitschrift ihre Entstehung, seiner Mitarbeit ein gut Teil ihres Erfolges. Zahlreiche Aufsätze, die er in dieser Zeitschrift und an anderen Orten veröffentlicht hat, legen Zeugnis ab von seinem unermüdlichen und erfolgreichen Bestreben, den naturwissenschaftlichen Unterricht auf eine höhere Stufe zu heben.

Aber sein Name bedeutet mehr als eine von den vielen Wellen, die das schnelle Schiff des Ewigweiterstrebens zu fördern berufen sind. Er war auch einer der hervorragendsten Führer in dem Kampfe, der Jahrzehnte hindurch um die Gleichberechtigung der Naturwissenschaften mit den Sprachen in unserem Unterrichtswesen geführt worden ist. Denn um diesen Gegensatz handelte es sich, nicht um den zwischen Natur- und Geisteswissenschaft, oder gar um den zwischen Realismus und Idealismus. SCHWALBE war von der Überzeugung durchdrungen, daß die Naturwissenschaft bei dem heutigen Stande der Kultur eine der unerläßlichen Grundlagen der Bildung sei. Er ist nicht müde geworden, dies in Wort und Schrift bei jeder Gelegenheit von neuem zu verfechten. —

GEORG BERNHARD SCHWALBE war am 23. Oktober 1841 zu Quedlinburg geboren, besuchte das dortige Gymnasium bis Ostern 1860 und verließ es mit einem ausgezeichneten Reifezeugnis, um Naturwissenschaften und Sprachen zu studieren; er hat sich zuerst in Bonn vorwiegend den beschreibenden Naturwissenschaften gewidmet und sich dann in Zürich und Berlin mit Vorliebe der Chemie zugewendet, daneben auch Mathematik und Philosophie getrieben; den Colloquien bei Gustav Magnus und dem persönlichen Verkehr mit diesem verdankte er seine Ausbildung in der Physik. Im Jahre 1863 wurde er Assistent bei dem Chemiker Heinrich Rose und dachte daran die akademische Laufbahn einzuschlagen. Doch machte er nach dem Tode Roses Ostern 1864 das Oberlehrerexamen und folgte, nachdem er noch ein halbes Jahr lang Assistent bei Wislicenus in Zürich gewesen war, definitiv seiner Neigung zum Lehrerberuf. Vom Herbst 1864 bis zum Herbst 1879 war er an der

Königlichen Realschule zu Berlin (dem späteren Kaiser-Wilhelms-Realgymnasium) thätig, wo er aufer in Naturwissenschaften auch im Englischen unterrichtete. Seit 1879 war er Direktor des Dorotheenstädtischen Realgymnasiums zu Berlin. Im Februar 1901 war er zum Stadtschulrat für die höheren Schulen Berlins gewählt worden; ein neuer und größerer Wirkungskreis eröffnete sich für seine oft bewährte organisatorische Begabung. Doch es sollte anders kommen. Ein inneres Leiden — Diabetes — hatte, von ihm unbeachtet und daher nicht rechtzeitig erkannt, seit längerer Zeit schon an ihm gezehrt. An demselben Tage, an dem er sich von der Stätte seines bisherigen Wirkens verabschiedet hatte, brach der starke Mann zusammen und hauchte am folgenden Tage, ohne die Besinnung wiedererlangt zu haben, sein Leben aus. —

Man hat unser Zeitalter das naturwissenschaftliche genannt. In der That geht der Aufschwung der Naturwissenschaften Hand in Hand mit einer Steigerung des Gefühls für das Wirkliche, die sich auf allen Gebieten des geistigen Lebens kund giebt. Auch SCHWALBES Streben ging dahin, im Gegensatz zu einer einseitig begrifflichen und gedächtnismäßigen Schulung eine enge Föhlung mit den Dingen selbst zu schaffen. Darum stellte er von Anbeginn an das Experiment in den Mittelpunkt seines Unterrichts — was in der ersten Zeit seiner Lehrerlaufbahn noch keineswegs üblich war. Ja es lag ihm daran, die Erscheinungen möglichst in ihrer ganzen Fülle und Breite vorzuführen; sein Experimentiertisch mußte voll von Apparaten sein, auch wenn er nicht dazu kam, sie alle bei seinem Vortrag zu benutzen. Er pflegte einen Versuch erst in den mannichfachsten Abänderungen anzustellen, an einer Substanz erst eine größere Zahl von chemischen Reaktionen vorzuführen, ehe er seine Aufgabe als erfüllt ansah.

Die sichere Grundlage für das pädagogische Wirken SCHWALBES bildete seine Geübtheit in der experimentellen Technik, die er sich schon in seiner Studienzeit namentlich bei seinen chemischen Laboratoriumsarbeiten erworben hatte. Er erwähnt selbst in dieser Zeitschrift (XII 323), wie er bei der ihm aufgetragenen Herstellung von Chlorkohlenoxyd und bei der Anfertigung organischer Präparate sich die erforderlichen Handgriffe und die Fertigkeit in der Behandlung der Materialien angeeignet habe. Die meisten der von ihm benutzten und beschriebenen Apparate waren ausschließlich aus Glas, Holz und Kautschuk hergestellt; grade diese Einfachheit machte einen besonderen Vorzug seiner Unterrichtsmittel aus.

Bereits 1877 hat SCHWALBE eine Schrift veröffentlicht „Über Geschichte und Stand der Methodik in den Naturwissenschaften“. In dieser auch auf niedere Schulen berechneten, an den vorhandenen Zuständen scharfe Kritik übenden Schrift hat er selbst seine Methode aufs bestimmteste gekennzeichnet: „Den Ausgangspunkt müssen für Physik und Chemie Experimente bilden, aber nicht compliziert durch grofsartige Apparate, sondern Experimente, die ich als Fundamentalversuche bezeichnen möchte . . . und die sich fast überall ohne grofse Kosten, nur mit Aufwendung einiger Mühe, anstellen lassen. Damit der Schüler sieht, dafs die betreffende Erscheinung nicht vereinzelt steht, sind im Anschluß daran zwei oder drei ähnliche Erscheinungen, wo die Bedingungen möglichst ähnlich

sind, hervorzurufen, und der Schüler kann dann, selbst auf sehr elementarer Stufe, die Schlussfolgerungen daran knüpfen Danach gehe man, immer noch an der Hand des Experiments, zu complizierten Vorgängen über und erkläre die in der Natur und Industrie sich darbietenden Erscheinungen und Anwendungen, aber nur dann, wenn die Begründung für das Verständnis derselben vorhanden ist.“

SCHWALBE war in seinem Bildungsgange von der beschreibenden Naturwissenschaft ausgegangen. Hiermit hängt auch die Eigenart seiner Methodik zusammen, die wesentlich im Anordnen und Klassifizieren bestand. Stets kommt es ihm darauf an, die Experimente übersichtlich zu gruppieren; grade solche Gruppenbildung erleichtere den Überblick, führe zum Denken und Schließen, gestatte Anknüpfungen und Erweiterungen beim ferneren Unterricht (d. Z. VIII 67). Er selbst hat deshalb auch einmal zutreffend dieses Verfahren als eine „Systematik des Experimentes“ bezeichnet (XII 321).

Mustergiltige Beispiele einer Anordnung des Stoffes, wie SCHWALBE sie ausgeführt wissen wollte, finden sich in den Aufsätzen „Über die Anwendung der flüssigen und festen Kohlensäure für den Unterricht“ und „Über Versuche mit der Holtzschen Influenzmaschine in unterrichtlicher Beziehung“, beide in der Zeitschrift zur Förderung des physikalischen Unterrichts (1885 und 1886) veröffentlicht. Von den in unserer Zeitschrift erschienenen Aufsätzen seien insbesondere folgende genannt: Die Aufgaben des chemischen Unterrichts, I 41. — Über den Gebrauch des Elektroskops, I 233. — Mitteilungen über Schulversuche, III 217, 265. — Beiträge zur Methodik des Experiments: 1. Über die Verwendung der flüssigen Kohlensäure, IX 1. — 2. Versuche mit comprimiertem Sauerstoff und comprimierter Luft, IX 57. — Das geologische Experiment in der Schule, X 65, 217.

Eine Gruppierung des Stoffes wie die meisten dieser Aufsätze sie darbieten, kann dem Fernerstehenden leicht als etwas Äußerliches, bloß Schematisches erscheinen. Leben erhielt sie bei SCHWALBE dadurch, daß sie mit einem außerordentlichen Geschick verbunden war, den so geordneten Stoff fortwährend von anderen Gesichtspunkten zu betrachten und auf neue Weise zu verknüpfen. Bewundernswert war sein Talent, beim Wiederholen stets neue Zusammenhänge zwischen den Erscheinungen herzustellen und von einem Gebiet durch irgend welche Ideenassociation selbst auf ein weit entlegenes überzugehn. Durch eine solche Behandlungsart erhielt er den Stoff bei den Schülern stets im Fluß und leitete sie darauf hin, auch ihrerseits die Erscheinungen neu zu combinieren, Ähnlichkeiten und Unterschiede aufzusuchen und sich dadurch die Beweglichkeit des Geistes anzueignen, die für eine fruchtbare Verwendung des Wissens die unerläßliche Vorbedingung ist.

Im Zusammenhang mit seinen methodischen Grundsätzen steht auch sein Bemühen, die englisch-amerikanischen Home-Experiments als „Freihandversuche“ auch bei uns in Aufnahme zu bringen. Er hat sich darüber 1896 in einem Vortrage in Frankfurt a. M. (d. Zeitschr. X 108 und 186) ausführlich ausgesprochen. Sein Plan, die Gesamtheit von Experimenten dieser Art in einem Buche zusammenzustellen, ist leider unausgeführt

geblieben, wird aber voraussichtlich unter Benutzung des von ihm gesammelten Materials von anderer Seite verwirklicht werden.

Eine wichtige Rolle spielen diese einfachsten Versuche auch bei den praktischen Schülerübungen, für die SCHWALBE 1890 auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Bremen zuerst eingetreten ist (d. Zeitschr. IV 209, VI 161). Er hatte die Freude zu sehen, daß dieser Anregung in zunehmendem Maße Folge gegeben wurde, und daß endlich auch in den Lehrplänen des preussischen Unterrichtsministeriums diese Schülerübungen empfohlen wurden.

Neben seiner Tätigkeit für den Unterricht hat SCHWALBE nie aufgehört, den Zusammenhang mit der Wissenschaft und deren Vertretern zu pflegen. Er gehörte seit langen Jahren dem Vorstand der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin an, und hat sich in dieser Stellung ein hervorragendes Verdienst erworben durch die Herausgabe der „Fortschritte der Physik“, die er im Jahre 1868 übernahm. Hier fand seine Neigung zu übersichtlicher Zusammenfassung eines gegebenen Stoffes ein von Jahr zu Jahr ausgedehnteres Arbeitsfeld. Ihm allein ist es zu danken, daß die „Fortschritte“ bis heut fortbestehn, wiewohl er nach ihrer Reorganisation im Jahre 1892 von der Redaktion zurücktrat. Er unterzog sich auch noch der Riesenarbeit, ein Generalregister für die Bände 21—43 herzustellen. Er hatte das Bewußtsein, damit einem Unternehmen zu dienen, das noch für spätere Generationen den Zusammenhang mit der geschichtlichen Entwicklung und der stets wachsenden Ausbreitung der Wissenschaft ermöglichen werde. Demselben Streben entsprang seine Anteilnahme an den Vorbereitungen für die Herausgabe eines International Scientific Catalogue, für den auch von seiten des Deutschen Reiches auf Grund einer von ihm verfaßten Denkschrift die erforderlichen Mittel zur Verfügung gestellt worden sind.

In den Fortschritten der Physik bearbeitete er selbst während einer langen Reihe von Jahren den Abschnitt über physikalische Geographie und hat für gewisse Teile dieses Abschnittes noch bis in die letzte Zeit Berichte geliefert. Demselben Gebiet gehören auch seine eigenen Untersuchungen über Eishöhlen an, die in der Zeitschrift für Erdkunde 1881 und 1882, sowie an anderen Orten veröffentlicht sind. Auch ein „kurzgefaßtes Lehrbuch der allgemeinen Geologie“ (Berlin 1879) verdankt diesem Interesse SCHWALBES seine Entstehung. Sein Lieblingsplan, in späteren Jahren einmal ein Lehrbuch der physikalischen Geographie zu schreiben, ist unerfüllt geblieben. Doch gelangt bei der Neubearbeitung von Schödlers Buch der Natur, die er in die Hand genommen hatte, wenigstens ein Teil dieses Planes zur Verwirklichung, da der Abschnitt über Geologie von ihm neu bearbeitet vorliegt. In diesem Zusammenhange sei auch seiner Mitwirkung bei der Neuherausgabe von Diesterwegs populärer Himmelskunde gedacht, die 1898 in der 19. Auflage erschienen ist. —

Die bis jetzt dargelegte pädagogische und wissenschaftliche Tätigkeit SCHWALBES macht aber erst einen kleinen Teil seines gesamten Wirkens aus. Dieses erstreckte sich vielmehr auf die ganze Organisation des Erziehungs- und Unterrichtswesens. Er hatte mit sicherem Blick erkannt, daß ein wirklicher Fortschritt in der naturwissenschaftlichen Er-

ziehung der Jugend nur im Zusammenhang mit einer besseren Vorbildung der in diesem Fache thätigen Lehrer zu erreichen sei. Eine segensreiche Thätigkeit entfaltete er namentlich in den experimentellen, mit praktischen Übungen verknüpften Vorlesungen, die er alljährlich für den Berliner Lehrerverein abhielt. Auf sein beharrliches Betreiben ist es ferner zurückzuführen, daß von seiten des preussischen Unterrichtsministeriums die naturwissenschaftlichen Ferienkurse zu Berlin eingerichtet wurden, deren zehnten er im Herbst des vergangenen Jahres mit einem Rückblick auf die ganze Reihe eröffnete. Während diese Kurse hauptsächlich für die Weiterbildung der außerhalb Berlins thätigen Lehrer bestimmt waren, gelang es ihm von der Stadt Berlin die Mittel zu erwirken, um ähnliche Kurse auch für die in Berlin ansässigen Lehrer ins Leben zu rufen. Seinen Bemühungen ist es endlich auch zu danken, daß die ersten Schritte zur Einrichtung eines Instituts gethan sind, das der experimentellen Ausbildung der angehenden Lehrer der Naturwissenschaft dienen soll. Die Sorge um die Ausgestaltung dieses Instituts beschäftigte ihn bis in seine letzten Lebenstage. Andere Pläne seines rastlos weiter schaffenden Geistes, wie das von ihm seit Jahren befürwortete Schulmuseum und die Centralauskunftsstelle für Lehrmittel harren noch der Verwirklichung.

Unmöglich ist es, hier auf die zahlreichen Verdienste einzugehen, die sich SCHWALBE um das Unterrichtswesen im weiteren Sinne erworben hat. Eins seiner Hauptinteressen war der Realschulfrage zugewendet; er hat noch die Freude gehabt, die lange erfolglos geforderte Gleichberechtigung der Realanstalten mit den alten Gymnasien der Erfüllung nahe gerückt zu sehn, nachdem in der Schulconferenz vom Juni 1900, zu der er auch einberufen war, sich kein Widerspruch mehr dagegen erhoben hatte.

Nimmt man noch hinzu, daß SCHWALBE in einer großen Zahl von Bildungsvereinigungen meist an leitender Stelle thätig war, so wird man staunend gewahr, daß der Kreis seines Wirkens ein nahezu unbegrenzter, für jeden andern außer ihm selber kaum übersehbarer war. Trotz dieser weit ausgedehnten Thätigkeit aber hatte er für Jeden, der mit einem Anliegen zu ihm kam, ein offenes Ohr, stets fand man ihn zu Rat und That erbötig. Wenn es etwas gab, was seine Schaffenskraft noch übertraf, so war es diese stete Hilfsbereitschaft eines menschlich teilnehmenden Herzens. Auch in seiner langjährigen Stellung als Stadtverordneter von Berlin hat er sich in vielen Richtungen verdient gemacht und überdies einen Teil seiner Zeit bis zuletzt der Armenpflege gewidmet.

SCHWALBE hat sein Leben nicht bis an die Schwelle des Greisenalters geführt, aber doch ist dieses Leben so reich erfüllt gewesen von dem schönsten und segensreichsten Wirken, daß es wohl köstlich genannt werden darf. Seine Persönlichkeit, die gerade durch die Vielheit der Beziehungen, die sie in sich vereinigte, so kräftigen und nachhaltigen Einfluß auszuüben vermochte, ist unwiederbringlich und unersetzlich. Aber die von ihm ausgegangenen Wirkungen werden über seinen Tod hinaus fort dauern, und seine Gestalt wird als leuchtendes Vorbild in den Seelen aller, die ihn kannten, lebendig bleiben.

Was kann für den Fortschritt auf dem Gebiete des naturwissenschaftlichen Unterrichts noch weiter geschehen?

Von

Prof. Dr. **Bernhard Schwalbe.**

Mitgeteilt von F. Poske.

[In den Verhandlungen über Fragen des höheren Unterrichts — Berlin 6. bis 8. Juni 1900 —, die soeben im Auftrage des preussischen Unterrichtsministers herausgegeben worden sind, findet sich auch ein Gutachten abgedruckt, das **BERNHARD SCHWALBE** seinerzeit abgegeben hat zur Beantwortung der Frage:

„Welche Fortschritte sind seit der Schulconferenz vom Jahre 1890 auf dem Gebiete des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts an den höheren Schulen, insbesondere auch nach der angewandten und technischen Seite hin, zu verzeichnen, und was kann in dieser Beziehung noch weiter geschehen?“

SCHWALBE hat sein Gutachten im wesentlichen auf sein eigentliches Unterrichtsgebiet, das naturwissenschaftliche, beschränkt. Wir dürfen die Kenntnis der Fortschritte, die auf diesem Gebiet im letzten Jahrzehnt gemacht sind, bei den Lesern dieser Zeitschrift voraussetzen und übergehen deshalb die hierauf bezüglichen Teile des Gutachtens.

Nachdem **SCHWALBE** es als eine „zunächst wohl aussichtslose Idee“ bezeichnet hat, die Naturwissenschaften und die Mathematik „in gleicher Weise und in gleichem Umfang bei der Ausbildung der Jugend mitwirken zu lassen, wie es heute den Sprachen allein gestattet ist“, fährt er fort:]

Ein naturwissenschaftliches Gymnasium zu schaffen, ähnlich wie die sprachlichen Reformgymnasien als interessante Versuchsanstalten zugelassen sind, würde ein Versuch sein, der auch Anhaltspunkte dafür geben könnte, was der Ausbildung in der Muttersprache mehr dienlich ist, die verstärkte linguistische oder die verstärkte realistische Vorbildung —

Die Ziele der Gymnasien sind in den Lehrplänen, wenn sie wirklich erreicht werden sollen und wenn die Kenntnisse, die dort erreicht werden, dem Abgehenden wirklich zur Verfügung stehen sollen, hoch bemessen. Im Vergleich mit den verschiedenen Schwierigkeiten, welche an jenen Anstalten vorhanden sind, sind jene Ziele selbst bei weiterer Abnahme der ungünstigen Bedingungen, die seit 1890/92 stattgefunden hat, oft nicht zu erreichen. Meint man freilich, es genüge, daß der Schüler einmal von einigen Thatsachen gehört, einige Experimente gesehen hat, ohne daß irgend eine Durcharbeitung des Stoffes erlangt wird, so hat der naturwissenschaftliche Unterricht wenig Wert und könnte füglich dann dem Privatstudium überlassen bleiben.

Ein solcher Unterricht schadet, weil er die falsche Vorstellung hervorruft, als sei damit der Inhalt und Bildungswert der Wissenschaft erschöpft, und kann den Irrtum herbeiführen, man habe die Prinzipien jener Wissenschaften erfaßt, da man ja mit Hilfe des formalen Geschicks, das der Sprachunterricht geben kann, nun auch naturwissenschaftliche Dinge beurteilen gelernt habe.

Die Einzelkenntnisse sind für die Vertreter dieser Richtung ganz gleichgültig; sie glauben ohne Kenntnisse tief in die Naturwissenschaften eingedrungen zu sein. Wenn solche Anschauungen, die überdies in dem naturwissenschaftlichen Unterricht etwas Aufgedrungenes sehen, auch wohl nicht den Leitern der Anstalten inne wohnen,

so trägt doch ohne Frage der Umstand, daß die Direktoren an Gymnasien fast immer Altphilologen, an den Realanstalten Alt- oder Neuphilologen, seltener Mathematiker und sehr selten Naturwissenschaftler sind, dazu bei, daß manches, was für den Unterricht selbst innerhalb des jetzigen Rahmens geschehen könnte, nicht geschieht, daß keine sachgemäße Kontrolle des Unterrichts stattfindet und so der Unterricht in ungehöriger planloser Weise gegeben wird.

Der Vorbildung nach vermag ein mathematisch-naturwissenschaftlicher Lehrer von allgemeiner sprachlicher Vorbildung selbst eine klassische Anstalt ebenso gut zu leiten, wie ein Alt- oder Neusprachler ein Realgymnasium oder gar eine Oberrealschule. Es ist daher wünschenswert, daß bei der Besetzung der Direktorenstellen Personen, die neben ihrer Fachbildung entweder allgemeine mathematisch-naturwissenschaftliche oder allgemeine linguistische Kenntnisse besitzen, besonders berücksichtigt werden, wenn sie im übrigen auch für ein Direktorat geeignet sind.

Bei den Gymnasien wäre es dringend wünschenswert, wenn Physik und Chemie in der mündlichen Abiturientenprüfung irgend wie berücksichtigt würden, erst dadurch gewinnt der Gegenstand in den Augen der Schüler Wichtigkeit, erst dann fühlen sich viele bewogen, nicht teilnahmslos dem Unterricht zuzuhören, sondern zu versuchen, den Gegenstand zu lernen. Das Interesse vermag in manchen Fällen den äusseren Antrieb zu ersetzen, in den meisten Fällen ist dies aber nicht der Fall, da sehr oft in den oberen Klassen die Interessen gar nicht mehr auf dem Schulgebiet liegen; durch Hinzufügen des Prüfungsgegenstandes würde auch eine Billigkeit in Beziehung auf die Realgymnasialprüfung geschaffen, wo die Zahl der Prüfungsgegenstände größer ist. Es könnte hier auch die schriftliche Prüfung ein für allemal auf Physik oder Chemie beschränkt werden, damit nicht die Schüler immer auf zwei schriftliche Arbeiten vorbereitet sein müssen.

Für die Realgymnasien und Oberrealschulen, wo die Ziele der Pläne verhältnismäßig nicht so hoch und die allgemeinen Hemmnisse nicht so groß sind, könnten dieselben eher erreicht werden; man brauchte nur die Stellung dieser Wissenschaften im Schulunterricht zu heben und die äusseren Bedingungen etwas günstiger zu gestalten. —

Von den allgemeinen Hemmnissen tritt besonders die Stundenzahl hervor. Bei allen drei Kategorien der Anstalten vermag der biologische Unterricht den gesteckten Zielen gar nicht gerecht zu werden. Das bis Untersekunda am Realgymnasium und Oberrealschulen Gewonnene geht auf der Oberstufe vielfach wieder verloren, selbst wenn die Lehrer der Naturwissenschaften, soweit es möglich ist, einzelnes im Anschluß an den Hauptunterricht wiederholen; noch weniger befriedigend liegt die Sache bei den Gymnasien, wo der Unterricht schon in O. III aufhört.

Ebenso steht es mit der Geographie, die bei der heutigen Entwicklung Deutschlands in maritimer, colonialer und kommerzieller Beziehung bessere Resultate erzielen müßte, als dies bisher der Fall ist. Man lege überall die Geographie in die Hand der Naturwissenschaftler und führe sie getrennt von der Geschichte, wenigstens in einer Stunde bis O. I durch, worauf dann im mündlichen Examen ein Ausweis verlangt werden müßte.

Für die Gymnasien würde eine Verbesserung der Lage eintreten, wenn die Stundenzahl in den oberen Klassen auf die Zahl der Realgymnasien und Oberrealschulen erhöht würde, sodaß durchweg in den oberen Klassen 30 Stunden gegeben würden; die gewonnenen Stunden werden der Geographie und den Naturwissen-

schaften zugelegt. Aber auch eine Erhöhung auf 32, wie sie bei den Frankfurter Reformschulen durchgeführt ist, würde für junge Leute im Alter von 16 bis 20/21 Jahren keine zu große Belastung sein. Leicht ließen sich dann die Pläne der Gymnasien und Realgymnasien einander angleichen . . . Die Stundenzahlen früherer Pläne gestatteten vielfach eine weitergehende Berücksichtigung der naturwissenschaftlichen Fächer, in den 60er und 70er Jahren konnte an Realanstalten Technologie und Geologie gelehrt werden (bis O. I); selbst an der Vorschule wurden unterrichtliche Versuche in den Naturwissenschaften gestattet . . . Die Verschiebung der Stunden nach den letzten Plänen zu Gunsten der realistischen Fächer ist eine scheinbare dadurch, daß die Herabminderung der Stundenzahl von den sprachlichen Fächern getragen wurde. Die Periode von 1856—1882 war für die Entwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts an Gymnasien bei weitem am ungünstigsten. —

Methodik und Lehrervorbildung haben seit 1890/92 einen so bedeutenden Fortschritt gemacht, daß die Übelstände, die in dieser Beziehung und somit auch im Unterricht selbst vorhanden waren, bedeutend herabgemindert sind und immer mehr schwinden werden, wenn systematisch die Vorbildung der naturwissenschaftlichen und mathematischen Lehrer vervollkommenet und ihre Fortbildung während des Berufs veranlaßt und erleichtert wird. Der Lehrer ist der Mittelpunkt, die Seele des Unterrichts, von seinem Können, seiner idealen Auffassung des Berufs hängt das Gelingen des Unterrichts ab. Letztere läßt sich nicht lehren. Vielleicht hat dieselbe bei der jetzigen Generation durch anderweitige Interessen etwas gelitten; aber das erste läßt sich erzielen.

[Nachdem dann der Verfasser auf Vereine und Unterrichtszeitschriften hingewiesen, die der Fortbildung der Lehrer dienen, bespricht er die Einrichtung der naturwissenschaftlichen Ferienkurse, die seit Ostern 1891 in Berlin und ähnlich auch anderwärts abgehalten worden sind, und gedenkt dann der speziellen Unterrichtskurse, die seit dem vorigen Jahr von seiten des königl. preussischen Unterrichtsministeriums für die Vor- und Weiterbildung der Lehrer eingerichtet sind:]

Da der Versuch ein wohlgelungener zu nennen war, hat der Fiskus, um die Kurse in erweitertem Umfange durchführen zu lassen, Räume in der alten Urania gemietet und eine neue Organisation eingeleitet. Schon jetzt läßt sich sagen, daß die Einrichtung außerordentlich vorteilhaft wirken wird und daß, wenn das Institut weiter ausgebaut und organisiert wird, die Klagen, daß die naturwissenschaftlichen Lehrer nicht genügend vorgebildet seien, mehr und mehr verstummen werden.

Oft ist mir von verschiedenen Seiten gesagt worden: „schaffen Sie tüchtige, gut vorgebildete Lehrer und die Frage des naturwissenschaftlichen Unterrichts und der Berücksichtigung der Naturwissenschaften an den Gymnasien ist gelöst.“ Der vom Staate eingeschlagene Weg führt zum Ziele, wenn auch hervorgehoben werden muß, daß der tüchtigste Lehrer unter sonst ganz ungünstigen Bedingungen nicht alles leisten kann. Vor allem müßten die Kurse in der alten Urania weitergeführt, aber nicht bloß für Berlin und Umgebung nutzbar gemacht werden, sondern für die ganzen östlichen Provinzen.

Wenn die Ausstattung der alten Urania, über die der Fiskus dauernd das Verfügungsrecht haben müßte, durch ein Extraordinarium, das keine bedeutende Höhe erreichen würde, durchgeführt ist, lassen sich auch in den großen Ferien Kurse abhalten für auswärtige Lehrer, die Lehrkräfte würden sich finden, da Universität und Hochschule zu der betreffenden Zeit noch keine Ferien haben und auch von den Lehrern manche, die die Kurse leiten können, ihrer sonstigen Ar-

beiten und Verpflichtungen wegen in Berlin bleiben. Noch mehr würden die Übelstände in der Lehrervorbildung beseitigt, wenn jeder Lehrer, der nicht praktische Kurse durchgemacht und Kenntnisse in der Anwendung der Naturwissenschaften erworben hat, einen solchen Kursus durchmachen muß. Freilich wäre dann eine Beihilfe für die betreffenden Lehrer zu geben und eine Kontrolle ihrer Thätigkeit einzurichten.

Ich fasse das Gesagte nunmehr dahin zusammen, daß die Lehrervorbildung für Naturwissenschaften seit 1890/92 einen bedeutenden Fortschritt gemacht hat; die vom Staate im besonderen getroffenen Einrichtungen: Ferienkurse, praktische Kurse und Vorlesungen und Exkursionen verschiedener Art werden, wenn sie systematisch weitergeführt und erweitert werden, eine Lehrerschaft heranbilden, die dann den modernen Anforderungen in Beziehung auf naturwissenschaftlich-mathematischen Unterricht, insbesondere auch nach der technischen und angewandten Seite hin, gewachsen ist.

Erweitern sich diese Einrichtungen zu einem naturwissenschaftlichen Schulinstitut, das auch die verschiedenen Sammlungen (physikalische und chemische Apparate, Modelle, zoologische und botanische, geologische und mineralogische Unterrichtsmittel) berücksichtigt, so könnte sich hier zugleich die Lösung der Frage der Beschaffung der Unterrichtsmittel anschließen, wie die Centralauskunftsstelle wesentlich die Lehrbuchfrage und die Frage der Verwendung typographischer Lehrmittel (Tafeln, Abbildungen u. s. w.) fördern könnte.

Bei der Überproduktion in beiden Gebieten ist es notwendig, bestimmte Direktiven zu geben und namentlich Gelegenheit zu bieten, die Unterrichtsmittel selbst zu sehen, um sie vergleichen zu können, auch müßten über Bezugsquellen, methodische Verwendung der Hilfsmittel resp. Darstellung und Anfertigung derselben den Lehrern der Naturwissenschaften und Mathematik Mitteilungen (auch für diesen Unterricht sind gewisse Anschauungsmittel notwendig) und Darlegungen gemacht werden.

Bezüglich der Lehrmittel mag hervorgehoben werden, daß die Lehrmittelsammlungen an den meisten Anstalten, wenigstens in den großen Städten, viel zweckmäßiger und reicher seit zehn Jahren ausgestattet sind. Eine Feststellung der Schulen, wo hierin besondere Mängel vorhanden sind, die abgestellt werden müßten, wäre erwünscht. Freilich findet — diesen Übelstand hervorzuheben fühle ich mich verpflichtet — eine viel zu geringe Benutzung der Lehrmittel statt; es hängt dies mit der mangelhaften Vorbereitung für den Unterricht, die aus Bequemlichkeit einzelner Lehrer entspringt, zusammen.

[Hinsichtlich der Methode wird auseinandergesetzt, daß in Bezug auf diese ein wesentlicher Fortschritt zu verzeichnen sei. Die Methode in den naturwissenschaftlichen Fächern und in der Mathematik stehe in ihrer Ausbildung nicht hinter den Methoden der sprachlichen Fächer zurück.]

Als besonderen Fortschritt möchte ich bezeichnen, daß beim naturwissenschaftlichen Unterricht das Zeichnen, das überall verwendet werden muß, auch vielfach verwendet wird. Die Lehrer haben die Schüler zur Wiedergabe des Gesehenen anzuleiten, und unterstützen dabei die eigene Darlegung durch zweckmäßige Zeichnungen. Da schon in Sexta zeichnerische Wiedergabe des Stoffes in Naturgeschichte und Geographie verlangt wird, scheint es zweckmäßig, in VI wieder den Zeichenunterricht einzuführen, was keine große Belastung hervorbringen dürfte. Das durch die Pläne von 1882 vorgeschriebene geometrische Zeichnen in V hat sich meiner

Erfahrung nach sehr bewährt; auch jetzt wird dasselbe vielfach noch in einer Stunde zum Nutzen der Geometrie und allgemeinen Anschauung an einzelnen Schulen im Zeichnen der V geübt; es sollte hierfür eine Stunde obligatorisch festgesetzt werden, die in die Hand eines Mathematikers gelegt werden könnte; eine Stunde Freihandzeichnen reicht dann aus.

Nach den neuen Plänen waren „Physikalische Übungen“ gestattet; an Gymnasien und Realgymnasien ist davon Gebrauch gemacht. Diese Einrichtung hat sich sehr vorteilhaft erwiesen, freilich konnte sie nicht immer consequent durchgeführt werden, da die Einrichtung da, wo die Stunden nicht etatsmäÙig für den Lehrer gerechnet werden, für die Lehrer eine große Belastung herbeiführt; auch kann bei den Schülern Überbürdung eintreten; vielfach fehlen überdies die geeigneten Lehrkräfte. Diese Einrichtung, sowie die regelmäÙigen technologischen und naturwissenschaftlichen Exkursionen der Schüler würden eine wesentliche Förderung erfahren, wenn diese Stunden für die Lehrer als Pflichtstunden gerechnet würden, wie auch die Stunden für die Übungen im chemischen Laboratorium. (Am Dorotheenstädtischen Realgymnasium hat der Lehrer, der die Exkursionen übernimmt, sonst nur 17 Stunden und jede Stunde der praktischen Übungen wird auch als pflichtmäÙige gerechnet.) Hierdurch würde für die Lehrer die Möglichkeit gegeben, diese Einrichtung durchzuführen, die immerhin aber einen bedeutend größeren Zeitaufwand erfordert, als diese lektionsplanmäÙige Stundenzahl ergibt. Bei Einführung der Übungen und technischen Exkursionen würden nach der angewandten und technischen Seite hin die Fortschritte des naturwissenschaftlichen Unterrichts bedeutender werden. Durch solche regelmäÙig durchgeführte Besichtigungen und Exkursionen erwächst dann auch dem Lehrer die Pflicht, sich mit der Technik und den verwandten Gebieten eingehend zu beschäftigen. Berücksichtigt man nun die Technik noch als Anknüpfungsunterricht, so würde dies vielleicht auch, wie ich in früheren Abhandlungen hervorgehoben habe, den ethischen Erfolg haben, daß bei den Schülern eine höhere Werthschätzung des praktischen Arbeitens eintritt, wodurch eine Herabminderung der Überhebung auf Grund der klassischen Bildung, die oft den Gymnasialschülern vorgeworfen wird, herbeigeführt werden könnte.

Für Gymnasien muß der naturwissenschaftlich-mathematische Unterricht dahin gelangen, daß er den Abiturienten namentlich auch bei den späteren juristischen Studien, die zur Verwaltungslaufbahn berechtigen, eine so sichere und feste Grundlage giebt, daß die einzelnen später bei Beurteilung technischer Fragen sich weiter orientieren können, und daß sie die Basis für naturwissenschaftliche Studien wie für die Medizin gelegt haben

Die Klage über mangelhafte Vorbildung der Studierenden, über Mangel an Fleiß und materialistisches Streben derselben sind sehr alt und erklären sich leicht daraus, daß viele das Studium nicht der Wissenschaft oder des Faches wegen ergreifen, sondern es von vornherein als Brotstudium betrachten. Bezüglich der Vorbildung sind die Klagen um so lebhafter, je höher sich die Forderungen in den Einzelgebieten steigern; klagen doch selbst die Professoren der Philologie über mangelhafte Vorbildung der für dieses Fach besonders vorgebildeten Gymnasialschüler: am lebhaftesten sind die Klagen der Technischen Hochschulen über die geringe Fachvorbildung der humanistisch gebildeten Schüler. Es mag die Behauptung gerechtfertigt sein, daß die besonders wenig vorgebildeten Schüler der Gymnasien die Entwicklung der Technischen Hochschulen hemmen; im einzelnen werden manche im stande sein, die mangelnden Kenntnisse nachzuholen, wenn die Gelegenheit dazu

an den Hochschulen geboten wird. Aber bei der Fülle des immer mehr anwachsenden Stoffs auf allen Gebieten, bei den mit Recht erhöhten Anforderungen, erhält die ganze Frage dadurch eine andere Wendung, daß man in Erwägung ziehen muß, ob nicht von den bei der Fachvorbildung geforderten Kenntnissen ein Teil schon auf der Schule gewonnen werden kann; kurz, daß man einen Teil der jetzt an den Hochschulen übermittelten Kenntnisse schon von den Vorbildungsanstalten verlangt. Es würde so die Schulreform die Hochschulreform nach sich ziehen. Die Collegien in den einzelnen Disziplinen (Physik, Chemie, Mathematik u. s. w.) müßten in ganz anderer Weise gelesen werden; manche Collegien würden ganz in Fortfall kommen können; kurz, die Hochschulen müßten zum Theil ihren Unterricht ändern, was meiner Ansicht nach nicht plötzlich geschehen kann und überdies außerordentlich schwierig herbeizuführen ist, da man Inhalt und Methode der Übermittlung der Kenntnisse durch Vortrag garnicht schematisieren darf. Wollte man dagegen einzelnen Forderungen nachkommen, z. B. auf den Schulen die Elemente der Differential- und Integralrechnung lehren lassen, so würde dies, wenn solche Forderungen an alle Schulen gestellt werden, eine unerträgliche Überlastung herbeiführen; wenn aber nur einzelne daran teilnehmen sollen, würde dies eine Umänderung der allgemeinen Schulen in Fachschulen bedeuten; vielleicht liefse sich der Versuch an Oberrealschulen machen, wo dies schon früher geschehen ist, ohne daß damals ausreichende Erfolge derart erzielt wurden, daß die Studierenden an der Hochschule von einzelnen Fächern befreit waren. Eigentliche Fachkurse sind auch schon einigen Schulen, namentlich Oberrealschulen, angeschlossen, ohne dass sie besonderen Anklang gefunden hätten.

Bei solchen Forderungen aber bedenkt man nicht, daß die Fassungskraft der Schüler durchschnittlich viel begrenzter ist, als gewöhnlich angenommen wird. Fast alle jungen Lehrer müssen die Erfahrung machen, daß sie dieselbe weit überschätzt haben, und nun bedenke man, was es heißt, neben Differential- und Integralrechnung neuere Sprachen, Physik, Chemie, Litteratur, Geschichte und die anderen Schulwissenschaften bis zu einem bestimmten Abschluss zu treiben! Wird da der Unterricht nicht schließlic auf Abrichtung in einzelnen Teilen hinauslaufen? Ist doch die Gefahr für den naturwissenschaftlichen und mathematischen Unterricht eine außerordentlich große, daß jüngere Lehrer das, was sie eben mühsam sich angeeignet haben, sofort ohne hinlängliche Verarbeitung auf den Unterricht übertragen! Wenn den Schülern die Unterschiede von Entropie und Energie, der Potentialbegriff in der abstrakten Form der Annäherung vom Unendlichen aus mitgeteilt wird, wenn der Drehstrom mit 17jährigen Schülern erörtert wird, so erweckt solcher Unterricht vielleicht den Schein großartiger Leistungen, zeitigt aber in Wirklichkeit keine oder nachteilige Resultate, d. h. höchstens ein Scheinwissen. Nur die Elemente der Wissenschaften sind auf der Schule zur Beherrschung zu bringen. Der Schüler ist dann befähigt, auch Weitergehendes auf dem Gebiete zu verstehen, und, wenn es das Fach verlangt, sich anzueignen

Viel vorteilhafter, als das Abschieben ganzer Wissensgebiete auf die höheren Lehranstalten wird es für die Hochschulen jeder Art sein, wenn sie genau wissen, welche Kenntnisse als sicheres Eigentum der Studierenden vorhanden sind; wenn man weiß, daß sphärische Trigonometrie, die Lehre von den Kegelschnitten, Verständnis graphischer Darstellungen von allen sicher beherrscht wird, wenn man weiß, daß alle Studierenden die Elemente der Chemie so beherrschen, daß sie mit den verschiedenen Darstellungen, Eigenschaften und der Verwendung der gewöhn-

lichsten chemischen Verbindungen und mit grundlegenden Theorien bekannt sind, dann wird sich der Hochschulunterricht dahin vereinfachen lassen, daß man diese Dinge repetitionsweise berührt und auf denselben fufst, wie der Philologe sichere grammatische Kenntnisse der Gymnasialschüler voraussetzt.

Wollte man jene Forderungen weiter begründen, so führte dies zu einer ganz speziellen Festlegung des Stoffes, der Experimente und des Anschauungsmaterials, welche auf den Schulen berücksichtigt werden müßten. Ohne eine vollständige Änderung in den Lehrplänen der höheren Schulen ist also das Hinüberschieben ganzer Gebiete, die bisher der Hochschule angehörten, nicht möglich.

Unsere Schulen müssen allgemeine Bildungsstätten bleiben, nachdem die Universität und Technische Hochschule schon längst Bildungsstätten für Berufe geworden sind Die höheren Schulen sollen allgemeine Vorbildungsanstalten bleiben; sie sollen nicht für Technik, für Philologie, für Mathematik, für Chemie u. s. w. allein Vorbilden; sie sollen allgemeine Bildungsmomente benutzend durch Betonung des einen oder andern gleichzeitig eine bessere Fachvorbildung nach der einen oder anderen Seite hin erzielen; beides möglichst zu vereinen muss eine Aufgabe der Reformen sein.

Ein neues Knallgasvoltameter.

Von

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

Bereits vor zwei Jahren habe ich eine für Unterrichtszwecke abgeänderte Form des Knallgasvoltameters beschrieben und bei der Gelegenheit auch die Bedeutung und Technik voltametrischer Schulversuche im allgemeinen berührt. Die meisten Fachleute dürften aus eigener Erfahrung wissen, daß das auf dem Papier so einfache Knallgasvoltameter, wie es in den Lehrbüchern beschrieben wird, für den Schulgebrauch unbequem und mit störenden Fehlerquellen behaftet ist. Eine Hauptschwierigkeit bietet der schnelle Temperaturwechsel eines Lehrzimmers. Ich suchte sie bei der gedachten Konstruktion dadurch zu beheben, daß ich den Gasrecipienten mit einem weiten Wassermantel umgab. Die Zelle blieb aber noch außerhalb desselben in freier Luft. Überdies mußte der Apparat, wie die meisten seiner Art, jedesmal mit Opfern an Zeit und Mühe zusammengebaut werden. Deshalb wurde die Arbeit später wieder aufgenommen, um ein in jeder Hinsicht befriedigendes, geschlossenes Knallgasvoltameter herauszubringen. Nunmehr erscheint mit der nachfolgend beschriebenen Konstruktion das Ziel erreicht.

Der neue Apparat ist in Fig. 1 in $\frac{1}{5}$ nat. Gr. dargestellt. *A* ist die Zersetzungszelle, *F* der Gasrecipient, beide in einem weiten Standeylinder mit Wasser umgeben. Das entwickelte Knallgas geht durch die Rohre *B* und *C* zum Dreiweghahn *D* und von dort je nach der Stellung des Hahns in die Pipette *F* oder durch das Entbindungsrohr *H*. Die Pipette ist auf Präzision geächt und faßt zwischen den Hauptmarken 50 ccm. Auf dem Rohr sind außer der Marke 50 noch solche für 49, 51, 52 ccm, deren Intervalle eine feine Teilung in $\frac{1}{10}$ ccm haben. Die Nullmarke befindet sich auf dem ziemlich engen Stiel *E*, bis wohin auch das Wasser des Cylinders reicht. Dadurch, daß man das Hahnenküken ein wenig herauszieht, füllt sich die Pipette sofort bis zur Nullmarke mit Wasser. Der Hahn erhält für gewöhnlich die Ruhestellung \perp , bei welcher das Gas durch *H* ins Freie entweicht. Soll eine Messung

ausgeführt werden, so dreht man auf einen bestimmten Schlag eines Sekundenschlägers oder Uhrpendels den Hahn in die Stellung \perp , zählt weiter, bis das Gas an den Strich 50 gelangt, und dreht auf den nächsten vollen Schlag zurück in die Ruhelage. Nachdem abgelesen, kann ohne weiteres eine zweite Bestimmung folgen. Handelt es sich, was die Regel, um constante Ströme, so zählt man bei der zweiten Bestimmung einfach bis zu dem Sekundenschlag, welcher der ersten gemäß 50 ccm am besten entspricht, und dreht ohne hinzusehen den Hahn zurück.

Die Form der Zersetzungszelle und Elektroden ist ohne weiteres aus der Zeichnung zu ersehen. Die Elektroden J und J' bestehen aus Nickelblech und werden durch Streben N aus Hartgummi in bestimmtem gegenseitigen Abstände gehalten. Nickeldrähte von 2 mm Stärke, welche mit den Blechen vernietet sind, gehen, durch Kautschuk abgedichtet, durch die Ansätze $M M'$ zu den Klemmen $L L'$.

Als Elektrolyt dient eine gesättigte Barytlösung. Darin liegt eine nicht unwesentliche Neuerung. Alkalilösungen schäumen selbst bei starker Verdünnung bis zum Übersteigen. Barytwasser thut das nicht. Die Verwendung von Nickel in alkalischer Lösung an Stelle des Platins in verdünnter Säure verbilligt den Apparat um etwa 30 M. Derselbe kann jedoch selbstverständlich auf Bestellung eine Platingarnitur erhalten.

Der Deckel O aus Korkstoff ist nach seinem Durchmesser geteilt und an der Fuge mit halbrunden Ausschnitten für B, E, H, K versehen. Ein Ring P aus Messingblech hält die beiden Hälften zusammen. Durch den Deckel geht noch ein Glasrohr bis auf den Boden zum Einblasen von Luft zum Zwecke des Umrührens. Außerdem ist noch ein Loch zum Einführen eines Thermometers vorgesehen.

Um aber die Reduktion auf Normalverhältnisse völlig automatisch zu machen, wird der Apparat mit einem Thermobarometer besonderer Construction versehen, welches in Fig. 2 im $\frac{3}{4}$ Maßstabe der Hauptfigur gezeichnet ist. Es hat entsprechend der Pipette F die Form einer schmalen Pipette, deren Stiel durch den Deckel geht und durch einen Hahn abgeschlossen ist. Das etwa 3 mm weite Rohr aber ist in Form eines Kreises gebogen, der sich in horizontaler Lage in der Höhe der 50 ccm-Marke um A und F schlingt. Von einer nahe hinter dem Knick liegenden Nullmarke beginnend, hat das Kreisrohr eine Teilung, die nach sorgfältigem Auskalibrieren so hergestellt ist, daß zwischen je zwei Hauptstrichen genau $\frac{1}{100}$ des bis zur Nullmarke gehenden Volums liegt. Die Felder sind durch Farbenhinterlage und aufgeschobene Ringe auf mehrere Meter hin gekennzeichnet. Für den Beobachter in der Nähe ist noch eine feinere Teilung in Tausendstel angebracht. Das Justieren und gelegentliche Nachjustieren dieses Thermobarometers geschieht in gewöhnlicher Weise mittelst Thermometer und Barometer. Der Index besteht aus gefärbtem Wasser, das mittels eines Schlauches durch den Hahn eingeblasen und an die richtige Stelle getrieben wird. Einmal richtig eingestellt, zeigt er direkt das Volum, auf welches das Normalvolum 100 gedehnt ist; und das gemessene Knallgasvolum wird durch Division mit dieser Zahl corrigiert. Da der Stiel mit gelinder

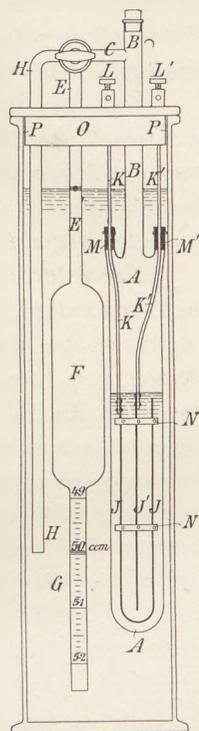


Fig. 1.

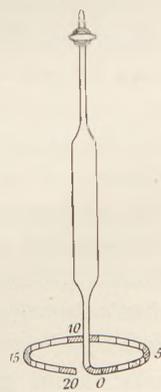


Fig. 2.

Reibung durch ein Korkfutter des Deckels geht, kann bei jeder Ablesung das Ringrohr genau in die Höhe des Meniskus in der Mefspipette gestellt werden. Die Schüler können den Korrektionsfaktor von ihren Plätzen bis auf $\frac{1}{1000}$ abschätzen, der Beobachter in der Nähe noch weit genauer. Durch diesen äußerst empfindlichen und bei gewissenhafter Herstellung auch sehr genauen Hilfsapparat ist der Gebrauch des Knallgasvoltameters ungemein vereinfacht worden.

Dafs der Druck innerhalb des Apparats gleich ist dem Luftdruck vermehrt um den Druck der Wassersäule (etwa 18 cm), braucht kaum gesagt zu werden. Um so ausdrücklicher sei darauf hingewiesen, dafs dadurch, dafs das untere Ende des Entbindungsrohrs *H* mit der 50 ccm-Marke gleich hoch liegt, der Anfangs- und Enddruck in *A* gleich gemacht wird.

Nach der vorstehenden Beschreibung und angesichts der Zeichnung wird jeder Sachverständige zu der Überzeugung gelangen, dafs die Messung des entbundenen Knallgases bei diesem Voltameter überaus genau ausfallen mufs. Selbst die Schüler können von ihren Plätzen noch $\frac{1}{10}$ ccm abschätzen, also $\frac{1}{500}$ des Ganzen. Ebenso genau ist die Zeitmessung. Beim lauten Zählen kann man den Moment eines bestimmten Sekundenschlags bis auf $\frac{1}{10}$ Sekunde genau hören. Der Moment des Hahndrehens wird auch nur $\frac{1}{10}$ Sek. verspätet erfolgen, und zwar zu Beginn und Schlufs in gleicher Weise, so dafs sich dieser persönliche Fehler forthebt. Thatsächlich stimmen bei constanten Strömen von 3—5 Amp. aufeinander folgende Messungen nahezu bis auf $\frac{1}{1000}$ überein. Beispielsweise wird bei Zimmertemperatur und 4 Amp. die 50 ccm-Marke beim Sekundenschlag 68 erreicht, so dafs $\frac{1}{10}$ Sekunde $\frac{1}{680}$ bedeutet. Selbstverständlich verringert sich bei schwächeren Strömen der Fehler noch entsprechend. Aber in demselben Mafse wird der Ablesungsfehler an dem zugleich eingeschalteten Galvanometer gröfser. Ich benutze das von mir beschriebene Wagegalvanometer (diese Zeitschr. X, 5), an dem die Schüler von ihren Plätzen bis auf $\frac{1}{100}$ Amp. ablesen können. Für diese Apparatur ist 5 Amp. die günstigste Stromstärke.

Was die Fehlerquellen infolge sekundärer chemischer Vorgänge in der Zersetzungszelle betrifft, so haben sie mit der Konstruktion des Voltameters und der Mefsmethode nichts zu thun. Sie äußern sich bei diesem wie bei jedem anderen Knallgasvoltameter. Unvermeidlich ist die elektrolytische Convektion. Sie wird aber bei grofsen Stromdichten relativ unmerklich. Bei dem beschriebenen Apparat mit etwa 40 qcm wirksamer Elektrodenfläche liegt die untere Grenze etwa bei 2 Amp., bei welcher Stromstärke man 0,5 % zu wenig Knallgas erhält. Bei 0,2 Amp. beträgt das Minus 3,3 %. Man könnte nun einwenden, es wäre besser gewesen, kleinere Elektroden zu nehmen. Dann wäre aber auch der Widerstand gröfser. Die Zelle der beschriebenen Gröfse hat 0,5 Ohm und giebt mit 3 Akkumulatoren kurz geschlossen 6,7 Amp., wonach die Polarisation beiläufig 2,5 Volt beträgt. Zwei Akkumulatoren geben kurz geschlossen nicht ganz 3 Amp. Die beschriebenen Mafse sind eben den Einrichtungen und Apparaten unserer Anstalt angepaft. Wer mit schwächeren Strömen arbeiten will, weil vielleicht sein Galvanometer dafür besser paft, kann kleinere Elektroden bestellen. Umgekehrt müfste für stärkere Ströme, z. B. 10 Amp., die Pipette nicht 50 ccm, sondern 100 ccm fassen. Ich habe mir für ganz schwache Ströme ein Mikrovoltameter hergestellt, welches das 10mal verkleinerte Abbild des beschriebenen ist. Die Elektroden sind 5 cm lange Nickeldrähte von 0,5 mm Stärke. Es zeigte für eine Stromstärke von 0,163 Amp. in 4 verschiedenen Versuchen 0,161, 0,164, 0,162, 0,163. Als Galvanometer diente das Wagegalvanometer,

aber unter Anwendung des Voltrahmens, nachdem es zuvor mit dem Silbervoltmeter genau geeicht worden.

Das neue Knallgasvoltmeter darf demnach beanspruchen, als ein allen älteren Konstruktionen überlegenes Präzisionsinstrument zu gelten. Sein Hauptvorteil ist aber seine Geschlossenheit und Bequemlichkeit. Obwohl in erster Linie für die Zwecke des Unterrichts konstruiert, ist es auch für Wissenschaft und Technik geeignet und dürfte sich namentlich zur Eichung von Strommessern empfehlen.*)

Über unipolare Induktion.

Von

M. de Waha in Luxemburg.

Unter vorstehendem oder ähnlich lautendem Titel wurden in letzter Zeit in den „Annalen der Physik“ verschiedene Arbeiten¹⁾ veröffentlicht, die wohl hauptsächlich bezweckten, den relativen Wert der zur Erklärung der unipolaren Induktionserscheinungen aufgestellten Theorien darzulegen. In einer dieser Arbeiten²⁾ stellt Herr E. LECHER die Behauptung auf, „dafs selbst Lehrbücher ersten Ranges und neuesten Datums, um pädagogische Schwerfälligkeiten zu meiden, zwei nicht immer ganz vereinbare Ideenkreise in einer pädagogisch unendlich bequemen, aber nicht einwandfreien Weise verknüpfen.“ Dafs die Ursache hiervon ausschliesslich der Pädagogik zur Last gelegt werden soll, bezweifle ich; sie wird wohl etwas tiefer liegen. In der Pädagogik, wie in den andern Wissenschaften, ist das Wahre wohl immer das Einfachste, wenn es nur recht erkannt ist. Daher ist die Frage erlaubt, ob wohl der Begriff, den die heutige Wissenschaft von den Kraftlinien giebt, vollständig und richtig ist. Von Faraday sagt Herr LECHER, dafs dessen Begriffe von Kraftlinien sich erst allmählich ausbildeten. Dieser Ausspruch läfst sich, wie mir scheint, nicht allein auf diesen oder jenen Forscher, sondern auf die Wissenschaft als solche anwenden. Die soeben angeführten Arbeiten beweisen, dafs auch heute noch die Vorstellung vom magnetischen Felde, von den Kraftlinien, den Magnetpolen u. s. w. eine unvollkommene ist. Mithin ist es natürlich, dafs der Lehrende zu jenem Erklärungsmittel greift, das er als das einfachste, und seinen speziellen Ideen am meisten entsprechend ansieht. Zur Erklärung der unipolaren Induktionserscheinungen werden, soweit mir bekannt, zwei Theorien herangezogen: die Poltheorie und die Kraftlinientheorie. Letztere teilt sich wieder in zwei, je nachdem ihre Anhänger das Feld bei einer Rotation des Erregers als mitrotierend oder als feststehend erachten. Ich will jetzt an der Hand einiger Versuche die beiden Theorien etwas näher auf ihre Haltbarkeit untersuchen.

I. Versuche.

In dem dritten Bande der fünften Auflage, Seite 1019 des Wüllnerschen Lehrbuches der Physik wird als notwendige Folge der vorher mathematisch behandelten Poltheorie folgendes Prinzip aufgestellt:

„Man kann in dieser Weise auch einen Magnet um seine eigene Achse zur Rotation bringen. Die Bedingung, unter welcher dieses eintritt, ist wieder dieselbe, es mufs ein Teil des Stromes mit dem Magnete fest verbunden sein, am besten durch ihn selbst fliefsen; der übrige Teil des Stromes erteilt ihm dann die Drehung um die Achse, vorausgesetzt, dafs nicht die Punkte, an welchen der Strom in die Achse selbst tritt, an derselben Seite eines Poles liegen oder durch den ganzen Magnet von einander getrennt sind; die beiden Punkte müssen durch einen der Pole von einander getrennt sein.“

*) Die Firma Max Kahler & Martini, Berlin, hat die Herstellung des Apparats übernommen.

¹⁾ E. Lecher, Ann. d. Phys. 54, S. 276, 1895; 69, S. 781, 1899; 3, S. 513, 1900. — W. König, Ann. d. Phys. 60, S. 519, 1899; 2, S. 854, 1900. — H. Lorberg, Ann. d. Phys. 3, S. 522, 1900.

²⁾ E. Lecher, Ann. d. Phys. 3, S. 513, 1900.

Als experimentellen Beweis für diese Behauptung wird dann der allgemein bekannte, klassische Apparat von Ampère (Fig. 1) angeführt. Auf Seite 1020 oben heißt es: „der über dem Pole A und in dem Punkte D , zwischen den beiden Polen auf der Achse, endigende Stromteil versetzt daher den Magnet in Rotation“. Mein Gehilfe, Herr Schlick und ich haben vorstehenden Versuch in folgender einfachen Weise umgeändert.

Erster Versuch. — In nebenstehender Figur 2 ist NS ein runder Stabmagnet von ungefähr 12 cm Länge und 1 cm Durchmesser. Über denselben schiebe ich einen Kautschukring bis zur Mitte hin, und über diesen einen leichten Ring aus Holz oder Pappe und bilde so den ringförmigen Quecksilbernafp QQ . Der Magnet wird an einem seidenen Faden F aufgehängt. Am unteren Ende trägt er eine Spitze, die in den Quecksilbernafp C taucht. Will man in N kein Häkchen und in S keine Spitze anlöten, so kann man oben einen dünnen, bügel förmigen Kupferdraht mittelst eines Kautschukringes befestigen, und unten

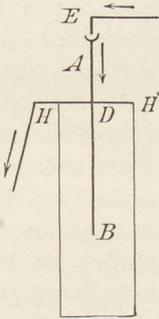


Fig. 1.

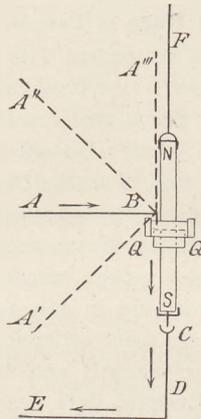


Fig. 2.

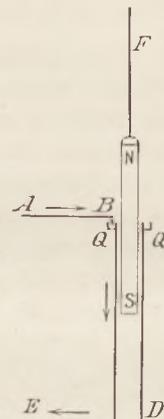


Fig. 3.

in S einen genau passenden, mit einer Spitze versehenen, Kupfering fest über den Magneten legen. Tauche ich jetzt den Zuleitungsdraht AB mit seiner nach unten gebogenen Spitze in das Quecksilber der Rinne QQ und schliesse den Stromkreis, so dreht sich der Magnet um seine Achse. Ein Strom von einem Ampère ist mehr als hinreichend, um eine lebhaftere Drehung hervorzubringen. Der Apparat hat zunächst den Vorteil, daß er mit der größten Leichtigkeit fast kostenlos hergestellt werden kann; dann versagt er nie. Er entspricht genau den im Wüllnerschen Lehrbuche aufgestellten Bedingungen. Der Strom tritt bei Q in die Feldachse und verläßt sie bei D ; der Südpol S liegt also zwischen dem Eintritts- und dem Austrittspunkt. Jetzt stellt sich die Frage: Ist es der Stromteil AB , oder vielleicht der Stromteil CD , oder vielmehr der mit dem Magneten verbundene Stromteil QSC , welcher die Drehung bewirkt? Nach etlichen Forschern ist das letztere der Fall, und es scheint das auch richtig zu sein, denn der Magnet dreht auf dieselbe Art, es mag nun der Stromteil AB horizontal oder schief ($A'B$ und $A''B$) oder sogar vertikal ($A'''B$) gerichtet sein. Immerhin hält es schwer anzunehmen, daß der durch das bewegliche Leiterstück QSC fließende Strom irgendwo eine Stütze finde, um den Magneten und mithin seinen eigenen Leiter in Bewegung zu setzen.

Zweiter Versuch. — Ich nehme eine kupferne, vertikal gestellte Röhre QD (Fig. 3), deren innerer Durchmesser um einige Millimeter größer ist als jener des Magneten, und versehe dieselbe an ihrem oberen Ende mit einem ringförmigen Quecksilbernafp QQ . Dann hänge ich den von einem Faden F getragenen Magneten NS bis zur Hälfte ungefähr in die Röhre hinein, jedoch so, daß er nirgends mit derselben in Berührung kommt. Wird der Strom jetzt durch $ABQDE$ geleitet, so erfolgt keine Drehung des Magneten, wenigstens konnte ich keine beobachten, obschon ich Ströme bis zu 12 Ampère anwandte. Nach der Poltheorie ist das negative Resultat selbstverständlich, da der Strom die Achse des Magneten gar nicht schneidet.

Dritter Versuch. — In der Figur 4 ist der vorhergehende Versuch folgendermaßen umgeändert. Um die erste Quecksilberrinne QQ , und in derselben horizontalen Ebene, wird eine zweite PP gelegt, deren innerer Durchmesser etwa 6 bis 8 cm größer ist als jener von QQ . Ein Kupferdraht AB wird mit zwei Spitzen versehen und so aufgestellt, daß die eine in die Rinne PP , die andere in die Rinne QQ taucht; dann wird dieser Draht auf irgend eine Weise mit dem Magnetstabe NS in K fest verbunden und äquilibrirt. Bei geschlossenem Stromkreise fließt der Strom durch $A'B'$ in das Quecksilber der Rinne PP , dann durch den beweglichen Leiter AB bis zur Rinne QQ , von da durch das Kupferrohr QD über E zur Säule zurück. Auch diesmal berührt er nirgends die Feldachse, und doch dreht sich der Magnet, wenn auch ein etwas stärkerer Strom hierzu notwendig ist. Die Drehung ist jedoch der in dem ersten Versuche beobachteten gerade entgegengesetzt.

Infolge dieses Ergebnisses wird es wohl schwer halten, die in dem Wüllnerschen Handbuche aufgestellten Schlußfolgerungen der Poltheorie noch weiter als den Thatsachen entsprechend zu betrachten. Man wäre wohl eher zu folgendem Schlusse berechtigt. Führt man einen linearen Strom in irgend welcher Richtung nach dem mittleren Teile eines Magnetstabes, so entsteht durch die Wechselwirkung zwischen Strom und Magneten ein Drehmoment, dessen Wert sich nur unbedeutend mit der Neigung der Stromesrichtung zur Magnetachse ändert, und das zur Folge hat, dem Magnetstabe, von oben gesehen, eine links drehende Bewegung zu erteilen, vorausgesetzt, daß das obere Ende des Stabes einen Nordpol bildet. Wird der Strom im Gegenteil von dem mittleren Teile des Magneten fortgeführt, so sucht das Drehmoment dem Stabe eine der vorigen entgegengesetzte Drehung zu erteilen. In dem ersten Versuche (Fig. 2) ist es der Stromteil AB , in dem dritten (Fig. 4) der Stromteil QD , welcher die Drehung bewirkt; in dem zweiten (Fig. 3) halten sich die durch den zuführenden Stromteil AB und den fortführenden QD erzeugten Drehmomente das Gleichgewicht. Zur weiteren Begründung dieses Ausspruches sowohl, als um die Unhaltbarkeit der auf Seite 1015 des Wüllnerschen Lehrbuches speziell aufgestellten vier Fälle zu begründen, will ich noch einige weitere Versuche anführen, die sich wohl aus den vorigen von selbst ergeben.

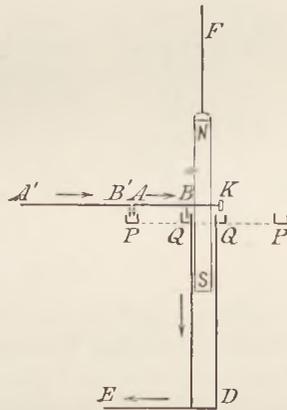


Fig. 4.

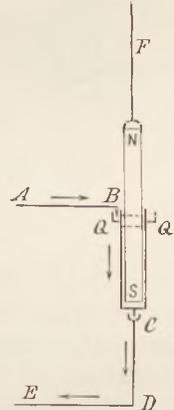


Fig. 5.

Vierter Versuch. — Ich nehme eine kupferne Röhre, deren innerer Durchmesser etwas größer ist als jener des Magneten, und deren Länge etwa die Hälfte derjenigen des Magneten beträgt, versehe sie unten mit einer Spitze und lege um den oberen Rand eine ringförmige Quecksilberrinne. Dann wird die Röhre über den Magnetstab geschoben und mittelst eines Korkes an denselben befestigt. Wie Figur 5 zeigt, wird das Ganze so aufgehängt, daß die Spitze in den Quecksilbernapf C taucht. Führe ich den Strom durch den Draht AB in die Rinne Q , von da durch das Kupferrohr in den Napf C und dann wieder zur Säule zurück, so dreht der Magnet und nimmt das Kupferrohr mit sich fort. Der Eintritt des Stromes in die Feldachse findet statt bei C , der Austritt bei D ; beide Punkte liegen außerhalb des Magneten. Um zu zeigen, daß die Drehung nicht etwa auf einer Wechselwirkung zwischen den beiden Stromteilen AB und QC beruht, kann man den Magnetstab durch einen gleichen, kupfernen Stab ersetzen, und wird dann auch bei Anwendung stärkerer Ströme keine Drehung erhalten.

Fünfter Versuch. — Der Magnetstab wird in der Mitte mit einer Quecksilberrinne umgeben, die jedoch von dem Magneten isolirt ist. Auf den oberen Pol des Magneten wird ein Kupferbügel gelegt, dessen beide Enden in das Quecksilber tauchen. Der Strom

fliest jetzt durch den Zuleitungsdraht AB (Fig. 6) in die Rinne QQ , steigt von dort in den oberen Teil des Bügels und tritt oberhalb N in die Feldachse, fließt durch den Magneten NS zum Quecksilbernapf C , von da nach D , wo er die Achse verläßt. Der Magnet liegt also ganz zwischen den beiden Punkten, wo der Strom in die Feldachse eintritt und resp. aus derselben austritt. Die Drehung findet statt wie beim ersten Versuche.

Sechster Versuch. — Die gegen die Mitte des Stabes NS (Fig. 7) hin angebrachte Quecksilberrinne QQ steht mit dem Magneten NS in leitender Verbindung. Ein wenig unterhalb derselben ist an dem Magneten ein blanker, horizontaler Metalldraht befestigt, dessen Ende in die Rinne C taucht. Letztere ist ringförmig und hat einen Durchmesser von etwas über 12 cm. Der Strom wird durch AB zugeleitet, tritt bei Q in den Magneten, verläßt denselben bei D , durchfließt den Arm DC und kehrt durch CE zur Säule zurück. Eintrittspunkt und Austrittspunkt befinden sich innerhalb der beiden Magnetpole, und doch dreht der Magnet wie in den vorhergehenden Versuchen.

Die drei letzten Versuche bestätigen die als Folge der drei ersten aufgestellte Regel. Den Gesetzen der Energiewandlungen im magnetischen Felde entsprechend, kann diese

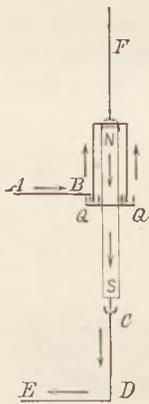


Fig. 6.

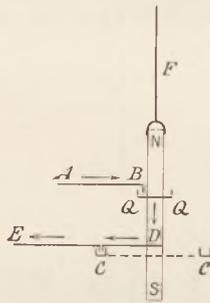


Fig. 7.

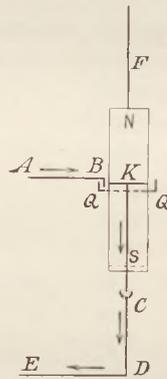


Fig. 8.

Kraft. Das Gesetz der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung führt dann zu weiteren Schlüssen.

Herr LECHER vertritt die Ansicht, daß das Feld selbst während der Rotation des Erregers um seine Achse in der Ruhe verharre. Versteht man unter magnetischem Felde den von einem Erreger in dem umgebenden Raume hervorgerufenen Energiezustand, so muß doch wohl das Feld, das Bewirkte, unzertrennlich mit dem Erreger, dem Bewirkenden, verbunden sein. Die Auffassung eines nicht mitrotierenden Feldes kann wohl dadurch begründet sein, daß bei einem durchaus symmetrischen Felde während der Rotation des Erregers um seine Achse, die alsdann zugleich Feldachse ist, in keinem Punkte des Feldes auch nur die geringste Änderung vor sich gehen kann. Alles muß bleiben, wie wenn das Feld nicht mitrotierte, sondern feststände. Ist aber diese absolute Symmetrie nicht vorhanden, ist z. B. der Magnetstab ein prismatischer statt eines cylindrischen, so zeigen die an den Kanten auftretenden Erscheinungen, daß das Feld mitrotiert. In seiner schon citierten Arbeit hat Herr LECHER gezeigt, „daß bei mitrotierendem Felde die Erscheinungen der unipolaren Induktion sich kaum, auch mit Zuhilfenahme eines Rattenschwanzes von Ausflüchten, erklären lassen.“ Hieraus schliesse ich, daß die Kraftlinientheorie noch heute nicht imstande ist, eine genügende Begründung dieser Erscheinungen abzugeben. Einen entscheidenden Versuch hierüber aufzustellen, wird wohl schwer halten. Ich will mich deshalb darauf beschränken, noch folgende Versuche zu beschreiben.

Siebenter Versuch. — In obenstehender Figur 8 ist NS ein hohler, cylindrischer Magnet. Gegen die Mitte hin trägt er nach aussen eine Quecksilberrinne QQ , nach innen eine Kupferscheibe K , an welche eine Kupferstange KS gelötet ist, die nach unten in einer

Spitze endigt und in den Napf *C* taucht. Auf diese Art ist der Magnet mit der Rinne *QQ* und dem Leiterstück *KC* unzertrennlich verbunden; das Ganze hängt an dem Faden *F*. Führt man den Strom durch die Zuleitung *AB*, so geht er senkrecht durch den Magneten zu der Scheibe *K* und von da der Achse entlang zu dem Napf *C*. Es ist dies eben eine andere Form des Ampèreschen Versuches, und das Resultat ist dasselbe. Kaum ist der Strom geschlossen, so wird der Magnet in lebhaftere Drehung gesetzt. Der Versuch gelingt auch, wenn *KCD* feststeht und die etwas kleiner gemachte Scheibe mit einer Spitze versehen wird, die in eine innen angebrachte Quecksilberrinne taucht. Ob sich der Versuch bei Annahme eines feststehenden Feldes erklären lässt, mag dahingestellt bleiben.

Achter Versuch. — Figur 9 stellt eine hölzerne Scheibe in natürlicher Gröfse dar: in *I* und *II* ist sie durchbohrt und zwar so, dafs zwei gleiche cylindrische Stabmagnete genau in die Bohrungen passen; *QQ* ist eine Quecksilberrinne, die leicht mit den beiden Magneten bei *XX* in leitende Verbindung gebracht werden kann. Wie Figur 10 zeigt, kann das Ganze mittelst des in der Mitte *O* befestigten Fadens aufgehängt werden. Da die beiden Magnete mit Spitzen versehen sind, läfst man dieselben in den Quecksilbernapf *C* tauchen. Der Strom wird durch *AB* zugeführt, geht durch die Magneten nach *C* über *D* zur

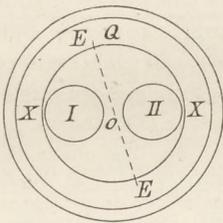


Fig. 9.

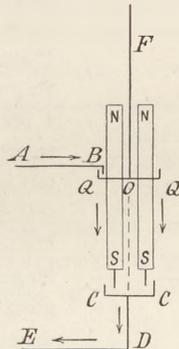


Fig. 10.

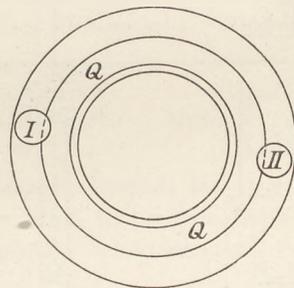


Fig. 11.

Säule zurück. Der Apparat gerät ziemlich leicht in Bewegung und dreht nach der oben aufgestellten Regel. Die beiden Magnete *I* und *II* bilden eben einen Hohlmagneten wie in dem vorigen Versuche. Statt durch die Magnete kann der Strom auch aus der Quecksilberrinne *QQ* (Fig. 9) durch den Draht *EE* zur Mitte der Holzscheibe *O* und von da der Achse entlang in den Napf *C* (Fig. 10) geführt werden. Das Resultat bleibt dasselbe. Wird die Rinne *QQ* erbreitert, die beiden Magnete durch die Mitte derselben geführt und vom Quecksilber isoliert oder auch nicht, der Teil der Leitung, welcher den Strom von der Rinne *QQ* nach dem Mittelpunkte *O* und von da nach *D* führt, fest und unbeweglich gemacht, so erhält man den bekannten Pohlischen Apparat. Die Drehung erfolgt aber genau wie vorher. Wie man sieht, läfst sich der Pohlische Versuch einfach als eine verkappte Form des zu Anfang dieses Abschnittes angeführten klassischen Versuches von Ampère deuten.

Auch in der ihm von Herrn E. LECHER gegebenen Gestalt¹⁾ kann der Pohlische Apparat durch eine kleine Abänderung zum Drehen gebracht werden. Man nimmt einen leichten Kork- oder Holzring (Fig. 11) von etwa 12 Centimeter äusserem Durchmesser, macht nahe am Rande, in *I* und *II*, zwei Durchbohrungen zur Aufnahme der Magnete, legt dann eine Quecksilberrinne *QQ* so an, dafs das Quecksilber die beiden Stäbe direkt berührt. Das Ganze wird an einen Faden *F* aufgehängt (Fig. 12). Durch die Drehungsachse führt man den vertikalen Strom *AC*, der sich in *A* teilt und durch die mit *AC* fest verbundene, horizontal gestellte Doppelspitze *BB* in die Rinne *QQ* gelangt. Der Apparat dreht. Es ist jedoch nicht der vertikale Stromteil *AC*, der die Drehung bewirkt, sondern die beiden horizontalen Arme *AB*. Macht man die Arme bei *A* beweglich und verbindet sie mit den Magneten, wie Herr Lecher es thut, so erfolgt keine Drehung.

¹⁾ E. Lecher. — Wied. Ann. 69, S. 781, Fig. 1. 1899.

Schliesslich will ich noch einen kleinen Apparat beschreiben, der eben wegen seiner Einfachheit beim Unterrichte von Nutzen sein kann. In der Figur 13 ist *MIKM* ein bügel- förmig gebogener Kupferdraht, der bei *MM* in Spitzen endigt. Letztere tauchen in den Quecksilbernapf *QQ* des Magneten *NS*, welcher vermittelst des Seidenfadens *f* an einem bei *H* angebrachten Häkchen hängt. Ein Kupferdraht *HL* ist ebenfalls in *H* an den Bügel angelötet; er ist in *L* umgebogen und taucht in die Quecksilberrinne *PP*. Das Ganze hängt an dem Faden *F*. Die Zuleitung des Stromes geschieht wie durch die Pfeile angegeben. Hält man den Magneten fest, so dreht der Bügel; hält man diesen fest, so dreht der Magnet; überlässt man den Apparat sich selbst, so drehen Magnet und Bügel zugleich. Ein Strom von zwei Ampère genügt vollkommen, um kräftige Drehungen hervorzubringen.

II. Theorie.

Zur Ergründung der Ursache, durch welche die Erscheinungen der unipolaren Induktion bewirkt werden, ist vor allem erfordert, die Gesetze aufzufinden, denen dieselben unterliegen. Zu diesem Zwecke habe ich folgendes Verfahren eingeschlagen. Ein etwa

200 mm langer und 8 mm dicker Stahlmagnet ward unten mit einer Spitze versehen, während an das obere Ende ein Platindraht angelötet wurde. Über den Magneten ward eine oben eng anliegende, 4 bis 5 cm lange, kupferne Röhre geschoben, welche an dem untern Ende mit einem ringförmigen Quecksilbernapf *QQ* umgeben war. Nachdem noch ein kleiner Spiegel an das obere Ende des Magneten befestigt worden, wurde der ganze Apparat vermittelst des Platindrahtes aufgehängt, sodafs er eine Art unipolares Galvanometer bildete. Das von dem Spiegel und einer geeigneten Linse erzeugte Bild eines stark beleuchteten Drahtes ward auf eine zwei bis drei Meter entfernte Skala geworfen. Der Strom wurde, wie in der Figur 14 angegeben, in möglichst horizontaler und zur

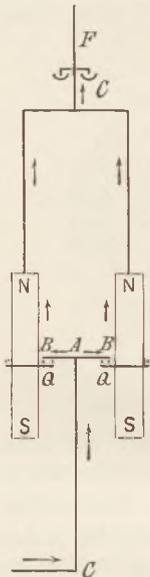


Fig. 12.



Fig. 13.



Fig. 14.

Feldachse senkrecht stehender Richtung zugeführt. Der unter der Einwirkung des Stromes entstandene und bleibende Ausschlag des Bildes auf der Skala wurde als Mafs des hervorgerufenen Drehmomentes angesehen. Zuerst wurde die kupferne Röhre an dem Magneten so eingestellt, dafs die Quecksilberfläche durch die Mitte des Magneten ging. Eine erste Versuchsreihe sollte Aufschluss geben über den Einfluss der Stromstärke auf das erzeugte Drehmoment. In der folgenden Tabelle sind in der ersten vertikalen Reihe die relativen Stromstärken in willkürlichem Mafse angegeben und ihnen gegenüber in der zweiten Reihe die entsprechenden Ablenkungen des Spiegelbildes. In der zweiten Tabelle ist einerseits das Verhältnis der Stromstärken und daneben das der Drehmomente berechnet.

Stromstärke	Ausschläge
8	92
12	131
22	225
50	510
92,5	980

Verhältniszahlen:

Stromstärken	Drehmomente
92,5 : 50 = 1,85	980 : 510 = 1,92
50 : 22 = 2,27	510 : 225 = 2,26
22 : 12 = 1,83	225 : 131 = 1,72
12 : 8 = 1,50	131 : 92 = 1,42

Aus diesen Zahlen scheint hervorzugehen, daß Drehmoment und Stromstärke in direktem Verhältnisse zu einander stehen.

Eine zweite Versuchsreihe hatte den doppelten Zweck, 1. darzuthun, in wie weit das soeben ausgesprochene Gesetz sich bewahrheitet; 2. zu finden, wie das Drehmoment sich ändert, je nach der Stelle, wo die Verlängerung des zugeführten Stromes die Feldachse schneidet. Nachdem der Quecksilbernafp an eine bestimmte Stelle des Magneten geschoben war, ward die Entfernung der Quecksilberfläche von der Mitte des Stabes gemessen; dann wurden Ströme von verschiedener Stärke senkrecht zur Feldachse zugeführt und die entsprechenden Ablenkungen des Spiegelbildes notiert. In der folgenden Tabelle sind die Resultate dreier Versuchsreihen verzeichnet. — Entfernung der Quecksilberfläche

von der Mitte des Stabes =	0 cm	4 cm	8 cm
Stromstärke	Ablenkung	Ablenkung	Ablenkung
75	131	128	89
138	257	239	158
212	382	367	241
279	514	492	314

Verhältniszahlen:

Stromstärke	Drehmomente	Stromstärke	Drehmomente	Stromstärke	Drehmomente
279 : 212 = 1,31	514 : 382 = 1,31	279 : 138 = 2,00	514 : 257 = 2,00	279 : 75 = 3,72	514 : 131 = 3,92
	492 : 367 = 1,34		492 : 239 = 2,06		492 : 128 = 3,84
	314 : 241 = 1,30		314 : 158 = 1,98		314 : 89 = 3,52

Die hier verzeichneten Resultate habe ich wie folgt zusammengefaßt: Das Drehmoment, welches ein zur Feldachse senkrecht gerichteter Strom hervorruft, ist der Stromstärke direkt proportional, welches auch der Punkt ist, wo die Verlängerung des Stromes die Feldachse schneidet.

Um einen allgemeinen Überblick zu gewinnen von den Änderungen, die das Drehmoment mit der Lage des zugeführten Stromes in Bezug auf den Magneten erleidet, habe ich in der Figur 15 die halbe Magnetachse als Abscissenlinie genommen und die Drehmomente als Ordinaten aufgetragen. Die zwei voll ausgezogenen Kurven sollen ein Bild von den betreffenden Änderungen geben. Sie entsprechen zwei verschiedenen Stromstärken.

Die im ersten Teile dieser Arbeit beschriebenen Versuche haben ergeben, daß auch andere als horizontal gerichtete Ströme Drehmomente hervorrufen. Deshalb habe ich mit demselben Magneten eine weitere Versuchsreihe ausgeführt, in welcher die zugeleiteten Ströme vertikal — mithin parallel zur Feldachse — standen. Auch ward darauf gesehen, daß dieselben so viel als möglich eben so weit von der Feldachse ins Quecksilber mündeten, wie bei den zuletzt angeführten Versuchen. Die erhaltenen Resultate sind in der Figur 15 für dieselben Feldstärken durch punktierte Linien dargestellt. Obschon die derselben Feldstärke entsprechenden vollen und punktierten Kurven nicht genau auf einander fallen, ist der Unterschied im Verlaufe derselben doch gering, und glaube ich mich zu folgendem Schlusse berechtigt: Bezeichne ich einen Punkt irgendwo in der Nähe eines Magneten und führe bis zu demselben zuerst einen zu der Magnetachse senkrecht stehenden, dann einen mit derselben parallel laufenden, gleich starken Strom, so sind die beiden Drehmomente, welche durch diese Ströme hervorgerufen werden, einander gleich.

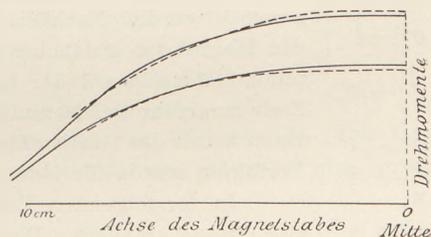


Fig. 15.

Es ist nicht zu leugnen, daß dieses Resultat entschieden zu Gunsten der Kraftlinien-theorie spricht, denn, wenn ich von einem Punkte aus, in der Nähe eines Magneten, nach

aufsen hin zwei gerade Linien ziehe, wovon die eine senkrecht, die andere parallel zur Achse liegt, so schneidet jede dieser Geraden genau dieselben Krafflinien.

Da das durch Einwirkung des zugeleiteten Stromes entstandene Drehmoment nicht allein von der Stärke des Stromes, sondern auch von dem Felde selbst abhängen muß, so erübrigt es noch, das Gesetz ausfindig zu machen, welches das Drehmoment mit der an dem Endpunkte des Stromes bestehenden relativen Feldstärke verbindet. Letztere ward auf folgende Art bestimmt. Eine aus zwanzig eng an einander liegenden Windungen eines dünnen gut überspannenen Kupferdrahtes bestehende Spule ward mit einem ballistischen Galvanometer verbunden. Der mittlere Radius der Spule war ungefähr der Entfernung gleich, in welcher der Endpunkt des zugeführten Stromes sich von der Feldachse befand. Dann ward die Spule in dem Felde so aufgestellt, daß ihre Achse mit jener des Feldes zusammenfiel, und dem Magneten entlang geschoben, bis die Richtung des später zuzuführenden Stromes in die Ebene der Spule zu liegen kam. In dieser Lage stellt die Spule den durch den Endpunkt des Stromes gelegten Parallelkreis des Magnetfeldes dar. Wird jetzt das Feld plötzlich unterdrückt oder hergestellt, so entsteht jedesmal in der Spule ein Induktionsstrom, und den durch denselben bewirkten Ausschlag des Galvanometers nehme ich als relative Feldstärke an. In nebenstehender Figur 16 ist SN die Feldachse und O der Mittelpunkt eines ungefähr 12 cm langen Magnetstabes. Ich mache $OA = O'A' = O''A'' = O'''A''' = 10$ mm; desgleichen: $OO' = 2$ cm, $OO'' = 4$ cm und $OO''' = 5$ cm. Die für die vier Punkte A, A', A'' und A''' bestimmten Feldstärken ergaben folgende Zahlen:

Bezeichnung des Punktes:	A	A'	A''	A'''
Entsprechende Feldstärke:	40	37	26	18

Es gilt jetzt die Drehmomente zu bestimmen, die ein senkrecht zur Achse bis zu den vier Punkten zugeleiteter Strom hervorruft. In allen vorher beschriebenen Versuchen ward der Strom, wenigstens teilweise, durch den Magneten geleitet. Dies kann als ein Übelstand angesehen werden, und um demselben abzuhelpfen, bediente ich mich eines nach Angabe der

Figur 5 hergestellten Apparates, bei welchem der Strom garnicht mit dem Magneten in Berührung kam. Auch ward das Verfahren etwas abgeändert, indem der Strom jedesmal in zwei entgegengesetzten Richtungen nach einander durch den horizontalen Leiter zugeführt und dann das Mittel der beiden, nach rechts und links vom Nullpunkte, stattfindenden Ablenkungen des Spiegelbildes genommen wurde. Nachdem der den Quecksilbernafp tragende Kupfermantel über den Magnetstab geschoben war, sodafs die Quecksilberfläche durch den Mittelpunkt führte, ward der horizontale Stromleiter derart aufgestellt, daß dessen Ende ungefähr auf 10 mm Entfernung von der Achse in das Quecksilber tauchte. Dann wurde das relative Drehmoment bestimmt, wie vorher angegeben. Dasselbe Verfahren wurde für jeden der drei Punkte A', A'' und A''' eingehalten.

In der folgenden Tabelle sind die bei verschiedenen Stromstärken für die vier Punkte erhaltenen Drehmomente eingetragen.

Drehmomente:				
Stromstärke	A	A'	A''	A'''
70	60	58	39	27
128	110	105	71	47
197	170	157	110	74
264	226	207	146	98

Ich stelle jetzt die Verhältniszahlen auf, sowohl die der Drehmomente als jene der entsprechenden Feldstärken.

Punkte	Feldstärke	Drehmomente	Punkte	Feldstärke	Drehmomente
$\frac{A}{A'}$	40 : 37 = 1,08	60 : 58 = 1,03	$\frac{A}{A''}$	40 : 26 = 1,53	60 : 39 = 1,54
		110 : 105 = 1,05			110 : 71 = 1,55
		170 : 157 = 1,08			170 : 110 = 1,55
		226 : 207 = 1,04			226 : 146 = 1,54

Punkte	Feldstärke	Drehmomente
$\frac{A}{A''}$	40 : 18 = 2,22	60 : 27 = 2,22
		110 : 47 = 2,34
		170 : 74 = 2,30
		226 : 98 = 2,32

Die Ergebnisse dieser Versuche fasse ich in folgenden Satz zusammen:

Wird ein Strom durch ein Magnetfeld in senkrechter Richtung zur Achse bis zu einem beliebigen Punkte geleitet, so entsteht ein auf den Strom und den Felderreger wirkendes Drehmoment, das in direktem Verhältnisse steht sowohl zur Stromstärke als zu der in dem Endpunkte des Stromes vorhandenen Feldstärke.

Der Satz kann jetzt umgekehrt auf die Induktionserscheinungen angewandt werden:

Rotiert ein Magnetfeld um seine Achse, so entsteht in einem zur Feldachse senkrecht gerichteten, feststehenden Leiterstück eine elektrische Kraft, welche der Drehgeschwindigkeit und der an dem Endpunkte des Stückes bestehenden Feldstärke direkt proportional ist.

Gegen den Pol hin ist die Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen der Versuche etwas zweifelhaft. Es mag das daher kommen, dafs dort in Wirklichkeit die Vorgänge etwas verwickelter sind, oder, was wahrscheinlicher ist, dafs die Versuche nicht mit der nötigen Sorgfalt und Genauigkeit ausgeführt wurden.

Um festzustellen, in wie weit das Gesetz sich bewahrheitet, wenn der Endpunkt des Stromes noch weiter von der Achse entfernt liegt, wurden noch verschiedene Versuche mit demselben und anderen Magneten angestellt. Ich begnüge mich eine dieser Versuchsreihen anzuführen.

In Figur 17 ist wie gewöhnlich *NS* die Feldachse, *O* der Mittelpunkt des Magnetstabes. Die vier Punkte *A*, *A'*, *B* und *B'* sind durch folgende Daten bestimmt: *OO'* = 4 cm; *OA* = *O'A'* = 11 mm; *OB* = *O'B'* = 32 mm.

Um die relativen Feldstärken in den vier Punkten *A*, *A'*, *B*, *B'* zu bestimmen, wurden zwei ringförmige Spulen hergestellt. Die dazu verwandten Drähte waren gleich lang und von demselben Stücke abgeschnitten. Jede Spule zählte 20 Windungen, und das noch übrige Drahtstück bei der kleineren ward auf ein Papierknäuel aufgewickelt. Wurden die Spulen, jede einzeln, mit dem ballistischen Galvanometer verbunden, so waren die beiden so erhaltenen Schließungskreise von fast genau gleichem Widerstande. Das Verfahren bei Bestimmung der Feldstärke und der Drehmomente war dasselbe wie vorher beschrieben. Hier die Resultate:

Punkte: *A* *A'* *B* *B'*
Feldstärke: 28 18 24 15

Drehmomente:

Stromstärke	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>A'</i>	<i>B'</i>
75	132	111	84	70
137	243	206	156	127

Verhältniszahlen:

Punkte	Feldstärke	Drehmomente	Punkte	Feldstärke	Drehmomente
$\frac{A}{A'}$	28 : 18 = 1,55	132 : 84 = 1,57	$\frac{A}{B}$	28 : 24 = 1,16	132 : 111 = 1,18
		243 : 156 = 1,55			243 : 156 = 1,17
$\frac{B}{B'}$	24 : 15 = 1,60	111 : 70 = 1,58	$\frac{A'}{B'}$	18 : 15 = 1,20	84 : 70 = 1,20
		206 : 127 = 1,60			156 : 127 = 1,22

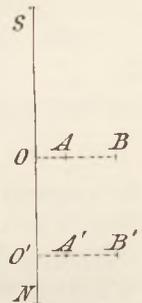


Fig. 17.

Es erübrigt jetzt noch, eine Erklärung der Erscheinungen zu geben, welche auf der von mir vertretenen Ansicht über den in jedem Magnetfelde herrschenden elektrotonischen Zustand fußt.

In Figur 18 ist BB' eine gerade Linie, A der Mittelpunkt derselben. Durch die beiden Hälften BA und $B'A$ führe ich zwei gleich starke Ströme, welche in A zusammenlaufen und von dort nach unten hin weiter geführt werden. Lege ich durch den Punkt A eine zu BB' senkrecht stehende Ebene, so wird das durch die beiden Ströme BA und $B'A$ gebildete Feld in zwei gleiche Hälften geteilt. Die in je zwei symmetrischen Punkten P und P' des Feldes vorhandenen elektrotonischen Spannungen sind einander gleich und in bezug auf die Mittelebene gleich gerichtet. Bewege ich mithin ein in der Trennungsebene liegendes Leiterstück CA nach links oder nach rechts, und zwar jedesmal genau auf dieselbe Art, so sind die dadurch in demselben hervorgerufenen elektrotonischen Zustandsänderungen genau dieselben, sowohl in bezug auf Richtung als auf Wert. Es werden also durch die beiden fingierten Bewegungen im Leiterstück zwei gleich starke und gleich gerichtete Induktionskräfte auftreten. Dieselben sind der Feldstärke, folglich der in BA und $B'A$ vorhandenen Stromintensität proportional.

Führe ich durch das Leiterstück CA einen Strom, so begegnet derselbe bei Herstellung seines Feldes, nach rechts und nach links hin, genau demselben Widerstand. Er wird weder nach der einen, noch nach der anderen Seite hingedrängt.

Jetzt denke ich mir, daß der Stromteil AB' sich dreht, um schließlich die in Figur 19 angegebene Richtung einzunehmen. Während der Drehung hat der elektrotonische Spannungszustand des Punktes P' denselben Wert behalten, die Richtung der Spannung änderte

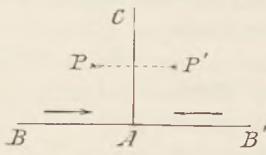


Fig. 18.

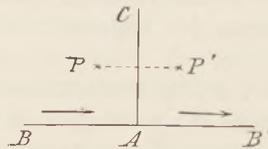


Fig. 19.

sich jedoch allmählich, sodafs sie in der Endlage der Figur 19 genau die entgegengesetzte ist von jener der Figur 18. In anderen Worten: in den beiden Fällen der Figuren 18 und 19 haben die Spannungszustände desselben Punktes P' zwar denselben Wert, je-

doch entgegengesetzte Richtungen. Bewege ich also im letzteren Falle das Leiterstück CA auf dieselbe Art, einmal nach links, dann nach rechts, von derselben Lage CA aus, so sind die dadurch in demselben hervorgerufenen Änderungen genau von demselben Werte, jedoch von entgegengesetzter Richtung. Dasselbe Verhältnis besteht zwischen den durch diese Änderungen bewirkten Induktionskräften. Führe ich im Falle der Figur 19 durch das Leiterstück CA einen Strom, so findet derselbe bei Herstellung seines Feldes nach rechts und links hin nicht mehr denselben Widerstand; er wird durch das schon vorhandene Feld nach der einen Seite hin gedrängt, und zwar ändert die Richtung der auftretenden mechanischen Kraft mit der Richtung des zugeführten Stromes. Der Wert derselben ist aber sowohl der Intensität des zugeführten als jener des schon vorhandenen Stromes proportional.

Alle in dieser Arbeit beschriebenen Versuche lassen sich auf das soeben gesagte zurückführen, denn in allen Fällen stand der zugeleitete Strom entweder senkrecht oder parallel zur Feldachse, mithin senkrecht zu den schon vorhandenen Strömen des Felderregers.

Es läßt sich leicht ein Bild entwerfen, welches die Vorgänge bei der unipolaren Induktion veranschaulicht. Um einen jeden der Parallelkreise des magnetischen Feldes denke ich eine kreisförmige Schraubenlinie gelegt, sodafs die beiden Enden in einander laufen, und erhalte auf diese Art eine kreisförmige Schraubenlinie ohne Ende. Sie soll ein Bild sein des in dem betreffenden Parallelkreise herrschenden elektrotonischen Zustandes. Die Schraubenmutter stellt ein in demselben Kreise befindliches materielles Teilchen dar. Erteile ich der Schraubenmutter eine Bewegung um die Feldachse, so beginnt sie gleich sich um sich selbst zu drehen, eine Energiewandlung findet statt; es entsteht ein elektrischer Strom, wenn ich das Umsichselbstdrehen des Teilchens als elektrische Arbeit betrachte. Die

Richtung der Drehung um sich selbst ändert mit der Richtung der Bewegung um die Feldachse. Ist der Schraubengang kleiner, so ist der elektrotonische Zustand ausgeprägter, die Drehung um sich selbst, also die elektrische Arbeit, wird intensiver.

Umgekehrt, drehe ich die Schraubenmutter um sich selbst, erteile ich dem Teilchen elektrische Energie, so findet gleich eine neue Energiewandlung statt, denn die Schraubenmutter beginnt sich gleichzeitig um die Feldachse zu drehen u. s. w. Das Bild läßt sich noch weiter ausmalen. —

Aus vorstehender Arbeit ziehe ich den Schlufs, dafs alle darin untersuchten unipolaren Induktionserscheinungen und die diesen entsprechenden elektromagnetischen Rotationen sich einfach unter die beiden allgemeinen Gesetze der Energiewandlungen im magnetischen Felde ordnen.

I. Wird ein materielles Teilchen in einem feststehenden magnetischen Felde fortbewegt, so entsteht in jedem Punkte der von ihm durchlaufenen Bahn eine elektrische Kraft, deren Wert, auf die Zeiteinheit bezogen, sowohl der dem Teilchen in dem gegebenen Punkte innewohnenden Geschwindigkeit, als der dort auftretenden Änderung im elektrotonischen Zustande direkt proportional ist. Die Richtung der Kraft wird durch die Richtung in der Änderung des elektrotonischen Zustandes gegeben.

II. Stelle ich ein Stromelement in ein feststehendes magnetisches Feld, so entsteht zwischen Strom und Feld eine mechanische Wechselwirkung, welche der Stärke des Stromes und dem elektrotonischen Spannungsunterschied, welcher in dem das Element umgebenden Feldteile vorkommt, direkt proportional ist. Als Richtung der Wirkung kann man jene ansehen, in welcher der Spannungsunterschied ein Maximum ist.

Die Entbehrlichkeit der Annahme zweier Elektrizitätsarten im elementaren Unterricht.

Von

Dr. Hans Kleinpeter in Gmunden.

Die Zeiten, in denen man ernsthaft über das Vorhandensein einer oder zweier elektrischer Fluida debattierte, sind allerdings vorüber, und insbesondere wird schwerlich jemand noch heute den Glauben an die wirkliche Existenz zweier verschiedener elektrischer Fluida teilen. Selbst in dem Sinne begrifflicher Bilder berührt uns die Annahme zweier Arten von Elektrizität sonderbar und in vielen Fällen, wie z. B. in der Frage der Auffassung des elektrischen Stromes erweist sich diese Vorstellung als hinderlich. Die Frage, ob bei einem elektrischen Ausgleich beide Elektrizitäten gegen einander fliefsen, oder nur die eine sich in Bewegung befindet, hat ja in der Geschichte der Elektrizitätslehre eine Rolle gespielt; heute wird man ihr schwerlich eine wirkliche Bedeutung zuschreiben wollen. Eine andere Schwierigkeit liegt in dem Umstande, dafs sich ein und derselbe Körper zugleich positiv und negativ elektrisch verhalten kann, je nachdem, mit welchem anderen Körper er verglichen wird. Ebenso verhält es sich auch mit der Entstehung der beiden Elektrizitätsarten.

Trotzdem wird man aber schwerlich ein Lehrbuch oder einen Leitfaden der Elektrizitätslehre finden, in dem nicht an bestimmter Stelle von zwei verschiedenen Elektrizitätsarten gesprochen würde, als wäre es das selbstverständlichste von der Welt. Man mag ja noch so sehr betonen, dafs die Sprechweise eine blofs figürliche ist, einen Ersatz durch eine exakte findet man nirgends. Ja eines der Fundamentalgesetze der elektrischen Wirkung, das Gesetz von Coulomb, wird überhaupt nur in dieser Weise zum Ausdruck gebracht. Ist also der Begriff zweier Elektrizitätsarten wirklich unentbehrlich?

Die Antwort auf diese Frage erleichtert ein Vergleich der Ausbildung der Elektrizitätslehre mit der der Wärmelehre. Vergleiche zwischen beiden sind ja des öfteren gezogen

worden, am eingehendsten und aufklärendsten ist dies wohl durch Mach¹⁾ geschehen. Die Entwicklung und der Aufbau der Begriffe hat in beiden Disziplinen nicht in gleicher Weise stattgefunden. Auf dem Gebiete der Wärmelehre hat der Temperaturbegriff den Ausgangspunkt gebildet, auf dem der Elektrizitätslehre aber nicht der analoge des Potentials oder, richtiger ausgedrückt, des elektrischen Zustandsgrades, sondern der der Elektrizitätsmenge. Ein zweiter wesentlicher Unterschied ist der, daß die Elektrizitätsmenge auch nicht das Analogon der Wärmemenge, sondern eines in der elementaren Wärmelehre gar nicht gebrauchten Begriffes vorstellt, nämlich der Entropie, während das Analogon der Wärmemenge in der Elektrizitätslehre, die elektrische Arbeit, keine Hervorhebung durch einen besonderen Namen erfahren hatte.

Die Entwicklung der Wärmelehre ist die ältere, ihre Begriffe erscheinen mehr mit der unmittelbaren Erfahrung verknüpft, sie sind uns infolge dessen vertrauter und in der Anwendung bequemer. Dies gilt insbesondere vom Temperaturbegriff. Unter dessen alleiniger Benützung hat Kirchhoff in nicht minder klassischer Weise wie bei der Mechanik die Aufgabe der reinen Wärmelehre präzisiert. Gleichwie die Aufgabe der ersteren erledigt ist, sobald uns die Lage sämtlicher Massenpunkte als Funktion der Zeit gegeben ist, so ist es auch die der Wärmelehre, wenn uns noch die Temperatur eines jeden Massenpunktes als Funktion der Zeit gegeben ist. Unter diesem Gesichtspunkte erscheinen die anderen Grundbegriffe der Wärmelehre nur als Hilfsbegriffe, die auch wohl entbehrt werden könnten.

In der Anwendung auf die Elektrizitätslehre heißt das nun, die Aufgabe derselben ist erledigt, sobald uns die Potentialverteilung zu jeder Zeit im gesamten Raume bekannt ist. Natürlich müsste auch hier die Beschränkung auf „reine“ Elektrizitätslehre erfolgen. Die notwendige Voraussetzung einer solchen Formulierung der Aufgabe ist die Aufstellung des Potentialbegriffes als Grundbegriffes der Elektrizitätslehre analog dem Temperaturbegriffe der Wärmelehre. So vielfältige Verwendung aber auch dieser Begriff selbst in elementaren Darstellungen gefunden hat, ist es doch nie versucht worden, denselben von vornherein an den Anfang der Entwicklungen zu stellen. Das aber ist notwendig, falls der Kirchhoffsche Gedanke auch auf elektrischem Gebiete Aufnahme finden soll.

Dies ist auch thatsächlich möglich und durchführbar, selbst auf der elementarsten Stufe, wo man die Schwierigkeit vielleicht für am größten halten dürfte. Es sind nun insbesondere zwei Punkte der Elektrostatik, an denen der Begriff zweier verschiedenartiger Elektrizitätsmengen durchgängig Verwendung findet und eine Nichtbeachtung desselben unmöglich scheint. Es dürfte daher, um die Möglichkeit der Behandlung der Elektrizitätslehre in Analogie mit der Kirchhoffschen Auffassung der Wärmelehre darzuthun, fürs erste genügen, zu zeigen, wie in diesen beiden Fällen der Begriff zweier verschiedener Elektrizitätsarten vermieden werden kann. Ich hoffe nicht auf Widerspruch zu stoßen, wenn ich als diese eigentliche Domäne des Begriffes zweier Elektrizitäten die elektrische Anziehung und Abstofsung sowie die elektrostatische Induction bezeichne. Bei der Beschreibung beider Erscheinungsgebiete ist bisher ausschließlich von den Begriffen positiver und negativer Elektrizität Gebrauch gemacht worden; ich hoffe zu zeigen, daß es vollkommen ausreicht, den elektrischen Körpern höhere oder niedrige Grade eines Zustandes, des Potentials, zuzuschreiben.

Seit altersher beginnt der elektrische Unterricht, dem geschichtlichen Gange folgend, mit der Vorführung der Erscheinungen elektrischer Anziehung und Abstofsung. Wie können diese beschrieben werden, ohne von zwei Elektrizitäten zu sprechen? Die Antwort auf diese Frage ist eine sehr einfache: dadurch daß man sich bemüht, die bisherige Inkorrektheit im Ausdrucke fallen zu lassen. Daß eine solche thatsächlich besteht, ist unschwer einzusehen. Man sagt gewöhnlich: Durch Reiben wird ein Körper oder richtiger werden beide Körper elektrisch. Das heißt also: vorher waren sie unelektrisch. Welchen Sinn eine derartige Auf-

¹⁾ Vgl. z. B. Mach, Prinzipien der Wärmelehre, 1. Aufl., S. 322 ff.

fassung hat, zeigt jeder Fall, wo eine universellere Anschauung von nöten ist, wie z. B. bei der atmosphärischen Elektrizität. Können wir denn überhaupt sagen, ob ein Körper „elektrisch“ oder „unelektrisch“ ist? Erscheint uns nicht der Hohlraum eines guten Leiters als unelektrisch, wenn derselbe noch so stark mit Elektrizität geladen ist? Man hilft sich da freilich damit, daß der „Sitz“ der Elektrizität nur die Oberfläche der Leiter sei; wie aber, wenn Leiterteile vom Innern einer leitenden und geladenen Hohlkugel ins Innere ragen? Leiten dann diese Teile die Elektrizität nicht fort? Auf dem Gebiet der Wärmelehre ist längst eine Einteilung der Körper in warme, kalte und indifferente fallen gelassen worden; es hat nicht mehr Berechtigung, auf dem der Elektrizitätslehre von positiv, negativ elektrischen und unelektrischen Körpern zu sprechen. Es müßte also gleich bei der Erklärung des ersten elektrischen Versuches betont werden, daß jedem Körper ein elektrischer Zustand zuzuschreiben sei, und daß wir für gewöhnlich nur deshalb keine elektrischen Erscheinungen wahrnehmen, weil alle Körper sich im gleichen elektrischen Zustand befinden. Es gäbe ebenso z. B. keine Wärmeerscheinungen, wenn die Temperatur des Weltalls eine constante wäre. Erst wo Unterschiede auftreten, werden überhaupt Erscheinungen möglich. Das ist ein allgemeines logisches Gesetz. Das Reiben zweier Körper stellt sich nur als ein Vorgang dar, der das elektrische Gleichgewicht stört; der eine Körper wird elektrisch wärmer, der andere elektrisch kälter. So viel wäre einleitend behufs Einführung der richtigen Grundvorstellungen auszuführen. Die erste Schwierigkeit, die sich der Beibehaltung einer solchen Sprechweise entgegenstellt, bieten die Erscheinungen der elektrischen Wechselwirkung. Nach diesen würde es scheinen, als ob man zwei Arten elektrischer Körper zu unterscheiden hätte, positiv und negativ elektrische. Das ist aber nicht richtig. Es scheint auf den ersten Blick verblüffend — allerdings auch nur auf den ersten Blick — es ist aber eine einfache Thatsache, daß das bekannte Wirkungsgesetz „zweier“ Elektrizitäten gar nicht richtig ist. Es ist nicht wahr, daß sich zwei positiv elektrische Körper abstofsen müssen. Sie können sich auch anziehen. Man braucht nur zwei Körper „mit positiver Elektrizität“ auf verschiedenes Potential zu laden und sie werden sich anziehen. Man kann den Versuch etwa mit Hilfe einer Leydenerflasche ausführen. Eine neue Thatsache ist das allerdings nicht; auch steht sie nicht im Widerspruche mit der üblichen Theorie. Diese sagt eben, daß die Anziehung eine Folge der stattgehabten Induktion ist. Richtig bleibt aber, daß das bekannte Wirkungsgesetz ein sehr unvollkommenes ist, da es von einer stets stattfindenden elektrischen Erscheinung absieht. Es ist eine zu weitgehende willkürliche Abstraktion. Viel mehr den Thatsachen angepasst ist die Aussage:

„Körper verschiedenen Potentials ziehen sich an.“

Dieses Gesetz scheint allerdings zu versagen, wenn es sich um die Abstofung zweier Körper handelt, aber nur scheinbar. Die augenscheinliche Abstofung beider Elektroskopblättchen ist nämlich in Wirklichkeit eine Anziehung zwischen je einem Blättchen und dem gegenüberliegenden Teile des Gehäuses. Wird daher dasselbe ebenso stark geladen, so zeigen die Blättchen keine Divergenz. Wird umgekehrt das Gehäuse geladen, die Blättchen aber zur Erde abgeleitet, so divergieren sie gleichfalls. Dieser Versuch lehrt augenfällig, daß das Elektroskop die Potentialdifferenz zwischen dem Gehäuse und dem Knopf oder Teller des Apparates angiebt. Daraus folgt wieder weiter, daß das Gehäuse nach thunlichster Möglichkeit aus guten Leitern zusammengesetzt sein soll, ein Umstand, auf den bei uns in Deutschland auffallend wenig Gewicht gelegt zu werden pflegt²⁾. Ist nämlich das Elektroskop aus Glas gefertigt, so wird dieses durch den Gebrauch nach und nach elektrisch. Die Folge davon ist, daß z. B. die Blättchen divergieren, wenn sie zur Erde abgeleitet werden, und man überhaupt die Angabe des Apparates nicht kennt, da uns der elektrische Zustand des Glases nicht bekannt ist. Die Aussage, daß sich Elektrizitäten verschiedenen Grades anziehen, ermöglicht so eine viel leichter aufzufassende und viel gründlichere Theorie des

²⁾ Vgl. hierüber die trefflichen Ausführungen in Ayrtons „Praktische Elektrizität“, deutsch übers. von D. M. Krieg, Jena 1889.

Elektroskops, als dies auf dem gewöhnlichen Wege der Fall zu sein pflegt. Aber selbst, wenn scheinbar keine Körper, die beiden „sich abstossenden Elektrizitäten“ umgeben, sind solche in Wirklichkeit vollkommen eingehüllt, da sich ja selbst der leere Raum als ein Dielectricum von ganz ähnlichen Eigenschaften wie z. B. Terpentinöl verhält. Damit ist gezeigt, daß der Satz „Körper verschiedenen Potentials ziehen sich an“, viel mehr dem Sachverhalte entspricht als das Coulombsche Gesetz, dessen mathematische Formulierung nur scheinbar einen Vorteil voraus hat, denn um das Gesetz wirklich brauchen zu können, müssten zuvor die induzierten Elektrizitätsmengen bestimmt werden, was bekanntlich nur in den seltensten Fällen möglich ist.

Die zweite Gelegenheit für den Gebrauch der Sprechweise von zwei Elektrizitätsarten findet sich bei den Erscheinungen der elektrostatischen Induktion. Sie ist hier durchgängig üblich, läßt sich jedoch ebenfalls entbehren. Als Einführung gelangt in diesem Falle zunächst der Begriff des elektrischen Feldes zur Erörterung und Veranschaulichung. Es wird hervorgehoben, daß jedem Punkte in der Umgebung eines elektrisierten Körpers ein elektrischer Zustandsgrad zukomme, der mit der Entfernung an Intensität abnehme. Zur Veranschaulichung kann eine isolierte elektrisierte Metallkugel und ein recht langes elektrisches Pendel benützt werden. Wird nun in dieses elektrische Feld ein guter Leiter eingeführt, so findet ein Ausgleich der seinen verschiedenen Punkten zukommenden elektrischen Zustandsgrade statt und der elektrische Zustand des Leiters nimmt einen mittleren Wert an. Infolge dessen erscheint sein Zustandsgrad an den dem induzierenden Körper nahen Orten niedriger als der elektrische Zustandsgrad des den Körper daselbst umgebenden Dielectricums; an den dem induzierenden Körper fernen Stellen ist hingegen der Elektrizitätsgrad des Leiters höher als der der Umgebung (alles unter der Voraussetzung, daß der Elektrizitätsgrad des induzierenden Körpers höher als der seiner Umgebung ist, d. h. daß er „positive Elektrizität“ besitzt). Auf diese Weise findet die Entstehung „zweier“ Elektrizitäten durch Induktion ihre Erklärung; die Erscheinungen werden nicht durch die Bildung eines neuen Agens, sondern durch die Art der Verschiedenheit in der Verteilung des Potentials erklärt. Der bekannte Satz, daß nur die Oberfläche der Leiter „Sitz“ der Elektrizität sei, erklärt sich daraus, daß nur dort, aber nicht innerhalb des Leiters eine Verschiedenheit in der Anordnung des elektrischen Zustandes vorhanden ist. Die Entstehung von Erscheinungen setzt aber stets vorhandene Differenzen voraus.

Erklärt sich auf diese Art in ganz ungezwungener Weise die Thatsache, daß beide Enden eines in einem elektrischen Felde befindlichen guten Leiters entgegengesetzte elektrische Eigenschaften zeigen, aus bereits bekannten Thatsachen — was eben das Charakteristische einer guten physikalischen Theorie bildet — so ist dies nicht minder auch bezüglich der anderen Thatsachen der Fall. Wird der der Induktion ausgesetzte Leiter mit der Erde leitend verbunden, so wird sein Potential gleich dem der Erde, also $= 0$, wenn letzteres als Nullpunkt gewählt wird. Die Umgebung des Leiters steht aber infolge der Anwesenheit des elektrischen Körpers auf einem höheren Potential, somit erscheint der Leiter im Vergleich zu seiner Umgebung auf einer tieferen Stufe des Potentials, d. h. er ist negativ elektrisch. Dementsprechend zeigt sich der Leiter bei Entfernung des elektrischen Körpers unelektrisch. Wird aber statt dessen die Verbindung mit der Erde aufgehoben, so ändert sich zunächst nichts an der Anordnung, da bereits ein constanter Zustand eingetreten ist. Wird aber jetzt der elektrische Körper entfernt, so muß, da seine Anwesenheit ein Steigen des Potentials des Leiters bewirkt hatte, seine Entfernung mit einem Sinken desselben verknüpft sein. Nachdem aber das Potential des Leiters bereits auf 0 zurückgegangen war, muß es jetzt bei der Entfernung des elektrischen Körpers unter Null sinken, d. h. der Leiter wird negativ elektrisch.

Die Wirkungsweise eines Condensators wird am besten durch die direkte Einführung des Potentialbegriffs zur Darstellung gebracht. Wird zunächst der eine Belag für sich mit einer positiven Elektrizitätsquelle verbunden, so findet ein Ausgleich in den elektrischen Zuständen der Quelle und des Belages so lange statt, bis sich beide auf demselben Grade be-

finden. Die Annäherung des zweiten mit der Erde leitend verbundenen Belages bewirkt nun ein Sinken des Elektrizitätsgrades am ersten Belag, und ein neuer Ausgleich der erzeugten Potentialdifferenz ist die Folge. Entfernt man etwa, nachdem die Verbindungen mit der Elektrizitätsquelle bez. mit der Erde gelöst worden sind, die Beläge von einander, so muß das Potential des mit der Elektrizitätsquelle verbunden gewesenen Belages steigen, da die Ursache, die vordem ein Sinken veranlaßt hatte, verschwunden ist; umgekehrt muß beim zweiten Belag ein Sinken des Potentials eintreten, da die Nähe des ersten vordem auf dasselbe im steigenden Sinne eingewirkt hatte.

Sehr einfach gestaltet sich die prinzipielle Erklärung eines galvanischen Elementes: die chemischen Kräfte erzeugen eine Potentialdifferenz ganz so, wie es auch bei der Reibung der Fall ist, und der elektrische Strom ist der Ausgleich dieser Potentialdifferenz. Die Frage nach dem Strömen positiver oder negativer Elektrizität entfällt.

Das Gesetz der Erhaltung der Elektrizitäten (demzufolge stets beide Elektrizitätsarten in gleichen Mengen erzeugt werden) sagt, wie noch erwähnt werden mag, im Sinne der hier dargelegten Auffassung aus, daß das Potential der Erde (im Vergleich zum Himmelsraum) durch unsere irdischen elektrischen Prozesse nicht verändert wird — ein Satz, ganz analog einem aus der Gravitationslehre: dem Gesetz der Erhaltung des „Stoffes“, d. h. exakt ausgedrückt, des Totalgewichtes oder des Gesamtpotentials einer chemischen Verbindung und ihrer Bestandteile.

Die direkte Einführung des Potentials als elektrische Grundeigenschaft bedingt also nicht nur einen der Wärmelehre analogen Aufbau der Elektrizitätslehre, sie beseitigt aus derselben Widersprüche zwischen den in ihren verschiedenen Teilgebieten üblichen Redeweisen, läßt eine viel exaktere und einfachere Beschreibung mancher Erscheinungsgebiete zu und verweist auch die Redewendungen von „unendlich dünnen“ oder „sehr dünnen Elektrizitätsschichten“ aus dem Bereich der Wissenschaft.

Dies scheinen mir Gründe genug zu sein, um die bisher übliche Sprechweise völlig zu verwerfen.

Erneuerung der Polspannung einer gebrauchten Voltaschen Säule.

Von

H. Rebenstorff in Dresden.

Die Voltasche Säule zeigt eine so schnelle Abnahme der Polspannung beim Gebrauche, daß wohl nur ihre historische Bedeutung, sowie ihre Verwendbarkeit zur Vorführung kräftiger physiologischer Wirkungen sie vor dem Übergehen beim experimentellen Unterricht noch bewahrt. Auch zu einer anschaulichen Demonstration über die Zunahme der Polspannung mit der Zahl der Elemente unter Benutzung des Elektroskopes nebst Condensator wird die Säule wohl vielfach benutzt, da nur Stromschlüsse durch geringe Widerstände die Brauchbarkeit der Säule sehr schnell herabsetzen.

Hat man sich aber von der Rücksicht auf die geschichtliche Folge der Entdeckungen verleiten lassen, eine weitere Stromwirkung, z. B. die Wasserzersetzung mit Hilfe der Säule zu zeigen, so wird nun mit dem mühsam aufgebauten Apparat ohne Vornahme einer Reinigung der Platten nicht mehr viel zu machen sein. Am stärksten wird natürlich die Säule durch die Vorführung einiger Öffnungsfunken geschwächt, und es wäre recht verfehlt, eine kleine Versuchsreihe damit zu beginnen. Am Schlusse derselben sind aber einige Versuche, welche die Säule stark schwächen, entschieden angezeigt, um die charakteristische Eigenschaft der schnellen Erlahmung der elektromotorischen Kräfte recht erkennbar zu machen und bei den Schülern den Wunsch nach Benutzung constanterer Stromquellen zu entwickeln. Bei einem solchen Verfahren erscheint es jedoch ausgeschlossen, die Säule ohne die große Mühe der Reinigung und erneuten Aufbaus ein zweites Mal benutzen zu können, z. B. um in der am gleichen Tage stattfindenden Stunde einer Parallelklasse die Versuche zu wiederholen.

Bevor ich zur Beschreibung eines einfachen Verfahrens übergehe, die Polspannung der Säule wieder zu erhöhen, möge der Hinweis auf einen Versuch gestattet sein, der wohl das Verständnis der Ursache der schnellen Stromschwächung erleichtern kann. Eine aus etwa 5 Doppelplatten aufgebaute Säule — den Aufbau wird man ohnehin zeigen wollen — wird vor den Augen der Schüler zusammengesetzt und mit einem geeigneten Galvanoskop (nicht zu große Empfindlichkeit, sonst mit Nebenschluss), am besten mit einem Voltmeter, verbunden. Die Abnahme der Stromstärke bzw. der Polspannung kann man dann beobachten lassen, während man die Versuchsreihe mit der großen Säule durchführt, und schliesslich zeigt man, dass die kleine Säule wieder dadurch erheblich an Kraft gewinnt, dass man auf ihre oberste Platte einen Druck ausübt, den man nahe dem Rande mehrmals im Kreise herumgehen lässt. Ist inzwischen die Wasserzersetzung gezeigt worden, so werden die Schüler selbst darauf kommen, dass der Druck einen Teil der Gasbläschen entfernt, und dass die Erschöpfung der Säule mit den Produkten der Zersetzung zusammenhängt. Die Aufbesserung der Polspannung hält nicht lange vor, ein Kurzschluss beseitigt sie in wenig Augenblicken.

Eine bequeme und gründliche Verbesserung der Polspannung erzielt man durch Laden der Säule nach Art der Ladung von Akkumulatoren, wobei natürlich die Voraussetzung erfüllt sein muss, dass nicht erst die Beschaffung des erforderlichen Stromes Zeit beansprucht. Hat der zur beständigen Verfügung stehende Strom ausreichende Spannung, so genügt ein Anschluss an die Polplatten der Säule, um in wenigen Augenblicken die Polarisation nicht nur zu beseitigen, sondern die Säule sogar mit einem Plus an Polspannung zu versehen. Wie bei sehr hochgespannten Strömen die Schaltvorrichtung zu benutzen ist, um die Ladung, die ja in einigen Sekunden erledigt sein kann, nicht zu übertreiben, bedarf keiner weiteren Bemerkung.

Hat man nur den Strom einiger Akkumulatoren oder Tauchelemente zur Verfügung, so muss man natürlich je nach der Spannung der Stromquelle die Elemente einzeln oder in kleinen Gruppen laden. Bei Ladungsströmen von weniger als etwa 12 Volt dürfte das Laden der einzelnen Elemente zu bevorzugen sein, da die Polarisation dann sehr schnell beseitigt wird. Die Stromzuführungsdrähte nimmt man ziemlich stark und kann an die aus den Isolierschichten nur wenig vorragenden Enden stumpfe Spitzen feilen. Natürlich muss man bei dem vom einen zum anderen Ende der Säule fortschreitenden Berühren je zweier übereinander gelegener Doppelplatten darauf achten, dass die Pole nicht verwechselt werden; durch ein Merkzeichen am einen Drahte kann man einem Irrtum leicht vorbeugen. Man wird ferner zu vermeiden suchen, dass man mehrmals mit einem Drahtende durch gleichzeitiges Berühren benachbarter Platten einen Kurzschluss zwischen diesen hervorruft. Etwas mühsam ist das Laden nur dann, wenn die Schichten des feuchten Leiters besonders dünn sind, oder wenn die Platten sehr mangelhaft geputzt waren.

Hatte man sich nach der Erschöpfung der Säule infolge des Gebrauches bei einer Versuchsreihe vergeblich bemüht, eine Stromwirkung zu erzielen, so ist es ganz überraschend, dass schon nach mehrmaligem Herunterstreichen an der Säule mit den richtig mit den Fingern einer Hand erfassten oder in einer passenden Klammer (Schraubenquetschhahn) festgemachten Stromzuführungsdrähten nunmehr jene Stromwirkung mit aller Deutlichkeit hervortritt. Wegen der gewiss nicht stets vollkommenen metallischen Berührung dürfte bei einem solchen summarischen Verfahren manches Element ungeladen bleiben. Zur Ladung der Säule für den Unterricht muss man durch etwas längere, 2—5 Sekunden dauernde Zuleitung des Stromes für jedes einzelne Element eine mehr nachhaltige Wirkung der Säule herbeiführen. In einem Teil der Unterrichtspause wird man damit zu Ende kommen. Man berührt wohl am besten die (reineren) Kupferplatten und erkennt bei kräftigen Ladungsströmen sofort an der Funkenbildung beim Bewegen der Drähte, sowie an dem Geräusch der elektrolytischen Gasentwicklung, die auch meistens Blasen am Rande des feuchten Leiters hervortreibt, die gute metallische Berührung. Mit der anderen Hand wird man, falls nicht feste Stäbe die Plattenpaare stützen, von der Rückseite her etwas Gegendruck

geben; die Herstellung einer reinen Bahn für das Anlegen der Drähte durch vorsichtige Benutzung eines Stückchens Smirgelleinen wird ebensowenig wie bei den Versuchen des Verfassers unbedingt nötig sein.

Eine Ausführung der Beseitigung der Polarisierung vor den Augen der Schüler würde bei der ersten Benutzung der Säule wohl verwirrend wirken. Da die Säule nach Vornahme der Ladung sich ebenso wie eine frisch aus wohlgereinigten Platten zusammengesetzte verhält, so wird das Gewissen des Lehrers wohl nicht schwer durch die Thatsache belastet sein, daß er den Schülern verschweigt, was die einfache Auffassung stören könnte. Bei Besprechung der Akkumulatoren wird vielleicht besonders der mit geringen Mitteln arbeitende Lehrer aus der Ladung der Säule einen lehrreichen Unterrichtsversuch machen können. Man verbindet hierzu eine aus 6–10 Plattenpaaren aufgebaute Säule mit dem Voltmeter oder unter eventueller Benutzung eines Nebenschlusses mit dem Galvanoskop. Nachdem gezeigt worden ist, daß die Wirkung des Stromes langsam schwächer wird und daß dies durch einige Kurzschlüsse schnell herbeigeführt wird, läßt man, ohne an dem Schließungskreis zu ändern, einen Ladungsstrom auf die einzelnen Elemente in der beschriebenen Weise wirken. Zur Beobachtung gelangt erstens das Ansteigen der Polspannung während der einzelnen Ladung infolge Zwischenschaltung einer höheren Potentialdifferenz (Besprechung der Stromrichtungen in dem und außerhalb des zu ladenden Elementes), zweitens ersieht man die Zunahme der Polspannung bezw. Stromwirkung nach jeder einzelnen Ladung. Zuletzt zeigt man, daß Kurzschlüsse auch die erreichte höhere Polspannung wieder herabsetzen.

Die im folgenden angeführten Versuche geben einen Beleg für die Brauchbarkeit des mitgeteilten Verfahrens. Aus Doppelplatten von Zink und Kupfer wurde unter Benutzung von Filzläppchen, die mit 5-prozentiger Schwefelsäure getränkt waren, eine aus 6 Elementen bestehende Säule aufgebaut und diese mit dem Voltmeter verbunden. Im Nebenschluss hierzu befand sich eine Vorrichtung zum bequemen Einschalten von 1 Ohm. Die Metallplatten wurden in dem Zustande der Reinigung verwendet, der im allgemeinen den zum Aufbau einer vielplattigen Säule benutzten gegeben wird. Verlauf und Ergebnisse des Versuches sind wie folgt:

Polspannung der nicht geladenen Säule	4,8 Volt ¹⁾ .
Nach einmaligem Stromschluss, 15 Sekunden lang durch 1 Ohm	2,5 „
„ zweimaligem ebensolchen Stromschluss	2,3 „
„ dreimaligem „ „	2,2 „

Nach dem Öffnen erhöhte sich die Polspannung von selbst nur um sehr kleine Werte.

Polspannung nach Ladung der Säule	5,9 Volt.
Nach einmaligem Stromschluss wie oben	4,9 „
„ zweimaligem „ „ „	4,3 „
„ dreimaligem „ „ „	3,9 „

Unmittelbar nach dem Öffnen war die Polspannung 0,5–2 Volt geringer, stieg aber schnell zu den mitgeteilten Werten an, eine Erscheinung, die schon RITTER 1803 an seiner aus Kupferplatten und feuchten Zwischenschichten aufgebauten Säule bemerkte (Gerland und Trau Müller, *Gesch. d. phys. Experimentierkunst*, 1899, S. 371. Leipzig, W. Engelmann).

Wurde die Ladung der Plattenpaare etwas länger fortgesetzt (etwa 10 Sekunden beim einzelnen Element mit einem Strom von 4 kräftigen Tauchelementen), so wurde die anfänglich 5,8 Volt betragende Polspannung durch 3 wie bei den vorigen Versuchen aus-

¹⁾ Frisch aufgebaute Säulen, deren Platten nach dem Absmirgeln etwa eine Stunde an der Luft gelegen hatten, besaßen bisweilen eine um 0,1 Volt größere Polspannung; hingegen zeigten Platten, die einer unmittelbar vorher durch Polarisierung abgebrauchten Säule entnommen waren, nach gutem Abspülen, Trocknen und Putzen (mit getrenntem Smirgelleinen für die beiden Metalle, um das Aufbringen von Teilchen des anderen Metalles zu verhüten) erheblich kleinere Spannungen (4,5 Volt bei 6 Elementen).

geführte Stromschlüsse auf 4,6 Volt und erst durch 6 solche Stromschlüsse auf 3,25 Volt herabgedrückt. Von Versuchen, die besonders wegen der Zufälligkeiten beim Laden nicht immer die gleichen Werte geben, seien noch die folgenden mitgeteilt.

Blieb eine frisch aufgebaute Säule ohne Vornahme eines Kurzschlusses 8 Minuten hindurch nur durch das Voltmeter (von 332 Ohm Widerstand) geschlossen, so sank die Polspannung von 4,8 auf 2,1 Volt herab.

Die hierauf geladene Säule (etwa 5 Sekunden das Element) zeigte unter denselben Umständen eine Abnahme der Polspannung von 5,9 auf 4,2 Volt.

Eine aus 6 Elementen aufgebaute Säule, deren Filzläppchen anstatt mit 5-prozentiger Schwefelsäure mit ziemlich concentrirter Bittersalzlösung getränkt waren, zeigte infolge einer 4 Minuten andauernden Verbindung mit dem Voltmeter, ohne dafs ein Kurzschluss stattfand, eine Abnahme der Polspannung von 5,3 auf 1,8 Volt. Nach dem Laden ging die Polspannung unter den gleichen Umständen von 5,9 auf nur 5,3 Volt zurück.

Verbesserung an Tyndall's Apparat zur Demonstration der relativen spezifischen Wärme.

Von

Bruno Kolbe in St. Petersburg.

Bei der gebräuchlichen Form des Tyndall'schen Apparates werden 5 Kugeln aus verschiedenem Metall, die mit Löchern versehen sind, an die Spitzen der Spinne (Fig. 1) gesteckt, im Wasserbade erhitzt und auf eine dünne Wachs- oder Paraffinscheibe gestellt, die auf einem Ringe liegt, der einen gewissen Abstand von der Tischplatte hat. Hierbei tritt

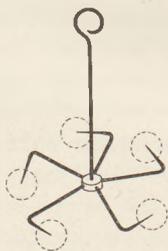


Fig. 1.

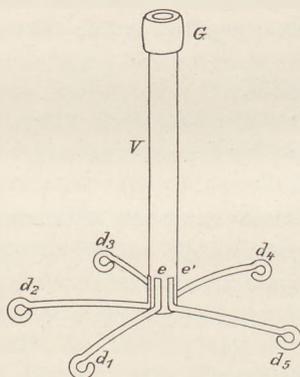


Fig. 2.

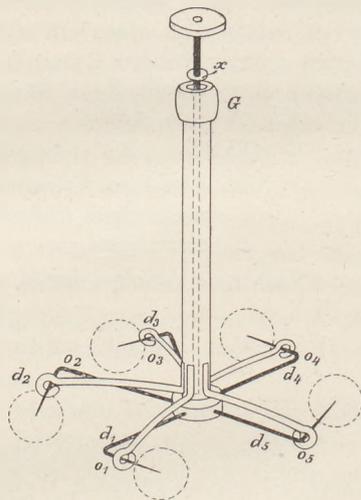


Fig. 3.

leicht der Übelstand ein, dafs die Kugeln zu fest sitzen oder vor der Zeit abfallen, selten aber an der Stelle liegen bleiben, wo man sie haben will, indem sie — bei der Drehung der Spinne — oft ein Stück zur Seite geschleudert werden.

Folgende einfache Vorrichtung hat sich bei mir gut bewährt.

An ein Stück dünnes Messingrohr, das etwa 2—3 cm kürzer ist, als der Halter der Spinne, lötete¹⁾ ich 5 Messingdrähte von 1,5 mm Dicke, deren Enden zu Ösen umgebogen

¹⁾ Das Anlöten der Drähte gelang mir, nachdem der LötKolben sich als ungeeignet erwiesen hatte, in folgender Weise sehr leicht. Nachdem die betreffenden Stellen des Messingrohres und die (flach gefeilten) daraufzusetzenden Stellen der Messingdrähte genügend verzinkt worden, setzte ich

waren (Fig. 2). Da diese Drähte etwas länger waren, als die Drähte der Spinne bis zur Biegung, so konnte, durch eine entsprechende Krümmung der Drähte, es leicht eingerichtet werden, daß die umgebogenen Enden der Drähte an der Spinne frei durch die Ösen gingen, wenn das Rohr gerade unten berührte (Fig. 3). Der innere Durchmesser der Ösen beträgt etwa 4 mm. Dicht über der Röhre lötete ich noch einen Ring (*x*) aus zusammengebogenem verzinn-ten Kupferdraht an, damit das Rohr eine Führung hat. Oben, an dem Halter der Spinne, brachte ich einen Knopf zum Drehen an. Auf das obere Ende des Rohres hatte ich vorher ein Stück Gummischlauch geschoben (*g*). Beim Gebrauche setzt man die Kugeln auf, nachdem die Spitzen durch die Ösen geschoben worden, und erhitzt die Kugeln im Wasserbade (s. w. u.) und stellt sie dann auf die Platte, während man mit der linken Hand das Röh- rchen hält, und dreht mit der rechten die Spinne langsam zurück (bei meinem Exemplar also nach rechts), dann werden die Kugeln gleichzeitig abgeschoben. Zur Sicherheit kann man einen genügend großen Ring von 2 cm Höhe aus starkem Karton zusammenleimen und auf die oberste Paraffinplatte legen. Sobald die Kugeln ein wenig eingeschmolzen sind, entfernt man den Ring.

Die Herstellung der Paraffinplatten ist sehr einfach. Ein rundes Blechgefäß von 13 bis 15 cm Durchmesser und etwa 4—5 cm Höhe wird mit einer ca. $\frac{1}{2}$ cm hohen Wasserschicht auf den Dreifuß der Lampe gestellt und ein passendes Stück Paraffin (der Sorte, deren Schmelzpunkt niedriger liegt) zugesetzt. Ist dieses geschmolzen, so stellt man das Gefäß zum Abkühlen bei Seite. Nachdem man mit einem Messer ringsum gelöst hat, läßt sich die dünne Paraffinplatte leicht herausheben, besonders, wenn das Gefäß nach oben konisch breiter wird. Ich verwende 3 oder 4 Paraffinplatten von ca. 1,5—2 mm Dicke, die in Kerben zu stehen kommen, welche in Korken gesägt oder geschnitten sind, sodafs die Platten etwa 1—2 cm von einander abstehen. Man sieht dann, wie die Kugeln, je nach der relativen spezifischen Wärme, mehr oder weniger Platten durchschmelzen²⁾. (Meine Kugeln haben einen Durchmesser von 16 mm.) Verwahren lassen sich so dünne Paraffinplatten am besten auf einer mit Vaseline eingeriebenen Glasplatte.

Zum Erhitzen der Kugeln kann man sich eines doppelten Blechgefäßes bedienen, dessen äußeres Gefäß 3 Führungen (angelötete Blechstreifen) hat, sodafs das innere allseitig (auch unten) etwa 5 mm absteht. Wird in das äußere Gefäß etwas Wasser gegossen, und zum Kochen gebracht, so werden die im inneren Gefäß befindlichen Kugeln (die natürlich schon an der Spinne sitzen) erhitzt, ohne naß zu werden.

Sehr anschaulich ist auch folgender Versuch, den ein russischer Fachkollege schon vor Jahren in der Sitzung der Physiklehrer im Pädagogischen Museum demonstrierte. Ein Glaszylinder von etwa 20 cm Höhe und 12 cm Weite war mit Gallert gefüllt. Die Kugeln sanken verschieden tief ein. Wie mir aber der Kollege einige Zeit später mitteilte, oxydierten die Kugeln hierbei leicht, auch ist die Masse nicht haltbar.

Besser ist, wie ich erprobt habe, eine Mischung von 2 Teilen gelbem Vaseline mit 1 Teil Vaselineöl (beim Schmelzen zusammengerührt). Im Sommer, oder in einem warmen Zimmer (18° C.) genügt auch Vaseline allein. Um die Kugeln wieder mit einem langstieligen Löffelchen herauszuholen und zugleich die Schicht klar und glatt zu erhalten, stelle man

den einen Draht auf und umwickelte die Stelle ein paar Mal mit blankgemachtem sehr feinem Kupferdraht (Induktionsrollen-Draht), dann setzte ich das nächste Stück auf und wickelte den Draht wieder einige Male herum u. s. w., bis alle 5 Drähte an der richtigen Stelle genügend fest saßen. Nun legte ich zwischen die Drahtenden (*e e'* Fig. 2) je ein kleines Stückchen sehr flach gegossenen Zinns und umwickelte nun mit umsponnenem Kupferdraht. Nachdem die Lötstellen mit Lötwasser befeuchtet worden, wurde dieser Teil des Röh- rchens in einer Spiritusflamme gleichmäfsig erhitzt, bis das Zinn schmolz. Darauf wurde abgespült und der äußere Draht entfernt event. abgefeilt.

²⁾ Um die Kugeln vom Paraffin oder Wachs zu befreien, lege man sie in heißes Wasser und wische sie mit einem trockenen Lappen ab. Die aus dem geschmolzenen Vaseline herausgenommenen Kugeln können direkt abgerieben werden.

den Glaszylinder in ein größeres Gefäß mit warmem Wasser, dem man allmählich heißes Wasser zusetzt, bis die Masse geschmolzen ist. Das Zugießen geschieht am Besten durch einen Trichter, an dem ein Gummischlauch befestigt ist, der bis an den Boden des äußeren Gefäßes reicht, oder man leitet den Dampf aus einer Kochflache hinein.

Explosionsversuche.

Von

Prof. Maximilian Rosenfeld in Teschen.

Explosion eines Gemisches von Leuchtgas und Luft.

Besser als der Heumannsche Apparat¹⁾ eignet sich zur Ausführung dieses Versuches die Doppelkugel, die man nach Entfernung des Kugeltrichterrohres und der beiden Pfropfen eines Kippschen Apparates erhält (Fig. 1).

Nach dem Verschließen der Seitenöffnung der oberen Kugel mit einem sehr fest sitzenden Propfen füllt man die zweikugelige Stehpipette mit Hilfe eines Kautschuk-schlauches (s. Fig. 1), dessen Ende durch den unteren Tubulus hindurch in die Kugel hineinragt, mit Leuchtgas, schließt die Gasleitung und entzündet nach Entfernung des Schlauches das Gas an der oberen Öffnung. Nach dem Abbrennen des reinen Gases erfolgt die Entzündung des Gemisches von Leuchtgas und Luft unter heftiger Explosion.

Setzt man (Fig. 2) auf die Doppelkugel des Kippschen Apparates noch das Kugeltrichterrohr, dessen Röhre zu diesem Zwecke in der Höhe des unteren Randes des Halses der mittleren Kugel abgeschnitten wurde, so erhält man eine dreikugelige Stehpipette, in welcher die Explosion des Luft-Leuchtgasgemisches unter betäubendem Knall erfolgt. Bei

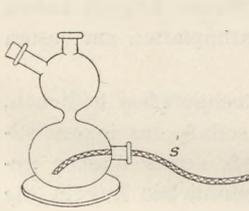


Fig. 1.

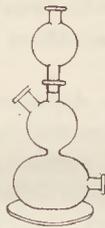


Fig. 2.

der Ausführung des Versuches in diesem Apparate bleibt die Seitenöffnung der mittleren Kugel unverschlossen. Übrigens kann der Versuch, wie früher (d. Ztschr. XI 271) beschrieben wurde, mit hinlänglichem Effekte auch in der Kugeltrichterröhre eines Kippschen Apparates oder in der Explosionskugel ausgeführt werden, wenn man nach dem Entzünden des Leuchtgases in der unteren Öffnung einen einfach durchbohrten Pfropfen befestigt. Bei

der Explosion wird der Pfropfen durch den Rückstoß hinausgeschleudert.

Der Kippsche Apparat kann somit als Universal-Explosionspipette benützt werden, indem man die Kugelröhre desselben zur Explosion von Knallgas oder eines Acetylen-Luftgemisches²⁾ und die Doppelkugel zur Ausführung des oben beschriebenen Versuches verwendet.

In jüngster Zeit hat Dr. F. Scriba (d. Zeitschr. XIII 268) im Heumannschen Apparate durch Tieferstellen der Röhre sowie durch Anwendung von Röhren, welche in der Mitte mit einer Doppelkugel versehen waren, „verstärkte Explosionen“ hervorgerufen und zieht aus seinen hierbei gemachten Beobachtungen den Schluss, „dafs verschiedene Beschaffenheit des Gasgemisches nicht die Ursache der stärkeren Wirkung ist“, sondern „dafs Gemische von Luft und Leuchtgas“, ähnlich dem Dynamit oder der Schiefsbaumwolle, „mit sehr verschiedener Heftigkeit explodieren können, je nach Art der Entzündung“.

Dieses Resultat ergibt sich jedoch aus der Nichtbeachtung von Umständen, welche im folgenden zur Erörterung gelangen sollen.

Bei der gewöhnlichen Stellung des Rohres im Heumannschen Apparate brennt ein Teil des Gases ab, ohne dafs Luft in die Flasche eingesaugt wird, weil gleichzeitig auch

¹⁾ Anleitung zum Experimentieren, II. Aufl. 1893, S. 465.

²⁾ D. Zeitschrift XI 271.

ein Teil des Leuchtgases durch die nach oben gerichtete seitliche Öffnung entströmt. Durch Diffusion bildet sich unterdessen an der Oberfläche zwischen der Öffnung und der saugenden Röhre, eine geringe Menge des explosiven Gemisches, und dieses ist die Ursache, daß die Flamme in die Röhre einschlägt und „das Geräusch“ hervorbringt, welches „mit einem Klatschen zu vergleichen“ ist.

Daß nach der auf diese Weise hervorgerufenen schwachen Explosion noch unverändertes Leuchtgas vorhanden ist, kann folgendermaßen nachgewiesen werden: Versieht man (Fig. 3) die Kippsche Doppelkugel nach Art des Heumannschen Apparates mit einem Rohre, füllt dieselbe durch den unteren Tubulus mit Leuchtgas, entzündet dieses an der Mündung der Rohre und verschließt die untere, seitliche Öffnung mit einem Pfropfen, so erfolgt nach kurzer Zeit die bekannte schwache Explosion, und man kann nach derselben an der unteren Tubulatur das in der unteren Kugel befindliche unveränderte Leuchtgas anzünden. Öffnet man sofort nach dem Einschlagen der Flamme den unteren Tubulus, so erfolgt nach der Explosion die Verbrennung des in der unteren Kugel befindlichen fast unveränderten Leuchtgases. Schiebt man nun das Rohr so tief hinein, daß es etwas in die untere Kugel hineinragt (Fig. 4), so wird nach dem Entzünden wieder ein Teil des in der oberen Kugel befindlichen Gases durch die Seitenöffnung entweichen, aber es wird sodann

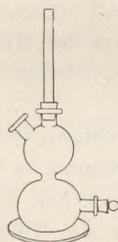


Fig. 3.

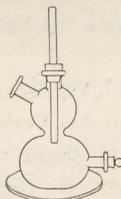


Fig. 4.



Fig. 5.

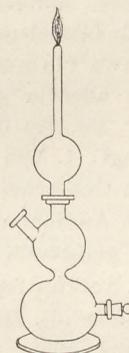


Fig. 6.

durch die saugende Wirkung der Röhre Luft auch in die untere Kugel gelangen und somit auch hier ein explosives Gemisch entstehen, es wird also die Menge des explosiven Gases vergrößert und somit eine heftigere Explosion erfolgen müssen, was auch in der That der Fall ist.

Übrigens wird bei dieser centralen Zündung auch überdies der Widerstand, den das explodierende Gas bei der Verbrennung findet, vergrößert, weil bei dieser Stellung der Röhre das Verbrennungsprodukt zum größten Teil nur aus der Seitenöffnung entweichen kann.

Wird bei der Ausführung des Versuches die untere Tubulatur offen gelassen, dagegen die obere, seitliche Öffnung mit einem Pfropfen verschlossen (Fig. 5), so tritt eine so heftige Explosion ein, daß sowohl die Röhre als der Pfropfen herausgeschleudert wird; in diesem Falle sind nämlich beide Kugeln mit explosivem Gemische erfüllt, und gleichzeitig ist auch der Widerstand, den die Verbrennungsprodukte bei ihrer Ausdehnung zu überwinden haben, sehr groß.

Die Verstärkung der Explosion durch Anwendung einer Röhre, „bei der sich mitten dicht bei einander zwei Kugeln befinden“, erklärt sich folgendermaßen. Befindet sich bei der Ausführung des Versuches im Heumannschen Apparate ein gewöhnliches Rohr, so bildet sich infolge der saugenden Wirkung zuerst in diesem ein explosives Gasgemisch, welches sofort nach dessen Entstehung mit klatschendem Geräusch verpufft und dadurch die Flamme zum Verlöschen bringt, bevor noch im Apparate selbst ein solch günstiges Gemisch entstanden ist. Es leuchtet daher ein, daß eine Erweiterung der Röhre durch

Kugeln eine Vergrößerung der Menge des explosiven Gasgemisches, somit eine Verstärkung der Explosion hervorrufen muß.

Die Richtigkeit dieser Ansicht zeigt folgender Versuch: Befestigt man, Fig. 6, mit Hilfe eines Statives auf der oberen Öffnung des Kippschen Apparates die Kugeltrichter-röhre desselben, leitet durch die untere Seitenöffnung Leuchtgas hindurch und entzündet dasselbe, nachdem die untere Seitenöffnung wieder geschlossen wurde, so erfolgt nach dem Abbrennen des reinen Gases eine sehr heftige Explosion, wobei der Seitenpfropfen hinausgeschleudert wird.

Entfernt man kurz vor dem Einschlagen der Flamme das Kugeltrichterrohr von der unteren Doppelkugel, so explodiert das in der Kugelhöhle befindliche Gasgemisch, während das in der Doppelkugel befindliche Gas beim sofortigen Entzünden ruhig abbrennt. Dafs bei der Verstärkung der Explosion durch Anwendung von Kugelhöhlen in der Flasche im Momente der Explosion gar kein explosives Gasgemisch vorhanden ist, dafs also hier von der Entstehung einer „Art Vorexpllosion, die den Verlauf der Explosion in der Flasche in ähnlicher Weise verändert, wie etwa ein Schlagzünder die Explosion einer Dynamitpatrone einleitet“ nicht die Rede sein kann, wird am einfachsten auf die Art nachgewiesen, dafs man den oben beschriebenen Explosionsversuch mit der dreikugeligen Stehpipette bei geschlossener, unterer Seitenöffnung ausführt. Nach dem durch die heftige Explosion erfolgenden Hinausschleudern des unteren Seitenpfropfens brennt nämlich, durch die einschlagende Flamme entzündet, der Inhalt der beiden unteren Kugeln ruhig ab.

Aus alledem geht hervor, dafs hier durchaus nicht „sehr verwickelte Verhältnisse vorliegen“, sondern dafs die Heftigkeit der Explosion eines Gemisches von Luft und Leuchtgas abhängt: 1. Von der Herstellung eines günstigen Gasgemisches, 2. von der Menge des explosiven Gemisches und 3. von dem Widerstande, den die Verbrennungsprodukte bei ihrer plötzlichen Ausdehnung zu überwinden haben.

Die gelegentlich der Ausführung dieser seiner „Versuche über Leuchtgasexplosionen“ von Dr. F. Scriba ferner gemachte Beobachtung über das Verhalten der Flamme im Momente der Explosion (ds. Ztschr. XIII 269) wurde schon im Jahre 1891 von Prof. Nic. Teclu gemacht³⁾ und bildet die Grundlage seiner interessanten Versuche über die Teilung der Flamme⁴⁾. Ganz dieselbe Erscheinung findet man in meiner Abhandlung „Über das Tönen der geteilten Flamme“ (diese Zeitschr. XIII, H. 5, S. 263) beschrieben: „Bei der Ausführung des vorher beschriebenen Versuches (Eine einfache Methode der Teilung der Flamme) bemerkt man, dafs die untere Flamme, wenn sie durch Heben der Röhre (also durch gröfsere Zufuhr von Luft) herabsinkt, in Schwingung gerät und zu tönen beginnt“. Da es sich hier um das Verhalten einer Leuchtgasflamme bei erhöhter Luftzufuhr handelt, so ist die von Dr. F. Scriba beobachtete Erscheinung nicht anders zu deuten, als dafs bei der Anwendung seiner Kugelhöhle durch die saugende Wirkung derselben entweder in dieser allein oder auch zugleich in der Flasche ein sehr luftreiches, günstig zusammengesetztes Gasgemisch entsteht.

Kleine Mitteilungen.

Entladungsbilder der Influenzmaschine.

Von **W. Scharf** in Wiesloch bei Heidelberg.

Bringt man die Influenzmaschine in Verbindung mit einem Henleyschen Entlader, legt auf das Tischchen eine Glas- oder Ebonitplatte, so springt der Funke nicht immer zwischen den Metallkugeln, sondern, wenn diese in Berührung mit der Unterlage sind, häufig auf dieser über. Statt den Entlader zu benutzen, kann man die Platte auch einfach mit der Hand über die Pole halten. Hierbei macht man die Erfahrung, dafs der Funke noch über

³⁾ Journal f. prakt. Chemie 1891.

⁴⁾ Journal f. prakt. Chemie 1892, 1893 u. 1895.

die Platte springt, wenn die Entfernung der Kugeln schon zu groß ist, als daß er in Luft noch überspringen könnte. Benützt man Glasplatten, so scheint die Länge des Funkens auch von der Sorte des Glases abhängig zu sein. Unbrauchbare Negativplatten, die man sauber gereinigt hat, leisten gute Dienste. Nimmt man nun, nachdem ein Funke über die Platte geschlagen, diese weg und behaucht sie, so erhält man ein deutliches, mehrere mm breites Bild, das einen mittleren Kanal und zwei parallele Randstreifen erkennen läßt. Das Behauchen kann oft wiederholt und das Bild selbst nach Tagen noch erzeugt werden; sogar durch Abreiben mit einem Tuche kann diese Fähigkeit der Platte nicht leicht genommen werden. Hat man die Hartgummiplatte des Elektrophors benützt, so bleibt das matte Funkenbild auf der glänzenden Fläche lange Zeit erhalten.

Ganz ähnliche Bilder, wie diese, entstehen auf leicht geölten Glasplatten. (Vergl. diese Zeitschr. 1900, Heft 3, S. 171.) Es wird ein Tropfen Olivenöl auf die Platte gegossen und stark darauf zerrieben, sodaß eine dünne Fettschicht möglichst gleichmäßig auf dem Glase verteilt ist, was man an der gleichmäßigen Trübung des Glases erkennen kann. Man läßt die Funken, wie oben angegeben, über die Ölschicht springen und man erhält Bilder, die, in auffallendem Lichte betrachtet, dieselben wie die Hauchbilder sind.

Um Pulverbilder zu erhalten, bestreut man die gereinigte Platte, nachdem man den Funken hat überschlagen lassen, mit Lycopodium, Mennige, Schwefel- oder einem Metallpulver; das Bestreuen braucht nicht sofort zu erfolgen. Von Vorteil ist, wenn man die Glasplatte vorher durch Reiben etwas elektrisch macht; nach dem Bestreuen klopft man sie vorsichtig ab. Leider lassen sich diese Bilder nicht direkt auf photographischem Papier kopieren. Benützt man Eisenpulver — limatura ferri alcoholisata der Apotheken — so kann man dieses auch vorher auf die Glasplatte gleichmäßig aufsieben; läßt man dann den Funken übergreifen, so schmilzt ein Teil des Eisens in die Glasplatte ein, sodaß es dauernd erhalten bleibt. Man erkennt dies an dem roten Feuerregen, wenn die Entladung über die Eisenschicht gegangen ist. Von diesen Bildern lassen sich auch photographische Abzüge machen.

Die schönsten Funkenbilder erhält man (wie schon Antolik gezeigt hat), auf beruften Glasplatten. Die Platten werden leicht beruft; je dünner die Schicht, desto schöner sind die Bilder. Ist die Schicht zu dick, so wird sie zu sehr von den Funken zerrissen. Da Rufs ein Leiter ist, so erhält man nicht immer sofort die überspringenden Funken; die schönsten Bilder giebt eine Entladung bei 1 cm Entfernung der Kugeln von der Glasplatte. Von jeder Platte läßt sich eine photographische Kopie machen — aber nur eine, weil bei Entfernung des Papierpositives, das natürlich einen schwarzen Funken auf weißem Grunde zeigt, immer etwas Rufs kleben bleibt. Da der Rufs am Glase fest haftet, so kann das Bild auch leicht projiziert werden. Ebenso gelingt die Herstellung von Positiven mittelst der Unger und Hoffmannschen Diapositivplatten.

Zur Darstellung der Lichtenbergschen Figuren und der elektrischen Kraftlinien verfährt man folgendermaßen. Eine Glasplatte wird mit Leinwand abgerieben, sodaß das Elektroskop einen Ausschlag giebt. Dann streut man gleichmäßig und nicht zu dick Lycopodium darüber. Die Maschine wird gedreht und die Pole so weit auseinander gezogen, daß kein Funke mehr überspringt. Nun faßt man die Glasplatte, die bestreute Seite nach unten, mit zwei Fingern und hält sie kurz und gleichmäßig auf beide Kugeln. Die Lichtenbergschen Figuren erscheinen gewöhnlich sofort, oft schon bei Annäherung der Platte; dreht man weiter, so werden die elektrischen Kraftlinien sichtbar. Diese Kraftlinienbilder sind somit ebenso leicht herzustellen, wie die von Bruno Kolbe (Einführung in die Elektrizitätslehre I 108) beschriebenen, durch ein Gemisch von Chinin und Terpentin erzeugten.

Will man direkte Photographieen der Funken auf Bromsilberplatten erhalten, so braucht man keine Camera anzuwenden. Man läßt, natürlich ohne Bestreuung, den Funken über die Glasfläche gleiten; auf der belegten Fläche der Platte erhält man nur Glimmentladung. Man hat zu vermeiden, daß der Funke direkt zwischen den Kugeln überspringt, da die Lichtwirkung auf die Platte ziemlich groß ist und man verschwommene Bilder erhalten

würde. Auch die Glimmentladungsbilder sind interessant; sie zeigen zwischen den dunkeln Kugeln eine beleuchtete Fläche. Die so erhaltenen Negative lassen sich leicht kopieren, zeigen aber nur eine einfache Zickzacklinie des Funkens. Die Negativplatten lassen sich auch, mit einer Schutzplatte versehen, als Projektionsobjekte gebrauchen.

Auch die chemische Wirkung der Entladung läßt sich mit der Influenzmaschine zeigen, wenn man ein Stück photographischen Papiere auf die auseinander gezogenen Kugeln legt. Es erfolgt dann glimmende Entladung auf das leitende Papier, und an den Berührungsstellen der Kugeln zeigen sich schwarze Flecken von ausgeschiedenem Silber, mit strahlenden Linien umgeben.

Ein neues Baroskop.

Von **H. Schoentjes**, Professor an der Universität zu Gand (Belgien).

Dieses Baroskop dient dazu, den Auftrieb, den ein Körper in Luft erfährt, in leicht verständlicher Weise nachzuweisen; es ist im Prinzip und in der Handhabung dem Apparate nachgebildet, der zum Nachweise des archimedischen Prinzips für Flüssigkeiten angewendet wird.

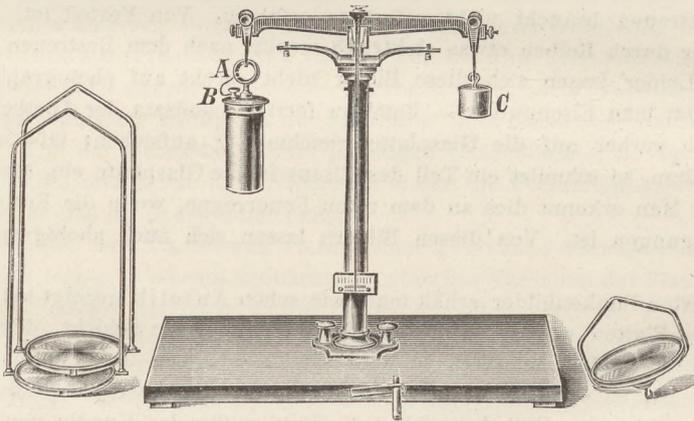


Fig. 1.

Die Vorrichtung besteht aus zwei hohlen, an einer Seite geschlossenen Messingcylindern; diese sind mit ihren offenen Enden in einander geschoben und müssen so genau gearbeitet

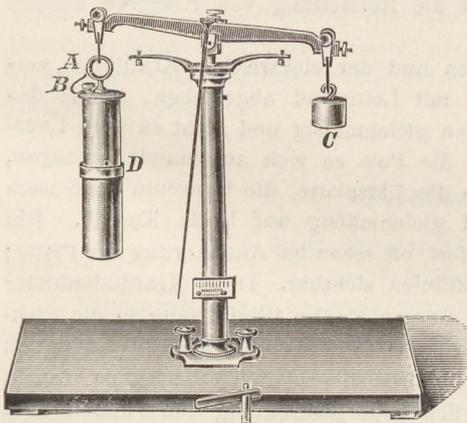


Fig. 2.

ist noch ein Messinggewicht *C* beigegeben, welches dem Apparate genau das Gegengewicht hält.

sein, daß die Luft nicht in den Innenraum treten kann oder wenigstens nur so langsam, daß es für den Versuch nicht von Nachteil ist. Am Deckel des inneren Cylinders ist ein Ring *A* (Fig. 1 u. 2) angebracht, der sowohl zum Aufhängen des Apparates an einer Wage wie auch zum Ausziehen der beiden Cylinder dient; außerdem ist dieser Deckel mit einer konischen Öffnung versehen, die durch einen Stöpsel *B* luftdicht verschlossen werden kann. Letzterer ist am Ringe *A* durch einen Faden festgebunden. Eine kleine Feder *D* am unteren Ende des inneren Cylinders verhindert, daß die beiden Cylinder durch den Luftdruck ineinandergeschoben werden. Dem Baroskope

Zum Versuche verfährt man in folgender Weise:

1. Man hängt das Baroskop mit ineinander geschobenen Cylindern und fest aufgesetztem Stopfen *B* an das eine Ende des Wagebalkens einer gewöhnlichen Wage, das Gegengewicht *C* an das andere Ende (Figur 1). Die Wage zeigt keinen Ausschlag.

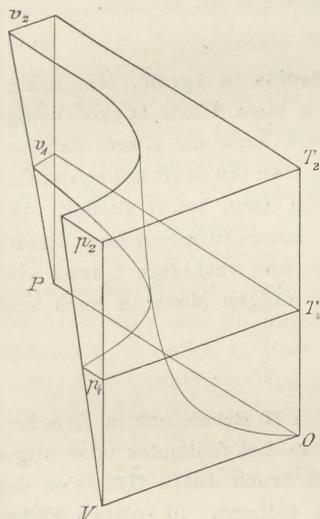
2. Man hängt das Baroskop ab und zieht die beiden Cylinder so weit auseinander, bis die Feder *D* über den Rand des äußeren Cylinders greift. Hängt man dann den Apparat wiederum an die Wage, so zeigt letztere einen deutlichen Ausschlag: Das Gewicht wird durch Vergrößerung des Volumens vermindert, der Auftrieb also vergrößert (Figur 2).

3. Jetzt zieht man den Stöpsel *B* heraus. Die Luft dringt pfeifend ein und die Wage kommt wieder ins Gleichgewicht: Der Gewichtsverlust war damit gleich dem Gewichte der Luft, die im zweiten Falle mehr verdrängt wurde als im ersten. Dieser Gewichtsverlust beträgt etwa 0,16 g.

Die Konstruktion dieses Baroskopes ist der Firma E. Leybold's Nachfolger in Köln übergeben; der Apparat wird von dieser in exakter Ausführung zu Mark 25,— geliefert.

Für die Praxis.

Das Mariotte-Gay-Lussacsche Gesetz ist in der neusten Auflage des Müller-Pouillet auf Seite 119 durch eine erhabene Fläche dargestellt. Ich möchte mir den Vorschlag



erlauben, die Fläche als Hohlfläche (s. Fig., *OV* bedeutet die Volumenachse, *OP* die Druckachse, *OT₁ T₂* die Achse der absoluten Temperatur) zu zeichnen. Man kann erstens bei dieser Darstellungsweise erkennen, daß die Fläche des

Mariotte-Gay-Lussacschen Gesetzes ($\frac{vp}{T} = \text{Const.}$) ein Teil eines hyperbolischen Paraboloids, der Sattelfläche ist, und dann lassen sich die Kurven für die besonderen Fälle des Gesetzes recht gut erkennen, nämlich die Geraden für kon-

stanten Druck: $\frac{v_1}{v_2} = \frac{T_1}{T_2}$ und für konstantes Volumen: $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$ und die Hyperbel $vp = \text{Const.}$ für konstante Temperatur¹⁾.

H. Lohmann, Dresden.

Die schlechte Wärmeleitungsfähigkeit des Wassers kann unter Benutzung des Looserschen Thermoskops auf folgende Weise gezeigt werden. Eine gewöhnliche Holzmetze, deren oberer Rand durch einen Blechstreifen vor dem Anbrennen geschützt ist, wird am Boden durchbohrt. In die Bohrung wird mit Hilfe eines Korkes der gerade Receptor der Looserschen Zusammenstellung wasserdicht eingelassen. In das Gefäß wird Wasser gegossen, so daß der Receptor $\frac{1}{2}$ cm bedeckt ist. Dann schichtet man vorsichtig Alkohol darauf, der schließlich angezündet wird. Das Thermoskop zeigt keine Erwärmung der auf dem Receptor liegenden Wasserschicht.

H. Lohmann, Dresden.

Riesen-Elektroskop und Papier-Elektrophor. Von Dr. K. Böhmländer in Memmingen. Im Anschlusse an die von Herrn J. Kleiber in dieser Zeitschrift (XIV 33) veröffentlichten „Versuche mit elektrisiertem Papier“ erlaube ich mir Folgendes mitzuteilen. Seit ungefähr 10 Jahren elektrisiere ich Papier in der Weise, daß dieses an die warme Wand

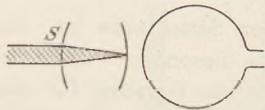
¹⁾ Man vergl. hierzu die Mitteilung von Professor E. Mach in dieser Zeitschrift V 138.

neben den Ofen gebracht und mit der Hand einigemal überstrichen wird (Reiben mit einem Tuche verstärkt die Wirkung). Das Papier wird dann negativ elektrisch und bleibt an der Wand hängen. Beim Abreißen hört man deutliches Knistern und sieht im Dunkeln ein lebhaftes Funkensprühen. Das von der Wand abgerissene Papier giebt gegen genäherte Leiter Funken bis zu 1 dm Länge — im Dunkeln sieht man den vom Fingerknöchel ausgehenden Lichtkegel sehr schön —; die flache Hand zieht das herabhängende Papier stark an. Bei gröfseren Zeitungen werden die Funken entsprechend länger; so gab „The Daily Telegraph“ (100×67 qcm) solche von 2 dm Länge. Zwei aufeinander gelegte und in gleicher Weise geriebene Stücke werden entgegengesetzt elektrisch. Hält man zwei Zeitungen (gewöhnlich wurde das Format 41×57 qcm benützt) mit einer Kante zusammen, so hat man ein Riesenelektroskop mit einem Ausschlage von etwa 90°. Da die Blätter Nichtleiter sind, so hat man die zu untersuchenden Körper in den Winkelraum beider Zeitungen zu bringen. Die enorme Gröfse des Apparates macht einige Versuche sehr anschaulich; für die Mehrzahl der Fälle dürfte jedoch Kleibers Fidibuselektroskop vorzuziehen sein.

Legt man einige der auf die oben beschriebene Art elektrisierten Zeitungen aufeinander (verwendet wurden fünf Bogen von 41×57 qcm) und darauf einen Metalldeckel, so bildet diese Zusammenstellung ein Elektrophor von kaum zu übertreffender Einfachheit. Die hierbei erhaltenen Funken hatten gegenüber den vorhin erwähnten kräftigere Wirkung auf das Gefühl, dagegen geringere Schlagweite (2 cm).

Die angegebenen Versuche sind sehr leicht vom Schüler auszuführen und dürften in hohem Mafse geeignet sein, das Interesse derselben für den Unterricht zu mehren.

Durchbohren dünnwandiger Glaskugeln. Von V. Dvořák in Agram. Man nehme einen runden Kohlenstift *S* (s. Figur) für elektrisches Licht von etwa 4 mm Dicke, bringe die Spitze in eine Gebläseflamme und halte die Kugel daneben. Ist der Stift weissglühend, so drücke man ihn sanft mit schwacher Drehung in die Kugel und ziehe ihn dann sofort zurück. Die so entstandene kleine Öffnung hat innen aufgeworfene Ränder und springt nicht aus. Ich habe so ohne vorherige Übung eine Kugel in kurzer Zeit wie ein Sieb durchlöchert; es war nach einigen Monaten noch kein Sprung an der Kugel zu bemerken.

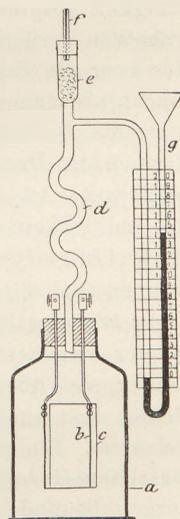


Schutz der Wasserleitung vor dem Zufrieren. Von H. Rebenstorff in Dresden. Nicht immer ist es möglich, die Wasserleitung des Physikzimmers bei fehlender oder ungenügender Heizung während der Weihnachtsferien vor dem Rohrbruch durch Gefrieren des Wassers dadurch zu schützen, dass man die Röhren rechtzeitig entleert. In solchen Fällen kann man bei Beginn der Ferien Spiritus mittels des Druckes der comprimierten Luft einer Bombe in den an die Hähne anschließenden Teil der Röhren treiben. Man füllt den angeschraubten oder durch Aufbinden befestigten kräftigen Wasserschlauch mit Spiritus fast ganz an, verbindet das andere Ende mit dem Ausströmungsrohr der Bombe und befestigt auch hier den Schlauch mit Bindfaden oder besponnenem Draht. Nach dem Öffnen des Wasserhahns wird auch das Ventil der Bombe vorsichtig etwas aufgedreht, bis man nach der Änderung des Ausströmungsgeräusches annehmen kann, dass schon etwas Gas in die Wasserleitung gedrungen ist. Die Spiritusmenge kann man nötigenfalls durch Verlängerung des Wasserschlauches mittels einer Rohrverbindung aus starken Glas- und Gummiröhren vermehren und zugleich die Beendigung des Einpressens durch die eingeschalteten Glasröhren leichter erkennbar machen. Wären die Wasserleitungshähne dicht genug, um längere Zeit auch den Austritt comprimierter Luft zu hindern, so würde das Einpressen von in Wasser wenig löslichem Gase einen hinreichenden Schutz gewähren.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Ein Ampèremanometer beschreiben G. BREDIG und O. HAHN in der *Phys. Ztschr.* 1, 561; 1900. Das Knallgasvoltameter ist als Ampèremeter unbequem, weil zu jeder Messung eine Zeit- und eine Gasraumbestimmung gehören. Man kann aber die Entwicklungsgeschwindigkeit des Gases durch eine Druckablesung messen, wenn man das Voltametergefäß verschließt und das Gas nur an einer Stelle durch eine Kapillare entweichen läßt. Der mit einem Manometer meßbare Überdruck im Apparat steigt bei gegebener Länge und Weite der Kapillaren mit der Entwicklungsgeschwindigkeit des Gases und ist nach der Poiseuille'schen Formel bei geringen Überdrucken dieser Entwicklungsgeschwindigkeit annähernd proportional. Da die Entwicklungsgeschwindigkeit des Knallgases in dem Voltameter der Stromstärke proportional ist, so ist auch ein geringer durch eine Kapillare erzeugter Überdruck über die Atmosphäre der Stromstärke sehr angenähert proportional. Wir können also so die Ampère in Drucken messen. Nach diesen Überlegungen haben BREDIG und HAHN das Ampèremanometer gebaut, das nur als einfaches und billiges Schaltinstrument für manche Laboratoriums- und Demonstrationzwecke, nicht als genaues Meßinstrument gedacht ist. Der einfache Apparat hat folgende Form: Die Zersetzungszelle besteht aus einem Glasgefäß *a*, das nahezu vollständig mit 2%iger Natronlauge gefüllt ist. In diese tauchen die beiden cylindrischen Nickelelektroden *b* und *c*, die ein Paar eingeschobene Glasstäbe von einander isolieren. Den Strom führen zwei Nickeldrähte zu, die durch den gasdichten Stopfen der Flasche gesteckt sind. Das elektrolytisch entwickelte Knallgas entweicht durch das Glasrohr *d* und tritt in die Erweiterung *e*, in der es durch Watte, die öfters zu erneuern ist, filtriert und so von mitgerissenem Flüssigkeitsstaub gereinigt wird. Das Gas entweicht durch die Kapillare *f*, deren Länge sich bei passender Weite sehr leicht so abgleichen läßt, daß das mit *d* verbundene Wassermanometer *g* bei 1 A Strom auf der verschiebbaren Skala gerade den Überdruck von 1 cm Wasser anzeigt. Will man den Meßbereich und damit die Empfindlichkeit ändern, so braucht man nur eine anders abgegliche Kapillare an Stelle der ersteren einzustöpseln, so daß z. B. jetzt bei 1 A Strom ein Überdruck von 10 cm entsteht. Die Kapillaren lassen sich leicht mit Wasser, Alkohol und Äther reinigen, falls sie einmal innerlich betauen, was selten vorkommt und leicht bemerkt wird. Nach Versuchen von HAHN gilt für feuchtes Knallgas bei Zimmertemperatur annähernd die Formel $P = 8,4 \cdot 10^{-4} \cdot l \cdot i : r^4$, worin *P* den Überdruck in cm Wasser, *i* die Stromstärke in A, *l* die Länge der Kapillaren in cm, *r* den Radius der Kapillaren in mm bedeuten. Der Temperaturcoefficient beträgt ungefähr +0,56%. Die üblichen Schwankungen der Zimmertemperatur dürften also kaum größere Fehler als 5% hervorbringen, Fehler, die der Apparat ohnehin in den Schaltungen zeigt. Das Ampèremanometer verbraucht 1,6 bis 2 V Spannung. Die Firma Franz Hugershoff zu Leipzig, Karolinenstrafse, liefert abgegliche Kapillaren für verschiedene Stromstärken und auch den vollständigen Apparat.



H.-M.

D'Arsonvals rotierender Funkenlöcher (Exploseur rotatif). Auf der Pariser Weltausstellung hatten GaiFFE & Co. zu Paris einen von Herrn E. RÜHMER in der *Phys. Zeitschr.* 1, 490; 1900 beschriebenen Apparat zur Erzeugung starker Hochfrequenzströme für physikalische und medicinische Zwecke ausgestellt. Zur Beseitigung der Flammenbogen, die bei den Condensator-Entladungen auf der Funkenstrecke auftreten, bediente man sich bisher einer Magnet- oder Luftgebläse-Vorrichtung. Bei dem ausgestellten Apparate war diese durch d'Arsonvals rotierenden Funkenlöcher ersetzt, einen kleinen, sehr wirksamen Apparat, der sich durch geringe Anschaffungskosten, sehr mäßigen Energieverbrauch, große Handlichkeit, Regulierbarkeit und Betriebssicherheit auszeichnet. Er besteht aus zwei kurzen Metallwellen, die

durch eine Ebonitmuffe aneinander gekuppelt sind. Auf jeder Teilwelle sitzt senkrecht zur Achse ein starker Draht, der in eine Zinkkugel endigt. Beide Kugeln stehen in achsialer Richtung und geringer Entfernung, die man mittels einer Schraube innerhalb gewisser Grenzen ändern kann, einander gegenüber. Wird die Welle an die Ankerwelle eines kleinen Elektromotors geschraubt oder auf eine andere Weise rasch umgedreht, so beschreiben die Kugeln in der Luft parallele Kreise von etwa 30 cm Durchmesser. Die Luft wirkt auf die rotierenden Funken ebenso ein, wie ein starkes Gebläse auf die ruhende Funkenstrecke. Die Drehung trennt die einzelnen Condensator-Entladungen, und man sieht eine prächtig leuchtende Perlkette, die je nach der Winkelgeschwindigkeit still steht, oder sich rechts oder links herumdreht.

H.-M.

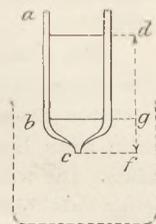
Zerlegbares Modell des Diesel-Motors. Von Ingenieur ADOLF RICHTER. Leipzig, Ernst Wiest Nachf. 5,50 M. Wenn auch die große Begeisterung, die anfangs Fachleute und Laien dieser neuen Maschine entgegenbrachten, sich gelegt hat, und die überschwänglichen Erwartungen, die man auf diesen Motor setzte, sich bis jetzt nicht erfüllt haben, so bedeutet doch Diesels Erfindung einen Fortschritt auf dem Gebiete der Wärmekraftmaschinen, der um so höher zu schätzen ist, als er lediglich das Ergebnis eines ersten Studiums der mechanischen Wärmetheorie ist. Trotzdem selbst berufene Fachleute der Maschine, die zunächst nur in der Theorie und auf dem Papier entstanden war, von vornherein jede Lebensfähigkeit absprachen, und die ersten wirklich ausgeführten Versuche mit der Maschine ergebnislos verliefen, so ist es doch jetzt Diesel gelungen, einen Wärmemotor herzustellen, der zwar die von dem Brennstoff erzeugte Wärmemenge nicht in so hohem Maße nutzbar macht, als man nach den theoretischen Untersuchungen vorausgesetzt hatte, immerhin doch mehr als alle anderen Wärmekraftmaschinen leistet. Während die schwierige Frage, welche Formen der Dampfmaschinen man im Unterricht behandeln soll, bis jetzt nicht befriedigend beantwortet ist, so ist unter den Sachverständigen kein Zweifel, daß die Heißluftmaschinen, die heutzutage vollständig aus den Betrieben verschwunden sind und zuweilen nur als Merkwürdigkeiten auf Jahrmärkten gezeigt werden, in der Schule nur beiläufig zu erwähnen sind, hingegen der „neue Otto“ (vgl. Vater, *Einführung in die Theorie und den Bau der Wärmekraftmaschinen*), der Diesel-Motor und die Dampfturbine von de Laval eine mehr oder minder eingehende Beschreibung verdienen. Für den Lehrer der Physik ist es oft recht schwer, sich über die Anwendungen seiner Wissenschaft in der Technik gründlich zu unterrichten und zu lichtvollen Auffassungen und klarer Darstellung der Maschinen u. s. w. zu gelangen. Ein recht anschauliches und zweckmäßiges Hilfsmittel bieten dabei zerlegbare Maschinen-Modelle wie das vorliegende Schichtmodell. Es ist in Buchgröße ($23\frac{1}{2}$ cm \times $33\frac{1}{2}$ cm) hergestellt und mit einem festen Einband versehen. Es besteht aus einzelnen Kartonausschnitten, welche die Motorteile im kleinen darstellen und so über einander gelegt sind, daß die obersten Blätter ein Bild der ganzen Maschine geben. Dem Schichtmodell ist eine knappe und klare Beschreibung des Motors und seiner Wirkungsweise beigegeben. Doch ist das Einheften dieses Textes in den Einband entschieden unzweckmäßig. Im Klassenunterricht sind diese Modelle wegen ihrer Kleinheit nicht zu verwerten, doch ist deren Anschaffung Schülerbibliotheken dringend zu empfehlen. Viele Schüler studieren solche Darbietungen mit großem Eifer und reichem Gewinn und die strebsamsten fertigen sich gern nach solchen Vorlagen bewegliche Schichtmodelle an. Es möge diese Beobachtung dem Verleger nahe legen, nicht bloß fertig zusammengesetzte Modelle, sondern auch die Modellierbogen in den Handel zu bringen, damit die Schüler, die Sinn und Geschick dafür besitzen, sich die Modelle selbst zusammensetzen können. In demselben Verlage sind noch folgende zerlegbare Modelle erschienen: Die Compound-Lokomotive, die Westinghouse-Schnellbremse, die Schleifer-Einkammer-Luftdruckbremse, der Ottosche Gasmotor, die Ventil-Dampfmaschine, die Dynamomaschine, der Drehstrommotor, die Bogenlampe nebst Elektrizitätszähler, der Akkumulator, das Telephon und ein modernes Kriegsschiff. Hahn-Machenheimer.

Ein Vorlesungsversuch über Capillarität. Von V. Dvořák in Agram Folgender Versuch ist leicht ausführbar und selbst ohne Projektion auf ziemliche Entfernung sichtbar, kann auch gut projiziert werden.

Ein Glasrohr *ab* (s. Figur) von 13 mm Durchmesser ist unten plötzlich verengt; die Spitze bei *c* sei möglichst kurz und dünn im Glase; der Öffnungsdurchmesser ist ca. 0,5 mm. Giesst man langsam Wasser in das Rohr, so beträgt bei meiner Röhre die Höhe der Wassersäule *df* gegen 22 mm; giesst man mehr Wasser hinein, so fließt ein Teil heraus.

Giesst man Alkohol in die Röhre, so ist die Höhe *fg* der Flüssigkeit bedeutend kleiner, obwohl das spezifische Gewicht des Alkohols kleiner ist als das des Wassers; die Flüssigkeitssäule wird nämlich von dem Oberflächenhäutchen bei *c* getragen, und die Oberflächenspannung ist für Wasser 7,5 mg per Millimeter, für Alkohol bloss 2,5 (für Äther 1,88).

Noch auffallender ist folgender Versuch. Man giesse wieder Wasser in das Rohr bis zur Maximalhöhe. Dann gebe man einige Tropfen Äther in ein kleines Becherglas und halte dieses unterhalb *c* (in der Figur punktiert); sofort beginnt das Wasser in einzelnen Tropfen auszufliessen; das Ausfliessen hört auf, sobald man das Becherglas entfernt, und stellt sich von neuem ein, wenn das Becherglas genähert wird. Die Ätherdämpfe verringern nämlich bedeutend die Oberflächenspannung des Wasserhäutchens bei *c*. (*Phys. Zeitschr. II No. 15, 1901.*)



2. Forschungen und Ergebnisse.

Magnetische Spiegelbilder. Wird eine ferromagnetische Substanz in ein Magnetfeld gebracht, so ruft sie in der Energieverteilung desselben wesentliche Veränderungen hervor. Indem die Substanz, am besten weiches Eisen, die Kraftlinien in sich hineinzieht, wirkt sie als Schutz gegen die magnetischen Kräfte des Feldes. Diese Schirmfähigkeit des Eisens hat in der Praxis eine wichtige Anwendung gefunden, sie giebt aber gewissermaßen nur die negative Seite der Erscheinung. Die positive Seite wird auf der Beantwortung der Frage beruhen: welcher Art ist die Veränderung, die ein Magnetfeld durch Einführung einer ferromagnetischen Substanz in allen seinen Punkten erleidet?

Wie HEINRICH JAEGER in einer von der Münchener technischen Hochschule gekrönten Preisschrift ausführt, wirkt eine Eisenplatte auf das von einem Strom erzeugte Magnetfeld ähnlich wie eine Spiegelplatte auf eine Lichtquelle, d. h. es entstehen gewissermaßen „magnetische Spiegelbilder.“ (*Ann. der Physik, 4, 345; 1901.*)

Als magnetisches Feld wählte der Verf. zunächst das einfachste, nämlich das eines geradlinigen stromdurchflossenen Leiters. Als Ferromagnetikum dienten 150 bis 200 mm breite ebene Platten von Stahl oder Eisen. Zur Messung der Feldstärke an verschiedenen Punkten des Feldes diente eine sekundäre eisenlose Spule („Tastspule“), in der Induktionsströme erzeugt wurden, deren Intensität ein Maß für die Feldstärke war. Die Induktionsströme wurden entweder durch Drehen der Tastspule um ihre zum Leiter parallele Achse in dem constanten Felde oder durch Schließen und Unterbrechen des Primärstromes, also ein entstehendes und vergehendes Feld, erzeugt. Die ganze Einrichtung ähnelte der eines Erdinduktors. Der geradlinige Leiter bestand aus einem 2,5 m langen, gut isolierten Kupferdraht und war genau in der Richtung der Inklination ausgespannt; von seinen Enden ging die Leitung zur Decke bzw. zum Fußboden des Beobachtungsraumes und an diesen entlang bis zu der 7 m entfernten Wand, wo sie durch die Stromquelle, einen variablen Widerstand und das Messinstrument geschlossen wurde. Die Achse der Tastspule hatte ebenfalls genau die Inklinationsrichtung; durch eine Schlittenvorrichtung konnte die Spule in jede Entfernung von dem Leiter gebracht werden. Das zur Messung der Induktionsströme dienende Galvanometer war von höchster Empfindlichkeit und gab für dauernde Ablenkung 10^{-9} Amp. pro Skalenteil. Der Verf. bestimmte zuerst die Stärken des Erdfeldes und des auf etwaigem remanenten Magnetismus beruhenden Eigenfeldes der Platte; beide Größen wurden dann bei der definitiven Bestimmung des Leiterfeldes in Abzug gebracht.

JAEGER maß in dieser Weise zunächst die Feldstärke hinter der ferromagnetischen Platte (von dem Leiter aus gesehen), d. h. ihre Schirmfähigkeit und fand, daß die Ab-

schwächung des Feldes proportional ist der Härte des Ferromagnetikums. Ferner nahm der prozentuale Grad der Schirmwirkung mit abnehmender Stromstärke in dem Leiter zu; bei 0,5 Amp. waren nur noch Spuren von dem Strom herrührender magnetischer Energie vorhanden.

Die Untersuchung des Feldes vor der ferromagnetischen Platte erfolgte an 24 verschiedenen Stellen in Entfernungen von 20 bis 220 mm von dem Leiter. Bei Benutzung der weichsten Eisenplatte ergaben sich hierbei Zahlen für die Stärke des veränderten Feldes, die in allen Entfernungen fast genau den doppelten Wert des unveränderten Feldes befaßen. Die weiche Eisenplatte wirkt also so auf einen auf ihr liegenden stromdurchflossenen Leiter, als befände sich in der Ebene seiner vorderen Begrenzungsfläche ein zweiter, dem vorhandenen nach Richtung und Größe identischer Strom. Diesen fiktiven Strom nennt der Verf. nach Analogie der entsprechenden optischen Erscheinung ein „magnetisches Spiegelbild.“

Zur weiteren Untersuchung benutzte JÄGER anstelle des geradlinigen Leiters ein stromdurchflossenes Solenoid von 80 mm Länge und 60 mm inneren Durchmesser. Ebenso wie vorhin wurde mit einer Tastspule T , deren Achse zur Solenoidachse senkrecht stand, die Feldstärke an verschiedenen Stellen im Innern des Solenoids gemessen. Ferner wurde ein zweites, dem ersten in Bezug auf Dimensionen, Widerstand und magnetische Wirkung vollständig gleiches Solenoid hergestellt. Das Hauptsolenoid H wurde nun auf die Mitte einer weichen Eisenplatte gebracht, sodafs seine Achse senkrecht zur Platte stand, und die dadurch veränderte Feldstärke wie vorhin bestimmt. Entfernte man jetzt die Eisenplatte aus der Lage XX (Fig. 1) und setzte an ihre Stelle das Vergleichssolenoid V so, dafs sich die von constantem Strome durchflossenen Solenoide mit den entgegengesetzten Polen berührten, so hatten die entsprechenden Feldstärken innerhalb des Solenoides H genau dieselbe Größe wie vorher. Die Eisenplatte bringt also dieselbe Wirkung hervor wie das Vergleichssolenoid V , das sich zu H wie ein Spiegelbild zu seinem Gegenstand verhält. Die

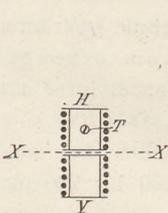


Fig. 1.

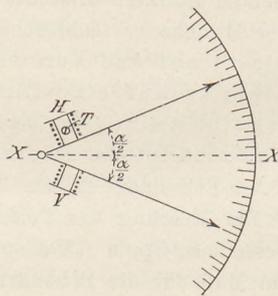


Fig. 2.

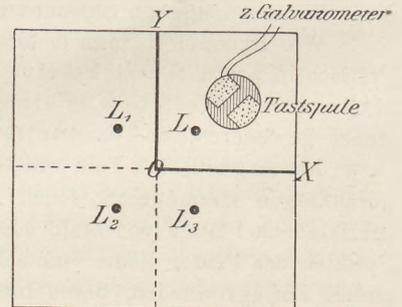


Fig. 3.

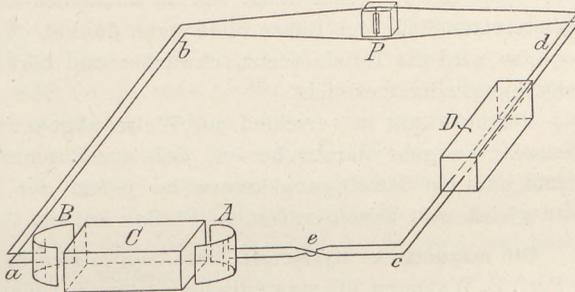
„Spiegelung“ ist um so vollkommener, je weicher die Eisenplatte ist; je härter die benutzte Platte, um so größer war der Unterschied zwischen der durch die Platte und der durch das Solenoid bewirkten Feldänderung.

Bildete die Solenoidachse mit der Plattennormale einen Winkel $\frac{1}{2} \alpha$ (Fig. 2), so bewirkte die in der Ebene XX befindliche weiche Eisenplatte dieselbe Verstärkung des Feldes in H wie das als Spiegelbild zu H in Bezug auf XX gestellte Vergleichssolenoid V . Durch Zusammenstellung mehrerer ferromagnetischer Platten ließen sich auch Analogie zu Winkelspiegelbildern finden. Hierbei benutzte der Verf. wieder einen geradlinigen Leiter L (in Fig. 3 im Querschnitt gezeichnet), der in der Halbierungssachse zweier unter 90° gegen einander geneigter Eisenplatten OX und OY ausgespannt wurde. Zum Vergleich dienten drei mit L ganz gleiche Leiter L_1 , L_2 und L_3 , die genau in die Lagen der optischen Spiegelbilder von L in Bezug auf OX und OY gebracht wurden.

Bei fünf verschiedenen Stromstärken hatte das Feld des Leiters im Winkel der beiden Eisenplatten genau dieselbe Größe, wie wenn an deren Stelle die drei Leiter L_1 , L_2 und L_3

sich befanden. Damit ist die Existenz einer kaleidoskopartigen Feldverstärkung durch einen ferromagnetischen Winkelspiegel nachgewiesen. Hoffentlich gelingt es durch Anwendung gekrümmter Eisenflächen die wohl auf einen tieferen Zusammenhang hinweisenden Analogieen zwischen optischen und magnetischen Erscheinungen noch weiter auszudehnen. *Schk.*

Elektrische Wellen. Die Geschwindigkeit elektrischer Wellen, die an Drähten entlang oder ohne Drähte weitergeführt werden, hatte GUTTON als nahezu gleich gefunden, wenn die Wellen durch Luft hindurchgingen (*diese Zeitschr.* XIII 168). Eine der damals benutzten Methode ähnliche wurde für die Vergleichung der beiden Geschwindigkeiten in anderen Körpern hergestellt (*C. R.* CXXX 894; 1900). Die von dem Erreger *A* (s. Fig.) ausgehenden Wellen gehen einerseits durch eine zwischen zwei parabolischen Spiegeln befindliche Luftstrecke und werden von dem zweiten Spiegel *B* durch parallele Drähte zu dem Brückenritter *P* geführt; andererseits gehen von *A* aus Wellen längs der parallelen Drähte *c d* zu demselben Ritter *P*. Die beiden Drähte der letzteren Linie sind bei *e* gekreuzt; daraus folgt, dass, wenn der Ritter in einer Stellung ist, dass beide Wellensysteme dieselbe Zeit brauchen um nach *P* zu gelangen, diese miteinander interferieren und die Wirkungen auf den Ritter sich aufheben. Nachdem der Ritter bei der verschiebbaren Brücke in seine Nullstellung gebracht war,



wurde ein Block aus Erdpech zwischen die beiden Spiegel gebracht und die Drähte *c d* in einen ebensolchen Block eingesenkt. Die Ritterstellung blieb bis auf ein Centimeter dieselbe wie in Luft; Wellen von 14 cm oder 30 cm Länge hatten das gleiche Ergebnis. Man darf also annehmen, dass die elektrischen Wellen sich auch im Erdpech mit derselben Geschwindigkeit fortpflanzen, ob sie an Drähten entlang oder frei durch die Substanz hindurchgehen.

Mit derselben Methode bestimmte GUTTON den Brechungsexponenten des Eises für elektrische Wellen (*C. R.* CXXX 1119; 1900). Zwei Eisblöcke von zusammen 25 cm Dicke wurden zwischen die parabolischen Spiegel gestellt; die Beobachtungen geschahen in einem Raume, der dauernd unter 0° gehalten wurde. Bei 14 cm langen Wellen fand GUTTON die Verzögerung, welche diese beim Durchlaufen der Eisschicht von 25 cm gegenüber einer gleichen Luftschicht erlitten, zu 19 cm; daraus ergibt sich der Brechungsindex $n = 1 + \frac{19}{25} = 1,76$

und die Dielektrizitätsconstante $n^2 = 3,1$. Auch im Eise pflanzten sich die Wellen mit derselben Geschwindigkeit fort, ob sie mit oder ohne Drähte weitergeführt waren. Zu Versuchen mit längeren elektrischen Wellen nahm der Verf. daher Drähte, die durch zwei paraffinierte Holzgefäße von zusammen 200 cm Länge geführt wurden, füllte die Gefäße mit Wasser und liefs dieses gefrieren. Für Wellenlängen von 25 bis 750 cm änderte sich der Brechungsexponent von 1,73 bis 1,60. Für noch längere Wellen wurde die Methode von Blondlot benutzt, die darin besteht, dass man die Wellenlänge ein und desselben Resonators bestimmt, wenn er zuerst in Luft, dann von Eis umgeben ist. GUTTON erhielt so für $\lambda = 1354$ cm $n = 1,54$, für $\lambda = 2088$ cm $n = 1,50$. Aus den Messungen geht hervor, dass der Brechungsexponent des Eises mit wachsender Wellenlänge abnimmt, das Eis also eine durchaus normale Dispersion zeigt. Dieser normale Charakter der Dispersion steht ohne Zweifel mit der großen Durchsichtigkeit des Eises im Zusammenhang.

Bereits Hertz hatte bei seinen grundlegenden Versuchen gefunden, dass der kreisförmige Resonator, dessen Ebene senkrecht steht zur Richtung der Erregerdrähte, eine maximale Funkenlänge erzielt, wenn die Funkenstrecke am höchsten oder tiefsten liegt, während keine Funkenbildung eintritt, wenn die Unterbrechungs-

stelle in der Ebene der Erregerdrähte liegt. Diese Versuche wurden von TURPAIN wiederholt und in mancher Beziehung abgeändert (*C. R. CXXX 1541 u. 1609; 1900*). So nahm er einen Resonator mit vier an den Enden zweier senkrechten Durchmesser gelegenen Funkenmikrometern und fand in diesen Entladungen, wenn ihr Durchmesser senkrecht zur Ebene der Erregerdrähte stand, während die in dieser Ebene liegenden Mikrometer dunkel blieben. Um den elektrischen Zustand an verschiedenen Punkten eines Resonators gleichzeitig kennen zu lernen, schloß TURPAIN ihn (außer dem Mikrometer) in eine kreisförmige Glasröhre ein, in der die Luft so stark verdünnt wurde, daß das elektrische Leuchten eintrat. Befand sich das Mikrometer an der Stelle größter Funkenbildung, so trat das Leuchten nicht ein bei geschlossenem Mikrometer. Wurde dieses geöffnet, so trat die Luminescenz unmittelbar an den Polen des Mikrometers zuerst schwach auf, wurde bei Vergrößerung der Entladungsweite immer stärker und erreichte ein Maximum, wenn die Mikrometeröffnung so groß war, daß keine Funken mehr auftraten. Die Lichtstärke war am größten in der Nähe der Pole und nahm von da allmählich ab; nur die dem Mikrometer genau entgegengesetzte Stelle der Röhre blieb ganz dunkel. Verschiebt man den Resonator in seiner Ebene, so wird die Luminescenz schwächer und hört völlig auf, sobald das Mikrometer das Auslöschungssazimut erreicht.

Versuche mit in verschiedener Weise abgeänderten Resonatoren zeigten ähnliche Ergebnisse. Es geht daraus hervor, daß der Resonator der Sitz elektrischer Schwingungen ist, und daß ein Schwingungsknoten an jedem der Enden des Mikrometers, ein Bauch an einem gleich weit davon entfernten Punkte auftritt. Schk.

Die magnetische Hysteresis. Bei dem letzten Berliner Ferienkursus (d. Ztsch. XIV 125) hat Prof. E. WARBURG die magnetische Hysteresis behandelt. Seinem eigenen Bericht darüber, der in der *Naturwiss. Wochenschr. XVI Nr. 5, 1900* erschienen ist, sind die nachstehenden Auseinandersetzungen entnommen.

1. Der fundamentale Versuch über die Feldhysteresis wurde in seiner ursprünglichen Form vorgeführt. (E. Warburg, *Freib. Ber. Bd. 8, Dez. 1880; Wied. Ann. 13, 141 1881*.) Östlich von der Magnetometernadel befindet sich die Magnetisierungsspule S (40 cm lang, 5 mm Lumen, enthaltend fünf Drahtlagen, jede mit etwa 10 Windungen pro cm), deren Wirkung auf die Nadel durch eine kleine Compensationsspule C kompensiert ist. In S wird eine passende Zahl weicher Eisendrähte geschoben. Der Stromkreis, in welchem alles hinter einander geschaltet ist, enthält zwei Akkumulatoren, einen durch Schleifkontakt regulierbaren Widerstand R bis 300 Ω und ein Vorlesungsmilliamperemeter von Hartmann und Braun, dessen Empfindlichkeit durch einen Nebenschluss auf den zehnten Teil herabgesetzt ist. In der Spule kann der Strom commutiert werden. Die Ablenkungen der Magnetometernadel werden durch objektive Spiegelablesung beobachtet. Man zeigt, wenn die Stromstärke zwischen $-i$ und $+i$ cyclisch variiert wird, erst fortwährend ansteigend, dann fortwährend absteigend, daß zu jedem Wert der Stromstärke bzw. Feldstärke zwei Werte des magnetischen Moments gehören, und zwar ist das positive Moment grösser, wenn die positive Feldstärke im Abnehmen, als wenn sie im Wachsen begriffen ist. Der permanente Magnetismus ist ein specieller Fall der Feldhysteresis. Trägt man für einen Cyklus die wahren Feldstärken als Abscissen, die Induktionen als Ordinaten auf, so erhält man eine geschlossene Kurve, die Hysteresisschleife.

2. Die Hysteresisschleife wurde nach Ångström (*Physical Review Vol. X, Febr. 1900; d. Ztschr. XIII 97*) durch Kathodenstrahlen mittels der Braunschen Röhre objektiv dargestellt. Am Diaphragma der Röhre sind senkrecht zur Röhrenachse zwei gleiche Magnetisierungsspulen (wie S unter Nr. 2) angebracht, die sich in ihrer Wirkung aufheben. Ebenda befindet sich eine Spule I ebenfalls senkrecht zur Röhrenachse und senkrecht zu den Magnetisierungsspulen. Alle Spulen sind hinter einander mit dem unter Nr. 1 erwähnten Widerstand R in den Kreis einer Wechselstrommaschine eingeschaltet, die durch einen Gasmotor betrieben wird. Unter der Wirkung der Spule I wird der Lichtfleck zu einer geraden Linie ausgezogen. Als man nun einen langen, 2 mm dicken Stahldraht in die eine Magnetisierungsspule einführte,

erschien die Hysteresisschleife auf dem fluoreszierenden Schirm; ihre Gestalt konnte durch Regulierung des Widerstandes R variiert werden. Man zeigte auch, indem man zugleich mit dem Stahldraht eine ihn umschliessende ungefähr 1 mm starke Messingröhre einführte, dafs durch die Wirkung der hinzutretenden Foucaultströme die Hysteresisschleife sich verbreiterte und an den Ecken abrundete. Bei weichem Eisen sind die Schleifen zu wenig geöffnet, um aus der Ferne gesehen zu werden. — Zweckmäfsig ist die Benutzung eines kleinen Hilfsmagneten an der Braunschen Röhre, um die Achse des Kathodenstrahlbündels auf die Mitte des Lochs im Diaphragma zu richten.

3. Es wurde darauf der Satz bewiesen, dafs die während des Cyklus am Draht geleistete und in ihm als Wärme erscheinende Arbeit in Erg ausgedrückt gleich ist $\frac{1}{4\pi}$ mal dem Flächeninhalt der hysteretischen Schleife, wobei Feldintensität und Induktion in absoluten elektromagnetischen C.G.S.-Einheiten zu rechnen sind. (Es ist hier angenommen, dafs die wahre Feldstärke der äufseren gleich ist.)

Die Bedeutung dieses Arbeitsverlustes für die Transformatoren wurde an dem Beispiel eines Transformators erläutert, der 90 kg Eisen enthält und bei 50 Wechseln pro Sekunde und einer maximalen Induktion von 5000 C.G.S. eine Leistung von drei Kilowatt besitzt. Ist E der hysteretische Arbeitsverlust in Erg pro Cyklus, so ist der hysteretische Effektverlust hier $5,8 \cdot 10^{-5} \cdot E$ Kilowatt. Je nachdem man nun, für die Maximalinduktion 5000, $E = 910$ (Ewings bestes Eisen) oder 1430 (gutes Eisen nach Parshall) oder 3990 (minderwertiges Eisen nach demselben) setzt, ergibt sich ein Effektverlust von 1,8, 2,8 oder 7,9%. Dieser Verlust erscheint noch gröfser, wenn man bedenkt, dafs er in dem unbelasteten Transformator ebenso wie in dem belasteten auftritt.

Diesen Thatsachen verdankt die Hysterese die Aufmerksamkeit, deren sie seit dem Jahre 1887 in der Elektrotechnik gewürdigt wird, freilich mit dem nicht erfolglosen Bestreben, sie möglichst unschädlich zu machen, d. h. ein möglichst hystereseisfreies Transformatoreisen zu finden.

4. Nähere Begriffsbestimmung der Hysterese. Auch bei hystereseisfreiem Eisen würde in Folge der Foucaultströme die graphische Darstellung der Induktion als Funktion der Feldstärke für einen mit Wechselstrom betriebenen Elektromagneten eine der hysteretischen ähnliche Schleife liefern, welche sich aber in eine einzige Linie zusammenzöge, wenn die Periode des Wechselstroms unendlich grofs, d. h. die Geschwindigkeit der Feldstärkenänderung unendlich klein würde. Dieser Fall fällt nicht unter den Begriff der Hysterese, obgleich die Beziehung zwischen Arbeitsverlust und Schleifenfläche bestehen bleibt. Ferner ist für die Hysterese charakteristisch, dafs, wenn die Feldstärke in einfach stationärem Cyklus zwischen $-\mathfrak{H}'$ und $+\mathfrak{H}'$ variiert, d. h. so, dafs sie von $-\mathfrak{H}'$ bis $+\mathfrak{H}'$ fortwährend wächst, von $+\mathfrak{H}'$ bis $-\mathfrak{H}'$ fortwährend abnimmt, dann nach einigen Wiederholungen des Cyklus immer zwei bestimmte Werte der Induktion einem Wert der Feldstärke entsprechen. Man kann daher sagen, dafs Hysterese stattfindet, wenn, indem eine Variable x sich unendlich langsam in einfach stationärem Cyklus ändert, eine von x abhängige Eigenschaft y eines Körpers sich so ändert, dafs zwei Werte von y einem Wert von x entsprechen. An den ferromagnetischen Körpern hat man aufser der bisher besprochenen Feldhysterese noch zwei andere Arten von Hysterese, nämlich Deformationshysterese und Temperaturhysterese beobachtet. Die Deformationshysterese wurde zuerst von Sir W. Thomson [Lord Kelvin] bemerkt, als er einen unter dem Einflufs der Vertikalcomponente des Erdmagnetismus stehenden Eisendraht cyklisch veränderlicher Torsion unterwarf. Die Magnetisierung nahm im allgemeinen mit wachsender Torsion ab, war aber bei derselben Torsion gröfser, wenn die Torsion im Zunehmen, als wenn sie im Abnehmen begriffen war.

Temperaturhysterese entdeckte J. Hopkinson an Nickelstahl mit 25% Nickel. Die ferromagnetische Suszeptibilität geht dieser Legierung gegen 580° verloren, fängt aber bei der Abkühlung erst etwas unter 0° an wieder aufzutreten, wächst bis -57° , wächst weiter beim Wiedererwärmen und verschwindet gegen 580° . Bei cyklischer Veränderung der Tem-

peratur entsprechen also zwischen -57° und $+580^{\circ}$ zwei Werte der Induktion einem Werte der Temperatur. Auch bei kleinerem Nickelgehalt tritt Temperaturhysteresis ein, während bei größerem die Induktion eine einwertige Funktion der Temperatur ist. Guillaume nennt die ersteren Legierungen irreversibel, die letzteren reversibel. Es wurde ein Experiment mit irreversiblen Nickelstahl vorgeführt.

Nach der gegebenen Definition ist Hysteresis, wenigstens bezüglich physikalischer Eigenschaften, nur bei ferromagnetischen Körpern beobachtet worden. Die hysteretischen Effekte, welche man bei der Polarisierung der Dielektrika beobachtet zu haben glaubte, scheinen von einem schwachen elektrischen Leitungsvermögen herzuführen, würden also bei unendlich langsamen Cyklen verschwinden. Man sollte daher überhaupt nicht von dielektrischer Hysteresis sprechen.

5. In sehr schwachen Feldern bis 0,04 C.G.S. giebt es keine Hysteresis, zugleich ist dort die Induktion der Feldstärke proportional (*Lord Rayleigh, Phil. Mag. (5) 1887. t. 23, 225*). In stärkeren Feldern hört diese Proportionalität auf, zugleich wird Hysteresis bemerklich. („*As soon as the line ceases to be straight, it ceases also to be single*“, *Lord Rayleigh.*) Man kann daher das Verhalten des Eisens gegen eine äußere magnetische Kraft mit der Deformation eines elastischen Körpers durch einen äußeren Zwang vergleichen. Die „magnetische Elektrizitätsgrenze“ liegt bei $\mathfrak{H} = 0,04$ C.G.S. In etwas stärkeren Feldern sind die Äste der Hysteresisschleife Linien 2. Grades, der Hysteresisverlust ist der 3. Potenz der maximalen Feldstärke im Cyklus proportional.

Für stärkere Felder kennt man keinen analytischen Ausdruck für die hysteretische Schleife. Man charakterisiert sie hier durch die maximale Feldstärke (\mathfrak{H}'), die maximale Induktion (\mathfrak{B}'), die Remanenz — d. i. für die $\mathfrak{H} = 0$ übrig bleibende Induktion —, die Coërzitivkraft — d. i. die negative Feldstärke, welche die positive Remanenz auf 0 reduciert — endlich den hysteretischen Arbeitsverlust (L) pro Cyclus:

$$E = \frac{1}{4\pi} \int \mathfrak{B} d\mathfrak{H}.$$

Wenn bei der maximalen Feldstärke der Grenzwert der Magnetisierung praktisch als erreicht angesehen werden darf, so heißt der Cyklus ein vollständiger. Der vollständige Cyklus erfordert für weiches Eisen eine maximale Feldstärke von 150 C.G.S., für harten Stahl eine von 300 C.G.S. Die für eine Eisensorte angegebenen Werte der Coërzitivkraft und der Remanenz beziehen sich gewöhnlich auf einen vollständigen Kreisprozefs.

6. Die Methoden ersten Ranges zur Bestimmung der hysteretischen Schleifen oder Induktionskurven, die Methode des ringförmigen Elektromagneten (ballistische Methode) und die des Ellipsoids (magnetometrische Methode) sind für die Technik zu unbequem, besonders weil sie eine unbequeme Form des Eisens verlangen. Die in der Technik gebräuchlichen Jochmethoden (z. B. Apparat von Koepsel, magnetische Wage von du Bois) sind auf kurze Eisenstäbe anwendbar, welche durch das Joch, einen dicken Bogen aus weichem Eisen, zu einem geschlossenen Kreise ergänzt werden. Das Joch beseitigt den freien Magnetismus der Stabenden, welcher das Feld ungleichförmig macht und die Bestimmung der wahren Feldstärke vereitelt.

7. Wenn eine Eisenscheibe unter einem Magneten rotiert, so wird durch Hysteresis der Magnet mitgenommen, da von dem in einer bestimmten Lage der Scheibe in ihr induzierten Magnetismus etwas zurückbleibt, wenn diese Lage bei der Rotation bereits verlassen ist. (*E. Warburg a. a. O.; F. Martens, Wied. Ann. 1897, 60, 61.*) Ein Versuch hierüber wurde mit dem Apparat zur Demonstration des Aragoschen Rotationsmagnetismus angestellt, indem man die auf der Schwungmaschine rotierende Kupferscheibe durch eine Eisenscheibe von 20 cm Durchmesser und 0,25 mm Dicke ersetzte. Über ihr schwebte an einem Messingdraht (0,25 mm dick, 21 cm lang) ein starker, hohler, 10 cm langer Magnet aus Wolframstahl; er lag in einer Messinghülse, welche zur Dämpfung unten ein in Glyzerin tauchendes Messingblech trug. Die rotierende Eisenscheibe ertheilte dem Magneten eine starke Ablenkung im Sinne der Rotation, mochte diese in dem einen oder andern Sinn stattfinden, aber die Größe

der Ablenkung erwies sich als völlig unabhängig von der Rotationsgeschwindigkeit der Eisenscheibe. Zum Vergleich wurde die Eisenscheibe durch eine Kupferscheibe ersetzt (Aragoscher Versuch), in welchem Falle die Ablenkung des Magneten mit der Rotationsgeschwindigkeit der Scheibe erheblich wuchs. Dieser Versuch zeigt sehr klar den Unterschied zwischen der Wirkung der Hysteresis und der Foucaultströme. Der Arbeitsverlust durch Hysteresis ist pro Cyklus mit der Geschwindigkeit, mit welcher der Cyklus durchlaufen wird, jedenfalls nur wenig veränderlich, während der Arbeitsverlust durch Foucaultströme pro Cyklus seiner Geschwindigkeit proportional ist.

Mit entsprechendem Apparat wurde die starke Dämpfung gezeigt, welche eine Eisenscheibe auf einen über ihr schwingenden Magneten ausübt. (E. Warburg *a. a. O.*; F. Himstedt, *Wied. Ann.* 1881, 14, 483.)

Es wurde auch gezeigt, daß eine auf einer Spitze balancierende Eisenscheibe im Drehfeld von dem rotierenden Felde, vorzugsweise durch Hysteresis, mitgenommen wird. Diese Erscheinung läßt sich mit empfindlichem Apparat bei fast allen Körpern infolge eines geringen Eisengehalts derselben nachweisen und liefert eine Reaktion auf Eisen, welche die chemischen Reaktionen an Empfindlichkeit bedeutend übertrifft. (W. Duane & W. Stewart, *Wied. Ann.* 1897, 61, 436. W. Duane, *Wied. Ann.* 1897, 62, 543.)

8. Theorie der Hysteresis von Ewing. (*Proc. Roy. Soc. Bd. 48, 342, 1890*) Der Ausgangspunkt ist die bekannte Webersche Theorie der drehbaren Molekularmagnete. Maxwell hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, daß es nicht nötig ist, eine besondere, von den magnetischen Kräften unabhängige Direktionskraft anzunehmen, welche die aus ihren natürlichen Gleichgewichtslagen abgelenkten Molekularmagnete in diese zurücktreibt, sondern daß eine solche Direktionskraft in der Wechselwirkung der Molekularmagnete selbst gefunden werden kann. Ewing hat gezeigt, daß es für Gruppen von Molekularmagneten verschiedene stabile Gleichgewichtslagen giebt, welche teils dem magnetischen, teils dem unmagnetischen Zustand entsprechen. Wird nun durch eine äußere magnetische Kraft eine Gruppe aus einer unmagnetischen Gleichgewichtslage in eine einer magnetischen benachbarte übergeführt, so wird sie nach Entfernung der äußeren Kraft diese Lage annehmen und folglich permanenten Magnetismus zeigen. Die Theorie wurde an einem Modell aus kleinen Deklinationsmagnetchen erläutert. Indem Ewing und Fr. Klaassen (*Phil. Trans.* 1893. 184 (A), 985) ein solches Modell aus 130 Magnetchen cyklisch variierenden Werten der Feldstärke unterwarfen und jedesmal das magnetische Moment des Systems bestimmten, erhielten sie hysteretische Schleifen, welche von denen eines Eisendrahts kaum zu unterscheiden waren.

9. Änderung der hysteretischen Eigenschaften des Eisens durch physikalische Behandlung. Es ist bekannt, daß das Eisen durch Hämmern, Walzen, Ziehen magnetisch härter, durch Ausglühen magnetisch weicher wird. Der wichtigste hierher gehörige Prozeß ist der Härtungsprozeß des Stahls (Eisen mit 0,6–1,6% Kohlenstoff). Das Verständnis dieser Erscheinungen ist durch neuere Untersuchungen eröffnet worden. Erhitzt man das Eisen, so geht es in einem gewissen Temperaturintervall, welches man das kritische Temperaturintervall nennen kann, und welches für die verschiedenen Eisensorten verschieden, etwa zwischen 700 bis 870° gelegen ist, unter Absorption von latenter Wärme in eine andere Modifikation über, in welcher es seine starke Magnetisierbarkeit oder seine ferromagnetische Eigenschaft verloren hat. Zugleich ändern sich andere physikalische Eigenschaften, z. B. das thermoelektrische Verhalten, der Temperaturcoefficient des elektrischen Widerstandes, das Verhalten der spezifischen Wärme. Beim darauf folgenden Abkühlen tritt im allgemeinen, allerdings in einem etwas tiefer gelegenen Temperaturintervall, die entgegengesetzte Umwandlung unter Freiwerden von latenter Wärme ein. Beim Stahl wird dies dem Auge sichtbar, indem der auf helle Rotglut erhitze und dann der Abkühlung in der Luft überlassene Stahl bei einer gewissen Temperatur zeitweise wieder aufglüht. Dieses von Barrett entdeckte sogenannte Recalescenzphänomen wurde an einem 3,3 mm dicken, 300 mm langen Stahldraht gezeigt, welcher im dunklen Zimmer durch den Strom der städtischen Centrale

auf helle Rotglut erhitzt und nach Unterbrechung des Stroms der Abkühlung überlassen wurde. Ähnliche Umwandlungen erleiden Nickel und Kobalt, doch liegt die Umwandlungstemperatur für Nickel tiefer, für Kobalt höher als für Eisen.

Drei gleiche Würfelchen von 7 mm Seite aus Nickel, Eisen und Kobalt wurden mit einem Ende an einen Magneten gebracht und von diesem bei Zimmertemperatur getragen. Durch eine Gebläselampe erhitzt fiel das Nickel vor dem Glühen, das Eisen bei Rotglut ab, das Kobalt aber wurde selbst bei heller Rotglut noch getragen.

Während nun Erhitzung über das kritische Intervall hinaus und darauf folgende Abkühlung auf Zimmertemperatur die magnetischen Eigenschaften des Eisens und, bei langsamer Abkühlung, auch die des Stahls unverändert läßt, erleidet der letztere bei schneller Abkühlung eine dauernde Änderung seines magnetischen Verhaltens (Härtung des Stahls). Man schließt daraus, daß bei diesem Vorgang die im kritischen Intervall eingetretene Zustandsänderung beim Abkühlen nur teilweise rückgängig geworden ist, sodaß der gehärtete Stahl als ein Gemisch von magnetischem und unmagnetischem Eisen anzusehen ist.

Nach Osmond hängen die hysteretischen Eigenschaften nur von der Gegenwart des unmagnetischen Eisens ab und würden verschwinden, wenn die ganze Eisenmasse in magnetisches Eisen verwandelt würde. Nach dieser Theorie bringt jede Behandlung des Eisens, welche die hysteretischen Eigenschaften desselben ändert, wie das Hämmern, Ziehen einerseits, das Ausglühen andererseits, eine teilweise Umwandlung der einen Modifikation in die andere hervor.

Indem es kaum zweifelhaft ist, daß auch das reine Eisen bei einer gewissen Temperatur seine ferromagnetische Eigenschaft verliert, muß man annehmen, daß das unmagnetische Eisen eine Modifikation des reinen Eisens ist (β -Eisen). Da andererseits das Eisen sich nur härten läßt, wenn es eine hinreichende Menge an Kohlenstoff oder an anderen fremden Beimengungen enthält, so kann der Einfluß dieser Beimengungen nur darin bestehen, die Rückverwandlung von β -Eisen in das ferromagnetische α -Eisen zu hindern.

10. Magnetisches Gedächtnis. Infolge der Hysterisis hängt der magnetische Zustand des Eisens nicht nur von den zur Zeit auf dasselbe wirkenden magnetischen Kräften ab, sondern auch von den Kräften, welche früher eingewirkt haben, an welche das Eisen gewissermaßen eine Erinnerung bewahrt. Dieses magnetische Gedächtnis zeigt sich am auffälligsten in dem Telephonographen von Poulsen und bildet ein interessantes Analogon zu dem Rätsel des menschlichen Gedächtnisses.

Für eine eingehendere Behandlung des Gegenstandes wird auf den vom Verf. dem internationalen Physikercongrès zu Paris 1900 erstatteten Bericht verwiesen. Zu empfehlen ist auch die Schrift von E. Schmidt über die magnetische Untersuchung des Eisens u. s. w. (vgl. d. Zeitschr. *XIVI*, 114).

Die Destillation der Metalle. Von GEORG W. A. KAHLBAUM. Die Versuche über Metalldestillation, über die G. W. A. KAHLBAUM bereits vor Jahren auf den Naturforscher-Versammlungen in Lausanne und Nürnberg vorläufige Mitteilungen gemacht hatte, sind von demselben vervollkommenet und zu einem gewissen Abschluss geführt worden, worüber in den *Verhandl. der Naturf. Gesellsch. in Basel Bd. XII Heft 2* näher berichtet wird. Der Verfasser führt den experimentellen Nachweis, daß alle Metalle flüchtig sind, und zeigt, wie die Destillation dazu dienen kann, Metalle ganz rein darzustellen, wobei in einigen Fällen sogar fraktionierte Destillation angewandt wird. Bei der Destillationsmethode werden als wesentlichste Apparate benutzt: ein Destillierofen, eine Luftpumpe und ein Manometer. Um aber die Destillation zu erreichen, mußten die Metalle lange Zeit bei sehr niederen Drucken ansehnlichen Temperaturen ausgesetzt werden. Es war daher eine Pumpe zu bauen, die tage- und wochenlang einen Druck von einigen Hunderttausendsteln Millimeter hält, und dazu ein Manometer zu beschaffen, das solche Größen zu messen gestattet, und es waren ferner handliche Destillationsapparate anzufertigen, die lange Zeit, ohne undicht zu werden, Temperaturen von 1000° , 1200° , auch 1400° aushalten und kurze Zeit hindurch bis auf 1600° erhitzt werden konnten. Als Material zu den Destilliergefäßen diente für die leichter

siedenden Metalle Glas, für die übrigen Porzellan (und zwar wurden Porzellantiegel von der Königl. Porzellanmanufaktur in Berlin verwendet). Das Gefäß war im ersten Fall ein Π -förmiges schwerschmelzbares Glasrohr, dessen einer geschlossener Schenkel in einen eisernen Tiegel tauchte, während der andere offene dem zur Pumpe führenden Teil des ganzen Apparates aufgeschliffen war. Erhitzt wurde in Bädern aus leichtflüssigen Metalllegierungen. Aus Glas lassen sich außer Kalium und Natrium destillieren: Wismuth, Silber, Cadmium, Magnesium, Thulium u. a. Im zweiten Fall wurden, um den Destillationsvorgang noch beobachten zu können, Porzellantiegel in eigenartiger Weise in das gläserne Destillationsrohr eingeschmolzen und letzteres dann zugeschmolzen. Auf diese Weise lassen sich z. B. Gold und Kupfer destillieren. Für die noch höher siedenden Metalle wie Eisen, Chrom und Nickel muß man zu Porzellanröhren greifen. Als Heizmittel wurde ein ununterbrochen arbeitendes Wassertrommelgebläse benutzt, dem zeitweise ein Sauerstoffgebläse substituiert wurde. Die Temperaturen wurden mit einem Platin-Iridium-Thermoelement gemessen, doch hält der Verfasser die Zahlen nicht für zuverlässig genug, um sie mitzuteilen. Die Drucke wurden mit einem Mc'Leodschen Volumenometer gemessen. — Im ganzen wurden bisher destilliert: Selen, Tellur, Kalium, Natrium, Lithium, Wismuth, Antimon, Cadmium, Magnesium, Aluminium, Silber, Kupfer, Gold, Nickel, Eisen, Chrom, Zinn und Zirkon. Zinn wurde erst bei der höchsten angewandten Temperatur in ganz geringem Quantum gewonnen; Silber dagegen destilliert, was übrigens bekannt, bei ganz niederer Temperatur, es sublimiert, ebenso Magnesium.

Von den genannten Metallen sind für diejenigen, die bisher als nicht flüchtig galten, einige speziellere Daten angeführt; die krystallographische Untersuchung der verflüchtigten Metalle wurde von Dr. von KRAATZ-KOSCHLAN vorgenommen. *Kupfer*, das bisher nicht verflüchtigt war, destilliert ohne Schwierigkeit schon im Glasgefäß, doch ist die Anwendung von Porzellan vorteilhaft. Die Krystalle bilden eine zusammenhängende Masse, aus der die einzelnen Individuen, Würfel und Oktaëder, mit ausgezeichnet spiegelnden Flächen hervorragen; das Oktaëder ist vorherrschend. Das *Gold* ist gleichfalls noch aus Glas destillierbar, der Siedepunkt dürfte höher als der des Kupfers liegen; die Krystalle sind Oktaëder, die meist nach einer Kante gestreckt sind und deshalb stäbchenförmig erscheinen, und Würfel, die immer nach einer Achse gestreckt sind und daher quadratischen Säulen gleichen. Das *Eisen* läßt sich nur aus Porzellan verflüchtigen; es scheinen Siedepunkt und Sublimationspunkt ungefähr zusammenzufallen, denn die kleinen, nach dem Goldschmidtschen Verfahren reduzierten Eisenkügelchen backten fest zusammen, ohne geschmolzen zu sein; der krystallinische Eisenbeschlag zeigt fast silberweiße Farbe, die Krystalle sind klein aber stark glänzend und zeigen unter dem Mikroskop die Begrenzung von Würfel (vorwiegend) und Oktaëder; auf den Würfelflächen zeigt sich häufig starke, auf Zwillingsbildung deutende Riefung; zuweilen tritt das Oktaëder allein auf und gestattet die Flächenwinkel zu 60° zu messen; „es dürften hier die schönsten bisher beobachteten Eisenkrystalle vorliegen“. Bemerkenswert ist, daß Eisen und Kupfer, in dieser Weise durch Destillation gereinigt, in gewöhnlicher Luft so gut wie gar nicht oxydiert werden. Da Gold-, Silber-, Kupfer- und Eisen-Dämpfe weder Glas, noch Porzellananglasur angreifen, so kann die Verdünnung ziemlich weit getrieben werden, für helle Rotglut, etwa 1100° , bis auf 0,00005 mm Druck. Für *Chrom* dagegen wurde die Verdünnung nur bis auf etwa $\frac{3}{10000}$ mm gebracht, da Chrom die Glasur erheblich angreift, indem das Alkali der letzteren durch die Dämpfe reduziert wird, sodaß Kalium und Natrium als Metalle überdestillieren; das Niederschlagen von metallischem Chrom wird jedoch dadurch nicht verhindert: es bildet sich auf einer schützenden Schicht von Chromoxyden ein Überzug von glänzenden meist zu einer Haut vereinigten Krystallen ohne scharf begrenzte Flächen. Auch beim Chrom, das Goldschmidtsches Fabrikat war, hielt sich die Verdampfung auf der Grenze zwischen Sublimation und Destillation. Ein Versuch mit einer *Aluminium-Zirkon*-Legierung schien zu zeigen, daß das Aluminium überdestillierte, sich aber sogleich mit der Glasur verband, und daß der Rückstand, der deutlich Krystallbildung aufwies, wenn nicht reines, so doch stark angereichertes Zirkon war. Von einer weiteren Legierung, einem

deutschen Zehnpfennigstück, konnten die 25% Kupfer mühelos herausfraktioniert werden, während das Nickel — unter Verlust von nicht ganz $33\frac{1}{3}$ Proz., die zuerst verdampften — als fast weißer Metallregulus übrig blieb — ein deutlicher Beleg, daß die KAHLBAUMSche Methode gestattet, das Prinzip der fraktionierten Destillation auch auf Metallgemische auszudehnen.

Der neue Stern im Perseus. Der im Februar dieses Jahres im Sternbilde des Perseus (in der Position $\alpha = 3^h 24^m 28^s$, $\delta = +43^\circ 33,9'$) erschienene neue Stern stellt das bedeutendste Phänomen dieser Art dar, das sich seit 1604 am Himmelsgewölbe ereignet hat. Selbstverständlich haben die Astronomen das seltene Schauspiel aller Orten mit größtem Eifer beobachtet und mannigfache Größenschätzungen, photometrische und photographische Helligkeitsbestimmungen und vor allem spektroskopische und spektrographische Untersuchungen zusammengetragen. Da das Objekt gegenwärtig bereits unter die Schwelle der Sichtbarkeit für das bloße Auge gesunken ist, dürfte ein zusammenfassender Überblick über die Erscheinung willkommen sein.

Was zunächst die Helligkeitsänderung des Gestirns betrifft, so hat sich diesmal aufs deutlichste die außerordentlich schnelle Zunahme des Lichts constatieren lassen, wobei das photographische Himmelsarchiv der Harvard-Sternwarte sich wie seiner Zeit bei der Eros-Entdeckung vom größten Nutzen erwiesen hat. Prof. Pickering standen nämlich nicht weniger als 7 Aufnahmen des in Frage kommenden Himmelsareals aus dem Februar dieses Jahres zur Verfügung, von denen jedoch keine eine Spur der Nova erkennen läßt. Es geht daraus hervor, daß die Nova noch am 19. Februar, dem Datum der letzten jener Aufnahmen, sicher schwächer als 11. GröÙe gewesen sein muß. Die Entdeckung erfolgte aber bereits am 21. Februar durch den schottischen Philologen Rev. Anderson, der auch 1892 die Nova Aurigae zuerst bemerkt hatte. An diesem Tage war der neue Stern allerdings erst dritter GröÙe, er wäre daher wohl kaum so schnell bemerkt worden, wenn nicht an demselben Abend ein Algol-Minimum die Blicke des Liebhaber-Astronomen auf diese Himmelsgegenstand gelenkt hätte. Die weiteren Helligkeitsänderungen überblicken wir am besten aus der folgenden Tabelle, nach der die größte Helligkeit am 23. Februar erreicht wurde, worauf die auffallend schnelle Lichtabnahme¹⁾ mit merkwürdigen Fluktuationen in der Zeit vom 18. bis 22. März einsetzte.

Febr. 19	< 11,0 Gr.	März 7	3,2 Gr.
„ 21	2,7 „	„ 11	3,6 „
„ 22	0,5 „	„ 18	3,3 „
„ 23	0,0 „	„ 19	5,2 „
„ 24	0,5 „	„ 20	3,6 „
„ 25	1,1 „	„ 21	von 3,5 „ während der Nacht abnehmend bis 4,2,
„ 26	1,3 „	„ 22	von 5,2 „ zunehmend bis 4,2 gegen Morgen,
März 1	2,0 „	„ 25 u. f.	rapide Lichtabnahme.
„ 5	2,6 „		

Neben diesen schnellen Helligkeitsänderungen wurde auch ein Farbenwechsel bemerkt, indem die Nova in den ersten Tagen bläulichweiß erschien, bald aber eine gelbrote Färbung annahm, sodafs sie Anfang März in der Farbe dem Mars auffallend ähnelte. — Die auffallendste Änderung zeigte jedoch das Spektrum. Anfangs zeigte die Nova — ganz abweichend von den bisher spektroskopisch beobachteten neuen Sternen — ein kontinuierliches Spektrum mit 33 matten dunklen Linien, das Pickering zum Oriontypus rechnet. Einige von den dunklen Linien zeigten aber alsbald an der Seite der gröÙeren Wellenlängen einen hellen Saum. Am 24. Februar zeigte sich plötzlich das Spektrum von zahlreichen hellen und dunklen Bändern durchzogen und glich fast völlig dem der Nova Aurigae von

¹⁾ Die Nova Cassiopejæ von 1572 blieb nach Tycho $1\frac{1}{2}$ Jahre lang dem freien Auge sichtbar, ebenso der Keplersche neue Stern von 1604.

1892. Die hellen Linien neben K und H_{ϵ} zeigten in ihrer Mitte feine, dunkle Umkehrungslinien. Am nächsten Tage war diese Umkehrung auch an den anderen Wasserstofflinien H_{α} , H_{β} und H_{γ} bemerkbar.

Was die Erklärung der vorliegenden Sternerscheinung betrifft, so lassen sich die eben geschilderten Wahrnehmungen wohl mit jeder der bereits früher aufgestellten Hypothesen in Einklang bringen, doch dürften der Annahme eines Zusammenstoßes zweier Weltkörper die beträchtlichen Helligkeitsschwankungen in der zweiten Märzhälfte Schwierigkeiten bereiten. Dem Ref. scheint die Seeligersche Hypothese, wie sie an und für sich die natürlichste Erklärung für neue Sternerscheinungen giebt, ganz besonders in diesem neuesten Falle alle Wahrnehmungen am besten verständlich zu machen. Danach wären die neuen Sterne im Großen analoge Erscheinungen, wie im Kleinen die Meteore und Feuerkugeln. Durch die neuere Himmelsphotographie ist erwiesen worden, daß sehr ausgedehnte Gebiete des Himmelsraumes von einer feinen Nebelmaterie erfüllt sind, deren Widerstand auf einen eindringenden, nicht mehr selbstleuchtenden Himmelskörper sehr wohl entsprechende Wirkungen haben kann, wie wir sie bei unserer Atmosphäre den meteorischen Fremdkörpern gegenüber beobachten. Das Aufflammen eines neuen Sterns könnte also durch das Eindringen in eine kosmische Wolke bedingt sein, wenn auch eine solche an der betreffenden Stelle des Himmels für unsere heutigen Hilfsmittel noch nicht nachweisbar sein mag. Fluktuationen der Helligkeit könnten durch Dichtigkeitsunterschiede in dieser Wolke leicht erklärt werden und auch die bei der Nova Persei beobachtete Änderung des Spektrums bietet kaum eine Schwierigkeit. Als erste Wirkung der Bewegungshemmung muß ja nämlich eine gewaltige Temperaturerhöhung der Gestirnsoberfläche auftreten, welche zunächst die feste Masse derselben bis zur Glühhitze erwärmt und ein kontinuierliches Spektrum mit dunklen, durch die Atmosphäre des Gestirns bedingten Absorptionslinien erzeugt. Nach kurzer Zeit werden aber bei der hohen Temperatur die leichter vergasbaren Bestandteile der Gestirnsoberfläche in reichlicher Menge verdampfen und nun jene hellen Emissionslinien im Spektrum auftreten lassen, die seit der Erfindung des Spektroskops bei allen neuen Sternen, vom 24. Februar an auch bei der Nova Persei, constatirt worden sind. F. Kbr.

3. Geschichte.

Erinnerungen an Friedrich Mohr. Im Aprilheft der „*Berichte d. D. Chem. Gesellsch.*“ (XXXIII, 20 S. 3827) veröffentlicht R. HASENCLEVER wertvolle biographische Notizen über den bereits 1879 verstorbenen genialen Forscher Friedrich Mohr, in denen besondere Rücksicht genommen ist auf die bisher nicht bekannt gewordene Correspondenz zwischen Justus v. Liebig und Fr. Mohr. Diese Correspondenz wird demnächst durch den Sohn Fr. Mohrs veröffentlicht werden und ist geeignet, das Ansehen Mohrs zu heben, das seiner Zeit in nicht geringem Maße beeinträchtigt wurde durch eine gewisse, in seiner Natur liegende schroffe Art, mit der er seine Ansichten vortrug und die entgegenstehenden bekämpfte. Karl Friedrich Mohr, 1806 zu Coblenz geboren, absolvierte das Gymnasium in seiner Vaterstadt, studierte zuerst 1828 in Heidelberg Chemie unter Gmelin, später in Berlin und Bonn. Nach seines Vaters Tode übernahm er 1840 dessen Apotheke in Coblenz und leitete dieselbe bis zum Jahre 1856, immer nebenher mit wissenschaftlichen Arbeiten beschäftigt. Die erwähnte Correspondenz beginnt mit dem Jahre 1834; Liebig sucht Mohrs Arbeiten in den Annalen zu verwerten, ihn anfangs sogar als Redakteur der Annalen zu gewinnen, bleibt aber auch nach der bald erfolgenden Trennung sein treuer Freund; es erschien in der genannten Zeitschrift eine Reihe von etwa 30 Abhandlungen Mohrs. Von den durch HASENCLEVER mitgeteilten etwa 12 Briefen können hier nur einige charakteristische Bruchstücke wiedergegeben werden. So schreibt Liebig an Mohr (Gießen, 24. Mai 1842): „Mein theuerster Mohr! Sie sind ein merkwürdiger Mann; Sie haben mit einer Schärfe des Geistes, die mich in Erstaunen setzt, die Lehren aufgefaßt, von denen ich zwar die Hoffnung hegte, daß sie in die Medizin eingreifen würden, zu deren Anwendung mir aber leider Talent und Kenntnis fehlen. Sie als Arzt würden die Revolution, die sich vorbereitet, zu ihrer völligen

Entwicklung geführt haben. Die Ärzte verstehen uns nicht; es wird ein halbes Jahrhundert dauern, ehe sie auf dem Standpunkt sind, der ihnen gestattet, eine wahre Einsicht in den Lebensprozess zu gewinnen. Warum sind Sie nicht Arzt geworden. Wahrlich ich beklage es in meinem und in dem Interesse aller Menschen Lassen Sie mich doch etwas Näheres über den Aspirator wissen. Ich möchte ihn gerne haben. Von Herzen Ihr treuer Freund Just. Liebig.“ In das Jahr 1837 fällt die Veröffentlichung einer Abhandlung Mohrs Über die Natur der Wärme (in Baumgärtners Ztschr. f. Phys. Bd. 5 S. 419), die später in seinem 1869 erschienenen Buche „Allgemeine Theorie der Bewegung und Kraft“ wieder abgedruckt wurde. Verschiedene Physiker haben von den Ansichten Mohrs über die Energie aus so früher Zeit mit Interesse Kenntnis genommen. Findet sich doch in der Abhandlung der Satz: „Aufser den bekannten 54 chemischen Elementen giebt es in der Natur der Dinge nur noch ein Agens, und dies heisst Kraft; es kann unter den passenden Verhältnissen als Bewegung, chemische Affinität, Cohäsion, Elektrizität, Licht, Wärme und Magnetismus hervortreten, und aus jeder dieser Erscheinungsarten können alle übrigen hervorgebracht werden. Dieselbe Kraft, wenn sie den Hammer hebt, kann, wenn sie anders angewendet wird, jede der übrigen Erscheinungen hervorbringen.“ Prof. Planck würdigt in seinem von der philosophischen Fakultät in Göttingen preisgekrönten Buche über das Princip der Erhaltung der Energie (Leipzig, 1887) gleichfalls das lebhaft eintretende Mohrs für die dynamische Theorie der Wärme, fügt jedoch beim Citieren der Mohrschen Arbeit, in der die Andeutung einer Zahlenangabe für das mechanische Wärmeäquivalent nicht enthalten ist, hinzu „Man sieht: es ist nur noch ein Schritt bis zur Frage nach dem gemeinschaftlichen Mafß aller dieser als gleichartig erkannten Naturkräfte.“ [Ref. möchte hier anfügen, daß an der Grabstätte Mohrs auf dem berühmten Kirchhof zu Bonn eine Gedächtnistafel angebracht ist des Inhalts, daß Mohr der erste gewesen sei, der im Jahre 1837 das Prinzip von der Erhaltung der Kraft entdeckte.] Das bedeutendste und unbestrittene Verdienst Fr. Mohrs ist der Ausbau der Mafßanalyse, mit dem er sich 1852—64 eingehend beschäftigte, besonders da er nach dem Verkauf seiner Apotheke sich auf seinem Landhaus bei Coblenz ganz der Wissenschaft widmen konnte. Er sammelte das in der Litteratur zerstreute Material und fügte seine eigenen wertvollen Titriermethoden hinzu. In kurzer Aufeinanderfolge erlebte Mohrs Titrierbuch eine Auflage nach der andern, da die Methode sich rasch in der Technik einbürgerte. Liebig schreibt hierzu (München, 27. Jan. 1853) „Mein theurer Mohr! . . . Warum hast Du Deine Titriergeräte in dem Buch nicht beschrieben? Bedenke wie nützlich es wäre, wenn diese in die Apotheke eingeführt würden; sie wären anwendbar und gut für tausend Arzneibereitungen. Anstatt zu wiegen, zu messen; das Messen ist ja weit einfacher. Ein Mann wie Du kann und soll den Anfang machen und zu den vorhandenen ein neues Prinzip in großer Anwendung bringen. Ich habe eine Beschreibung Deiner Pipetten und Büretten gehört und wünsche sehnlichst, diese Apparate nach Deiner Angabe verfertigt zu besitzen . . .“ und unter dem 16. Dezember 1856 . . . „Du hast Dir ein wahres Verdienst erworben und, indem Du das isoliert herumschwimmende gesammelt und in ein System gebracht hast, ist der Analyse dadurch ein neues und eigenes Gebiet für immer gewonnen. Alle Deine Methoden sind bei mir in beständigem Gebrauch.“ Im Jahre 1864 siedelte Mohr durch äußere Verhältnisse veranlaßt nach Bonn über, wurde durch Vermittelung der Kaiserin Augusta dort Professor an der Universität und las über Pharmazie und Toxikologie bis zu seinem Tode. Auch der Geologie hat sich Mohr mit großem Eifer gewidmet; er schrieb eine „Geschichte der Erde“, welche mehrere Auflagen erlebte. Bezüglich dieser Arbeiten Mohrs heißt es in einem Briefe Liebig's: (München, 13. Aug. 1859) „Es ist in der That, was das Chemische betrifft, eine greuliche Wirttschaft in der Geologie. Man sollte denken, die Geologen müßten gründliche Kenntnisse in der Chemie haben und keiner könnte etwas machen ohne sie, und doch verstehen weder die Engländer noch die Deutschen etwas davon. Dies macht denn, daß Du viele Schwierigkeiten zu überwinden hast, um Deinen Ansichten die richtige Würdigung zu verschaffen. Geduld muß man schon haben. Nimm Dir ein Beispiel an mir und wie es mir mit den

Bauern geht. Schläge nur nicht gleich — nach Deiner Natur und Deiner Gewohnheit (Du nimmst mir dies nicht übel) — mit dem Kolben darein. Die Leute bedürfen eher Belehrung als Streit.“ Und viel später unter dem 1. Dezbr. 1867: „Ich sprach oft mit dem hiesigen Paläontologen, Professor Zittel, einem jungen, sehr begabten Manne, von Deinem Buche; er sagt, dafs in Deinem Buche unendlich viel Wichtiges sei, aber in vielen Deiner Hauptansichten über Steinkohlenbildung, Hebung der Gebirge etc. könne er nicht mir Dir übereinstimmen . . . Ich weifs wie es mir anging; obgleich ich Recht im Ganzen hatte, so wurden mir doch einzelne Thatsachen als irrig nachgewiesen, und man glaubte damit meine Lehre wiederlegt, obwohl es an und für sich ganz gleichgültig gewesen wäre, ob ich diese Thatsachen aufgenommen hätte oder nicht; so wird es denn bei dir sein.“ In einem späteren Briefe (6. Aug. 1869) heifst es: „Mein teurer Mohr! Dein Buch habe ich oft und wiederholt gelesen, es sind viele ganz vortreffliche Ideen darin, die sich auch fruchtbar erweisen werden . . . Glaube nur nicht die herrschenden Ansichten in der Gegenwart zu ändern, dies ist mir in viel einfacheren Fragen in der Landwirthschaft nicht gelungen; . . .“ [Ref. möchte bemerken, dafs sich dieser Brief auch auf Mohrs eigenartiges Buch „Mechanische Theorie der chemischen Affinität“, das von R. HASENCLEVER nicht erwähnt wird, beziehen könnte.] In einem Schreiben des oben erwähnten jetzigen Präsidenten der Münchener Akademie der Wissenschaften v. Zittel an den Verfasser (unter dem 25. Juli 1900) wird die Bedeutung Mohrs für die Geologie näher charakterisiert, doch müssen wir bezüglich der Einzelheiten auf die Quelle verweisen. Jedenfalls nahm Mohr unter den Chemikern seiner Zeit eine höchst beachtenswerte Stelle ein. O.

4. Unterricht und Methode.

Naturwissenschaftliche Bildung und astronomische Pädagogik. In einem Vortrage vor der Vereinigung von Freunden der Astronomie und kosmischen Physik hat Dr. A. MAURER in Düsseldorf die „naturwissenschaftliche Bildung mit besonderer Rücksicht auf die Astronomie“ behandelt. Er legt dar, dafs in unserem sich gern das naturwissenschaftliche nennenden Zeitalter von einer wirklichen Durchdringung der Bildung breiterer Schichten mit naturwissenschaftlicher Denkweise noch nicht die Rede sein könne. Einzig Darwins Gedanke der notwendigen und gesetzmäßigen Entwicklung sei vielleicht schon heute ein wirklich allgemeiner geworden. Wie wichtig aber müsse es gerade in unserer Zeit der Parteiungen und Spaltungen sein, wenn die Jugend von klein auf sähe, dafs die Wahrheit nicht etwas Schwankendes und Zufälliges ist, das so oder so sein könne, sondern dafs sie etwas ist, was über uns steht, von dem wir nichts ab noch zu thun können, dafs sie unabhängig von unserem selbstischen Wollen und Wünschen ist. Die Wahrheit des Thatsächlichen anzuerkennen, wahr zu sein ohne Rücksicht auf persönlichen Vorteil oder Nachteil, sei sicher nicht die geringste Wirkung der Beschäftigung mit der Natur.

Die hochentwickelten Leistungen der heutigen Technik seien für die naturwissenschaftliche Bildung eher schädlich als nützlich; sie werden von den Menschen, die sich ihrer täglich bedienen, gedankenlos als etwas Selbstverständliches hingenommen, und so kann die praktische Verwertung der Naturgesetze leicht die Wirkung haben, dafs sie von der eigenen Beschäftigung mit der Natur abzieht.

Zu einer naturwissenschaftlichen Bildung gehöre die thätige Mitarbeit an der Natur. Die Fülle der naturwissenschaftlichen Zeitungsartikel, der technischen Plaudereien, der populären Vorträge mit Lichtbildern und allen Hilfsmitteln der Neuzeit könne darüber nicht täuschen, dafs alles das noch keine echte naturwissenschaftliche Bildung giebt; denn es fehle das Salz der eigenen Arbeit. Vor allem auch unser Schulbetrieb sei viel zu sehr auf Mittheilung der fertigen Resultate gerichtet. Es fehle uns an der Anleitung zum Nacherleben der Wissenschaft, wie sie geschichtlich geworden ist. Vor allem aber komme es darauf an, dafs jeder an die Naturerscheinungen selbst geführt werde. Zu eigenem Beobachten zu erziehen sei das erste Gebot der Pädagogik. Und erst aus den naturwissenschaftlichen Thatsachen könne sich allmählich das wissenschaftliche System entwickeln.

Der Nutzen eines solchen genetischen Studiums gelte besonders von der Astronomie. Wenn im Unterricht die Theorie vornhin gestellt werde, so bekomme der Schüler zunächst einmal überhaupt keine Ahnung von dem, was eine Theorie ist, die er kurzweg mit der Thatsache zusammenwirft, er bekomme keine Ahnung von der gewaltigen Geistesarbeit, die bis zu Copernikus schon geleistet war und von der gewaltigen Umwälzung, die durch dessen Lehre hervorgerufen wurde. . . Er weiß jetzt, wie die Sachen da oben stehen — und wird den Himmel nicht mehr ansehen.

Als Grundbedingung für einen gesunden, die natürliche Freude an der Erkenntnis pflegenden astronomischen Unterricht fordert der Vortragende, daß keine Schule mehr gebaut werden dürfe, die nicht im Besitz einer kleinen Sternwarte wäre. Es genügt hierzu eine Plattform, die hoch genug liegt, um einen Überblick zu gewähren, und auf der die Schüler bequem Platz finden. Die vielen irdischen Marken, die hier eine freie Umsicht zumeist hindern werden, schaden gar nichts, sie sind vielmehr notwendig, um darauf die Örter der Himmelskörper zu beziehen. Wenn von hier aus die Sonnenbahn im Laufe des Jahres verfolgt werde, so sei dies ungleich wertvoller, als wenn im Klassenzimmer als Erdkugel eine Apfelsine mit einer durchgesteckten Nadel als Achse im Kreise herumbewegt werde. Ferner sei die Mittagslinie auf dem Boden zu zeichnen, Höhe und Azimut zu erläutern, die Sonnenhöhe an den Tagen der Nachtgleichen und Solstitien zu messen¹⁾, die Bahn der Sonne in eine Reihe von Parallelkreisen aufzulösen, die Lage des Himmelsäquators und der Wendekreise zu bestimmen. Dann seien entsprechende Beobachtungen für die Fixsterne und Planeten und für den Mond anzustellen. Danach erst sei es Zeit, die Übungen am Himmelsglobus und der Sternkarte fortzusetzen. Auch Zeitbestimmungen seien erfahrungsgemäß geeignet, das größte Interesse zu erwecken. Man möge etwa die Schüler veranlassen, eine Uhr nach der Stellung eines bekannten Fixsternes gegen eine irdische Marke so lange zu regulieren, bis sie eine leidlich brauchbare Sternuhr geworden sei. Wenn mit dieser Sternuhr an derselben Marke das tägliche Zurückbleiben der Sonne um 4 Minuten beobachtet wird, so wird sich der Begriff eines Sonnentages in seinem Verhältnis zum Sterntag ganz anders befestigen, als es dogmatisch oder an der Hand des Globus geschehen kann. Auf Grund solcher Erfahrungen wird dann erst das Bedürfnis der Zusammenfassung all dieser Erscheinungen ganz von selbst entstehen, dann erst wird eine Darlegung des Entwicklungsganges der astronomischen Einsichten auf fruchtbaren Boden fallen. Die Erkenntnis der Gesetzmäßigkeit der Welt, in der alles sich zu einem großen harmonischen Ganzen zusammenfüge, stehe schließlic in engster Beziehung zur Ethik; auch die Welt der sittlichen Dinge füge sich zu einem sich gesetzlich entwickelnden, immer harmonischer sich gestaltenden Ganzen zusammen (*Mitt. des Ver. von Fr. d. Astr. u. Phys. 1900, Heft 11 und 12*). —

Ähnliche Gedanken hat W. FÖRSTER in einem Vortrage „Die Pädagogik in der Astronomie“ ausgesprochen, über den in der *Naturwiss. Wochenschr. 1901, No. 2* berichtet ist. Auch er klagt darüber, daß die technische Cultur ein dreistes Selbstgefühl und eine gewisse Überhebung gerade bei dem nicht fachmäßig gebildeten Publikum befördere. Ein charakteristisches Beispiel von dem Gegeneinanderwirken von Natursinn und technischer Cultur bieten unsere heutigen Zeiteinrichtungen, die es mit sich bringen, daß der Unterschied zwischen dem wahren und dem technischen Mittag in Deutschland bis auf 53' ansteige. Gegenüber der hierdurch beförderten Abwendung von der Natur könne die Astronomie wohlthätig wirken, sie ermögliche es, in der Natur etwas zu erschauen, was kurz als Technik der Natur bezeichnet werden könne. In der Astronomie begegne man den größten Beispielen oder Paradigmen für die Selbstbehauptung, für die Entwicklung, für die Energieverwandlung u. s. w. Auch die Erörterung der Frage der absoluten und der relativen Bewegung sei lehrreich; aus dem Einfachsten an relativer Bewegung, nämlich den Zweikörpersystemen, entwickle sich das Systematische von ganzen Bewegungscomplexen und aus diesem Vorbild wieder unsere ganze Beherrschung der Bewegungen. Im Hinblick auf solche Be-

¹⁾ Für rohe Höhenbestimmungen wird der für wenige Mark käufliche Quadrant von Eble und ev. auch der von Eble angegebene Rechenstab empfohlen.

ziehungen könne man von einer bedeutsamen Rolle der Astronomie in der Pädagogik und somit in der gesamten sittlichen Cultur reden.

Andererseits sei diese Bedeutung nur dann zur vollen Geltung zu bringen, wenn der Pädagogik in der Astronomie die sorgfältigste Pflege zugewendet werde. Auch W. FÖRSTER fordert vor allem, daß die Jugend zu astronomischer Beobachtung und Anschauung herangezogen werde; auch die Mythologie der Sternbilder sei geeignet, Interesse zu erregen. Beobachtung von Sternschnuppen und Eintragung in die von der V. A. P. herausgegebenen Karten seien ebenfalls empfehlenswerte Anregungsmittel, ferner photographische Aufnahmen der kreisförmigen Bahnen der Cirkumpolarsterne und Messungen mit den einfachsten Instrumenten. Auch die Einrichtung einfachster Fernröhre ohne Gläser (Projektion des Sonnenbildes durch eine kleine Öffnung auf eine Wand im dunklen Raum) gehöre hierzu. — Von der Hochschulpädagogik verlangt der Vortragende, daß sie die Geschichte und Theorie der astronomischen Erkenntnis in höherem Maße pflege; schon des Ptolemäus Darlegungen seien höchst lehrreich sowohl durch ihre Paradigmen für Schlußfehler, als auch durch ihre Musterbilder der theoretischen und methodischen Entwicklung. Der erkenntnistheoretische Unterricht sei noch zumeist unzureichend. Auch sei es wünschenswert, daß ein Colleg über diese Dinge in den Studienplänen der künftigen mathematisch-naturwissenschaftlichen Lehrer nicht fehle. P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Funkentelegraphie. Eine besondere Schwierigkeit der Funkentelegraphie besteht darin, die Depeschen auf einen bestimmten Empfänger zu lokalisieren. Für diesen Zweck giebt P. JÉGOU eine neue Methode an, die allerdings nicht die Aufgabe hat, das Geheimnis der Botschaften zu sichern, sondern nur bewirkt, daß, wenn mehrere gleichartige Apparate sich in dem Bereich der ausgesandten Wellen befinden, nur die an der Botschaft interessierte Station die Depesche erhält (*C. R. CXXXI, 882; 1900*). Die Anordnung beruht auf der Thatsache, daß die von den elektrischen Wellen erreichte Entfernung sich vergrößert mit der Länge der Fühlerdrähte des Radiators und andererseits, daß je länger der Fühlerdraht des Empfängers ist, um so empfindlicher der Fritter wird. JÉGOU benutzte zwei Fritter, die in die Stromkreise zweier verschiedener Elemente eingeschaltet waren; außerdem befand sich jeder Fritter in dem einen primären Draht einer Differential-Induktionsrolle. Die Fühler der beiden Fritter waren von verschiedener Länge. Die sekundäre Rolle des Induktoriums war mit einem Galvanometer in Verbindung. Hat der Fühler des Radiators gerade die Länge, welche ausreicht, um die Wellen in dem längeren Fühler des Empfängers zur Resonanz zu bringen, so wird der erste Fritter leitend und ein Strom durchläuft die erste primäre Spule. Da der zweite Fühler kürzer, der dazu gehörige Fritter also weniger empfindlich ist, so werden die Wellen diesen nicht beeinflussen, es wird also auch kein Strom durch den zweiten Draht fließen. Dadurch erhält aber die induzierte Rolle einen Strom, und das Galvanometer giebt einen Ausschlag. Auf einer dazwischen liegenden Station werden bei einem ähnlichen Apparat die Wellen beide Fritter beeinflussen und in den induzierenden Rollen zwei entgegengesetzte Ströme erzeugen, deren Induktionswirkung sich aufhebt, so daß das Galvanometer keinen Ausschlag zeigt. Soll die Depesche aber gerade die näherliegende Station erreichen, so hat man den Fühlerdraht des Radiators entsprechend zu verkürzen, so daß die Wellen den näheren Apparat ebenso beeinflussen. Der weitere Apparat kann jetzt von den Wellen nicht mehr erreicht werden.

In anderer und viel vollständigerer Weise haben SLABY und Graf ARCO das Problem der gleichen Abstimmung zwischen Geber und Empfänger gelöst. Indem es diesen Forschern gelang, die Gesetzmäßigkeit, die zwischen der Wellenlänge und den Dimensionen des Geber- und Empfängerdrahtes bestehen muß, zu finden, haben sie zugleich die der Funkentelegraphie immer noch anhaftende Unsicherheit beseitigt. In einem Vortrage, in welchem SLABY über seine mit Graf ARCO angestellten Versuche berichtete (*E. T. Z. XVIII 38; 1901*), benutzte der Vortragende zur Erläuterung des Vorganges der Funkentelegraphie ein Bild aus der Mechanik. Wird ein elastischer Draht a (Fig. 1) bei (1) festgehalten und

in Schwingungen versetzt, so ist die Schwingungsamplitude am entgegengesetzten Ende am größten, während (1) einen Knotenpunkt bildet. Hat der Draht noch eine Verlängerung von gleicher Größe, so übertragen sich die Schwingungen von a auf die Verlängerung, auch wenn diese senkrecht zu a steht. Besteht der ganze Draht aus einem wagrechten Stück $4a$ mit 2 senkrechten Enden a und b , so entstehen bei Vibration von a in dem wagrechten Teil stehende Wellen, für die $\lambda = 4a$ ist; diese Bewegung überträgt sich dann auch auf b , das gleich $\frac{1}{4}\lambda$ ist. Ähnlich denkt SLABY sich den Vorgang bei der Funkentelegraphie. Ist B



Fig. 1.

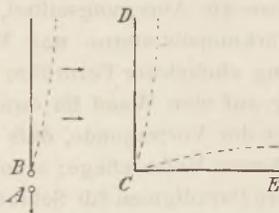


Fig. 2.

(Fig. 2) das untere Ende des Geberdrahts, an dem die Funken AB überspringen, so entstehen in diesem elektrische Schwingungen, deren Frequenz durch die Länge des Drahtes bestimmt ist. Diese Schwingungen pflanzen sich durch den Äther mit Lichtgeschwindigkeit fort in Form einer Welle, die viermal so lang ist wie die Länge des elektrisch schwingenden Drahtes. Der Auffangedraht DC wird nur dann in kräftige Schwingungen versetzt werden, wenn er auch gleich $\frac{1}{4}\lambda$ und sein unteres Ende ein Knotenpunkt ist. Das letztere erreicht man durch Verbindung von C mit der Erde. An diesem Knotenpunkt C , wie es bisher geschah, den Fritter anzubringen, ist offenbar prinzipiell falsch; daß dabei überhaupt Wirkungen eintraten, ist auf ungenaue Abstimmung der Drahtlängen und auf Nebenwellen zurückzuführen. Eigentlich müsste sich der Fritter an der Stelle des Schwingungsbauches D befinden; da dieses wegen der Länge des Drahtes nicht möglich ist, setzte SLABY an DC rechtwinklig dazu einen gleich langen Draht CE an. Die elektrischen Schwingungen von CD übertragen sich dann durch den Knotenpunkt C auf CE und geben in E einen Schwingungsbauch, an dem der Fritter zu befestigen ist. Der Anschlußdraht CE kann auch in die Form einer Spirale gebracht werden.

Die beschriebene Anordnung giebt zunächst nur eine Abstimmung für die Wellenart, deren Länge das Vierfache des Auffangedrahts ist. Die übrigen Wellen, für die C kein Knotenpunkt ist, wandern am Knotenpunkt in die Erde und gelangen nicht zum Fritter. Für andere Wellen müsste eigentlich auch der Auffangedraht eine andere Länge haben, was praktisch schwer durchführbar ist. Wie nun SLABY gefunden hat, genügt es, die Länge des Anschlußdrahtes CE so zu wählen, daß $CD + CE = \frac{1}{2}\lambda$ ist (Fig. 3). Dann entsteht der Knotenpunkt zwar nicht bei C sondern bei G , aber trotzdem wandern die Wellen in den Anschlußdraht und erregen den Fritter. Um mit verschiedenen Stationen unbemerkt korrespondieren zu können, muß man auf der Gebestation mit Wellen verschiedener Länge arbeiten und auf der Empfangsstation die hierauf abgestimmten Anschlußdrähte vorrätig halten. Es gelingt in dieser Weise mit demselben Fangedraht gleichzeitig verschiedene Telegramme aufzunehmen.

Um die Sicherheit des Ansprechens zu erhöhen, setzte SLABY zwischen Fritter und Anschlußdraht noch eine Drahtspule, deren Form und Wickelungsart ebenfalls von der Wellenlänge abhängt. Diese Spule wirkt auf die eintretenden Wellen wie ein Sieb und läßt nur diejenigen zum Fritter hindurch, für welche sie abgestimmt ist; diese werden außerdem durch die Spule verstärkt, sodaß sie ein „Multiplikator“ genannt werden kann. Die Wirkung dieser Spule ist sehr erheblich; so konnten z. B. Funken von 1 cm Länge, die in einem Draht durch elektrische Schwingungen erzeugt wurden, nach Einschaltung des „Multiplikators“ auf 10 cm gebracht werden. SLABY beschreibt noch eine etwas andere Schaltung des Fritters, die die Erdleitung unnötig macht, woraus folgt, daß bei der Funkentelegraphie die Übertragung durch die Erde keine Rolle spielt.

Der Geber der SLABY-ARCSCHEN Anordnung ist schematisch in Fig. 4 dargestellt. Die Funkenstrecke AB , in der die Schwingung entsteht, ist in Verbindung mit dem Conden-

sator *K* (Leydener Flasche) und dem vertikalen Fühlerdraht *KC*. Dieser endigt nicht frei in der Luft, sondern ist durch eine Spule *CD* von großer elektrischer Trägheit mit dem zweiten Vertikalleiter *DE* verbunden. Bei der Ladung wird die ganze durch Erde geschlossene Drahtschleife benutzt, bei der Entladung werden dagegen die schnellen Schwingungen durch die Spule *CD* reflektiert, sodass die Fernwirkung nur von dem Vertikaldraht *KC* ausgeht. Durch entsprechende Veränderung der Kapazität und Selbstinduktion kann der Wellenlänge jeder Wert gegeben werden. — Mit der beschriebenen Anordnung nahm SLABY während seines Vortrages Telegramme von zwei verschiedenen Orten auf, die 4 bzw. 14 km entfernt waren; für die ersteren wurden Wellen von 600 m, für die letzteren Wellen von 140 m verwendet.

Die Slaby-Arcosche Einrichtung des Gebers hat vor der ursprünglichen Anordnung Marconis, der die Fühlerdrähte frei endigen ließ, erhebliche Vorzüge. Das gleiche versuchte F. BRAUN dadurch zu erreichen, daß er zum Geber eine funkenlose metallische

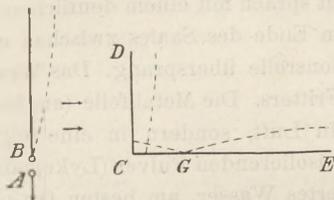


Fig. 3.

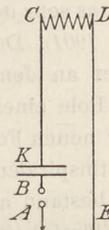


Fig. 4.

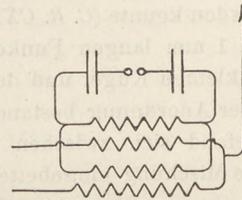


Fig. 5.

Leitung nahm und die Schwingungen in ihr elektrodynamisch, d. h. durch Induktion erregte (*E. T. Z. XVIII, 258*). Das Schema ist in Fig. 5 abgebildet. Ein oder mehrere Condensatoren (Leydener Flaschen) entladen sich in einem Primärkreis und erregen in dem spiralig gewickelten Ende des Senders die zur Uebertragung nötigen Schwingungen. Als Vorzüge seines Systems hebt BRAUN hervor, daß mit derselben primären Energie-Quelle eine größere Wirkung, mit einer größeren Quelle eine gesteigerte Wirkung erzielt wird, während sich die Wirkung bei Marconi nicht über einen Grenzwert steigern läßt. Eine bestimmte Entfernung läßt sich bei induktiver Erregung nicht nur durch hohe Masten, sondern auch durch entsprechende Energiesteigerung erreichen. So erhielt BRAUN mit seinem Geber, der sich auf dem Nordseedampfer *Silvana* (Masthöhe 15 m) befand und dem auf Kugelbacke bei Cuxhaven befindlichen Empfänger (Masthöhe 29 m) Telegramme bis auf 32 km, Zeichen bis 50 km. Der Marconische Apparat gab unter sonst gleichen Bedingungen nur 11 bzw. 13,7 km. Zwischen Helgoland und Kugelbacke erhielt man mit Marconi-Anordnung kein Zeichen, während bei induktiver Erregung keins ausblieb.

Zur möglichst vollkommenen Wirkung müssen Primärleitung und Sender in ihren elektrischen Dimensionen möglichst gut abgestimmt werden. Dem Sender können Schwingungen von beträchtlich größerer Amplitude zugeführt werden, wenn man auf mehrere, parallel geschaltete Erregerspulen dieselbe Primärschwingung induzierend einwirken läßt. Das Prinzip der induktiven Erregung ist auch auf einen Hertz'schen Plattenoscillator mit Vorteil anzuwenden.

Die praktische Anwendung der Funkentelegraphie wird aus den verbesserten Methoden sicherlich großen Nutzen ziehen. Auch mit den älteren Apparaten sind bisher schon gute Erfolge erzielt worden. So z. B. zwischen Borkum-Leuchtschiff und Borkum-Riff, wo bis Ende 1900 655 Telegramme mit 8040 Wörtern befördert wurden (*E. T. Z. XVIII 277; 1901*). Zwischen der Leuchtturmstation und dem Lloydampfer „Kaiser Wilhelm der Grosse“ wurden auf eine Entfernung von 74 km eine gute Verständigung, auf 98 km hin noch Zeichen erzielt. Noch weitere Entfernungen erhielt man in England nach der Mitteilung des Generaldirektors der Marconi International Marine Communication Co. mit Apparaten, deren Einrichtung noch nicht bekannt gegeben ist (*E. T. Z. XVIII, 304*). Englische Kriegsschiffe verkehren so mit einander bis auf 100 km Entfernung; zwischen Portsmouth und

Portland war auf 120 km Entfernung eine Verständigung möglich, obwohl Berge von 250 m Höhe sich dazwischen befanden. Die größte bisher erzielte Entfernung ist die zwischen Lizard in Cornwall und St. Catherine auf der Insel Wight, das sind etwa 300 km. *Schk.*

Das Elektroradiophon. In der Funkentelegraphie führte 1899 POPOFF zuerst das Telephon in den Stromkreis des Fritters ein und konnte damit die Zeichen auf große Entfernung hin nachrechnen. Das Relais und der automatische Klopfer zum Entfritten der Röhren wurde dabei überflüssig. In einer Entfernung von 47 km erwiesen sich sehr schwache elektrische Strahlungen noch als hörbar. In den *C. R. CXXXI, 1296* beschreiben POPOFF und DUCRETET den vollständigen nach diesem Prinzip gebauten Apparat. Mit demselben erhielt man auf 500 m Entfernung Signale von einem kleinen Rühmkorff mit 4 mm Funkenlänge; der Fühler draht des Erregers betrug 10 m, der des Empfängers nur 56 cm. Unter denselben Bedingungen gab die gewöhnliche Einrichtung mit Relais und automatischem Entfritter gar kein Zeichen.

Den mit einem Telephon verbundenen Fritter bezeichnet TH. TOMMASINA als Elektroradiophon. Er konstruierte ein solches, das sehr deutlich an allen Punkten eines großen Saales gehört werden konnte (*C. R. CXXXII 627; 1901*). Der Apparat sprach mit einem deutlichen Ton auf jeden 1 mm langen Funken an, der an dem anderen Ende des Saales zwischen einer isolierten kleinen Kugel und dem einen Pole einer Induktionsrolle übersprang. Das Wesentliche in der Anordnung bestand in einer neuen Form des Fritters. Die Metallfeile (am besten Silber) befand sich zwischen zwei Platinspiralen nicht in Luft, sondern in eine teigige, isolierende Mischung eingebettet. Diese bestand aus einem isolierenden Pulver (Lykopolium, Schwefel, Quarz-, Glaspulver) in einer Flüssigkeit (destilliertes Wasser, am besten Glycerin, allein oder mit Vaseline gemischt). Jede oscillierende Entladung erzeugt in diesem Fritter eine Wirkung, durch die momentan ein oder mehrere der kleinen Kontakte aufgehoben werden. Vergrößert man die Stärke des durch das Elektroradiophon fließenden Stromes, so werden die Töne im Telephon immer stärker. Die Nadel eines eingeschalteten Galvanometers stellt sich dann auf einer Stelle, die höher ist als die kritische Spannung, fest und wird bei vollkommener Regulierung des Fritters durch die Platinspiralen fast unbeweglich. In diesem Falle sind die Unterbrechungen augenblicklich und vollständig, denn der Apparat giebt dieselben Töne wie bei Unterbrechung des Stromkreises. Diese Fritter stellen also wahre Unterbrecher dar, die direkt durch Hertz'sche Wellen in Funktion treten.

Die dielektrische Flüssigkeit ist die Ursache dieser Wirkungen. Fügt man nämlich eine solche einem gewöhnlichen, mit Metallfeile, Kohlenpulver oder einer Mischung von Feile und isolierendem Pulver gefüllten Fritter hinzu, so findet die Zunahme der Tonstärke in einem in den Stromkreis eingeschalteten Telephon unmittelbar statt. Die Rolle des isolierenden Pulvers besteht in der Verhinderung der Cohärenz der Feilspäne und der Zulassung eines größeren Druckes, sodafs ein stärkerer Strom durch den Fritter geleitet werden kann. Der neue Fritter empfiehlt sich bei Vorlesungs- und Laboratoriumsversuchen, weil er den Experimentator von der Hilfe einer anderen Person unabhängig macht.

Mit Hilfe seines Elektroradiophons konnte TOMMASINA atmosphärische Entladungen wahrnehmen und den Verlauf entfernter Gewitter feststellen (*C. R. CXXXI, 876; 1900*). Die Versuche sind im letzten Sommer gemacht worden, wo der Verf. noch einen einfacheren Apparat als den eben beschriebenen (Kohlenpulver zwischen Kohleelektroden) in Benutzung hatte. Als Aufhängedrähte dienten Kupferdrähte, die aus dem Fenster des Laboratoriums hinausgeleitet und draussen auf Isolatoren auf 30 m horizontal ausgespannt waren. Mit dieser Anordnung konnte der Verlauf eines Gewitters beobachtet werden, so bald nur eine Spur davon am Horizonte auftrat. Zuerst hörte man schwache Geräusche, dann wurden diese energischer und das mit dem Telephon verbundene Läutewerk setzte ein. Bei zu großer Nähe des Gewitters müssen die Verbindungen mit den Luftdrähten aufgehoben werden. Das charakteristische Geräusch hörte man auch, wenn sich das Wetter änderte, ohne dafs ein eigentliches Gewitter eintrat. Das Elektroradiophon dürfte wegen seiner großen Empfindlichkeit und des Fehlens jeder Regulierung sich sehr für Schiffe zur Gewitterwarnung eignen. *Schk.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Technik der Experimentalchemie. Von Prof. Dr. R. Arendt. 3. vermehrte Auflage. Mit 878 Figuren u. einer Figurentafel. Hamburg u. Leipzig, L. Vofs, 1900. XXXVI u. 821 S. M. 20.

Die neue Ausgabe des bewährten Buches hat vorwiegend in dem ersten, allgemeinen Teile durch Einfügung etlicher neuerer Apparate eine Vermehrung erfahren. Es sind u. a. die wichtigsten neueren Gasentwicklungsapparate und Brennerkonstruktionen, wie der Teclu- und Dierbachbrenner, ferner der Quecksilberreiniger von Palmaer — Apparate, über die zumeist auch in dieser Zeitschrift berichtet wurde — beschrieben und durch Figuren erläutert. Den Gasometern ist zwar eine fast übergroße Sorgfalt gewidmet, doch vermisst Ref. andererseits nähere Angaben über Gebrauch und Verwendung der Sauerstoffbombe, die garnicht erwähnt zu sein scheint. Im übrigen zeichnet sich gerade dieser erste Teil durch Reichhaltigkeit aus und ist noch durch die Beschreibung der Akkumulatorenbatterie vermehrt worden.

Im speziellen Teil sind die Versuche wie bisher nach dem besonderen Lehrgange des Verfassers geordnet, doch thut dies der Benutzung von seiten derjenigen, die nicht Anhänger der Arendtschen Methodik sind, keinen großen Eintrag, da ein genaues Inhaltsverzeichnis und Register genügend für Orientierung sorgt. Die Bemerkung des Verfassers, daß hier „alle im letzten Jahrzehnt bekannt gewordenen neuen Vorlesungsversuche Aufnahme gefunden“ haben, ist aber erheblich einzuschränken. Abgesehen davon, daß von den vielen in dieser Zeitschrift mitgeteilten Demonstrationsversuchen nur ganz sporadisch Notiz genommen ist, sind z. B. die zahlreichen neueren Unterrichtsversuche, welche sich auf den Ausbau der chemisch-physikalischen Theorien beziehen, so gut wie garnicht berücksichtigt. Auf Einzelheiten, auch in methodischer Hinsicht, einzugehen, müssen wir uns versagen. Es sei nur erwähnt, daß von dem verschiedentlich beanstandeten Vorgehen, die Luftuntersuchung mit der Durchnahme des Wasserstoffs zu verquicken, auch in dieser Ausgabe nicht abgegangen worden ist.

O. Ohmann.

Repetitorium der Chemie. Von Prof. Dr. Carl Arnold. 10. Aufl. Hamburg u. Leipzig, L. Vofs, 1900. XII. u. 606 S. Geb. Mark 7.

Das treffliche, besonders für Mediziner und Pharmaceuten bestimmte, aber auch sonst allgemein verwertbare Buch liegt nun bereits in 10. Auflage vor. Die neu hinzugekommenen Ergänzungen beziehen sich hauptsächlich auf neuere Arzneimittel und die physiologische Chemie. In dem Kapitel „Gasförmige Körper“ (S. 32) fehlen bei Besprechung des Lindeschen Apparates bestimmte Angaben über die erreichten Temperaturen. Bei der im Anfang gegebenen Charakteristik der Chemie und Physik erscheint es nicht zweckmäßig, das Prinzip der Erhaltung der Kraft nur bei der Physik zu erwähnen und es dem der Erhaltung des Stoffes in der Chemie gewissermaßen entgegenzustellen. Das Buch bedarf nicht erneuter Empfehlung.

O.

Leitfaden der Chemie insbesondere zum Gebrauch an landwirtschaftlichen Lehranstalten von Dr. H. Baumhauer, Prof. a. d. Univ. zu Freiburg i. d. Sch. 2. Teil: **Organische Chemie.** 3. Aufl. Mit 16 Abbild. Freiburg i. Br. 1900, Herder. 87 S. Mark 1, geb. Mark 1,35.

Das die landwirtschaftlichen Nebengewerbe besonders berücksichtigende Buch ist die Fortsetzung des in dies. Zeitschr. (XI 150) besprochenen anorganischen Teiles. Es giebt im ersten Abschnitt eine übersichtliche Beschreibung der organischen Elementaranalyse sowie die notwendigen theoretischen Erörterungen über die Natur und Einteilung der behandelten organischen Verbindungen. Im speziellen Theile werden hauptsächlich die Fettkörper und, weniger eingehend weil weniger wichtig für die Landwirtschaft, die aromatischen Verbindungen behandelt und daran die „hinsichtlich ihrer Struktur noch unvollkommen erforschten Verbindungen“, wie Alkaloide, Eiweißstoffe u. a. angeschlossen. Überall ist der Zweck des Buches, der Praxis zu dienen, geschickt zum Ausdruck gebracht, der Inhalt ist trotz der Kürze ein sehr reichhaltiger. Hinsichtlich der keimfreien Gärung wäre vielleicht ein festerer Standpunkt erwünscht und dann der Satz „Gärung und Fäulnis sind an die Lebensthätigkeit dieser Pilze gebunden“ (S. 23) abzuändern. Bei einigen der letzten Stoffe konnte die künstliche Synthese erwähnt werden, auch ist das Coffein nicht mehr zu der erwähnten Gruppe der „unvollkommen erforschten Verbindungen“ zu rechnen. Im übrigen ist das Buch angelegentlich zu empfehlen und kommt auch für den Unterricht an Oberrealschulen in Frage.

O.

Leitfaden für den physikalischen und chemischen Unterricht an höheren Mädchenschulen. Von P. Siemon und Prof. Dr. E. Wunschmann. Mit 191 Abbild. und einer Spektraltafel. Breslau 1901, Ferd. Hirt. 309 S.

Das Buch behandelt den physikalischen Stoff gemäß der für Mädchenschulen vorgeschriebenen Reihenfolge der Disziplinen, beginnt also, abgesehen von einem einleitenden Kapitel „Von den Körpern

und ihren allgemeinen Eigenschaften“ (S. 9—14), mit der Wärme, der dann Magnetismus, Elektrizität u. s. w. folgen; die Chemie (S. 239—300) ist, als besonderer Abschnitt, ans Ende gestellt. Die innere Anordnung des Buches ist in der Art vorgenommen, daß immer vom „Versuch“ oder von Thatsachen der Erfahrung ausgegangen und dann das „Ergebnis“ diskutiert wird. Der Stoff ist absichtlich etwas reichlich bemessen, da das Buch auch für Lehrerinnenseminare bezw. die Lehrerinnenprüfung ausreichend sein soll. Es ist an dem Buche zunächst anzuerkennen, daß es sowohl in seinem physikalischen wie auch chemischen Teil mit Liebe zur Sache abgefaßt ist, daß es in der Diktion den für Mädchen passenden Ton recht gut trifft. Auch bei der Auswahl der Versuche hat meist eine glückliche Hand gewaltet. Diese sowohl wie auch die sonst herangezogenen Beispiele sind vielfach aus dem praktischen Leben gegriffen, speciell aus dem Wirkungsbereich der zukünftigen Hausfrau. So findet sich z. B. die Luftführung innerhalb eines Kachelofens durch eine Figur erläutert, ebenso die Wasserheizung, es sind die Nähmaschine, wenigstens ihren äußeren Teilen nach, der Papinsche Dampfkochtopf, die Rohrpost und andere praktische Dinge und Einrichtungen näher beschrieben, oder es werden zweckmäßige Ratschläge erteilt, so u. a. die in einem Mädchenschulbuch sehr angebrachte, eigentlich gesperrt zu druckende Mahnung, daß man aus der noch in Bewegung befindlichen Straßbahn nur nach vorn absteigen solle u. s. w. Ähnlich finden sich auch in der Chemie verschiedene „für den menschlichen Haushalt wichtige organische Körper“ näher behandelt. Daß nach der erwähnten Richtung hin das Buch bewußt einen Schritt vorwärts thut, halten wir für einen Hauptvorzug desselben. Es hätte darin sogar noch beträchtlich weiter gehen können. Denn gerade auf der Mädchenschule könnte der physikalisch-chemische Unterricht — wenn er größeres Gewicht und andere Ausdehnung hätte, statt wie zumeist im Organismus des Ganzen en bagatelle behandelt zu werden — dazu berufen sein, ein heilsames Gegengewicht gegen die einseitige sprachlich-litterarische Ausbildung des Geistes zu bilden, für die Praxis des künftigen Hausfrauenberufes eine gewisse Sicherheit des Urteilens anzubahnen, überhaupt den Blick für die Wirklichkeit zu schärfen.

Wenn wir uns so zu dem ganzen Plan des Buches durchaus zustimmend verhalten, so darf andererseits nicht übergangen werden, daß sich sowohl im physikalischen wie im chemischen Teil manches befindet, das einer Umarbeitung oder Richtigstellung bedarf. So entspricht z. B. das ganze Kapitel von den „allgemeinen Eigenschaften“ der Körper nicht mehr den neueren methodischen Anschauungen. Da begegnet man wieder der leidigen „Undurchdringlichkeit“ in der alten Fassung, die ganz falschen Schlußfolgerungen Vorschub leistet, ferner der Verknüpfung der „Teilbarkeit“ mit der Molekularhypothese u. s. w. Zumal die Einführung in die letztere muß als verfehlt bezeichnet werden; es wird nämlich die molekulare Beschaffenheit der Körper als eine gedankliche Notwendigkeit hingestellt und damit begründet, daß „ein unendlich kleines Teilchen“ „keine Ausdehnung nach irgend einer Richtung hin“ habe (S. 11). Die beigegebene Spektraltafel ist wegen unrichtiger Farbengebung nicht zu verwenden; so liegt die D-Linie von Natrium im Grün, von den beiden charakteristischen roten Linien des Lithiums liegt die eine im Gelb, die andere im Hellgrün u. s. w. Gelegentlich der spezifischen Gewichtsbestimmung eines Steines, die das Resultat 2,7 giebt, zu schließen „der Stein ist daher Kalkstein“ (S. 148) erscheint etwas gewagt. Die untere Grenze des Salzgehaltes der Ostsee ist mit $1\frac{1}{2}\%$ (S. 251) viel zu hoch angegeben, da sie beträchtlich unter $\frac{1}{2}\%$ ist. Zwei größere Versehen sind, daß Salmiakspiritus eine Lösung von Ammoniakgas in „Weingeist“ (S. 254), und daß Königswasser eine Mischung von 2—4 T. conc. Salzsäure mit 1 T. conc. „Schwefelsäure“ (S. 256) sein soll. Nicht bei 240° (S. 257), sondern erst bei 448° siedet der Schwefel. Einige Figuren z. B. der Bunsenbrenner (S. 270), ein Lötrohrversuch (S. 260), ein Versuch zur Verdunstungskälte (S. 38) sind teils unrichtig, teils wenig geschickt ausgefallen, im Gegensatz zu den sonstigen fast durchgängig recht treffenden Abbildungen. Indessen wird sich in einer Neuauflage dies alles beseitigen lassen, und wir möchten auf unser günstiges Gesamturteil zurückkommen. Das zweckentsprechend angelegte Buch sei der Beachtung der beteiligten Kreise angelegentlich empfohlen.

O. Ohmann.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Extrastrom-Apparat zur Darstellung luftlinienfreier Spektren (D. R. P. angemeldet) **nach Mietho und Ernecke.**

(Von Ferdinand Ernecke, in Berlin SW., Königgrätzerstr. 112.)

In den Stromkreis einer Akkumulatoren-Batterie (oder einer Centrale) ist eine Spule S von hoher Selbstinduktion und mit geschlossenem magnetischem Kreise, und eine regulierbare Funken-

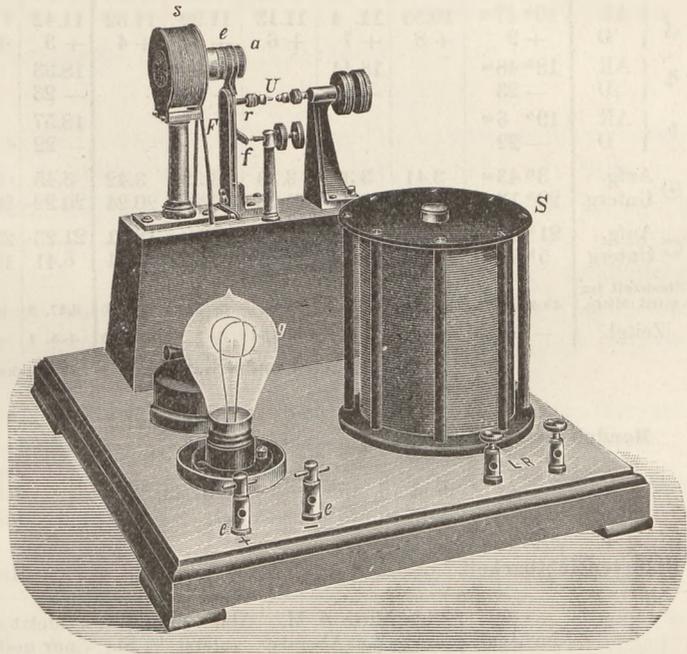
strecke U eingeschaltet, die aus 2 auswechselbaren Platinelektroden besteht, deren eine an dem freien Ende einer Feder F befestigt ist.

Wird die Feder F in rasche Schwingungen versetzt, so wird die Kontaktstelle U periodisch geöffnet und geschlossen. Jeder Öffnungsfunke erzeugt die schon von Auer beobachtete Dampfbrücke, und die durch die Selbstinduktionsspule S erzeugten kräftigen Extrastrome bewirken darauf eine heftige Entladung durch die vom Unterbrechungsfunken gebildete Dampfbrücke. Der so entstehende kräftige Funke besitzt eine sehr hohe Temperatur, sodafs selbst die schwerst flüchtigen Elemente ein helles, linienreiches Spektrum ergeben. Bestehen die Elektroden aus Platin, so erblickt man das Spektrum dieses Elements; dasselbe verschwindet mehr oder minder, wenn ein leichter verdampfbares Element oder Metallsalz zwischen die Elektroden gebracht wird. Die Metallspektren sind vollkommen rein und frei von Luftbanden, sodafs die äufserst scharfen Metalllinien auf dunkeltem Grunde erscheinen. Sehr kleine Substanzmengen bringt man mit ganz wenig Wasser oder Salzsäure befeuchtet zwischen die Elektroden; so reichte z. B. 0,001 g radiumhaltige Substanz aus, um 6 photographische Spektralaufnahmen zu erhalten die eine Exposition von 4–10 Sekunden erforderten. Der Funke ist sehr hell, sodafs Metallspektren mit seiner Hilfe (ohne Spalt) leicht projiziert werden können; man erhält z. B. auf dem Projektionschirm ein prachtvoll helles Baryumspektrum von 20–25 cm Länge, welches die Hauptliniengruppen dieses Elements selbst auf gröfsere Entfernung erkennen läfst.

Zur Erregung der Schwingungen der Feder F dient eine zweite Feder f , welche nach dem Prinzipie des Wagnerschen Hammers durch einen Elektromagneten s in Bewegung gesetzt wird, und zwar durch eine zweite, ihren Strom in einen von dem ersten völlig getrennten Stromkreis sendende Batterie. Die zweite Feder f trägt einen Kontakt, der in der Ruhelage den Stromkreis schliesft, zweitens den Anker a , der dem Eisenkern e des Elektromagnets s gegenübersteht, und endlich einen Ring r aus isolierendem Material, der in der Ruhelage der Feder F lose anliegt. Selbstverständlich kann der Wagnersche Hammer durch die gleiche Stromquelle betrieben werden, die den Hauptstromkreis speist.

In der Ausführung für Anschluss an die Lichtleitung befindet sich auf dem Grundbrett des Apparates als Vorschaltwiderstand noch eine Glühlampe g von bestimmter Spannung und Kerzenzahl, deren Licht beim Gebrauch des Apparates durch einen überzustülpenden schwarzen Metallcylinder abgeblendet wird. In den Stromkreis der Hauptunterbrechungsstelle U wird dann noch ein Lampenrheostat von 5 Lampen, die beliebig ein- und ausgeschaltet werden können, mittels Anschlufs an die Klemmen LR gelegt. Der direkte Anschlufs an die Centrale findet durch die Klemmen CC statt. In der Ausführung für Betrieb mit einer Akkumulatorenbatterie von 16 Volt fällt die Glühlampe g fort und es ist in den Stromkreis der Batterie B ein Regulierwiderstand (Schieberrheostat) mittels Anschlufs an die Klemmen LR zu legen. An die Klemmen CC wird dann die Akkumulatorenbatterie von 8 Zellen geschaltet.

Der Preis des Apparates nebst 4 Platinelektroden beträgt 185 M., des Lampenrheostaten (bei Centralenstrom) 42 M., des Schieberrheostaten (bei Akkumulatorenbetrieb) 35 M., der Akkumulatorenbatterie von 8 Zellen 184 M.



Himmelserscheinungen im Juni und Juli 1901.

♿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond.

	Juni						Juli					
	4	9	14	19	24	29	4	9	14	19	24	29
♿ { AR	6 ^h 18 ^m	6.50	7.15	7.34	7.46	7.50	7.46	7.35	7.22	7.11	7. 7	7.13
{ D	+ 26 ^o	+ 25 ^o	+ 24 ^o	+ 22 ^o	+ 20 ^o	+ 19 ^o	+ 18 ^o	+ 17 ^o	+ 17 ^o	+ 18 ^o	+ 19 ^o	+ 20 ^o
♀ { AR	5 ^h 27 ^m	5.53	6.20	6.47	7.14	7.40	8. 6	8.32	8.57	9.22	9.46	10. 9
{ D	+ 24	+ 24	+ 24	+ 24	+ 24	+ 23	+ 22	+ 20	+ 19	+ 17	+ 15	+ 13
☉ { AR	4 ^h 47 ^m	5. 7	5.28	5.49	6.10	6.31	6.51	7.12	7.32	7.52	8.12	8.32
{ D	+ 22	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 22	+ 22	+ 21	+ 20	+ 19
♂ { AR	10 ^h 47 ^m	10.55	11. 4	11.13	11.22	11.32	11.42	11.52	12. 2	12.12	12.23	12.34
{ D	+ 9	+ 8	+ 7	+ 6	+ 5	+ 4	+ 3	+ 1	0	- 1	- 2	- 4
♃ { AR	18 ^h 48 ^m		18.44		18.39		18.33		18.28		18.23	
{ D	- 23		- 23		- 23		- 23		- 23		- 23	
♄ { AR	19 ^h 6 ^m						18.57					
{ D	- 22						- 22					
☉ Aufg.	3 ^h 43 ^m	3.41	3.39	3.39	3.39	3.42	3.45	3.50	3.55	4. 1	4. 8	4.16
Unterg.	20 ^h 13 ^m	20.18	20.21	20.23	20.24	20.24	20.22	20.20	20.15	20.10	20. 3	19.56
☾ Aufg.	21 ^h 48 ^m	—	1.58	7. 9	12.58	18.11	21.23	23.25	2.25	8.26	13.58	18.22
Unterg.	5 ^h 29 ^m	11.21	17.58	22. 5	23 51	1.44	6.41	13. 4	18.48	21.16	23.10	2. 9
Sternzeit im mittl. Mittg.	4 ^h 48 ^m 47 ^s	5. 8.29	5.28.12	5.47.55	6. 7.38	6.27.20	6.47. 3	7. 6.46	7.26.29	7.46.12	8. 5.54	8.25.37
Zeitgl.	- 2 ^m 3 ^s	- 1. 9	- 0. 9	+ 0.56	+ 2. 1	+ 3. 3	+ 4. 1	+ 4.51	+ 5.31	+ 6. 0	+ 6.15	+ 6.16

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		Juni 16, 15 ^h Juli 15, 23 ^h	Juni 23, 22 ^h Juli 23, 15 ^h	Juni 2, 11 ^h Juli 1, 0 ^h Juli 31, 12 ^h

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Juni	bis Mitte d. M. kurze Zeit Abends sichtbar	Abends im NW zuletzt 1/2 St. sichtbar	zuletzt Abnds. nur noch 1 St. sichtbar	die ganze Nacht sichtb.	die ganze Nacht sichtb.
im Juli	uns.	1/2 St. Abds. sicht- bar, am 28. Annähe- rung an Regulus	zuletzt Abds. noch 1/2 St. sichtbar	bis gegen Morgen sichtbar	die ganze Nacht sichtb.

Phänomene der Jupitermonde:	Datum	M.E.Z.	Datum	M.E.Z.
		Juni 7,	1 ^h 47 ^m 23 ^s , I E.	Juli 14,
	16,	2 42 54 III E.	16,	2 28 57 I A.
	23,	0 4 13 I E.	21,	0 43 36 II A.
	26,	0 53 52 II E.	22,	1 35 0 III A.
	Juli 9,	0 34 24 I A.	24,	1 37 53 IV E.
	13,	22 7 10 II A.	24,	22 52 15 I A.

Veränderliche Sterne:

Datum	M.E.Z.		Datum	M.E.Z.		Datum	M.E.Z.	
Juni 12		R Lyrae-Min.	Juli 4		R Lyrae-Max.	Juli 18	0 ^h	β Lyrae-Min.
27	21 ^h 50 ^m	Algol-Min.	4	23 ^h	W Sagit.-Max.	20	20 ^h 22 ^m	Algol-Min.
28		ο Ceti-Max.	5	21 ^h	η Aquil.-Min.	28		R Lyrae-Min.
30	22 ^h	η Aquil.-Max.	16	0 ^h	δ Cephei-Max.	30	22 ^h	β Lyrae-Min.
Juli 1	23 ^h	W Sagit.-Min.	17	23 ^h 33 ^m	Algol-Min.			

Dr. F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.