

**Zeitschrift**  
für den  
**Physikalischen und Chemischen Unterricht.**

XVII. Jahrgang.

Viertes Heft.

Juli 1904.

**Zur Priorität der Erfindung der Influenzmaschine  
mit doppelter Drehung.**

Von

Prof. **W. Holtz** in Greifswald.

Zum dritten Male muß ich bezüglich der Erfindung der Influenzmaschine mit doppelter Drehung meine Priorität zu wahren suchen, da dieser Apparat, bei senkrechter Scheibenstellung wenigstens, noch immer als WIMSHURSTSche Maschine verbreitet wird. Gleich nachdem WIMSHURST 1883 seine Maschine beschrieb, zeigte ich, daß alles Nennenswerte an derselben schon von mir angegeben sei<sup>1)</sup>. 1895 sagte ich dasselbe noch einmal, als ich von der Theorie dieser Maschine in ihren verschiedenen Formen sprach<sup>2)</sup>. Inzwischen konnte ich mich um die Sache nicht weiter kümmern, da ich, wie schon einmal in meinem Leben, einer langjährigen Nervenkrankheit zum Opfer fiel. Jetzt sehe ich aber, daß mir meine Reklamationen wenig genützt haben, da der Apparat noch immer als WIMSHURSTSche Maschine beschrieben und verbreitet wird. Da ich bei meinen Reklamationen ganz zweifellos im Rechte war, kann ich nur annehmen, daß sie übersehen wurden, weil ich sie nicht gleich in den Überschriften betonte. Dies veranlaßt mich heute, bei präziser gestellter Überschrift noch einmal an den Rechtssinn physikalischer Kreise zu appellieren.

Meine erste Veröffentlichung erfolgte im Jahre 1867<sup>3)</sup>. Ich stellte die Scheiben horizontal, weil mir so leichter bei einer einzigen Schnur die doppelte Drehung möglich schien. Ich zeigte zugleich, daß man der Maschine verschiedene Formen geben könne, je nachdem man 4—6 Einsauger und diese in verschiedenen Stellungen wirken ließ. So wie abgebildet (siehe Fig. 1) lieferte sie quantitativ das Meiste; längere Funken erhielt man, wenn man die beiden rechten oder die beiden linken Konduktoren miteinander verband. Der Apparat kam nach der Pariser Ausstellung und wurde, wie PISCO berichtet, von FOUCAULT angekauft<sup>4)</sup>.

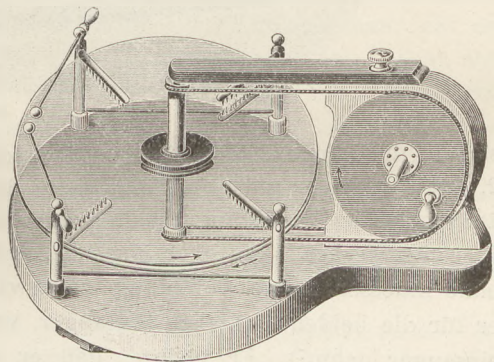


Fig. 1.

1869 gab ich der Maschine eine neue Gestalt im Verein mit der alten Maschine, die ich schon 1865 beschrieben hatte. Bei beiden Maschinen stellte ich nun die Scheiben aufrecht, da sich eine doppelte Drehung mit einer einzigen Schnur, wie ich

<sup>1)</sup> Uppenborns Zentralblatt für Elektrotechnik 1883, S. 683.

<sup>2)</sup> Wiedem. Ann. Bd. 54, S. 190.

<sup>3)</sup> Pogg. Ann. Bd. 130, S. 128 u. 168.

<sup>4)</sup> Österr. Ausstellungsber. über wissenschaftl. Instrum. 1868, S. 138.

erkannte, auch so bewerkstelligen ließ. Statt durchgehender Wellen wandte ich bei beiden einseitig befestigte Zapfen an, um welche sich die mit Scheibe und Schnurrad verbundenen Hülsen drehten, um die Apparate so bequemer für den Gebrauch und gleichzeitig durchsichtiger zu machen. Bei der vorliegenden Maschine änderte sich auch das Einsaugersystem, indem ich der vorderen Scheibe zwei Hauptkonduktoren und beiden noch je einen diametralen Konduktor gab. Die so veränderte Maschine zeigt uns Fig. 2, nur daß in dieser wie auch in den nachfolgenden Abbildungen der Abstand der Scheiben größer erscheint, als er in Wirklichkeit ist.

Als ich alles beschreiben wollte, verfiel ich jedoch in eine Krankheit und konnte Herrn Prof. POGGENDORFF nur eben die bereits fertig gestellte Figurentafel geben mit der Bitte, sie mit einigen erläuternden Worten in meinem Namen veröffentlichen zu wollen. Die Tafel erschien auch und zugleich eine kurze Beschreibung der alten Maschine<sup>5)</sup>. Eine Erklärung der zweiten sollte folgen, unterblieb aber zunächst, weil die Experimente, welche Herr Prof. POGGENDORFF mit ihr zuvor anzustellen wünschte,

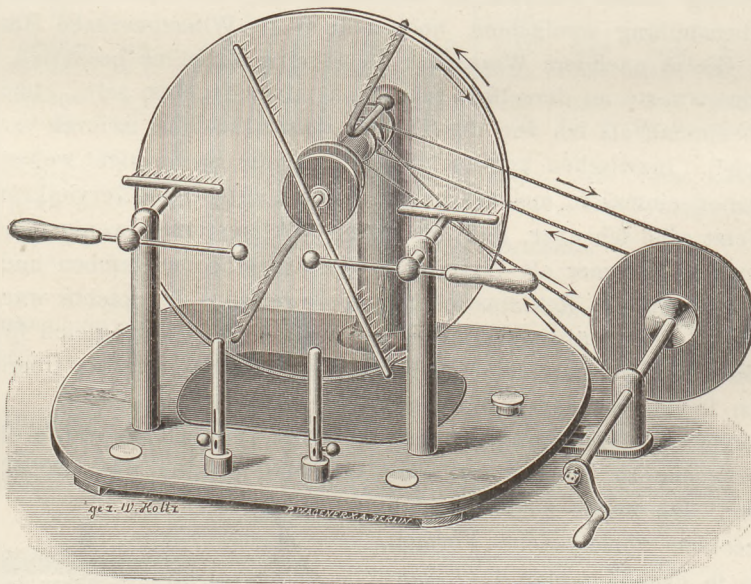


Fig. 2.

sich in die Länge zogen. Erst 1873 erschien seine Arbeit über die „Elektromaschine 2. Art“, worin er gleich anfangs sagt, daß es dieselbe Maschine sei, von welcher er 1869 nur eine Abbildung erhalten habe<sup>6)</sup>.

Inzwischen hatte aber MUSAEUS, welcher sonst die neue Einrichtung adoptierte, ohne indessen meine Abbildung zu erwähnen, den Apparat etwas geändert, indem er für die beiden einfachen Einsauger, welche ich Hauptkonduktoren nannte, Doppelseinsauger nahm<sup>7)</sup>. Er meinte, daß er sonst die Elektrizität der hinteren Scheibe nicht mit erhielt. Darin irrte er freilich, da selbige durch ihre Influenzwirkung doch zur Geltung gelangt, wie man ja auch einer Reibzeugmaschine nicht selten statt eines Doppelkamms nur einen einfachen Einsauger gibt. Daß ein Doppelseinsauger gleichwohl quantitativ etwas günstiger ist, wußte ich selbst und hätte es auch in meiner Arbeit gesagt, wenn ich zu Worte gekommen wäre. Ich hatte einfache gewählt,

<sup>5)</sup> Pogg. Ann. Bd. 136, S. 171.

<sup>6)</sup> Pogg. Ann. Bd. 150, S. 1.

<sup>7)</sup> Pogg. Ann. Bd. 143, S. 285 u. Bd. 146, S. 288.

weil ich beide Maschinen, die ich äußerlich so gleich gestaltet hatte, auch innerlich möglichst ähnlich gestalten wollte, nämlich so, daß bei beiden die Armatur der vorderen Scheibe völlig dieselbe war. MUSAEUS sah auch bald, daß ihm die Doppelseinsauger wenig nützten, und verschob ihre Teile gegeneinander dergestalt, daß sie nun die Scheiben entluden und gleichzeitig von neuem luden, und erhielt nun bei kleinerer Schlagweite die doppelte Funkenzahl. Da hatte er aber, was schon Fig. 1 zeigt, da der obere Einsauger hinten rechts, wie ich früher gesagt hatte, auch fehlen kann, nur daß bei seiner Einrichtung die beiden diametralen Konduktoren, die er ebenso gut hätte entfernen können, ganz überflüssig waren. Es ist merkwürdig, daß dies ihm selber, noch POGGENDORFF, welcher diese Einrichtung bespricht, noch SCHAFFERS, welcher sie gleichfalls als etwas Besonderes aufführt, garnicht eingefallen ist<sup>8)</sup>. Diese angebliche Verbesserung war daher nichts weiter, als eine fehlerhafte Anwendung einer schon längst von mir angegebenen Form. Die anfangs gebrauchten Doppelseinsauger aber konnten bedingungsweise, wie ich schon 1876 (Pogg. Ann. Erg. 8 S. 423) sagte, als eine kleine Verbesserung gelten, und hiernach mußte meine Maschine nun so aussehen, wie sie in Fig. 3 gezeichnet ist.

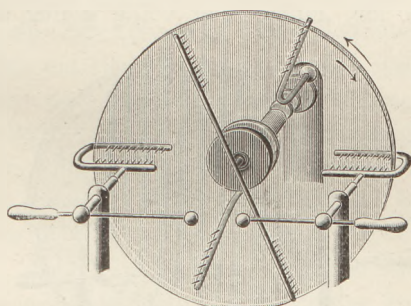


Fig. 3.

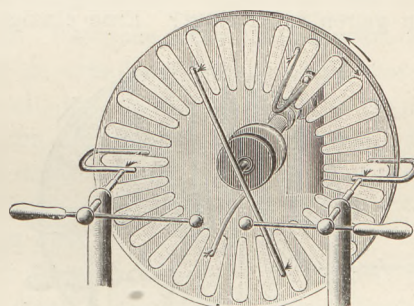


Fig. 4.

Zur Selbsterregung schrieb ich 1876 in der eben zitierten Arbeit, als ich von derselben Maschine sprach, S. 427 wörtlich, wie folgt<sup>9)</sup>: „Es sei beiläufig erwähnt, daß man auch der vorstehenden Maschine, wie jeder anderen Influenzmaschine, ein der ursprünglichen Töplerschen Anordnung entsprechendes Gewand geben kann, wenn man die Scheiben mit schmalen Stanniolstreifen belegt und die Konduktoren (Einsauger) durch schleifende Federn ersetzt.“ Zugleich äußerte ich mich ungünstig über metallisch belegte Scheiben, wobei ich freilich ihre Benutzung in feuchten Ländern nicht weiter erwog. Gleichviel, nach der Anordnung, welche ich gegeben, mußte meine Maschine nun so aussehen, wie es Fig. 4 zeigt. Ich bemerke nur, daß in der Abbildung die Beläge der hinteren Scheibe der besseren Durchsicht halber fortgelassen sind.

Inzwischen war es Mode geworden, bei der gewöhnlichen Influenzmaschine die bessere Wirkung unbelegter Scheiben mit der Bequemlichkeit der Selbsterregung zu verbinden. Da ich wußte, daß dies auch bei der in Rede befindlichen möglich sei, schrieb ich 1881 hierüber in einer meiner Arbeiten, wie folgt<sup>10)</sup>: „Es ist selbstverständlich, daß man neben freier Glasfläche noch kleine Metallstücke, neben Spitzenkämmen noch Kontaktdrähte verwenden kann. Aber es verdient hervorgehoben zu werden, daß es gerade bei der vorliegenden Maschine eben nur dieser und im übrigen

<sup>8)</sup> Schaffers, Machines électriques à influence, 1898, p. 51.

<sup>9)</sup> Göttinger Akademieber. v. März 1876; Pogg. Ann. Ergb. 8, S. 427.

<sup>10)</sup> Uppenborns Zeitschr. f. angewandte Elektrizitätslehre, 1881, S. 197.

keiner weiteren Leitungen bedarf. Wer zufällig eine solche Maschine besitzt, kann ihr also leicht die fragliche Zugabe adaptieren. Er braucht nur auf die Glasscheiben einige Stanniolstücke zu kleben und die Einsauger mit je einem schleifenden Drahte zu versehen.“ Statt der schleifenden Drähte empfahl ich auch Metallpinsel und sagte noch, wie sie zu befestigen seien. Hiernach mußte meine Maschine also so aussehen wie Fig. 5 oder Fig. 6, da ich die Form der Stücke, ob rund oder sektorenartig, unentschieden ließ.

Und nun geschah es zwei Jahre später, daß WIMSHURST eine Maschine beschrieb, welche, von Nebensachen abgesehen, sonst völlig der Fig. 4 glich, nur daß man an den beiden Entladungsstellen statt der Kontaktpinsel wirkliche Einsauger sah<sup>11)</sup>. Weshalb so, habe ich nie recht begriffen und noch weniger, weshalb bisher kein Physiker auf diesen Widersinn hingewiesen hat. Ein Doppelkamm kann nicht laden, sondern nur entladen. Geladen konnten die Scheiben also nur an den diametralen Konduktoren werden. Hier aber konnten nur die Sektoren und nicht auch die Glasfläche geladen werden, da es hier nur je einen Kontaktpinsel gab. Seit wann ist es nun Gebrauch, daß man einem Metallstück, um es zu entladen, eine ganze Reihe von Spitzen gegenüber bringt? Eine einzige, denke ich, müßte hier völlig genug sein.

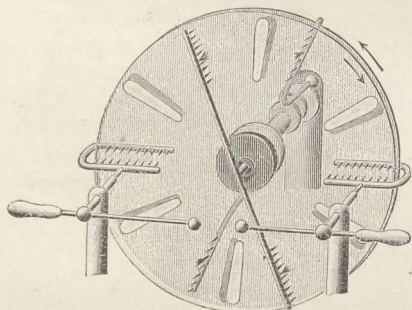


Fig. 5.

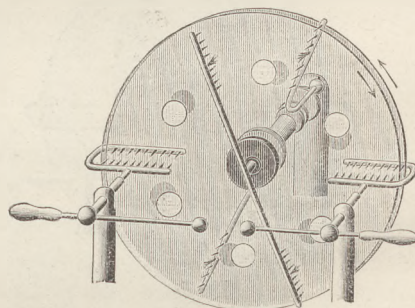


Fig. 6.

Ein Kontakt ist hier freilich unnötig, aber gleichviel, ob Spitze oder Metallpinsel, ein einziges Stück von ihnen an jeder Seite genügt. Wer es nicht glaubt, entferne auf meine Verantwortung alle Spitzen bis auf je eine, und er wird finden, daß der Apparat nach wie vor dieselbe Wirkung hat.

Eine Verbesserung kann besagte Änderung also unmöglich genannt werden. Aber sind denn sonst noch irgend welche Verbesserungen da? WIMSHURST hat eine durchgehende Welle, auf der sich die Hülsen mit den Scheiben und Schnurrädchen die eine vor der anderen drehen. Dieselbe Einrichtung hatte meine Maschine bei horizontaler Scheibenlage, und ein Apparat wird dadurch doch kein anderer, daß man ihn um einen rechten Winkel dreht. Übrigens habe ich vorhin die Gründe angeführt, weshalb ich von dieser Einrichtung abgewichen bin. WIMSHURST gebraucht zwei Schnüre für die doppelte Drehung; ich gebrauche nur eine. Es unterliegt doch keinem Zweifel, daß letzteres vorteilhafter ist. WIMSHURST macht zur Variierung der Funkenstrecke die Entladungsstangen drehbar, ich mache sie verschiebbar. Jeder Elektriker von Fach wird zugeben, daß letzteres richtiger ist. Ich sehe daher nichts, absolut nichts, was an dem Wimshurstschen Apparate eine Verbesserung wäre.

Im Auslande haben sich deshalb auch bereits einige Gelehrte auf meine Seite gestellt. So sagt der Franzose SCHAFFERS in der bereits angeführten inhaltreichen

<sup>11)</sup> Engineering T. 35, p. 4, 1883.

Schrift (S. 44—53), daß ich die Maschine 1869 erfand und 1881 auch mit Selbsterregung versah. Aber er bemerkt noch, daß dies das Verdienst des Hrn. WIMSHURST nicht schmälere, da ähnliche „Koinzidenzen“ schon häufiger dagewesen seien, und um so weniger schmälere, als ich den Wert metallischer Beläge zu wenig gewürdigt hätte. Hiergegen bemerke ich, daß die Zeiten von GALILEI, wo der Nacherfinder allenfalls auch noch als Miterfinder gelten konnte, heute vorüber sind, wo es jedes Menschen Schuld ist, wenn er ältere Arbeiten übersehend sein Ziel verfehlt. Und die Metallbeläge anlangend, möchte ich noch hinzufügen, daß WIMSHURST sie in der feuchten Luft Englands wohl notwendig gebrauchte und daß, wenn er hierbei so verfuhr, wie ich angab, ihm dies doch nicht weiter als ein Verdienst anzurechnen ist. Hätte SCHAFFERS sich erinnert, daß ich schon bei meinen allerersten Influenzmaschinen Sektorenscheiben anwandte, hätte er jene Bemerkung auch wahrscheinlich unterdrückt.

Entschiedener noch tritt der Engländer GRAY für mich ein, und es ist dies um so mehr anzuerkennen, als es ein Landsmann ist, gegen welchen er schreibt<sup>12)</sup>. Auch er sagt, daß die WIMSHURSTSche Maschine 1869 von mir erfunden und 1881 mit Selbsterregung ausgerüstet sei. Nur geringe Unterschiede beständen, die für das Prinzip der Erfindung ohne Bedeutung wären. Übrigens hätte mancher die Metallbeläge entfernt in der Meinung, etwas Neues zu erfinden, nicht wissend, daß er so wieder die ursprüngliche Einrichtung hergestellt habe. Ein Mann der Wissenschaft erhalte nichts für seine Entdeckungen außer der Ehre, der Erfinder zu sein. Um so mehr sollte ein wissenschaftliches Publikum darauf sehen, daß man dem die Ehre gäbe, dem man sie schuldig sei. Etwas zurückhaltender spricht sich derselbe Gelehrte in seinem Buche über Influenzmaschinen aus<sup>13)</sup>.

Auch in Deutschland haben Männer der Wissenschaft, wie PFAUNDLER, WIEDEMANN und der Herausgeber dieser Zeitschrift direkt oder indirekt meine Rechte anerkannt. Aber das Gros der Physiker und Elektrotechniker hält noch immer an der Ansicht fest, daß der WIMSHURSTSche Apparat etwas Besonderes sei.

Von einzelnen Seiten ist sogar bezweifelt, daß die Abbildung von 1869 überhaupt zur Ausführung gekommen ist. Wenn sie es nicht wäre, würde dies kaum etwas an der Sache ändern. Aber einmal hat doch POGGENDORFF mit einer solchen Maschine experimentiert. Und noch im selbigen Jahre 1869 erwähnt SCHUMACHER, als er eine Verbesserung an der Maschine mit horizontalen Scheiben beschreibt, daß er auch eine Maschine dieser Art nach der neuen Einrichtung von Hrn. Mechaniker BORCHARDT erhalten habe<sup>14)</sup>. Wenn nun in so kurzer Zeit schon zwei solche Apparate gebaut sind, dürften bis zum Jahre 1883 wohl einige Dutzend in die Welt geschickt sein.

Von anderen Seiten bin ich gefragt, wie es denn komme, daß man mich beim Vertriebe des Wimshurstschen Apparates so völlig vergessen habe. Verschiedene Gründe mögen hierzu beigetragen haben. Ich selber habe außer meinen Veröffentlichungen nichts für die Verbreitung meiner Maschinen getan, da ich nicht einmal meine Arbeiten herumschicken pflegte, wie es in damaliger Zeit schon Mode war. Auch Hr. BORCHARDT hat außer dem, daß er sie tadellos ausführte, nichts weiter für die Verbreitung dieser Maschinen getan, nicht einmal Preisverzeichnisse verschickt

<sup>12)</sup> Electrical Review 1898, p. 685. Siehe auch diese Zeitschrift (f. d. physik. u. chem. Unterr.) Bd. 12, S. 107.

<sup>13)</sup> Gray, Electrical Influence-machines, 1903.

oder inseriert, da er ein erklärter Feind jeder Reklame war. Nun geschah es in den siebziger Jahren mit dem Erwachen der Elektrotechnik, daß viele neue technische Zeitschriften entstanden, die auch von Mechanikern, da sie ihnen leicht zugänglich waren, gelesen wurden. In einer solchen erschien der WIMSHURSTSche Aufsatz und wurde von den meisten anderen sofort nachgedruckt, da ihre Redakteure wohl nicht wußten, daß ich neben der gewöhnlichen Influenzmaschine noch eine andere beschrieben habe. Den Mechanikern gefiel das Bild mit den vielen Sektoren. Sie hatten so etwas noch nicht gesehen, da sie meine ältesten Maschinen natürlich nicht kannten. Sie bauten deshalb den Apparat nach, und da er wirkte, nahmen sie ihn als WIMSHURSTSche Maschine in ihre Preisverzeichnisse auf. Die Physiker sahen ihn in diesen oder in den Werkstätten der Mechaniker und nahmen ihn unter gleichem Namen in ihre Kabinette auf. Vielleicht wirkte auch mit, daß ich in Deutschland lebte, wo man Fremdländisches immer eher zu würdigen pflegt. Vielleicht auch, daß sich die moderne Physik weniger für die Urheberschaft der Apparate interessiert.

Die Physiker aber schreiben wieder Lehrbücher, und so wird der Apparat unter gleichem Namen auch in die Lehrbücher übergehen, und die Jugend wird lernen, daß die Influenzmaschine mit doppelter Drehung von WIMSHURST erfunden sei.

Jeder, der diese Zeilen liest, wird es mir nachfühlen, daß alles das für mich eine fortgesetzte und ganz unverschuldete Kränkung bedeutet, und wird wohl auch, so viel an ihm liegt, dazu beitragen, daß dies geändert wird. Nun ist es aber leichter, eine Unrichtigkeit in die Welt zu setzen, als sie wieder daraus zu entfernen. Um letzteres zu erleichtern, möchte ich vorschlagen, daß man bei der Benennung der Apparate den Namen des Urhebers ganz unberücksichtigt läßt und von den beiden gangbarsten Maschinen die eine „Influenzmaschine mit einfacher“, die andere „Influenzmaschine mit doppelter Drehung“ nennt. Nach Bedarf könnte man „mit“ oder „ohne Selbsterregung“ hinzufügen. Noch einfacher wäre es, sie nach Poggendorffs Vorgang „Influenzmaschine 1. und 2. Art“ zu nennen, nicht Elektromaschine, wie jener sagte, weil dies Wort ebensogut für die Reibzeugmaschine passen würde. Gedachten Vorschlag aber möchte ich nicht bloß den Physikern, sondern mehr noch den Mechanikern und Verkäufern physikalischer Apparate unterbreiten, weil diese am besten durch Löschung des Namens in ihren Verzeichnissen die Unrichtigkeit beseitigen können.

## Zur Technik des Foucaultschen Pendelversuches.

Von

L. Weinhold in Chemnitz.

Versuche mit unserem ca. 17 m langen, in besonderem Pendelraume aufgehängten Foucaultschen Pendel ergaben in der Regel zu große, öfters beträchtlich zu große Werte für die Erddrehung. Um die Gründe dieser Abweichungen aufzudecken und den Einfluß der vorhandenen Fehlerquellen festzustellen, unternahm ich eine größere Reihe von Versuchen, in deren Verlaufe auch künstliche Fehlerquellen angebracht wurden. Ich gebe hier die Resultate der 120 Versuche an, die vielleicht manchem einen nützlichen Wink geben können. Die Versuche erfolgten im allgemeinen nach den in Weinholds Demonstrationen S. 110 ff. angegebenen Vorschriften.

<sup>14)</sup> Pogg. Ann. Bd. 137, S. 494.

Als bei weitem stärkste Fehlerquelle erwies sich einseitiger Luftzug. Unser Pendelraum ist ein längliches Rechteck; die eine kurze Seite (*O*) hat Fenster nach dem Freien, die andere (*W*) Fenster nach den Korridoren, auf der einen Langseite (*N*) läuft in jedem Stockwerk eine Galerie, während die *S*-Seite glatte Wand ist. Größere Temperaturunterschiede zwischen dem Freien und dem Gebäudeinnern, wie sie im Winter, in dem die meisten Versuche ausgeführt wurden, auftreten, bedingen einen Luftzug, der in der Nähe des Fußbodens von *O* nach *W* geht und wegen der Verschiedenheit der *N*- und *S*-Wand sich besonders in der Nähe der letzteren stark bemerkbar macht. Die Stärke des Zuges wurde beobachtet durch an ca. 2,5 m langen Zwirnfäden in der Nähe der verschiedenen Wände aufgehängte Zugmesser, die aus je 3 zueinander rechtwinkligen, durcheinander gesteckten kreisförmigen leichten Papierscheibchen bestanden. Diese Zugmesser zeigten den leisesten Zug, der eine Kerzenflamme noch nicht irritiert und auf der Haut unfühlbar ist, deutlich an. Immer war der stärkste Zug in der Nähe der *S*-Wand und von *O* nach *W* gerichtet. Die Pendelkugel erhielt also stets auf der südlicheren Hälfte ihrer Bahn eine Ablenkung durch eine *O*—*W*-lich gerichtete Kraft, deren Wirkung die scheinbare Drehung der Pendelebene vergrößert. Sonntags, bei ungeheiztem Gebäude, war der Zug in der Regel schwächer und auch der erhaltene Fehler dann kleiner. Am stärksten wirkte natürlich der Zug bei *N*—*S*-licher Schwingungsebene, am schwächsten bei *O*—*W*-licher. Bei *N*—*S*-licher Schwingungsrichtung konnte der Fehler durch Aufstellung von 2 m hohen Pappwänden zwischen Fenster und Pendelkugel und Tür und Pendelkugel bedeutend verringert werden. Hieraus ergibt sich, da wohl die meisten Räumlichkeiten, in denen der Versuch ausgeführt wird, unregelmäßige Zugverhältnisse aufweisen, als erste Regel: Man ermittle die Zugverhältnisse. Lassen sich dieselben nicht leicht verbessern, so wähle man die Richtung des stärksten Zuges zur Anfangsrichtung, damit nur eine möglichst kleine Komponente desselben wirksam werde.

Eine weitere wesentliche Fehlerquelle ist mangelhafte Beruhigung der zur Seite gezogenen Pendelkugel vor dem Abbrennen des Fadens. Ist die Kugel nicht vorher vollkommen ruhig, so beginnt sie nicht eben, sondern elliptisch zu schwingen, und nach der Theorie des sphärischen Pendels wandert die große Achse dieser Ellipse, sodaß sich je nach dem Sinne, in dem die Ellipse durchlaufen wird, ein zu großer oder zu kleiner Wert der Foucault-Drehung ergibt. Dieser Fehler mit wechselndem Vorzeichen wächst natürlich proportional der Versuchsdauer. Er machte sich so lange bei meinen Versuchen bemerkbar, als die Beruhigung der Kugel nur mit der Hand geschah, ließ sich aber auf ein Minimum reduzieren mit Hilfe der unten näher beschriebenen Beruhigungsvorrichtung. Gänzlich war er nicht zu entfernen; denn es zeigte sich bei genauem Hinsehen, daß schon ein recht schwacher Luftzug imstande war, die eben beruhigte und noch nicht wieder losgelassene Kugel in kleine Schwingungen um den seitlichen Aufhängungspunkt zu versetzen. Man befolge also zweitens die Regel, die Kugel möglichst vollkommen zu beruhigen und dann bald den Faden durchzubrennen. Man dehne den Versuch nicht zu lange aus. Am günstigsten ist, wie ich gefunden habe, eine Dauer von 40 Minuten. Die Foucault-Drehung ist nach dieser Zeit groß genug (für  $50^{\circ} 51'$  geogr. Br. gleich  $7,755^{\circ}$ ), um hinreichend genau meßbar zu sein.

Elliptische Bewegung der Pendelkugel kann ferner durch ungleiche Höhe der Schneiden der Cardanischen Aufhängung hervorgerufen werden. Die Bewegung des Pendels in einer beliebigen Richtung kann dann angesehen werden als zusammen-

gesetzt aus zwei Schwingungen von verschiedener Dauer in zueinander senkrechten Ebenen. Eine solche Zusammensetzung von Schwingungen gibt eine veränderliche Ellipse. Innerhalb der bei einem Versuche in Betracht kommenden Zeitgrenzen verbreitert sich dieselbe mehr und mehr. Der durch verschiedene Höhe der Schneiden verursachte Fehler wächst stärker als proportional mit der Zeit; denn die große Achse einer einmal vorhandenen Ellipse dreht sich mit konstanter Geschwindigkeit und zwar mit um so größerer, je näher die Ellipse einem Kreise kommt, und im hier betrachteten Falle verbreitert sich ja die Ellipse. Man erhält einen zu großen Wert für die Foucault-Drehung, wenn die Bewegung in einem derjenigen beiden Quadranten beginnt, in denen eine Drehung im Sinne der Foucault-Drehung eine Annäherung an die Richtung der tieferen Schneide ergibt, einen zu kleinen, wenn die Bewegung in einem der beiden anderen Quadranten beginnt. (Siehe auch Schuller, Wied. Ann. [1883] 19, S. 249.) Ich habe den Einfluß dieses Fehlers untersucht, indem ich unter die  $N-S$ -Schneide der Aufhängung einmal  $\frac{3}{4}$  mm starkes Stahlblech unterlegte, einmal die Schneiden gar nicht in die Nuten brachte, so daß die  $N-S$ -Schneide 12 mm höher lag. Die Pendellängen in  $O-W$ -licher und  $N-S$ -licher Richtung verhielten sich im ersten Falle wie 1:1,000044, im zweiten wie 1:1,00007. Bei einer Versuchsdauer von 40 Minuten ergaben sich im ersten Falle Fehler  $< \pm 5\%$ , wenn die Anfangsrichtung in die der höheren resp. tieferen Schneide fiel, Fehler  $< \pm 10\%$ , wenn sie mit den Schneidenrichtungen Winkel von  $45^\circ$  bildete. Im zweiten Falle ergaben sich, wenn die Schneidenrichtung Anfangsrichtung war, nach 10 Minuten 2–3% Fehler, nach 20 Minuten 40%; wenn die Anfangsrichtung unter  $45^\circ$  gegen die Schneiden lag, nach 10 Minuten ca. 30%, nach 20 Minuten 70% und mehr Fehler. Man erkennt, daß der Fehler, welcher durch verschiedene Höhe der Schneiden der Cardanischen Aufhängung bedingt ist, verschwindend klein ist gegenüber dem durch mangelhafte Beruhigung der Kugel und durch schwachen Luftzug hervorgerufenen Fehler, wenn die Aufhängung einigermaßen genau gearbeitet ist. Er kommt natürlich um so weniger in Betracht, je länger man das ganze Pendel macht. Beim Seitwärtsziehen der Kugel hat man übrigens darauf zu achten, daß die Ebene der Fadenschleife gut in die Äquatorebene der Kugel fällt; ist das nämlich nicht der Fall, so treten beim Loslassen der Kugel nickende Bewegungen der Kugel auf, die so kräftige Schwingungen des Pendeldrahtes erzeugen, daß sie die Schneiden in den Nuten zu verschieben vermögen.

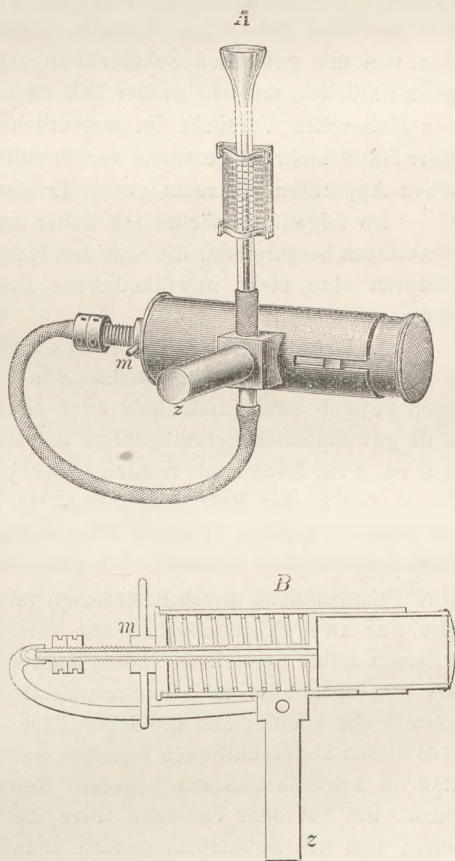
Eine größere Anzahl Versuche wurden auch mit der in Frick, *Phys. Techn. Bd. I, S. 550 (6. Aufl.)* beschriebenen Aufhängung ausgeführt, nur wurde an Stelle des dort erwähnten Hakens ein fester eiserner Balken verwendet. Diese Aufhängung erwies sich als ganz brauchbar, falls die Stahlspitze des Bügels gut genug gehärtet ist, um sich nicht zu verdrücken, und nicht so scharf zugespitzt, um gelegentlich abzurechnen. Bei ruhiger Luft und vollkommener Beruhigung der Kugel ergaben sich Fehler, die bei 40 Minuten Versuchsdauer im allgemeinen unter 5% blieben.

Unter Beachtung aller Vorsichtsmaßregeln wurden mit der Cardanischen Aufhängung bei 40 Minuten Versuchsdauer an Tagen, an denen die Zugmesser nur unmerkliche Bewegungen zeigten, Resultate erhalten, welche meist weniger als 1%, selten etwas mehr als 2% Abweichung von dem berechneten Werte der Foucault-Drehung ergaben. Die hier erreichte Genauigkeit halte ich für erstrebenswert, wenn man den Foucaultschen Pendelversuch überhaupt vorführen will. Wenn er etwas beweisen soll, darf man sich mit Rücksicht auf die Umstände, die außer der Erd-drehung eine Drehung der Pendelebene hervorrufen können, die sehr erheblich ist,



nicht damit begnügen, den Sinn der Drehung richtig und die Größe nur in grober Annäherung zu erhalten.

Vorrichtung zur Beruhigung der Pendelkugel. Fig. A zeigt die Vorrichtung in äußerer Ansicht, B im Horizontalschnitt. Ein zylindrischer Zapfen *z*, der in passender Höhe an einem Stativ befestigt wird, trägt ein wagrechtes Messingrohr, in dem ein zweites, kürzeres verschiebbar ist; eine Spiralfeder drückt das letztere nach rechts; ein viereckiger Ansatz, der in einem Schlitz des äußeren Rohres gleitet, verhindert eine Drehung des inneren. Das äußere Ende des inneren Rohres ist mit einer dünnen Kautschukmembran überspannt, das innere Ende ist durch ein Bodestück verschlossen, das eine lange durchbohrte Schraube trägt; ein Kautschukschlauch verbindet diese mit einem senkrechten, engen, dickwandigen Glasrohr mit verschiebbarer Skala; der Hohlraum des inneren Rohres, die Durchbohrung der Schraube, der Schlauch und ein Teil des Glasrohres sind mit gefärbtem Wasser gefüllt. Nachdem man durch Rechtsdrehung der mit langem Quergriff versehenen Mutter *m* das innere Rohr ziemlich weit in das äußere hineingezogen hat, stellt man die Vorrichtung so neben die mittels der Fadenschleife zur Seite gezogene Pendelkugel, daß die durch den Flüssigkeitsdruck gewölbte Membran die Pendelkugel in der Höhe ihres Äquators nahezu berührt und dreht nun soweit zurück, daß sich die Membran an die Kugel andrückt. Die kleinen Schwingungen, welche die angehängte Kugel gewöhnlich zunächst macht, bewirken eine starke Auf- und Abwärtsbewegung der Flüssigkeit in dem Glasrohr und werden rasch durch die Flüssigkeitsreibung gedämpft. Ist keine Bewegung der Flüssigkeit in dem Glasrohre mehr zu erkennen, so zieht man durch langsames Rechtsdrehen von *m* die Membran allmählich zurück; war sie noch merklich angedrückt, so sinkt dabei die Flüssigkeit in dem Skalenrohr etwas und zeigt gewöhnlich wieder kleine Schwingungen; sobald man solche bemerkt, hört man mit dem Rechtsdrehen von *m* auf und wartet, bis sie völlig gedämpft sind; dann dreht man wieder etwas weiter und wiederholt das Verfahren so lange, bis die Membran die Kugel eben nur noch ganz leicht berührt, was man sehr genau erkennen kann, wenn man das Auge in die gemeinschaftliche Tangentialebene von Membran und Kugel bringt. Sobald die Kugel ganz ruhig ist und von der Membran nicht mehr gedrückt wird, dreht man *m*, soweit es angeht, rechts herum, sodaß die Membran ein Stück von der Kugel absteht, und brennt den Faden ab.



Figg. A und B.

## Schülerübungen aus der Optik.

Von

Prof. E. Grimsehl in Hamburg.

Im Märzheft dieser Zeitschrift (XVII 73—87) veröffentlichte Herr Hahn eine Reihe von Schülerübungen aus der Optik, die sich dadurch auszeichnen, daß die Versuche mit einem sehr geringen Aufwand an Apparaten ausführbar sind und dennoch zu Resultaten führen, die für Schulzwecke durchaus hinreichend genau sind. Je einfacher eine Versuchsanordnung ist, um so besser ist sie gerade für die Schülerübungen. Aus diesem Grunde sind die von Hahn angegebenen Versuche so vorzüglich. Schon vor der Veröffentlichung seines Aufsatzes erfuhr ich durch persönliche Mitteilung von Herrn Hahn, daß er zu seinen optischen Versuchen die Stecknadeln als Fluchtstäbe für das Reißbrett benutzte. Diese Anregung, die, wie aus dem HAHNSchen Aufsätze hervorgeht, von E. MACH herrührt, veranlaßte mich, in den von mir geleiteten Schülerübungen ähnliche Versuche machen zu lassen. Es ist nun ganz natürlich, daß ein großer Teil meiner Versuche auch ohne vorherige genauere Kenntnis der HAHNSchen Versuche im wesentlichen mit diesen übereinstimmt, während andererseits Herr HAHN mehrere Versuche veröffentlicht hat, die ich erst jetzt nachträglich mit den HAHNSchen Apparaten mit recht gutem Erfolge gemacht habe.

Im folgenden möchte ich daher nur diejenigen Versuche aus meinem physikalischen Praktikum beschreiben, die von den HAHNSchen Versuchen verschieden sind, in der Hoffnung, dadurch eine nicht unwillkommene Ergänzung der „Schülerübungen aus der Optik“ zu liefern.

1. Brechender Winkel des Prismas. Als Arbeitsbrett benutze ich ein Stück gewöhnlichen astfreien Föhrenholzes von beiläufig  $30 \times 30$  cm Größe (besser eignet sich gewiß noch Pappel- oder Lindenholz oder ein Reißbrett), auf das mittels Heftzwecken ein Quartblatt gewöhnlichen Schreibpapiers befestigt wird. Als „Fluchtstäbe“ benutze ich Stahlnadeln von ca. 5 cm Länge mit runden Glasköpfen. Diese Nadeln kann man mit ziemlich starkem Druck fest in das Holz eindrücken. Als Prismen verwende ich entweder billige Glasprismen für einfache optische Versuche oder solche Glasprismen, wie sie zu Dekorationszwecken an Beleuchtungskörpern mannigfach verwendet werden. Bei diesen Prismen empfiehlt es sich, die eine Prismenfläche durch Bestreichen mit irgend einer Farbe unbrauchbar zu machen, sodaß also nur zwei Prismenflächen zur Verfügung stehen. Endlich kann man sich ganz billige Prismen selbst herstellen, indem man die Fazette von Glasplatten, wie sie zum Bedecken der Photographien in Photographieständern benutzt werden, mit einem Glaserdiamanten gerade abschneidet und die Schnittfläche auf einem Sandstein oder Schleifstein roh abschleift. Aus diesen abgeschnittenen Fazetten werden dann Enden von ungefähr 3—4 cm abgeschnitten und als schmale Prismen benutzt. Nebenbei gesagt, eignen sich diese Fazetten auch gut dazu, um bei dem Versuche über die Vereinigung von Spektralfarben durch eine Linse einen Teil des Spektrums seitlich abzulenken, wenn man aus dem abgelenkten Teile und dem Rest des Spektrums Komplementärfarben herstellen will.

Hat das zu benutzende Prisma eine gerade, ebene Grundfläche, die senkrecht zu den Prismenflächen steht, so kann man es unmittelbar lose auf das Arbeitsbrett aufstellen. Ist dieses aber nicht der Fall, so muß man das Prisma mit Klebewachs auf die Unterlage festkitten. Dann empfiehlt es sich, aus dem Papier an der Stelle, wo das Prisma aufgestellt werden soll, ein kleines Loch in das Papier zu schneiden, damit das Prisma teilweise direkt auf das Brett geklebt wird. Nunmehr richtet man das Prisma mit seiner brechenden Kante senkrecht zur Papierfläche. Dazu genügt vollständig das Anhalten eines rechtwinkligen Zeichendreiecks an die brechende Kante des Prismas.

Ferner benutzt man zur Ablendung fremden Lichts kleine schwarze Schirme von ungefähr  $9 \times 12$  cm Größe, die man dadurch herstellen kann, daß man ein Stück Kartongpapier auf der einen Seite mit schwarzem Papier beklebt, und die man an kleine Holz-

klötzchen festleimt, damit sie vertikal aufgestellt werden können. Diese kleinen schwarzen Schirme sind zu vielen optischen Versuchen nützlich, wo es sich darum handelt, das Licht von gewissen Teilen des Beobachtungsfeldes abzublenden.

Die Messung des brechenden Winkels des Prismas geschieht nach zwei Methoden. -- Die Versuchsanordnung ist durch Fig. 1 im Grundriß dargestellt.

a) Man stellt vor die eine Fläche des Prismas  $P$  eine Nadel  $A$  in etwa 1 cm Entfernung und sucht ihr Spiegelbild in der zugewandten Prismenfläche, während man hinter das Prisma zur Abblendung fremden Lichts einen der kleinen schwarzen Schirme stellt. Dann stellt man in ungefähr 10 cm Entfernung vor derselben Fläche eine zweite Nadel  $D$  so auf, daß sie selbst und ihr Spiegelbild mit der ersten Nadel  $A$  und ihrem Spiegelbild in gerader Linie liegen. Die auf diese Weise durch die beiden Nadeln  $A$  und  $B$  festgelegte Gerade ist ein Lot auf die erste spiegelnde Prismenfläche. Dasselbe Verfahren wiederholt man mittels der Nadeln  $E$  und  $F$  bei der zweiten Prismenfläche und erhält so ein Lot auch auf dieser Fläche. Die Verlängerung der Verbindungslinie von  $E$  und  $F$  und die Verbindungslinie von  $A$  und  $D$  bilden den Winkel  $DCV$ , welcher gleich dem brechenden Winkel des Prismas ist. Doch bevor man den Winkel mit einem Transporteur mißt, wendet man, ohne das Prisma  $P$  von seiner Stelle zu rücken, die zweite Methode zur Winkelmessung an.

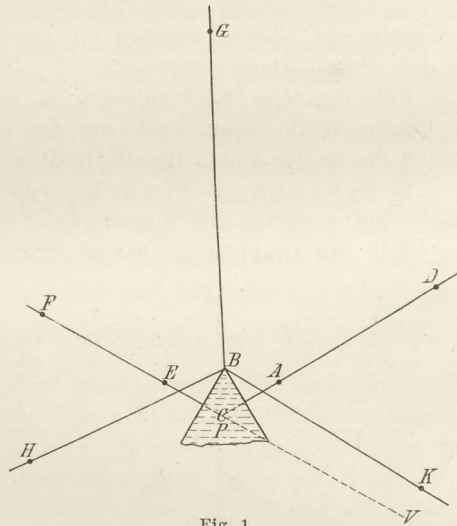


Fig. 1.

b) Man stellt eine Nadel  $G$  in ungefähr 20 cm Entfernung vor der brechenden Kante des Prismas so auf, daß man in beiden Prismenflächen ihr Spiegelbild sehen kann. Dann stellt man eine Nadel  $H$  vor der einen Fläche so auf, daß das Spiegelbild der Nadel  $G$ , die brechende Kante  $B$  des Prismas und die Nadel  $H$  in eine gerade Linie zu liegen kommen. Ferner stellt man die Nadel  $K$  vor der anderen Prismenfläche so auf, daß  $K$  mit  $B$  und dem Spiegelbild von  $G$  in gerader Linie liegen. Endlich markiert man die brechende Kante  $B$  durch einen Nadelstich auf dem Papier. Der Winkel  $HBK$  ist gleich dem doppelten brechenden Winkel des Prismas. Nun entfernt man das Prisma und die Nadeln, nachdem man die aus Fig. 1 ersichtlichen Linien mit dem Lineal gezogen hat, und mißt die beiden Winkel  $VCD$  und  $HBK$  mittels eines gewöhnlichen Transporteurs. Man hat nun gleich eine Kontrolle für die Messungen, da der Winkel  $VCD$  den brechenden Winkel direkt, der nach der zweiten Methode gemessene Winkel  $HBK$  aber den doppelten Winkel des Prismas darstellt.

2. Minimum der Ablenkung. Fig. 2, die mit Fig. 6 des Hahnschen Aufsatzes fast übereinstimmt, zeigt die Versuchsanordnung. Man stellt das Prisma  $P$  mit seiner Grundfläche beliebig auf das mit Papier überzogene Arbeitsbrett auf und fixiert die Richtung eines auf die eine Prismenfläche fallenden Strahls durch die beiden Nadeln  $A$  und  $B$ . Vor die zweite Prismenfläche wird die zweite Nadel  $D$  gesteckt und nun provisorisch die Nadel  $E$  so aufgestellt, daß das Auge, über  $E$  und  $D$  weg visierend, die Nadeln  $B$  und  $A$  in der scheinbaren Verlängerung von  $ED$  sieht. Wird nun das Prisma auf dem Arbeitsbrett gedreht, so kann man die scheinbare Verschiebung und Drehung von  $BA$  gut beobachten, wenn man während der Drehung in der Richtung  $ED$  sieht. Dann verändert man unter wiederholtem Hin- und Herdrehen des Prismas den Platz der Nadel  $E$  so lange, bis man das Minimum der

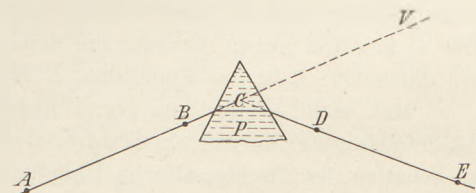


Fig. 2.

Ablenkung erreicht hat, d. h. also bis bei jeder Drehung des Prismas die Linie  $DA$  nach derselben Seite abweicht. Diese Einstellung ist sehr einfach und ohne Mühe von jedem Schüler leicht auszuführen. Dann verändert man die Stellung der Nadel  $D$  und verschiebt auch das Prisma so lange, bis wieder  $D$ ,  $B$  und  $A$  in gerader Linie zu liegen scheinen. Jetzt muß man auch der Nadel  $E$  eine andere Lage geben, um das Minimum der Ablenkung zu fixieren. So kann man eine größere Zahl von Bestimmungen ausführen, ehe man die Winkelmessung ausführt. Zum Schluß wird das Prisma entfernt, und die Linie  $AB$ , sowie die verschiedenen Linien  $DE$  werden mit Bleistift gezogen. Darin, daß alle die Linien  $DE$  unter sich parallel sein müssen, hat man eine Übersicht über die Richtigkeit und Genauigkeit der Beobachtungen. Zuletzt werden die aus den Einzelbeobachtungen folgenden Winkel  $ECV$  mit dem Transporteur gemessen.

Läßt man dieselbe Schülergruppe mit demselben Prisma sowohl die Bestimmung des brechenden Winkels wie auch die der minimalen Ablenkung vornehmen, so haben die Schüler die beiden Daten für die Bestimmung des Brechungsindex des Prismas.

3. Brechungsindex des Wassers. Zur unmittelbaren Bestimmung des Brechungsindex des Wassers dient der in Fig. 3 dargestellte kleine Apparat, den man sich leicht aus Draht selbst herstellen kann. Derselbe besteht aus einem Messingdraht  $L$

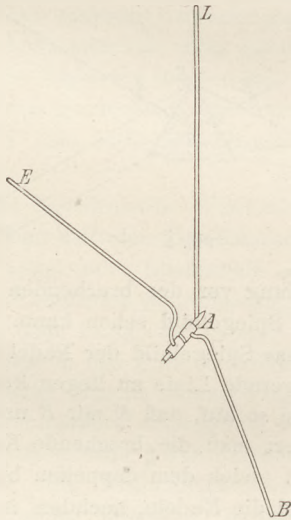


Fig. 3.

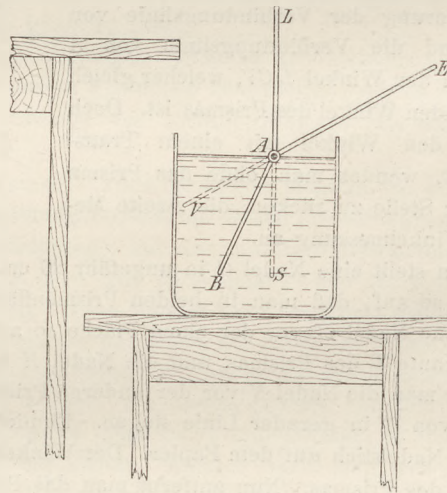


Fig. 4.

von etwa 15 cm Länge und 2—3 mm Dicke, der an seinem einen (unteren) Ende scharf rechtwinklig umgebogen ist, oder besser noch, an ein anderes Drahtende rechtwinklig hart angelötet ist. In letzterem Falle feilt man das vorstehende Ende  $A$  des horizontalen Drahtes zu einer Spitze zu. Der horizontale Draht dient als Achse für zwei kleine Messingrohrenden, die sich mit starker Reibung um die Achse drehen können, und an welche die beiden Drähte  $B$  und  $E$  hart angelötet sind. Letztere sind so gebogen, daß die Verlängerungen ihres geraden Teils mit der Verlängerung von  $L$  durch denselben Punkt der Achse gehen. Der so aus drei gegen einander um denselben Punkt drehbaren Drähten bestehende Apparat soll darstellen:  $L$  ist das Einfallslot,  $E$  der einfallende Strahl und  $B$  der gebrochene Strahl.

Man stellt in der aus Fig. 4 ersichtlichen Weise ein größeres Glasgefäß, z. B. ein Akkumulatorengefäß auf einen Schemel dicht unter eine Tischkante, damit das Glasgefäß im Schatten des Tisches, also im Halbdunkel, steht. Nachdem man das Glasgefäß bis nahe an den Rand mit Wasser gefüllt hat, wird der dreifache Draht in ein Bunsenstativ, das passend auf dem Tische steht, so festgeklemmt, daß die Achse  $A$  genau in der Höhe des Wasserspiegels liegt. Dann richtet man den Draht  $L$  durch Drehung in der Stativklemme so, daß das Spiegelbild  $S$  von  $L$  in die Verlängerung von  $L$  selbst fällt, daß also  $L$  senkrecht zur Wasseroberfläche steht. Hierauf richtet man die Drähte  $E$  und  $B$  so, daß sie, wenn man

durch die Wasseroberfläche in das Wasser blickt, scheinbar eine gerade Linie  $VAE$  bilden. In Wirklichkeit hat dann  $B$  eine gegen  $E$  veränderte Richtung, wovon man sich durch Hindurchsehen durch eine Seitenwand des Gefäßes leicht überzeugen kann. Nun nimmt man, ohne an der Stellung der Drähte etwas zu verändern, den dreifachen Draht aus dem Wasser heraus und bestimmt den Einfallswinkel und den Brechungswinkel durch Messen mit dem Transporteur.

Nachdem man eine größere Zahl von Einzelbeobachtungen ausgeführt hat und die Werte hat in eine Tabelle eintragen lassen, läßt man die Sinusfunktionen der beobachteten Winkel aufschlagen und berechnet hieraus den Brechungsexponenten durch Division der entsprechenden Werte. Aus den erhaltenen Resultaten und ihren Abweichungen hat man ein Urteil über die Genauigkeit der beobachteten Werte und der Beobachtungsmethode<sup>1)</sup>.

4. Bestimmung des Brechungsexponenten des Glases einer Konvexlinse. Nachdem man mittels einer der üblichen Methoden, am einfachsten durch Messung einer Reihe von Gegenstandsweiten und zugehörigen Bildweiten, die Brennweite einer Konvexlinse gemessen hat, handelt es sich nur noch darum, die Krümmungsradien der Linsenflächen zu messen, um mittels der Formel  $\frac{1}{f} = (n-1) \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$  den Brechungsexponenten des Glases zu bestimmen. Als Linsen verwende ich meist die gewöhnlichen Brillengläser, bei denen die Krümmung beider Flächen gleich ist, sodaß nur die Messung einer einzigen Krümmung erforderlich ist. Dann reduziert sich die Formel auf  $n = 1 + \frac{r}{2f}$ . Um nun die

Messung der Krümmung auszuführen, mache ich, oder lasse ich vielmehr durch die Schüler selbst machen, einen spiegelnden Abdruck der Linse. Das geht am leichtesten auf folgende Weise. Nachdem man die abzudrückende Linsenfläche recht sauber geputzt hat, legt man die Linse auf ein Stück Papier auf den Tisch und bedeckt dieselbe mit einem Stück Stanniol, das etwas größer sein muß als die Linsenfläche. Das Stanniol muß recht blank und glänzend sein und darf keine Knicke und Falten haben. Natürlich kommt die glänzende Seite auf die Linsenfläche zu liegen. Dann erwärmt man ein Stück Wachs und knetet es so lange durch, bis es gleichmäßig weich ist. Nachdem man eine Kugel von ungefähr 4 cm Durchmesser durch Rollen in der Handfläche geformt hat, die möglichst ohne Risse ist, legt man sie auf das Stanniolstück, das die Linse bedeckt, und drückt gleichmäßig die Wachskugel breit, sodaß sie sich von der Mitte aus allmählich verbreiternd nach der Seite ausdehnt und alle Luft zwischen Linsenfläche und Stanniol seitlich heraustreibt. Das Wachsstück wird so breit gedrückt, daß es noch über die Linsenfläche hinaus verbreitet ist. Nun läßt man alles so lange (etwa 10–15 Minuten) liegen, bis das Wachs wieder völlig erhärtet ist. Darauf kann man alles aufheben und erst das anklebende Papier, dann die Linse aus dem Abdruck entfernen. Um die Linse bequem aus dem Abdruck herauszuheben, wendet man gut die kleinen Haken an, die durch Luftdruck an einem Schaufenster haftend zum Aufhängen irgend welcher Sachen dienen. Diese saugenden Gummihaken werden auf die Linse aufgedrückt. Dann kann man, am Haken anfassend, die Linse mühelos und ohne den Abdruck zu beschädigen, entfernen. Bei der Auswahl der Linsen zu diesem Versuche muß man darauf achten, daß die Linse nicht zu dünn im Glase ist. Deshalb sind auch Brillengläser mit geringer Brennweite vorzuziehen. Kleine Falten im Abdruck schaden nicht, wenn sonst nur der Abdruck gut spiegelnd ist. Man muß in dem abgehobenen Abdrucke das umgekehrte reelle Bild, z. B. des Fensterkreuzes, deutlich und scharf sehen können. Man benutzt nun diesen Abdruck als Hohlspiegel, dessen Brennweite in bekannter Weise gemessen werden kann. Ist die Brennweite  $f'$ , so reduziert sich die oben angegebene Formel auf  $n = 1 + \frac{f'}{f}$ .

5. Herstellung eines Fernrohrs. Als Hilfsapparat dient ein gewöhnliches stabförmiges Meterlineal mit rechteckigem Querschnitt (ca.  $8 \times 25$  mm), welches auf zwei aus

<sup>1)</sup> Anmerkung der Redaktion: Man vergleiche hierzu den Lichtbrechungsapparat von Blümel, d. Ztschr. II 162.

schwarzgebeiztem Messingblech hergestellten Füßen von der in Fig. 5 dargestellten Form auf die hohe Kante gestellt wird. Das Lineal dient als einfache optische Bank, auf welche Linsenfassungen von der Art von Fig. 6, die ebenfalls aus einem Stück schwarzgebeiztem Messingblech gebogen sind, aufgesetzt werden. Die Linsenfassungen, welche sich mit ihrem federnden Fuße auf das Lineal fest, aber doch verschiebbar aufsetzen lassen, sind so eingerichtet, daß sie gewöhnliche Brillengläser, die auf 40 mm äußeren Durchmesser kreisförmig abgeschliffen sind, federnd festhalten.

Für die optischen Übungen verwende ich als Linsen die schon mehrfach erwähnten, nach Dioptrien geordneten Brillengläser. Ich habe mir Sortimente solcher Brillengläser mit den Dioptrien  $\pm 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20$ , welche alle auf 40 mm äußeren Durchmesser abgeschliffen sind, sodaß sie alle in dieselben Fassungen passen, herstellen lassen und sie in einem kleinen mit passenden Nuten versehenen Holzkasten untergebracht,

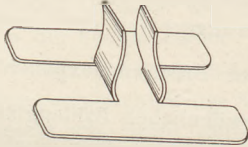


Fig. 5.

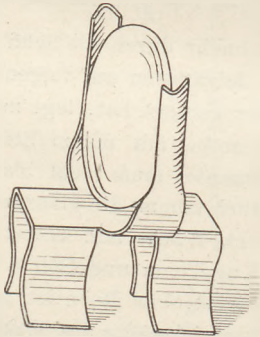


Fig. 6.



Fig. 7.

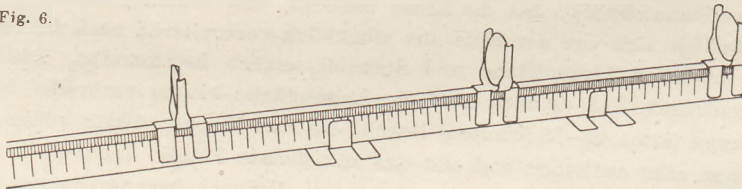


Fig. 8.

von dem Fig. 7 eine Abbildung zeigt. Die Nuten, sowie die Brillengläser selbst sind mit den entsprechenden Dioptriennummern versehen. Man hat so leicht jede beliebige Konvex- oder Konkavlinse, die man irgendwie gebraucht, sofort gebrauchsfertig zur Hand. Diese Linsensortimente haben mir bei den verschiedensten optischen Versuchen stets gute Dienste geleistet; auch bei den vorliegenden Übungen werden die Linsensortimente verwandt.

Zur Ausführung der Übungen lasse ich die Schüler zwei der in Fig. 6 dargestellten Linsenfassungen auf das mit den Füßen versehene Meterlineal beliebig aufsetzen und nach beliebiger Wahl Konvexlinsen aus dem Linsenkasten einsetzen. (Fig. 8 zeigt die Versuchsanordnung mit drei zu einem terrestrischen Fernrohr zusammengesetzten Linsen.) Dann verschieben die Schüler die beiden Linsen solange gegeneinander, bis sie durch das offene Fenster durch das improvisierte Fernrohr hindurchsehend einen fernen Gegenstand als klares, umgekehrtes Bild erkennen. Es notieren sich nun die Schüler die Dioptriennummern von Objektiv und Okular, bestimmen mit einer Reziprokentafel die reziproken Werte, also die Brennweiten der Linsen, und schreiben dazu erstens den am Meterlineal abgelesenen Abstand der Linsen und zweitens die Notiz, ob das Bild vergrößert oder verkleinert ist. Letzteres

lernen sie leicht bestimmen, indem sie gleichzeitig mit dem einen Auge den Gegenstand durch das Fernrohr und mit dem anderen Auge den Gegenstand direkt betrachten und dessen Größen vergleichen. Die Bestimmung des zahlenmäßigen Wertes der Vergrößerung macht nach meiner Erfahrung den Schülern verhältnismäßig große Mühe; nur einer kleinen Zahl der Schüler gelingt die Bestimmung der Vergrößerungszahl mit Hilfe eines entfernt aufgehängten Maßstabes, der mit kräftigen schwarzen Strichen auf weißer Pappe gezeichnet ist. Diejenigen Schüler, welchen die Bestimmung der Vergrößerungszahl gelingt, schreiben diesen Wert ebenfalls zu ihren Notizen.

Aus einer größeren Zahl von Beobachtungen mit Linsen verschiedener Brennweite finden die Schüler leicht die Beziehung heraus, daß die Entfernung der Linsen gleich der Summe der Brennweiten ist, und daß sie ein vergrößertes Bild bekommen, wenn die Brennweite des Objektivs größer ist als diejenige des Okulars, ein verkleinertes Bild dagegen, wenn das Objektiv eine kleinere Brennweite hat, als das Okular. Diejenigen Schüler, welche die Vergrößerungszahl haben bestimmen können, finden ebenfalls den Quotienten der Brennweiten mit der Vergrößerungszahl übereinstimmend.

Die Herstellung eines Galileischen Fernrohrs geschieht in derselben Weise mittels eines beliebig gewählten konvexen Objektivs und eines konkaven Okulars.

Auch die Zusammensetzung eines terrestrischen Fernrohrs und eines Mikroskops läßt sich leicht bewerkstelligen.

Als Mikroskopobjekt wählt man passend eine kreisförmige Pappscheibe mit aufgezeichneter Millimeterteilung von der Größe der Linsen, damit man dieselbe in eine Linsenfassung einsetzen und auf das Meterlineal aufsetzen kann.

Bei diesen Übungen tritt außer anderen Beziehungen auch die Wirkung der sphärischen Abweichung (besonders beim Mikroskop) und der chromatischen Abweichung (besonders beim terrestrischen Fernrohr) vor Augen. Es bietet sich also eine günstige Gelegenheit, auf die Notwendigkeit der beiden Linsenkorrekturen aufmerksam zu machen.

Für diejenigen, welche noch weitere Versuche über Mikroskop und Fernrohre ausführen lassen wollen, mag erwähnt werden, daß man Übungen über die Lage und Größe der Blenden, über die Verwendung des Fadenkreuzes und des Okularmikrometers leicht ausführen lassen kann. Zu dem Zwecke habe ich derartige Blenden, Fadenkreuze und Okularmikrometer von dem äußeren Durchmesser der Linsen herstellen lassen. Diese einzelne Teile lassen sich also ebenfalls bequem an irgend einer Stelle des Meterlineals mittels der federnden Linsenfassungen einsetzen.

Für einfache Schulverhältnisse gestattet der beschriebene Apparat auch die objektive Darstellung der bei den optischen Instrumenten stattfindenden Vorgänge. Zu dem Zwecke sind zwei Mattscheiben ebenfalls für den Apparat hergestellt.

6. Einfaches Goniometer und Spektralapparat. Zwei Flacheisenstäbe  $F_1$  und  $F_2$  (Fig. 9) von 35 cm Länge mit dem rechteckigen Querschnitt  $8 \times 25$  mm sind an dem einen Ende  $A$  durch ein Scharnier mit hohler Achse drehbar verbunden. Das Scharnier besteht aus vier Stücken Flachmessing von 2 mm Dicke und 25 mm Breite, die an ihren Enden durch die vier Gelenke  $A, B, C, D$  mit hohlen Achsen drehbar verbunden sind. Die beiden Stücke  $AD$  und  $AB$  haben eine Länge von 58 mm, die beiden Stücke  $CD$  und  $CB$  sind 80 mm lang. Bei der Drehung der beiden Flacheisenstücke  $F_1$  und  $F_2$  um die Achse  $A$  bewegt sich also die hohle Achse  $C$  stets auf der Halbierungslinie des von  $F_1$  und  $F_2$  gebildeten Winkels. Die Achse  $A$  liegt genau in der Verlängerung der inneren Seitenflächen von  $F_1$  und  $F_2$ . Wenn die beiden Flacheisenstücke  $F_1$  und  $F_2$  soweit auseinander gedreht werden, daß sie in gegenseitiger, geradliniger Verlängerung zu einander liegen, so ist die

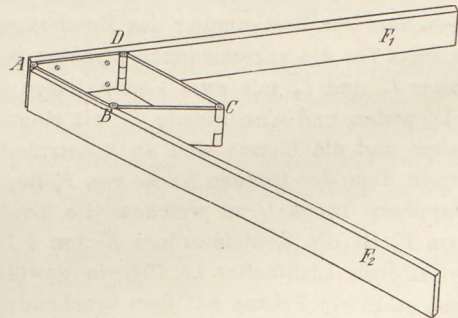


Fig. 9.

hohle Achse  $C$  noch 60 mm von  $A$  entfernt. Die gelenkig mit einander verbundenen Eisenstäbe bilden die Unterlage für die übrigen Bestandteile des Apparates.

Fig. 10 zeigt den Objektisch, also den Träger für das Prisma des Spektralapparates. Der Objektisch besteht aus einer kreisrunden Messingscheibe  $S$  von 95 mm Durchmesser und 2 mm Dicke, an dessen Unterseite die stählerne Achse  $D$  zentrisch befestigt ist. Mit der Achse  $D$  wird der Objektisch in die hohle Achse  $A$  der Unterlage gesteckt. Die Oberfläche des Objektisches ist mit einer Kreisteilung und mit zwei senkrecht zu einander auf den Objektisch eingeritzten Nuten versehen, welche mit den Teilungstrichen  $0 \dots 180^\circ$  und  $90 \dots 270^\circ$  zusammenfallen.

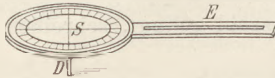


Fig. 10.

Ferner ist an dem Objektisch der aus dickem Messingblech hergestellte Ansatz  $E$  angebracht, welcher mit einem Längsschlitz versehen ist, der in die Verlängerung der Teilstriche  $90 \dots 270^\circ$  fällt.

Durch den Schlitz  $E$  des in das Scharnier eingesetzten Objektisches und in die hohle Achse  $C$  wird ein Stahlstift eingesetzt, welcher bewirkt, daß bei Drehung der Flacheisenstäbe um die Achse  $A$  die Teilungslinie  $90 \dots 270^\circ$  genau mit der Halbierungslinie des von  $F_1$  und  $F_2$  gebildeten Winkels fällt. Der Zweck dieser Führung ist, daß bei Benutzung des Apparates als Spektralapparat das auf dem Objektisch stehende Prisma bei Drehung der Arme  $F_1 F_2$  immer in der symmetrischen Stellung bleibt. Wenn man dagegen den Stahlstift durch den Schlitz  $E$  in eine der Achsen  $B$  oder  $D$  steckt, so bleibt die Lage des Objektisches zu dem einen der Arme  $F_1 F_2$  unverändert. In dieser Anordnung wird der Apparat besonders als Reflex-Goniometer verwandt. Wird der Stahlstift garnicht eingesetzt, so dient der Ansatz  $E$  als Handgriff bei der Drehung des Objektisches für goniometrische Messungen.

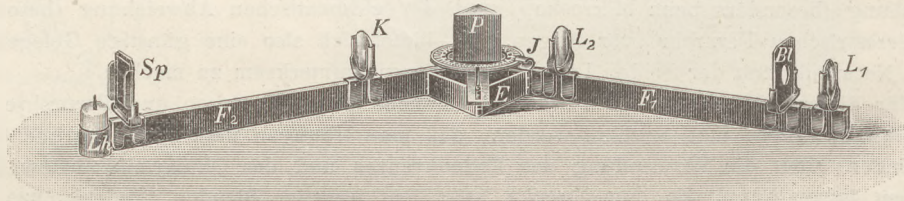


Fig. 11.

Fig. 11 zeigt den vollständigen Apparat in seiner Anwendung als Spektralapparat, besonders zur Bestimmung des Brechungsverhältnisses des auf dem Objektische stehenden Prismas für die verschiedenen Strahlen des Spektrums. Auf dem Arm  $F_1$  sind zwei Linsenhalter  $L_1$  und  $L_2$  mit zwei Konvexlinsen von beispielsweise Okular: 20 Dioptrien, Objektiv: 5 Dioptrien und eine Blende  $Bl$  mit eingesetztem vertikalen Faden aufgesetzt. Die Linsenhalter und die Blende sind so konstruiert, daß die Linsenachsen und der vertikale Faden genau über der inneren Kante von  $F_1$  liegen. Ferner sitzt auf dem Arm  $F_1$  noch der zurückklappbare Index  $J$ , an welchem die Drehung des Objektisches abgelesen wird. Auf den Arm  $F_2$  ist die Kollimatorlinse  $K$  von 4 Dioptrien und der verstellbare Spalt  $Sp$  mit daran befestigtem Lichthalter  $Lh$  für ein gewöhnliches Stearinlicht aufgesetzt. Auf dem Objektisch steht ein Prisma mit dem brechenden Winkel von  $60^\circ$ .

Die Benutzung als Spektralapparat geschieht in bekannter Weise, indem man zuerst die Blende  $Bl$  mit dem Faden solange verschiebt, bis das Bild des Fadens scharf wird. Dann verschiebt man das Objektiv  $L_2$  solange, bis man durch  $L_1$  und  $L_2$  blickend einen fernen Gegenstand scharf sieht. Nun bringt man die Arme  $F_1$  und  $F_2$  in gerade Linie, zündet das Stearinlicht in  $Lh$  an, öffnet den Spalt bis ungefähr 0,5 mm Weite und verschiebt  $K$  solange, bis man durch das Fernrohr  $L_1 L_2$  sehend ein scharfes Bild des Spaltes bekommt. Nachdem man den Objektisch und den Stahlstift an seine Stelle gebracht hat (das kann auch schon vorher geschehen), setzt man den ganzen Apparat flach auf den Tisch, sodaß der Lichthalter  $Lh$  noch über die Tischkante ragt, damit man das im Lichthalter steckende Stearinlicht bequem in die richtige Höhenlage bringen kann. Dann stellt man das Prisma  $P$



in ungefähr symmetrischer Stellung auf den Objektstisch, was man leicht dadurch bewerkstelligen kann, daß die brechende Kante des Prismas auf der einen eingeritzten Nute steht und die beiden anderen Kanten des Prismas ungefähr auf entsprechende Stellen des Teilkreises zeigen. Blickt man darauf durch das Fernrohr  $L_1 L_2$  und dreht dasselbe gleichzeitig nach links, so kommt das Spektrum, oder bei starker Dispersion des Prismas ein Teil desselben in das Gesichtsfeld. Jetzt regelt man die Stellung des Prismas auf das Minimum der Ablenkung und stellt genau den vertikalen Faden durch Drehung des Armes  $F_1$  auf den zu beobachtenden Teil des Spektrums ein. Am Index  $I$  wird der halbe Ablenkungswinkel  $\frac{1}{2} \delta$  abgelesen. Diesen halben Ablenkungswinkel benutzt man dann zur Berechnung des Brechungsverhältnisses nach der Formel  $n = \frac{\sin(\frac{1}{2} \varphi + \frac{1}{2} \delta)}{\sin \frac{1}{2} \varphi}$ , wo  $\varphi$  der brechende Winkel des Prismas ist. Der Arm  $E$  mit dem Schlitz und der in die hohle Achse des Gelenks (C, Fig. 9) gesetzte Stahlstift sorgen dafür, daß die minimale Ablenkung für jeden beobachteten Teil des Spektrums automatisch eingestellt wird.

Der Spektralapparat zeichnet sich dadurch von den gebräuchlichen Formen aus, daß er alle Teile offen und auswechselbar enthält, wodurch der Apparat für Schulzwecke außerordentlich übersichtlich ist. Trotzdem ist für die subjektive Beobachtung kein verdunkeltes Zimmer nötig. Bei störenden Reflexen, die bei recht ungünstiger Aufstellung auftreten können, genügt die Aufstellung eines oder zweier der oben angegebenen kleinen schwarzen Schirme, um die Reflexe völlig zu beseitigen. Der Apparat enthält alle Teile in denkbar einfachster Anordnung unter Hinweglassung aller nebensächlichen Teile, sogar ein Stativ fehlt und ist auch bei der Anordnung unnötig. Die Kreisteilung auf dem Objektstisch ist in ganze Grade geschehen (in der einfachsten Form des Apparates ist es ein Papierteilkreis, bei vollkommeneren Apparaten wird die Teilung in den Tisch eingraviert), man kann also noch halbe Grade abschätzen. Das bedeutet aber für den in Frage kommenden Bereich der trigonometrischen Funktionen eine Genauigkeit des Brechungsverhältnisses von 2 Stellen hinter dem Komma.

Die Verwendung desselben Apparates als Reflexgoniometer braucht wohl im einzelnen nicht beschrieben zu werden, weil die Einstellung der Linsen genau so geschieht, wie eben beschrieben. Die Messung des Reflexionswinkels geschieht dann nach einer der bekannten Methoden.

Erwähnt mag aber noch werden, daß man den Apparat im halbverdunkelten Zimmer auch zu objektiven Messungen verwenden kann, indem man die Blende  $B$  ersetzt durch einen weißen Schirm, der in der Mitte einen vertikalen schwarzen Strich trägt. Auf diesem Schirm erscheint das Bild des Spaltes, sowie auch des Spektrums mit durchaus hinreichender Schärfe und Helligkeit trotz der einfachen Lichtquelle einer Stearinkerze.

Zur Untersuchung der Emissionsspektren wird durch den unten offenen Lichthalter  $Lh$  eine Bunsenflamme mit dem entsprechend befeuchteten Platindraht oder Asbestfaden gebracht. Die Absorptionsspektren werden durch Zwischenschalten des zu untersuchenden absorbierenden Mediums an irgend einer Stelle des Strahlenganges hervorgebracht, am bequemsten, indem man das Medium, z. B. die farbige Glasplatte oder Gelatinefolie in einen Linsenhalter gesteckt, auf den Arm  $F_1$  oder  $F_2$  setzt.

Alle im vorstehenden Aufsätze angegebenen Apparate und Utensilien fertigt nach meinen Angaben die Firma A. Krüß, Hamburg, Adolphsbrücke, an.

## Resonanz- und Interferenzerscheinungen mit schwingenden Platten und Membranen.

Von

S. Mikola in Budapest.

Mittels schwingender Platten lassen sich schöne Resonanz- und Interferenzerscheinungen vorführen, welche im folgenden beschrieben werden.

1. Streicht man eine gleichförmige Platte mit dem Violinbogen, so sammelt sich der daraufgestreute Sand in den bekannten Klangfiguren von Chladni. Eine solche Figur

charakterisiert den Ton, der beim Streichen hörbar ist. Die Punkte innerhalb eines von den Knotenlinien begrenzten Feldes schwingen immer in derselben Phase. Wenn man über ein solches Feld eine Röhre hält, deren Schwingung mit der Platte übereinstimmt, dann beginnt auch die in der Röhre enthaltene Luft stark mit zu schwingen (Figur 1). Man muß also die Röhre auf den Ton der Platte stimmen, was am einfachsten so geschieht, daß man zwei gut ineinander passende Röhren ineinander schiebt, und durch Auseinanderziehen und

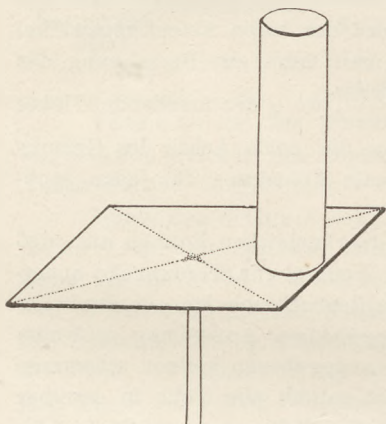


Fig. 1.

Zusammenschieben derselben die Luftsäule verlängert oder verkürzt. Das Experiment gelingt sowohl mit Röhren, welche an beiden Enden offen, wie mit solchen, welche an einem Ende geschlossen sind.

Diesem Zwecke entsprechen am besten quadratische Messingplatten, welche in physikalischen Kabinetten zur Erzeugung der Chladnischen Figuren vorhanden sind. Kreisförmige Platten können auch benutzt werden, man erreicht aber weniger Obertöne, weil die Knotenlinien (konzentrische Kreise und Durchmesser) zu dicht nebeneinander liegen.

Die Röhren kann man sich von Pappe selbst verfertigen. Die dickwandigen Glasröhren sind viel teurer und geben eine schlechtere Resonanz. Der Durchmesser wird beinahe so groß genommen, wie das durch die Knotenlinien begrenzte Feld groß ist.

Es ist bekannt, daß es bisher noch nicht gelungen ist, die Schwingungszahlen der Töne einer quadratischen Platte aus den Prinzipien der Wellenbewegung zu berechnen. Die Resonanzröhren geben das Mittel zur Hand, die Schwingungszahlen dieser Platten experimentell zu bestimmen. Wenn die Resonanz eine vollkommene ist und die Luftsäule in ihrem Grundton schwingt, so kann man aus der Länge ( $l$ ) und aus dem Durchmesser ( $d$ ) der Röhre, die Schwingungszahl der Luftsäule und so auch der Platte berechnen. Ist die Röhre an beiden Enden offen, so ist die Schwingungszahl des Grundtones in erster Annäherung gegeben durch  $n = v/2l$ , wo  $v$  die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in der Luft bedeutet. Diese Formel muß aber, wie bekannt, korrigiert werden. Statt  $l$  kommt in den Nenner:  $l + a d$ , wo  $a$  eine Konstante bedeutet. Annäherungsweise ist  $a = 0,6$ , also  $n = v/2(l + 0,6 \cdot d)$ .

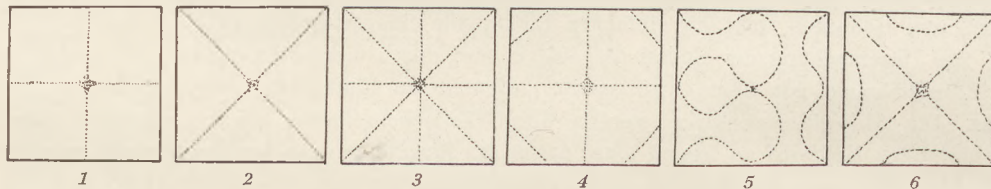


Fig. 2.

Mit dieser Formel wurden die Schwingungszahlen der sechs ersten Töne, welche den in Fig. 2 abgebildeten Klangfiguren entsprechen, berechnet. In allen Fällen waren die Platten am Kreuzungspunkte der Diagonalen unterstützt. Es werden im folgenden die Resultate mitgeteilt, welche sich auf die Platte „A“ und „B“ beziehen. Die Seitenlänge der Platte „A“ war 16,4 cm, der Platte „B“ 32,0 cm; die Dicken waren beziehungsweise 0,15 cm und 0,40 cm.

Klangfigur	1	2	3	4	5	6
Schwingungszahlen der Platte „A“ . .	140	198	632	730	1260	1800
Intervalle bezogen auf den Grundton . .	1	1,42	4,52	5,24	9	13
Schwingungszahlen der Platte „B“ . .	101	136	466	520	880	1180
Intervalle bezogen auf den Grundton . .	1	1,35	4,61	5,15	8,71	11,7

Da zwischen den Schwingungszahlen verschiedener, aber aus demselben Material bestehender Platten folgende Beziehung gültig ist:

$$n : n_1 = k \cdot a^2 : k_1 a^2,$$

wo  $k$ ,  $k_1$  die Dicken,  $a$ ,  $a_1$  die Seitenlängen bedeuten, so kann man sich durch Benutzung obiger Zahlen für jede beliebige quadratische Messingplatte die betreffenden Töne und so auch die Längen der Resonanzröhren annäherungsweise berechnen.

2. Die auf den entgegengesetzten Seiten der Knotenlinie befindlichen Punkte schwingen in entgegengesetzten Phasen (Fig. 3). Will man also die Interferenz des Schalles zeigen, so braucht man nur eine Resonanzröhre über der Platte hin und her zu bewegen. Kommt die Röhre in die Stellung  $A$ , so wird der Ton verstärkt, kommt sie in die von  $B$ , so verschwindet er gänzlich, weil die gleich starken Schwingungen, welche von beiden Seiten der Knotenlinie mit entgegengesetzten Phasen in das Rohr dringen, sich vollständig aufheben. Die Erscheinung ist um so auffälliger, da man den eigenen Ton der Platte in der Entfernung von einigen Metern gar nicht mehr hört.

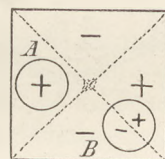


Fig. 3.

Das Verschwinden und Stärkerwerden des Tones kann man auch durch zwei zusammengefügte Röhren sehr gut demonstrieren (Fig. 4) und zwar indem man sie abwechselnd: erstens über zwei Felder mit gleichen Phasen, dann über zwei Felder mit entgegengesetzten Phasen hält. Durch dieses Experiment wird also direkt bewiesen, daß Schall und Schall sich aufheben können.

Ebenso kann man auch mit unten verzweigten Resonanzröhren, wie eine auf Fig. 5 abgebildet ist<sup>1)</sup>, die Interferenzerscheinungen hervorbringen.

Sind die Resonanzröhren gut gestimmt, so hört man alle diese Erscheinungen in allen Teilen eines großen Saales vortrefflich.

3. Man kann auch zeigen, woher die Energie stammt, welche bei den Resonanzerscheinungen auftritt. Man erregt dazu den Grundton der Platte und läßt zuerst die Schwingungen ohne Resonanz abklingen. Nach einer durch Probieren bestimmten Pause wird die Resonanzröhre über die Platte gehalten: man wird noch immer einen deutlichen Ton hören. Wird aber zum zweiten Mal gleich nach der Erregung die Resonanzröhre über die Platte gehalten, so wird der Ton zwar stärker aber dauert eine geringere Zeit lang, wie früher. Noch besser kann man folgenderweise verfahren. Man nimmt ein Stück Kork, steckt in denselben drei Nadeln oder Zündhölzer und bildet so eine Art Dreifuß. Wird dieser Dreifuß auf die Platte gesetzt, so tanzt er so lange, wie die Platte schwingt. Man kann also die Dauer der Schwingungen bestimmen. Es wird sich herausstellen, daß die Platte ohne Resonanz zwei- bis dreimal so lang schwingt, als mit Resonanz. Man wird sogar den Unterschied zwischen breiten und engen Röhren sehen können. Je dicker die Platte ist, desto länger dauern die Schwingungen und desto besser kann man den Unterschied in der Dauer der Schwingungen wahrnehmen.

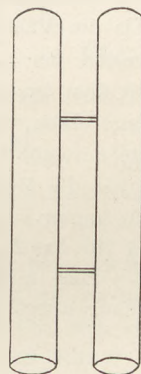


Fig. 4.

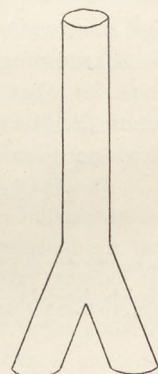


Fig. 5.

Durch die Resonanzröhre wird also die Schallintensität darum verstärkt, weil sie die Schallenergie absorbiert und dadurch einen schnelleren Ablauf des Zerstreungsprozesses bewirkt.

4. Zur Erläuterung der erzwungenen periodischen Bewegungen hat v. Helmholtz an Faden hängende Kugeln benutzt. Rayleigh nimmt zwei Kugeln und hängt die erste an einen fixen Punkt, die zweite aber an die erste. Wird nun die erste Kugel in Schwingung gesetzt, so gerät auch die untere in Schwingung. Sind beide Fadenlängen und so auch beide Schwingungszeiten einander beinahe gleich, so ist die Mitschwingung am stärksten. Hierbei ist dann die Phasendifferenz sehr nahe  $\frac{1}{4}$  der Periode; um diesen Betrag

<sup>1)</sup> *Ann. der Redaktion.* Man vgl. den bei Müller-Pfaundler I. 794 abgebildeten Apparat.

ist die Bewegung des oberen Pendels der des unteren voraus. Sind die Massen beider Kugeln nicht sehr voneinander verschieden, so kann man ganz deutlich wahrnehmen, daß auch die obere Kugel unter dem Einflusse der unteren steht und sonach eine erzwungene Bewegung ausführen muß. Da die Phasendifferenz  $\frac{1}{4}$  der Periode ist, so zeigt sich ein sehr interessanter periodischer Wechsel in der Größe der Amplituden. Schwingt die untere Kugel mit der größten Amplitude, so bleibt die obere fast in Ruhe und umgekehrt.

Dieses sehr lehrreiche Experiment kann man auch mit akustischen Mitteln durchführen und zeigen, daß die oben beschriebenen Erscheinungen bei Schallschwingungen auch vorkommen. Dadurch werden auch manche im gewöhnlichen Leben — beispielsweise im

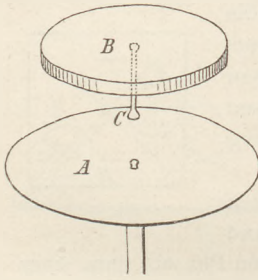


Fig. 6.

Glockenspiel — beobachtete Erscheinungen erklärt. Zu diesem Zwecke benutze ich den in nebenstehender Fig. 6 abgebildeten Apparat. *A* ist eine kreisrunde Messingplatte, (Durchmesser 28 cm, Dicke 1,8 mm), an deren Rande ein Holzstift *C* aufgekittet ist. An diesem Stift sitzt mit ihrem Mittelpunkte die kreisförmige Membrane *B*. Der Rahmen dieser Membrane ist ein Ring von gebogenem Holz, wie es zu Sieben benutzt wird. Der Sieberring ermöglicht eben eine sehr leichte Membrane zu verfertigen. Es hat sich herausgestellt, daß man auf solche Sieberringe vortreffliche Membranen anspannen kann, welche nie runzelig werden. Das Papier wurde, wie es auch sonst üblich ist, unter Benetzung in dem Rahmen ausgespannt.

Streicht man die Platte *A* an einem geeigneten Punkte mit dem Violinbogen, so hört man schon eine auffallende periodische Schwächung und Verstärkung des Tones. Stellt man das Streichen ein, so hört man einen Moment gar keinen Ton, im nächsten Moment gibt aber die Membrane einen eigentümlichen, starken, donnernden Ton, nach welchem es wieder stille wird, und so fort. Der Apparat liefert also nach dem Streichen stoßartige Töne, welche sich von selbst fortsetzen.

Zur Erklärung der Erscheinung kann man noch bemerken, daß die Schwingungsenergie fortwährend ihren Platz wechselt: von der Platte strömt sie in die Membrane, von dieser wieder zurück nach der Platte und so fort, bis die innere Reibung und die Luft dieselbe ganz zerstreuen. Da die Masse der Platte viel größer ist, als die der Membrane, so müssen die Schwingungsweiten der ersteren viel kleiner sein als die der zweiten. Die Stärke des Tones ist aber mit dem Quadrat der Schwingungsweite proportional, wodurch erklärt ist, warum die Membrane einen viel stärkeren Ton gibt als die Platte, obwohl der Betrag der Schwingungsenergie derselbe bleibt.

Die Platte sowie die Membrane können in unendlich vielen Perioden schwingen. Unter diesen werden auch immer solche sein, welche einander beinahe gleich sind. Damit wird aber die Bedingung für das Zustandekommen der Erscheinung bei jeder Platte und Membrane fast immer erfüllt. Man muß eben nur den geeigneten Punkt an der Platte und die geeignete Streichmethode durch Probieren auffinden.

## Kleine Mitteilungen.

### Eine billige Spiegelablesung.

Von **Gg. Heinrich** in Neustadt a. d. H.

In dieser Zeitschrift (*XV*, S. 159, 1902) weist Hr. Holtz darauf hin, daß man aus gewöhnlichem Spiegelglas durch Aussuchen recht gute Galvanometerspiegel erhalten könne. Ich hatte in der letzten Zeit solche Spiegel nötig und bekam nach der Holtzschen Methode aus einem fast völlig wertlosen Stück Spiegelglas von ungefähr 2 qdm zwei recht brauchbare Spiegel (2,5×3 cm).

Ich möchte mir nun erlauben, zu den billigen und guten Spiegeln eine ebenfalls recht billige Ablesevorrichtung, die ich mir schon vor einiger Zeit gefertigt, zu beschreiben.

Auf dem Grundbrettchen *A* (s. Fig. 1.) erhebt sich das rechteckige Holzklötzchen *B* und der runde Stab *C*. In den Klotz *B* ist oben die zu einem Reisefernrohr gehörige Baumschraube *D* eingeschraubt. In diese Baumschraube wird das Fernrohr eingelegt, das so horizontal um die Achse *yy* und vertikal um *xx* drehbar ist. Als Ablesefernrohr leistete das erwähnte (terrestrische) Fernrohr mit 30facher Vergrößerung Dienste. Ein Fadenkreuz aus feinstem Coconfaden mußte allerdings erst an der vor der 1. Okularlinse liegenden Blende angebracht werden, was leicht zu machen ist. Die Skala *E* besteht aus einer trockenen Holzlatte, die rundum mit gutem Zeichenpapier überzogen ist und auf der die Teilstriche (Abstand = 2 mm) mit Tusche aufgetragen sind. Die Befestigung der Skala, die in einer Horizontalebene und auch vertikal beweglich sein soll, ist in folgender Weise vorgenommen.

An den beiden Schmalseiten der Latte sind 2 rechtwinklig gebogene starke *Cu*-Drähte *d* angeschraubt, deren Enden bei *s* zu Ösen gebogen sind. Die horizontalen Schenkel dieses Winkel greifen in Löcher des Stabes *F*, in denen sie Spielraum haben, so daß die Skala stets vertikal hängt, wenn die Schrauben *s* richtig angezogen sind.

Der Stab *F* war gefertigt aus dem Stocke eines — alten Regenschirms und er hat sich gut bewährt. Dieser Stab *F* selbst ist verschiebbar in der einen Öffnung einer Doppelklemme (s. Fig. 2), Bestandteil eines Edelmannschen physikalischen Arbeitsstatives. Durch die andere Öffnung der Doppelklemme geht der Stab *C*.

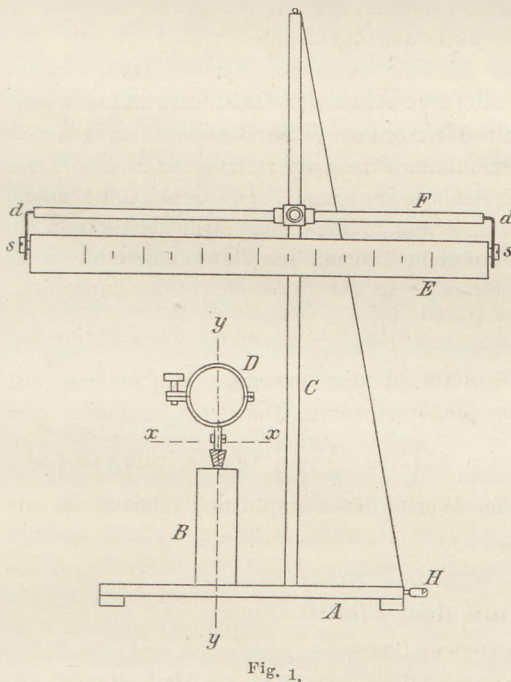


Fig. 1.

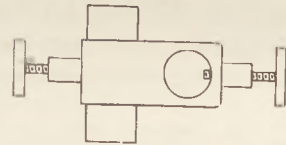


Fig. 2.

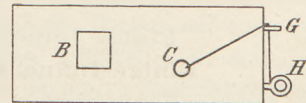


Fig. 3.

Es kann leicht vorkommen, daß der Stab *C* sich etwas biegt, wenn die Skalenmitte über dem Fernrohr oder noch darüber hinaus liegt. Dies war auch bei mir der Fall, da der Stab *C* aus Holz war, um Eisen zu vermeiden. Dem Übelstand läßt sich aber leicht abhelfen. Man spannt vom oberen Ende des Stabes *C* eine Schnur um den Stift *G* (s. Fig. 3) nach der Öse der Schraube *H*. Durch Drehen dieser Schraube läßt sich dann der Stab *C* leicht und genau vertikal, die Skala somit horizontal stellen. Das Ganze wird auf ein (Gaussches) Stativ aufgesetzt und ist so fertig<sup>1)</sup>.

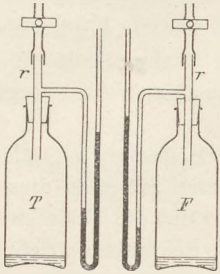
### Demonstration der Änderungen des Dampfdruckes mit der Temperatur.

Von **H. Rebenstorff** in Dresden.

Einen recht anschaulichen Versuch über den Dampfdruck macht man mit Hilfe der beiden Halbliterflaschen *T* und *F* (s. Figur), von denen die eine mit einigen ccm Wasser, die andere mit etwas Schwefelsäure versehen ist. Nach voraufgehender Bestimmung des

<sup>1)</sup> Dem kunstfertigen Hausmeister der hiesigen Realschule, Hrn. P. Köhler bin ich für seine Hilfe bei Herstellung des obigen, wie auch anderer Apparate zu Danke verpflichtet.

Inhalts gibt man diese Flüssigkeiten in solcher Menge in die Flaschen, daß die Luftvolumina übereinstimmen. In den fest eingedrehten Gummistopfen sitzen die Röhre  $r$ , welche oben durch Hähne oder Schlauchstücke mit Schraubenquetschhähnen verschließbar sind und die t-förmig angesetzt, etwa 3 mm weiten Manometerröhren tragen. Hinter diesen befinden sich Millimeterskalen. Die Röhren werden vor dem Aufsetzen der Stopfen durch Ansaugen mit Vaselineöl gefüllt, das mit Alkanna rot gefärbt ist. Diese Manometerflüssigkeit verschiebt sich zwar etwas langsam, stellt sich aber auch in engen Röhren (von 2 mm Weite ab) äußerst scharf dem Druck entsprechend ein (F. Braun, Wied. Ann. 34, S. 951; 1888).



Nach etwa halbstündigem Stehen an einer 1–3 Grad wärmeren oder kälteren Stelle (auf dem Korridor, unweit des Fensters oder auf einem Schranke, wenn geheizt ist) werden die Röhren  $r$  geschlossen und die am Halse erfaßten Gefäße auf den Tisch gestellt. Die sofort beginnende starke Bewegung der Manometerflüssigkeit ist an der feucht gehaltenen Flasche fast um die Hälfte größer als an der trocknen Flasche.

Genauere Ablesungen der Manometer für Berechnungen der Dampfdruckänderungen können nach etwa viertelstündigem Stehen mit der nötigen Vorsicht ausgeführt werden. Hierbei ist insbesondere für das Fortfallen von Strahlung seitens der Heizvorrichtung und des Körpers, sowie gegenüber kalten Fenstern durch Schirme zu sorgen. Die innen mit Wassertropfchen bedeckte feuchte Flasche erhält sonst eine etwas andere Temperatur als die trockne. Aus der gleichzeitig abgelesenen Temperatur  $t$  auf dem Tische, dem Barometerstande  $b$  cm und der (korrigierten) Höhe  $h$  cm des Manometerstandes an der trocknen Flasche findet man die Anfangstemperatur  $t' = \left( \frac{s}{d} b t - 273 h \right) : \left( \frac{s}{d} b + h \right)^1$ , wenn  $s$  und  $d$  die Dichten von Quecksilber und Vaselineöl (0,86) sind. Die korrigierte Manometerangabe  $h$  findet man aus der abgelesenen  $h'$ , dem Querschnitt  $q$  qcm der Manometerröhre und dem Volumen  $v$  ccm der Luft in den Flaschen sehr annähernd nach  $h = h' \left( 1 + \frac{q b s}{2 d v} \right)^2$ . Mit Hilfe von  $t$  und  $t'$  ergeben sich aus den Tabellen der Handbücher Werte der Dampfdruckänderungen, die mit den beobachteten recht gut übereinstimmen.

### Einige Influenzversuche mit dem Elektroskope.

Von A. Stroman in Friedberg (Hessen).

Zu diesen Versuchen, die, wie ich glaube, zum Teil sehr geeignet sind, die Schüler zum Denken anzuregen, benutzte ich ein Aluminiumblatt-Elektroskop mit Metallmantel, Glas-

<sup>1)</sup> Die Druckänderung im Betrage von  $h$  cm Vaselineöl bei einer Temperaturänderung von  $t'$  auf  $t$  ist, wenn das Volumen der Luft konstant bleibt

$$h = b \frac{s}{d} \frac{273 + t}{273 + t'} - b \frac{s}{d} = b \frac{s}{d} \frac{t - t'}{273 + t'}$$

Hieraus folgt

$$t' = \frac{b \frac{s}{d} t - 273 h}{b \frac{s}{d} + h}$$

<sup>2)</sup> Aus  $v \left( b \frac{s}{d} + h \right) = \left( v + \frac{q h'}{2} \right) \left( b \frac{s}{d} + h' \right)$  folgt:

$$h = h' + \frac{q b s}{2 d v} h' + \frac{q h'^2}{2 v}$$

Für Werte von  $h'$  kleiner als 25 cm ist das dritte Glied verschwindend, z. B. für  $q = 0,1$  qcm,  $h' = 25$  cm,  $v = 500$  ccm ist es  $\frac{0,1 \cdot 625}{2 \cdot 500} = 0,0625$  cm.

scheiben und Metallfuß. Die Versuche wurden bei trockener Luft in der Sonne oder auf der Wärmevorrichtung des Experimentiertisches vorgenommen.

1. a) Man lädt das Elektroskop mit dem geriebenen Hartgummistabe: Ausschlag. — b) Man stellt einen Bunsenschen Brenner, den man am Schlauche gefaßt hält, auf den Teller des Elektroskops: Der Ausschlag geht plötzlich auf ein geringeres Maß zurück (Hinweis auf die Vergrößerung der Kapazität). — c) Man öffnet den Hahn: Keine Änderung. — d) Man zündet an: Die Blättchen fallen augenblicklich zusammen. — e) Jetzt hält man dicht über die Spitze der Flamme den geriebenen Hartgummistab, nimmt aber Brenner und Stab sofort wieder weg. Die positive Elektrizität ist durch die Flamme ausgeströmt. Das Elektroskop ist negativ geladen. (Wenn man den Versuch wiederholt und den Brenner durch einen Schüler wegnehmen läßt, wird er ihn wahrscheinlich am Metall anfassen. Er oder andere mögen dann das Mißlingen erklären.) — f) Verfährt man wie zuvor, nimmt aber Brenner und Stab erst weg, wenn die Blättchen zusammenzufallen beginnen, und prüft nach ableitender Berührung des Tellers den Stab sofort, so zeigt er sich unelektrisch. Die ableitende Wirkung der Flamme ist, nebenbei bemerkt, so stark, daß eine kleine Paraffinplatte, die sich nach dem Peitschen mit einem Haarpinsel noch nach 24 Stunden elektrisch gezeigt hatte, durch einmaliges Vorüberführen an der Flamme entladen werden konnte, nachdem sie zuvor non neuem gepeitscht worden war.

2. a) Nähert man dem Elektroskope den geriebenen Hartgummistab bis zu schwachem (negativem) Ausschlage der Blättchen, so fallen sie beim Wegnehmen des Stabes wieder zusammen. — b) Nähert man bis zu starkem Ausschlage, ohne daß ein Funke überspringt (eventuell isolierende Platte zwischen Stab und Teller), und nimmt den Stab rasch weg, so fallen die Blättchen nur wenig zurück und sind positiv geladen. Nimmt man den Stab langsam weg, so fallen sie erst zusammen und geben dann einen Ausschlag durch überschüssige positive Elektrizität. Negative Elektrizität ist aus dem Blättchen auf den Mantel geströmt (Spitzenwirkung). Bei rascher Wegnahme des Stabes folgt eben der Ausschlag durch positive Elektrizität so schnell, daß es gar nicht zum Zusammenfallen kommt. — c) Wenn man wie im folgenden Versuche das Elektroskop auf eine isolierende Unterlage stellt, kann man nach wiederholter Annäherung des stets von neuem geriebenen Stabes durch ein angehängtes Papierpendel (nach Kolbe) eine negative Ladung des Mantels nachweisen.

3. a) Stellt man das Elektroskop auf eine Hartgummiplatte und streicht mit dem geriebenen Hartgummistabe mehrfach an dem Metallmantel hin, so werden die Blättchen positiv elektrisch, die Teller negativ elektrisch (Berührung des Tellers mit einer isolierten Metallplatte und nachträgliche Prüfung). — b) Nähert man dem Teller die Hand, so wird der Ausschlag der Blättchen größer, und bei Ableitung der negativen Elektrizität des Tellers durch Berührung stellen sich die positiv geladenen Blättchen wagrecht. — c) Sobald der Ausschlag nachgelassen hat, kann man ihn durch Berührung des Tellers mehrfach wiederherstellen (erneute Influenzwirkung). — d) Natürlich kann man den Ausschlag längere Zeit konstant erhalten durch dauernde ableitende Berührung, aber auch dadurch, daß man wieder den angezündeten Bunsenbrenner auf den Teller stellt. — e) Berührt man, nachdem der Mantel geladen worden ist, Teller und Mantel abwechselnd, so kann man nur allmählich entladen. Gegenprobe durch gleichzeitige Berührung.

4. Man stellt das Elektroskop wieder auf eine Hartgummiplatte, verbindet aber den Teller mit dem Metallmantel. Um eine sichere Verbindung beider zu erreichen, die doch auch wieder leicht aufgehoben werden konnte, umwickelte ich einen Messingstab am einen Ende mit einem biegsamen Kupferdrahte und klemmte das andere Ende des Drahtes an dem Teller fest. Der Stab legt sich fest auf den Mantel. Am Mantel befestigte ich ein leichtbewegliches Papierpendel, ein zweites auf dem Teller.

a) Man lädt die zusammenhängende Metallmasse durch abwechselndes Bestreichen von Teller und Mantel (für die Schüler!) mit dem Hartgummistabe negativ. Beide Papierpendel erweisen sich als negativ, aber die Blättchen zeigen keinen Ausschlag. Der Versuch kann, wenn ein entsprechender Apparat fehlt, benutzt werden, um die Ansammlung der Elektrizität

auf der Oberfläche zu zeigen, und wurde von mir ursprünglich auch zu diesem Zwecke angestellt.

b) Hebt man den Messingstab mittels eines Isolators vom Mantel ab und entlädt sofort den Mantel, so zeigt die innere Metallmasse ihre negative Ladung durch starken Ausschlag der Blättchen an.

c) Hebt man den Messingstab ab, ohne den Mantel zu entladen, so entsteht bei starker Ladung ein stets größer werdender Ausschlag durch positive Elektrizität infolge der einflussierenden Wirkung des Mantels unter Ausströmung von negativer Elektrizität aus Teller, Messingstab u. s. w. Man kann nämlich den Ausschlag auch dadurch rasch steigern, daß man den Teller mehrfach mit einer stets wieder entladenen isolierten Metallplatte berührt.

d) Wartet man nach der Unterbrechung der Verbindung zwischen Mantel und Teller, bis der positive Ausschlag der Blättchen sich von selbst gebildet hat (4. c), und berührt dann den Mantel ableitend, so fallen die Blättchen teilweise oder ganz zusammen, d. h. sie zeigen je nach der Stärke der Ladung und der Größe der Zeiträume zwischen der Unterbrechung der Verbindung und der Entladung des Mantels einen Überschuß von negativer, gar keine oder bereits einen Überschuß von positiver Elektrizität an.

e) Berührt man nach Unterbrechung von innerer und äußerer Metallmasse sofort den Teller, so leitet man die durch Ladung vorhandene wie die durch Influenz entstehende negative Elektrizität ab und erhält einen sehr starken positiven Ausschlag.

### Ein Apparat zur Demonstration der Hintereinander- und Parallelschaltung von Glühlampen. (D. R. G. M.)

Von **H. Heitmann** in Hamburg.

Verfasser hat in Gemeinschaft mit dem Elektrotechniker Gustav Bernstiel, Hamburg, einen Demonstrationsapparat hergestellt, der Hintereinander- und Parallelschaltung mehrerer Glühlampen auf einem Brette bequem herzustellen gestattet. In beiden Schaltungen ist der Stromlauf deutlich erkennbar. Bei der Demonstration des Ohmschen Gesetzes kann der Apparat wichtige Dienste leisten.

An der kürzeren Seite eines 20 cm langen und 10 cm breiten Brettes sind zwei Klemmschrauben befestigt. Sie führen den Strom zu zwei etwa 1 cm breiten Messingschienen, welche mit der Längskante des Brettes parallel laufen. In der Mitte zwischen den Schienen sind 4 (oder auch mehr) nach oben gewölbte Messingplatten so angebracht, daß sie untereinander denselben Abstand haben wie die Messingschienen selbst. Die beiden äußeren

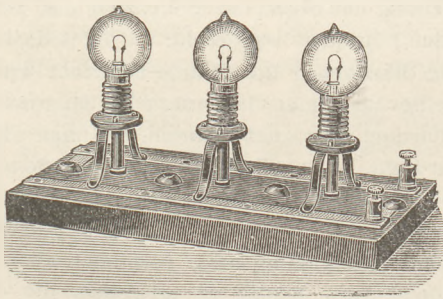


Fig. 1.

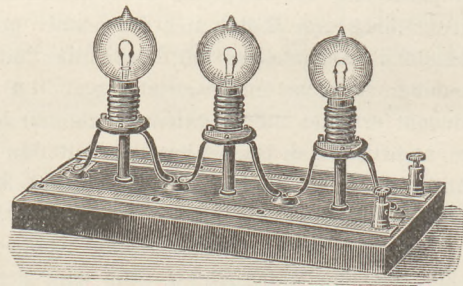


Fig. 2.

Messingplatten sind je mit einer der Schienen leitend verbunden. In der Mitte zwischen den Platten und zugleich auch in der Mitte zwischen den Schienen sind 3 (oder mehr) Lampenfassungen auf kleinen Messingsäulen drehbar montiert. Jede Fassung ist mit zwei Schleiffedern versehen, die den Lampen den Strom zuzuführen haben.

Durch zweckentsprechende Drehung der Fassungen entsteht, wenn die Schleiffedern die Schienen berühren, Parallelschaltung (Fig. 1). Durch weitere  $\frac{1}{3}$ -Drehung werden die Lampen ausgeschaltet. Aus der Parallelschaltung läßt sich durch  $\frac{1}{4}$ -Drehung der Fassungen



Hintereinanderschaltung herstellen, wobei die Schleiffedern auf den erwähnten Messingplatten zwischen den Schienen ruhen (Fig. 2). An den Apparat kann der Lauf des Stromes auch bei andern Arbeiten, die dieser in Verzweigung oder in gerader Linie zu leisten hat, veranschaulicht werden; es sei hier nur erwähnt, daß der Apparat, wenn er auf der Längskante ruht, ohne weiteres ein Bild des Stromlaufes bei der elektrischen Bahn mit Ober- und Schienenleitung gibt<sup>1)</sup>.

### Versuche über Selbstinduktion.

Von Dr. P. Rittinghaus in Remscheid (Realgymnasium).

Der Begriff der Selbstinduktion ist in Wissenschaft und Praxis wichtig genug, um auch im Schulunterricht eine möglichst anschauliche experimentelle Behandlung zu verdienen. Bisher finden sich meines Wissens nur gelegentliche Einzelversuche veröffentlicht; im folgenden sei eine ganz elementare Versuchsreihe mitgeteilt, die ich seit Jahren anwende, und die zweckmäßig zu sein scheint.

Die Hilfsmittel dazu sind 1. Strom aus einem Starkstromnetze mit einer Spannung von 200—500 Volt, 2. ein großer Elektromagnet *M*, z. B. die Nebenschlußwicklung eines Elektromotors (die [von mir benutzten hatten 2—5 PS), 3. ein Satz oder eine Batterie von Glühlampen *Gl* als induktionsloser Widerstand von annähernd gleichem Ohmschen Widerstande wie jene Elektromagnetwicklung, 4. ein möglichst aperiodischer Stromzeiger *A* für Gleichstrom, 5. einige Glühlampen *L* mit möglichst dünnen Fäden, also für hohe Spannung (250 V), 6. ein Wechselstromgenerator nebst Strom- und Spannungszeiger und 7. eine passende Drahtspule *S* mit Eisenkern, sowie ein Sekundenzeiger (etwa ein Metronom).

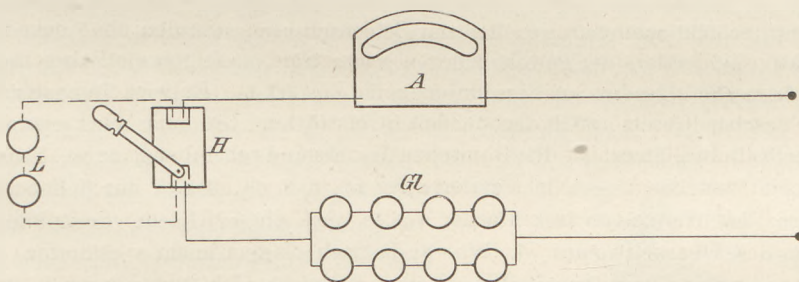


Fig. 1.

Versuche: 1. Eine Lampenbatterie *Gl*, ein Ampèremeter *A* und ein Ausschalter *H* (Fig. 1) werden in Reihe an Klemmen von etwa 500 Volt (Straßenbahnspannung) gelegt und im Nebenschluß zum Ausschalter 2—4 Lampen *L* für je 250 V: beim Einschalten von *H* geht der Stromzeiger sofort (in höchstens 0,5 sec) auf 0,5 A, die vorher mehr oder weniger hell glühenden Lampen *L* werden dunkel.

2. Beim raschen Öffnen von *H* entsteht ein kleiner Öffnungsfunke, die Lampen *L* glühen langsam auf.

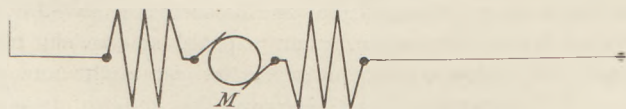


Fig. 2.

3. Statt der Lampenbatterie *Gl* wird die Magnetwicklung *M* eines 500 Volt-Motors (Fig. 2), vielleicht auch die Ankerwicklung in Reihe dazu, eingeschaltet: nach dem Einschalten von *H* dauert es 2—2,5 sec, bis der Strom seine endgültige Stärke von 0,45 A erreicht hat.

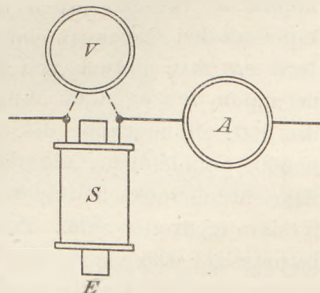


Fig. 3.

<sup>1)</sup> Der Apparat wird in der elektrotechnischen Werkstatt von Gustav Bernstiel, Hamburg 24, Lübeckerstraße 11 hergestellt. Auf Wunsch wird er für jede Lampenzahl und auch zur Veranschaulichung des Dreileitersystems angefertigt.

4. Beim raschen Öffnen des Schalters  $H$  entsteht trotz der geringeren Stromstärke ein starker Öffnungsfunke von 1–2 cm Länge, und die Lampen  $L$  zeigen ein sehr helles Aufleuchten vor dem endgültigen schwächeren Glühen.

Gesetz: Beim Stromschlusse in einer Spule, zumal mit Eisenkern, induziert nach dem Grundgesetze der Induktion jede Windung in den benachbarten Windungen eine EMK, die der ursprünglichen entgegen gerichtet ist und das Anwachsen der Stromstärke merklich verzögert (Selbstinduktion). — Beim Öffnen des Stromes ist die EMK der Selbstinduktion der primären gleichgerichtet, addiert sich zu ihr und erzeugt eine starke Überspannung und große Öffnungsfunken. — Glühlampen und gerade Leiter zeigen so gut wie keine Selbstinduktion. — Vergleich mit den Vorgängen in der Wasserleitung bei raschem Schließen eines Hahnes oder Ventils<sup>1)</sup>.

5. Durch eine Spule  $S$  (Fig. 3) wird Gleichstrom geschickt: ein Voltmeter  $V$  zeigt an den Klemmen einen Potentialunterschied von 2,4 V und ein Ampèremeter  $A$  einen Strom von 2 A; also Ohmscher Widerstand der Spule  $r = \frac{2,4 \text{ V}}{2 \text{ A}} = 1,2 \Omega$ .

6. Durch dieselbe Spule  $S$  wird ein Wechselstrom geschickt: an den Klemmen herrsche eine effektive Spannung von 15 V, das Ampèremeter zeige 9 A;  $r_1 = \frac{15 \text{ V}}{9 \text{ A}} = 1,7 \Omega$ .

7. Wiederholung des vorigen Versuches, während man einen Eisenkern  $E$  immer tiefer in die Spule hineinsenkt ( $r_2 = \frac{17,5 \text{ V}}{5 \text{ A}} = 3,5 \Omega$ ), oder gar einen geschlossenen magnetischen Kreis herstellt ( $r_3 = \frac{30 \text{ V}}{4 \text{ A}} = 7,5 \Omega$ ). — Der Eisenkern erwärmt sich.

Gesetz: Schickt man durch Leiter mit Selbstinduktion (Spulen ohne oder mit Eisenkern: „induktive Widerstände“) gewöhnlichen Wechselstrom, so folgen die Polwechsel so rasch ( $1/30 - 1/100 \text{ sec}$ ), daß infolge der Selbstinduktion keine Zeit ist zur Entwicklung der normalen, nach dem Ohmschen Gesetze zu berechnenden Stromstärke. Die vom Wechselstrom erregte EMK der Selbstinduktion erhöht den Ohmschen Widerstand scheinbar ganz wesentlich, zumal bei Anwesenheit von Eisen. — Nicht unterteiltes Eisen erwärmt sich durch Foucaultströme.

Weitere Versuche zeigen in einfacher Weise, daß die EMK der Selbstinduktion mit der Frequenz des Wechselstromes wächst, was ja nach obigem leicht verständlich ist.

Einige Anwendungen: 1. Wo Freileitungen in Gebäude eintreten und zu den Maschinen gehen, oder wo Zweigleitungen vom Fahrdrabt der Straßenbahn in unterirdische Kabel abgehen, wird eine „Locke“ aus etwa 10 Windungen angebracht, um dem Blitze, der gewöhnlich auch eine oszillierende Entladung ist, durch Selbstinduktion den Weg zu verlegen. — 2. Wechselstrombogenlampen bedürfen, wie Gleichstrombogenlampen, eines geeigneten Vorschaltwiderstandes; dieser kann als kleine „Drosselspule“ in der Lampe selbst angebracht werden. Auch die Reguliermagnete der Wechselstromlampen sind wesentlich kleiner als bei Gleichstromlampen. — 3. Die Beleuchtung des Nordostseekanals macht sehr interessanten Gebrauch von Drosselspulen (vergl. die Beschreibung in der ETZ. 1895, S. 378: Dort hat man wegen der ungewöhnlich langen Leitungen (98 km Kanalstrecke mit 4 Lichtleitungen von je rund 98 km) hochgespannten Wechselstrom zur Beleuchtung gewählt und die 1000 Glühlampen, die den Kanal beleuchten sollen, nicht wie bei städtischen Lichtnetzen parallel geschaltet, sondern je 250 Lampen in Reihe geschaltet und mußte nun eine Einrichtung treffen, daß trotzdem bei Zerstörung einer Glühlampe die übrigen desselben Kreises nicht erlöschen. Zu dem Zwecke liegt jede Glühlampe parallel zu einer entsprechend bemessenen Drahtspule mit Eisenkern, sodaß, wenn auch eine Lampe schadhaft wird, die Leitung doch nicht unterbrochen ist. Für gewöhnlich geht 9% des Stromes durch die verhältnismäßig kleine Spule mit hoher Selbstinduktion und der Rest durch die induktionslose Lampe. Erlischt die Lampe, so geht der ganze Strom durch die Windungen um den Eisenkern und findet hier einen induktiven Widerstand, der dem Widerstande der Lampe ungefähr entspricht. Die Anordnung ist derart, daß von den 250 an jedem Leitungsabschnitt an-

<sup>1)</sup> Vgl. Journal für Gasbeleuchtung, 1895, S. 74.

geschlossenen Glühlampen über ein Drittel zerstört oder außer Betrieb sein kann, ohne daß eine Regulierung des ganzen Systems in der Zentrale erforderlich wird. Die Klemmenspannung an jeder der 25kerzigen Lampen beträgt 25 Volt und die Gesamtspannung an den Enden der Kanallichtleitung 7500 Volt. Diese Spannung wird erreicht durch Hochtransformation des Maschinenstromes von 2000 Volt). — 4. Spannungsausgleich bei Gleichstrom-Dreileiternetzen durch Selbstinduktionsspulen nach Dolivo von Dobrowolsky; vergl. Klein u. Riecke: Über angewandte Mathematik und Physik, Teubner, 1900, Seite 203. — 5. Bei Klingeln oder Weckern für rasch unterbrochenen Gleichstrom bleibt die Betriebsstromstärke weit unter der aus dem Ohmschen Widerstande zu berechnenden. — 6. Wenn man parallel zu der Wickelung eines Gleichstromweckers seinen Körper einschaltet, kann man die Überspannung recht merklich empfinden. — 7. Bei Messung stark induktiver Widerstände (Maschinenwickelungen u. dergl.) mit der Wheatstoneschen Brücke kommen sehr empfindliche Galvanometer, wie das Universalgalvanometer von Siemens & Halske, kaum zur Ruhe<sup>1)</sup>.

An den großen sekundären Spulen von Funkeninduktoren obige Versuche anstellen zu wollen, empfiehlt sich nicht, weil ihr sehr großer Ohmscher Widerstand eine nur winzige Stromstärke zuläßt, ferner weil der Eisenkern und damit die Zahl der vorwiegend maßgebenden Kraftlinien im Verhältnis nur gering ist, und endlich weil die nicht unwesentliche Kapazität dieser Spulen die Erscheinung störend beeinflusst.

### Vereinfachte Handregulier-Bogenlampe.

Von P. Ph. Erhart in Münnersstadt (Unterfranken).

Will man eine gute Projektionslampe, so darf man eine Ausgabe von 80—100 M und darüber nicht scheuen, und da zur Regulierung des Stromes noch ein Widerstand erforderlich ist, welcher ebenfalls 30—80 M kostet, so erscheint es begreiflich, daß viele auf die Bogenlampe verzichten. Dies veranlaßte einen Amateurphotographen Fr. N. KÖHLER in Münnersstadt, sich selbst eine Bogenlampe anzufertigen, die trotz der denkbar größten Einfachheit bei allen, die Gelegenheit hatten, sie zu prüfen, Anerkennung fand. Ich glaube, daß diese „vereinfachte Bogenlampe“ wegen ihrer großen Billigkeit und Brauchbarkeit ganz besonders auch für die Schule von Interesse sein dürfte und gebe deshalb nachstehend eine Beschreibung.

Ein klammerartig geformtes Eisen hält eine Schraube, deren Achse dem Rücken der Klammer parallel läuft. Der Schenkel der Klammer bei *b* (Fig. 1) ist abnehmbar konstruiert, um die Einführung der Schraube zu ermöglichen. Die Schraube selbst ist aber eine doppelseitige, mit 2 entgegengesetzt verlaufenden Gewinden. Jedes dieser beiden Gewinde trägt eine viereckige Mutter, welche als Schlitten an der die Schraube umschließenden Klammer entlang geführt wird. Wird die Schraube durch die an ihr befestigte Drehscheibe *b* im einen oder andern Sinne gedreht, so nähern oder entfernen sich die beiden Schlitten voneinander. An jedem dieser Schlitten nun ist ein Kohlenhalter angebracht, der eine fest,

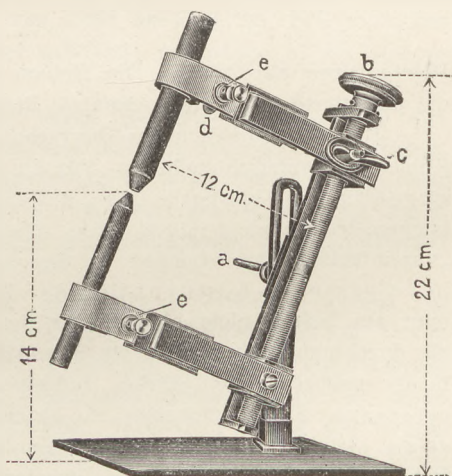


Fig. 1.

der andere aber in seiner Längsrichtung mittels eines Schlitzes (bei *c*) verschiebbar, um die Kohlen in die richtige Stellung zu einander — konzentrisch oder exzentrisch, je nach der Art der Stromquelle — zu setzen. Ist diese Stellung ermittelt, so kann der Halter mittels einer Flügelschraube fixiert werden; jede Kohle wird in dem Ring ihres Halters durch eine Schraube *d*

<sup>1)</sup> Vergl. ferner über Selbstinduktion: diese Zeitschrift IX. 240; XI, 276; XVI. 284. — Über experimentelle Bestimmung von Induktionskoeffizienten handelt ausführlich das Hilfsbuch für die Ausführung elektrischer Messungen von Dr. A. Heydweiller, Leipzig, Barth, 1892, S. 184.

festgehalten. Jeder der Halter trägt bei *e* eine Klemme zur Aufnahme der Zuleitungsdrähte und besteht aus zwei Teilen. Diese sind durch Glimmerplättchen voneinander getrennt und werden durch Schrauben, welche mittels Hartgummi isoliert sind, zusammengehalten. Schaltet man nun die Lampe ein, so kann man die Kohlen durch Drehung der Schraube *b* bis zur Berührung einander nähern und wieder voneinander entfernen, kurz man kann die Lampe entzünden und regulieren.

Die Lampe wird getragen von einem Stativ, welches aus einer 15 cm langen und 12 cm breiten Eisenplatte und einem 17 cm hohen Halter besteht. Dieser Halter erhebt sich in der rechtseitigen Ecke senkrecht aus der Platte und ist oben mit einem 5 cm langen Längsschlitz versehen. Die Lampe wird in der Mitte der Klammer mittels einer Stellschraube *a* am Halter festgehalten. Der Schlitz in dem Halter dient zur Einstellung der Lampe im Projektionsapparat; er ermöglicht die Lampe höher und tiefer zu stellen, oder auch im Kreise um die Achse der Stellschraube zu drehen.

Was die Einstellung der Kohlen beim Gebrauche von Wechselstrom betrifft, so müssen dieselben — beide Kohlen wählt man gleich dick — konzentrisch eingestellt werden; am besten verwendet man die sogenannte Hepworthsche Dochtkohle; für Gleichstrom verwendet man Kohlen, deren Dicke sich verhält wie 1 : 2, und stellt dieselben derart exzentrisch

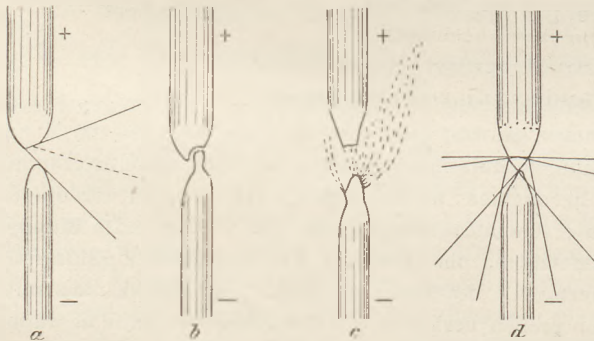


Fig. 2.

ein, daß der sich bildende Krater der positiven Kohle seine Öffnung nach außen kehrt. Zu diesem Zwecke muß die positive Kohle um so viel zurückstehen, daß die nach außen zeigenden Seiten der beiden Kohlendenden eine Tangentialebene haben, eher darf die positive Kohle noch um 1 mm zurückstehen. In Fig. 2 stellt *a* die Kohlen für Gleichstrom in richtiger exzentrischer Stellung, *b* in zu kleinem, *c* in zu großem Abstände dar; in *d* ist die konzentrische Stellung für

Wechselstrom abgebildet. Die Kohlen sind in *a*, *b* und *c* schräg gestellt zu denken, sodaß die punktierte Linie die horizontale Richtung angibt.

Bei der Projektion des Davyschen Flammenbogens dagegen wird man am besten die Kohlen konzentrisch stellen. — Für die Praxis ist es von Bedeutung, daß die beiden Kohlen so gestellt und befestigt werden, daß sie genau parallel sind. Dies gilt für alle Projektionslampen, welche nicht mittels eines scherenartigen Mechanismus reguliert werden; bei der „vereinfachten Bogenlampe“ ist diesem Umstande bereits Rechnung getragen durch eine neue passende Konstruktion der Kohlenhalter. Bei Bestellung der Kohlenstifte gibt man am besten nicht bloß die Art des Stromes (Gleich- oder Wechselstrom), sondern auch die durchschnittlich verwendete Stromstärke an; man erhält dann in der Regel die Kohlen in der entsprechenden Stärke. Indessen ist es anzuraten, sich auch dann noch an den abgebrannten Kohlenstückchen zu überzeugen, ob dieselben noch gleiche Länge haben. Ist dieses nicht der Fall, so wähle man das nächste Mal die kürzere Kohle um 1 mm stärker. Man erspart sich dadurch das wiederholte Einstellen der Lampe während der Projektion. Fangen die Kohlenspitzen bei zu großer Entfernung in kleinen unregelmäßigen Flämmchen zu brennen an, dann muß man dieselben sich wieder nähern, bis sie verschwinden und eine schöne Weißglut erscheint. Was die Justierung der Lampe im Projektionsapparat angeht, so sei bemerkt, daß die Kohlenspitzen sich im Brennpunkt des Kondensors befinden müssen. Praktisch beobachtet man beim Einstellen der Lampe den Projektionsschirm; ist dieser gleichmäßig hell beleuchtet, dann ist die Lampe richtig eingestellt. Zweckmäßig wird es sein, wenn man sich beim Regulieren der Lampe einer blauen oder schwarzen Schutzbrille bedient.

Die Lampe ist unter No. 203800 patentamtlich geschützt und beim Erfinder Fr. N. Köhler in Münnerstadt (Unterfranken) nebst regulierbarem Widerstande für 110 Volt Betriebsspannung um den Preis von 35 M (bei Verpackung und portofreier Zusendung) zu erhalten; bei größerer Betriebsspannung kommt der Widerstand 10 M höher zu stehen; die Lampe allein kostet 18 M. Für die Schule ist die Lampe ganz besonders zu empfehlen, weil infolge der großen Einfachheit an ihr der Gedanke, welcher der Bogenlampe zu Grunde liegt, klar und deutlich hervortritt.

### Versuche mit einfachen Mitteln.

6. P. Schönhals in Naumburg a. S.: **Druckverminderung in einem Wasserstrom.** Der bekannte Versuch, durch welchen die Saugwirkung eines Luftstromes dargetan wird, den man etwa zwischen zwei Kartenblättern sich radial auszubreiten zwingt (vgl. Weinhold, Vorschule, § 30; besonders einfache Anordnung bei Faraday), läßt sich auch mit einer Flüssigkeit anstellen. Ein dünnes Messingblech von etwa 1 qdm, rund oder quadratisch, eben und nur in der Mitte mit einer flachen Vertiefung von 2–3 cm Durchmesser versehen, die man mit einigen Schlägen hineingehämmert hat, wird auf die Oberfläche des Wassers in einem Eimer so gelegt, daß die Vertiefung gerade von einem ziemlich kräftigen Strahl der Wasserleitung getroffen wird, der aber ruhig fließen, nicht spritzen soll (Strahlregler!). Das Blech wird nicht untersinken. Die flache Vertiefung in der Mitte des Bleches dient nur dazu, nicht zu vermeidende horizontale Komponenten, die das Blech bald aus dem Bereich des Strahls seitwärts treiben würden, unwirksam zu machen. — Aus derselben Ursache, wie hier das Blech, schwimmen z. B. photographische Kopien beim Wässern hartnäckig oben, so lange sie vom Wasserstrahl getroffen werden.

7. Gg. Heinrich in Neustadt a. d. H. **Hydrostatischer oder hydrodynamischer Auftrieb?** Im 1. Heft dieses Jahrgangs (S. 32) hat Hr. KUHFAHL einen einfachen Versuch über den hydrostatischen Auftrieb angegeben. Die beschriebene Tatsache ist richtig, doch beweist der Versuch nicht das Vorhandensein eines hydrostatischen Auftriebs. Würde der Trichter nämlich durch den Auftrieb des ruhenden Wasser gehoben, so müßte der den Trichter schließende Finger einen Druck nach oben spüren, was nicht der Fall ist. Erst wenn das Wasser aus dem Trichter ausströmen kann, wird er gehoben; wir haben es mit hydrodynamischem Auftrieb zu tun.

Gewiß übt das den Trichter füllende Wasser einen hydrostatischen Auftrieb aus, sogar von beträchtlicher Größe. Die Größe dieses Auftriebs läßt sich auch leicht berechnen, sogar ganz elementar. Trotzdem ist der gefüllte Trichter schwerer als der leere und zwar um das Gewicht des den Trichter füllenden Wassers, wie eine einfache Betrachtung ergibt. Das Ergebnis der Rechnung läßt sich durch den Versuch bestätigen, wenn man den Trichter an einer Wage aufhängt.

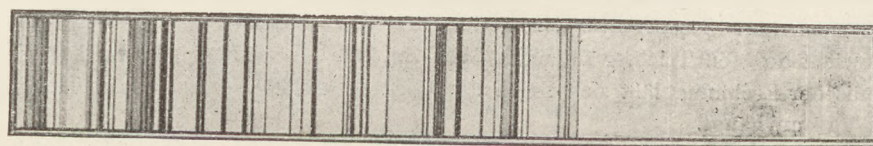
8. E. Grimsehl in Hamburg: **Künstliche Nebel.** Die schönen Versuche, welche vor einigen Jahren Herr Kießling zur Erzeugung künstlicher Nebelbildung durch Druck erniedrigung und damit in Zusammenhang stehende Abkühlung der mit Wasserdämpfen gesättigten Luft eines Glasgefäßes beschrieben hat, lassen sich mühelos ausführen, wenn man umgekehrt verfährt, als es Herr Kießling angibt. Kießling stellte die Druckerniedrigung dadurch her, daß er die Luft in der Glasflasche durch kräftiges Ausaugen der unter Atmosphärendruck stehenden Luft verdünnte. Bequemer kommt man zum Ziel, wenn man die Luft in einer Glasflasche durch Einblasen von Luft erst komprimiert und dann durch einfaches Öffnen der Flasche die Druckverminderung plötzlich herstellt. Ich benutze eine zylindrische Glasflasche von ca. 15 Litern Rauminhalt, die ich, nachdem ich etwas Wasser hineingegossen, einige Zeit stehen lasse. Die Flasche ist mit einfach durchbohrtem und mit Glasrohr versehenem Gummistopfen verschlossen. Es wird die Luft mit einer gewöhnlichen Radfahrpumpe komprimiert auf ungefähr  $1\frac{1}{4}$  Atmosphäre und dann ein paar Minuten sich selbst überlassen. Nun zieht man den ganzen Gummistopfen heraus und beobachtet, wenn die Luft staubfrei war, infolge der eintretenden Luftverdünnung nur eine

ganz schwache Bildung von feinstem durchsichtigen Nebel. Darauf wird ein klein wenig Staub in die Flasche gebracht. Nach dem Vorschlage Kießlings brennt man ein gewöhnliches Schwefelholz in oder über der Flasche ab und wiederholt die Kompression mit der Radfahrpumpe. Wenn man nun nach einigen Minuten den Gummistopfen wieder öffnet, so bildet sich dichter weißer Nebel, der unmittelbar nach seiner Entstehung die farbenprächtigen Beugungsringe zeigt, wenn man hinter die Glasflasche in der Entfernung von ungefähr 1 m die Flamme eines Auerschen Gasglühlichtbrenners hält. Infolge der dichten Nebelbildung, bei der die einzelnen Wassertröpfchen sehr dicht nebeneinander liegen, fließen dieselben in kurzer Zeit teilweise zu Tröpfchen verschiedener Größe zusammen. Die schöne Farbenercheinung verschwindet mehr und mehr, ein allgemeiner grauer Nebelhof umschließt das Flammenbild, und man sieht die Nebelmassen in wenigen Minuten zu Boden sinken.

9. Hensing in Friedberg (Hessen). **Einfache Versuchsanordnung zum Nachweis der Zurückwerfung elektrischer Wellen und zur Erklärung der Fritterwirkung.** Die Pole einer Influenzmaschine verbindet man mit je einer Messingplatte, deren jede auf 2 Siegellackstücken liegt. Die Funkenstrecke der Maschine macht man etwa 1 cm groß. Auf jeder Messingplatte liegt, durch Siegellack von ihr getrennt, je eine gleichgroße Platte. Diese Platten verbindet man mit den Kugeln eines Entladers, dessen Funkenstrecke von der ersten etwa 15 cm entfernt ist und so groß gemacht wird, daß beim Arbeiten der Maschine gerade noch Funken überspringen. Stellt man nun ein großes Blech zwischen die beiden Funkenstrecken, so bleiben die sekundären Funken aus. Hält man ein zweites Blech darüber in der richtigen Lage und Richtung, sodaß die Wellen von der primären Funkenstrecke nach der sekundären reflektiert werden, so treten die Funken wieder auf. Statt des zweiten Bleches genügt auch die Fläche der Hand. — Meine Messingplatten sind quadratisch und haben 44 cm Seitenlänge, doch genügen wohl auch kleinere. — Dieser Hertz'sche Versuch illustriert die Erleichterung des Übergangs der Elektrizität durch Bestrahlung der Funkenstrecke mit elektrischen Wellen und zeigt die Zurückwerfung der Wellen durch Leiter.

### Für die Praxis.

Das Spektrum des Bremer-Lichtbogens. Von **W. Biegon von Czudnochowski** in Berlin. Im letzten Heft dieser Zeitschr. (S. 96) findet sich eine kurze Notiz von Herrn Bleekrode-Haag über das Spektrum des Bremerlichtes, welche mich zu nachfolgenden Bemerkungen veranlaßt. Nach Herrn Bleekrode besteht das betr. Spektrum „nur aus je einer roten,



rot gelb grün

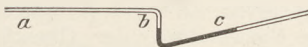
blau

violett

orange und grünen Linie, daneben auch noch einigen schwachen violetten“, während man von Gelb so gut wie nichts sieht. Ich habe im vorigen Jahre das Bremerlichtspektrum gelegentlich eines Vortrages in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft demonstriert, (Vgl. diese Zeitschr. XVI 366, 1903), eine Abbildung desselben findet sich in den *Verhandlungen der D. Physikalischen Ges.* 5, S. 170, und ist nebenstehend wiedergegeben. Über das Verfahren, nach dem die Figur erhalten ist, findet man Näheres a. a. O. S. 170 Anmerkung. Man ersieht daraus, daß im Gegensatz zu den Angaben des Herrn Bleekrode das Spektrum sehr linienreich und verwickelt ist und Strahlen aus fast allen Farben enthält, besonders aber, daß Rot, Gelb und Grün sehr stark vertreten sind. In Blau finden sich zahlreiche Linien bez. Banden, ganz weit im Violett zwei sehr schwache verwaschene Streifen. Die verwendeten Elektroden waren Original-Bremer-Kohlen, die mir von der Deutschen Gesellschaft für Bremerlicht für den Zweck freundlichst zur Verfügung gestellt waren. Danach erklärt sich die gelbe Farbe des Bremerlichtes durch das Überwiegen von Rot, Gelb und Gelbgrün gegen-

über Blau und Violett, ohne daß man Veranlassung hat sie als besondere Mischfarbe aus von ihr ganz abweichenden Komponenten anzusehen.

Abnahme der kapillaren Steighöhe von Wasser bei steigender Temperatur. Von H. Rebenstorff in Dresden. Läßt man gegen den einen Schenkel eines gereinigten, halb mit Wasser gefüllten U-Röhrchens aus einer spitz ausgezogenen Glasröhre Wasserdampf strömen, so steigt das Niveau im anderen Schenkel etwas an. Für die etwaige Vorführung als Projektionsversuch benutze man ein wie in der Figur gebogenes enges Röhrchen, das bei *a* in der Klemme eines seitwärts stehenden Stativs befestigt und bei *b*, wo der eine Meniskus des Wassers ist, erhitzt wird. Die auf dem Projektionschirme sichtbare Verschiebung des Meniskus *c* ist wegen Schrägstellung des Rohrteils eine stärkere.



Durch den Stab eines vor den Schirm gestellten Stativs markiere man die ursprüngliche Einstellung. Den Dampfstrahl kann man leicht so gegen die seitwärts des Projektionsapparates gelegene Stelle *b* richten, daß er nicht die Kondensorlinsen trübt.

Kleine Glaskugeln als Hilfsmittel bei physikalischen Versuchen. Von E. Grimsehl in Hamburg. Bei einigen Versuchen ist es erwünscht, in einen abgeschlossenen Raum, z. B. in ein mit einem Gase oder einer Flüssigkeit gefülltes Gefäß, eine kleine Menge irgend eines Körpers zu bringen, der erst in einem bestimmten Augenblicke seine Wirkung ausüben soll. Um derartige Versuche auszuführen, schließe ich die in das Gefäß einzubringenden Körper in kleine dünnwandige Glaskugeln von 1—2 cm Durchmesser ein. Diese gefüllte Glaskugel wird in das Gefäß vorsichtig hineingebracht und in dem Augenblicke, wo die Einwirkung erfolgen soll, durch einen kurzen Ruck gegen die Gefäßwand geschleudert und zertrümmert.

Die dünnwandigen Glaskugeln werden aus einem an beiden Enden in eine Spitze ausgezogenen Stück Glasrohr vor der Gebläselampe mit leichter Mühe geblasen, dann gefüllt und an beiden Enden an der Lampe zugeschmolzen. Will man feste Körper einschließen, so muß man ein Glasrohr an einem Ende zu einer dünnwandigen Kugel aufblasen, dann das Röhr etwa 1 cm von der Kugel entfernt absprengen und den festen Körper hineintun. Dann wird das Ende des Glasrohrs mit einem passenden kleinen Korken verschlossen und, wenn man gasdichten Abschluß haben will, mit dem verkorkten Ende, ähnlich wie bei Weinflaschen, in ein Schälchen mit flüssig gemachtem Siegellack getaucht. Ich erwähne besonders folgende drei Versuche, bei denen die Verwendung der Glaskugeln vorteilhaft ist:

Expansion der Gase. Das Glaskügelchen wird mit Untersalpetersäuredämpfen gefüllt und in eine Flasche gebracht, die man luftleer macht. Beim Zertrümmern des Glaskügelchens verbreitet sich momentan die rotbraune Gasmasse durch den ganzen Raum der Flasche.

Dampfdruck der Flüssigkeiten. Ein Glaskügelchen wird mit Wasser, ein zweites mit Alkohol, ein drittes mit Schwefeläther gefüllt. Richtet man nun ein Gefäß her, das mit trockner Luft gefüllt ist, legt eins der drei Kügelchen hinein und verbindet das mit einem Gummistopfen und einem Glasrohr verschlossene Gefäß mittels Gummischlauchs mit einem Manometer, so beobachtet man in dem Augenblick, wo das Glaskügelchen zertrümmert wird, ein durch den Dampfdruck der Flüssigkeit hervorgebrachtes Ansteigen des Manometers. Der Dampfdruck nimmt erst rasch, dann immer langsamer den Wert an, den er der Temperatur des Raumes entsprechend auch erreicht, wenn die Verdampfung im luftleeren Raum stattfindet.

Absorption der Gase durch Kohle. Man füllt ein Glasgefäß mit dem zu absorbierenden Gase (im einfachsten Falle Leuchtgas) und bringt in das Gefäß ein Glaskügelchen, das mit absorptionsfähigem Kohlepulver gefüllt ist. Dann wird das Gefäß mit einem Manometer verbunden. Beim Zertrümmern des Glaskügelchens zeigt ein sofortiges rasches Steigen des Manometers eine starke Druckabnahme an, die bei wiederholtem Schütteln der Flasche noch mehr zunimmt.

Um absorptionsfähiges Kohlepulver herzustellen, genügt es, das Kohlepulver in dem Glaskügelchen selbst zu erwärmen, indem man das mit Holzkohlepulver gefüllte, aber noch offene

Kügelchen bis zum Halse in ein Gefäß mit siedendem Wasser taucht und dann mit einem Korken verschließt. Beim Erhitzen auf 100° schon gehen die meisten von der Kohle absorbierten Gase aus derselben heraus. Es ist gar nicht nötig, die Kohle auszuglühen. Nachdem das Kohlepulver in dem verschlossenen Kügelchen bis auf Zimmertemperatur abgekühlt ist, lüftet man den Verschlußstopfen einen Augenblick, um den Druck im Innern der Kugel mit dem der Außenluft gleich zu machen, verschließt das Kügelchen aufs neue und verkittet dann den Kork durch Eintauchen in flüssiges Wachs oder Siegelack. Auf diese Weise erhält man absorptionsfähiges Kohlepulver, das seine Absorptionsfähigkeit unbegrenzt lange beibehält, also zu dem angegebenen Versuche jederzeit bereit ist.

Mit diesen drei Beispielen ist nur ein Teil des Anwendungsgebietes der Glaskugeln angedeutet. Ich bin überzeugt, daß manche chemischen (auch quantitativen) Versuche durch die Verwendung der Glaskügelchen besonders einfach und wirkungsvoll werden. Es ist selbstverständlich, daß man sich solche Glaskugeln nicht erst für einen bestimmten Versuch einzeln herrichtet, sondern daß man gleich eine größere Anzahl herstellt, die man für den Gebrauch in Vorrat hält<sup>1)</sup>.

Ein bequemes Verfahren zur Darstellung von metallischem Silber. Von Dr. J. Thallwitz in Dresden. Bei der Verwendung des Natriumsuperoxyds zu Lötrohrversuchen, das sich sowohl als Oxydationsmittel als auch mit Kohlepulver gemengt zu Reduktionen benutzen läßt, ergab sich ein bequemes, auch im Tiegel mit größeren Mengen ausführbares Verfahren zur Gewinnung eines Silberregulus aus Chlorsilber, das den Vorzug eines sehr raschen Verlaufes hat. Eine Mischung von pulverigem Silberchlorid mit Kohle und Natriumsuperoxyd erwärmt sich nämlich spontan und wird eine selbstentzündliche, heftig reagierende Masse. Die Substanzen dürfen nicht mit der Feder auf Papier gemischt werden, da alsbald Entflammung eintritt. Man mische deshalb zunächst nur das Holzkohlepulver dem Natriumsuperoxyd bei und bringe das Gemisch in einen kleinen Tontiegel, darauf schichte man das trockne Chlorsilber darüber und menge — etwa mit Hilfe einer Stricknadel — das Ganze im Tiegel möglichst innig durcheinander.

Nach kurzer Zeit, während welcher man sich dem Tiegel nicht allzusehr nähern möge, tritt Selbstentzündung ein, und das Silber scheidet sich regulinisch aus.

Bei Verwendung kleinerer Substanzmengen steckt das Metall zuweilen in Form glänzender Kugeln in der erkalteten Masse, die aber leicht unter Wasser herausgelöst, durch Dekantieren des durch überschüssige Kohle verschmutzten Wassers gereinigt und im Kohlegrübchen vor dem Lötrohr zu einem größeren Regulus zusammengeschmolzen werden können.

Der Versuch erinnert in seinem schnellen Verlaufe einigermaßen an die Goldschmidtschen aluminothermischen Verfahren.

Das Mischungsverhältnis der zu verwendenden Substanzen ergibt sich aus der Gleichung:  

$$2\text{AgCl} + \text{Na}_2\text{O}_2 + \text{C}_2 = 2\text{CO} + 2\text{NaCl} + 2\text{Ag}.$$

Für Unterrichtsversuche ist das gut haltbare Natriumsuperoxyd, das jetzt leicht käuflich zu haben ist, auch sonst noch mannigfach mit Vorteil zu verwenden, zumal man bei den Versuchen mit recht kleinen Mengen davon auskommt. Ein geringes Quantum im Cylinderglas, mit heißem Wasser übergossen, füllt das lose bedeckte Gefäß augenblicklich mit Sauerstoff an. Trägt man etwas Natriumsuperoxyd in sehr verdünnte, kalt gehaltene Salzsäure oder Schwefelsäure ein, so erhält man Wasserstoffsuperoxyd. Das oben erwähnte, bei gewöhnlicher Temperatur harmlose Gemenge von Natriumsuperoxyd und Kohle reagiert beim Erhitzen äußerst heftig unter Ausscheidung von Natriumdampf, eine Reaktion, von der nur mit großer Vorsicht Gebrauch zu machen ist.

<sup>1)</sup> Anmerk. d. Redaktion. In der Chemie sind für ähnliche Zwecke bereits Stöpselfläschchen in Gebrauch, die käuflich zu haben sind; auch dünnwandige Glaskugeln werden schon verwandt, so bei Lubarsch, Experimentalchemie, S. 7 u. 8.



## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

**Neuer Apparat zur Bestätigung der Fliehkraftformel.** Von H. HARTL in Reichenberg. Die Kugel  $k$ , deren Fliehkraft gemessen werden soll, ist zwischen drei unter  $45^\circ$  geneigten Stahldrähten  $s$  angebracht (Fig. 1), längs deren sie mit verschwindend kleiner Reibung auf- und abrollen kann. Die drei Drähte sind an dem Rahmen  $R$  befestigt, der in drei verschiedenen Stellungen auf die wagrechte Schiene  $S$  aufgesetzt und durch die Schraube  $i$  darin festgehalten werden kann. In diesen Stellungen hat der Mittelpunkt der ruhenden Kugel von der Drehachse die Abstände 1, 2 und 3 cm.

Wird die Vorrichtung auf der Schwungmaschine in Drehung versetzt, so wirkt auf die Kugel außer ihrem Gewichte  $G$  auch noch die wagrecht gerichtete Fliehkraft  $F$  (Fig. 5). Zerlegt man diese beiden Kräfte in je zwei Komponenten, parallel und senkrecht zu dem Stahldrachte, so werden die Komponenten  $q$  und  $n$  durch den Stahldracht aufgehoben, während die Komponenten  $f$  und  $p$  die Kugel nach entgegengesetzten Richtungen zu bewegen suchen. Dabei ist  $f = F \cos 45^\circ$  und  $p = G \cos 45^\circ$ , und demnach  $f \geq p$ , wenn  $F \geq G$  ist.

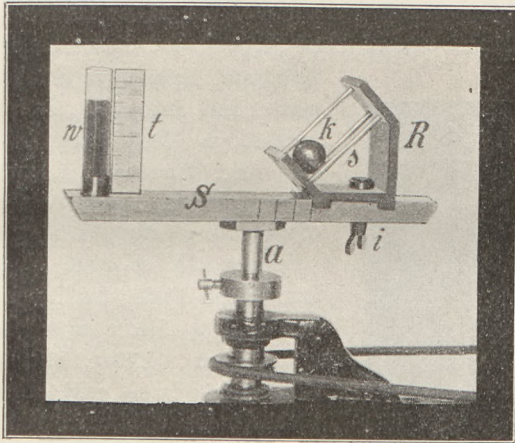


Fig. 1.

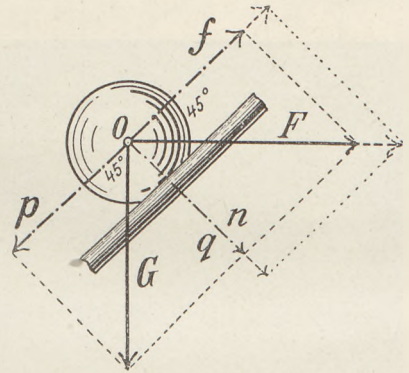


Fig. 2.

Sobald also bei der Drehung, deren Geschwindigkeit man allmählich steigert,  $F > G$  wird, wird auch  $f > p$ , und die Kugel läuft aufwärts. Da hierbei ihr Achsenabstand, also auch die Fliehkraft rasch wächst, so rollt die Kugel sehr schnell empor und schlägt mit stark hörbarem Schläge an den Rahmen  $R$  an. Wir können somit sagen: Sobald wir die Kugel anschlagen hören, hat  $F$  den Wert von  $G$  gerade erst überschritten: es muß also annähernd  $F = G$  sein. Diese Gleichheit muß sich nun auch aus der zu bestätigenden Fliehkraftformel  $F = G v^2 / g r$  ergeben. Der Drehungshalbmesser  $r$  ist je nach der Einstellung des Rahmens  $R$  1, 2 oder 3 cm, und die Geschwindigkeit  $v$  wird aus der Tourenzahl  $n$  berechnet. Die Tourenzahl  $n$  aber wird durch folgende Vorrichtung ermittelt. Das Glasröhrchen  $w$  wird vor dem Versuche mit Wasser gefüllt, das während der Drehung teilweise, und zwar nach Maßgabe der erreichten höchsten Geschwindigkeit, herausgeschleudert wird. Wenn man, unmittelbar nach dem Anschlagen der Kugel, zu drehen aufhört, so zeigt der Wasserstand in  $w$  an der empirischen Skala  $t$  die entsprechende Tourenzahl  $n$  an.

Bei drei Versuchen, welche mit den drei verschiedenen Rahmenstellungen vorgenommen wurden, hat sich beispielsweise ergeben:

$r = 0,03 \text{ m}$	$r = 0,02 \text{ m}$	$r = 0,01 \text{ m}$
$n = 173$	$n = 212$	$n = 300$

Hieraus finden wir nach der Formel  $v = \pi r n : 30$  die Geschwindigkeiten

$v = 0,5434 \text{ m/sec}$	$v = 0,4442 \text{ m/sec}$	$v = 0,31416 \text{ m/sec.}$
----------------------------	----------------------------	------------------------------

Setzen wir diese Werte in die zu bestätigende Formel  $F = \frac{v^2}{gr} \cdot G$  ein, so erhalten wir

$$F = 1,004 G$$

$$F = 1,005 G$$

$$F = 1,006 G,$$

was eine befriedigende Übereinstimmung mit der aus dem Versuche gefolgerten Gleichung  $F = G$  erkennen läßt.

Etwas einfacher gestaltet sich die Rechnung, wenn man von der Fliehkraftformel  $F = \pi^2 G n^2 r / 900 g = 0,001118 n^2 r G$  ausgeht.

Die beschriebene Vorrichtung hat den Vorteil, daß man keine gleichmäßige Drehung braucht, da durch das Anschlagen der Kugel und die Ablesung am Tourenzähler die einander zugeordneten Maxima der Fliehkraft und der Tourenzahl angegeben werden, die allein in Betracht zu ziehen sind. Die durch Fig. 2 belegte kleine mathematische Betrachtung kann dort, wo man überhaupt die Fliehkraftformel in ihrem ganzen Umfange nachzuweisen hat, keine Schwierigkeit bieten, während sie andererseits die Weglassung aller störenden Nebenteile im Apparate (wie Spiralen, Hebel, Schnüre, Gewichte) ermöglicht. (Der Apparat ist durch Lenoir & Forster, Wien IV, Waaggasse, für 26 Kronen = 22,20 M zu beziehen.)

Wiener Vierteljahresberichte VIII, Heft 2.

**Vorrichtung zum Nachweise des Bewegungs-Parallelogrammes.** Von HANS HARTL in Reichenberg. Eine Scheibe  $S$  (Fig. 1) gleitet längs eines Lineals  $L$ , während dieses an der

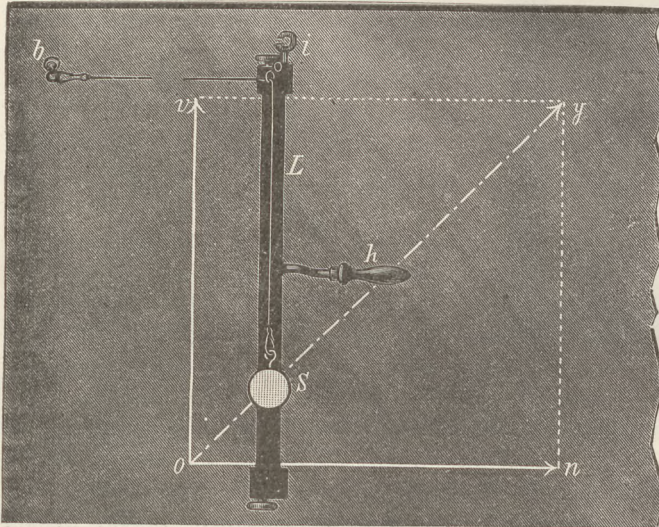


Fig. 1.

Schultafel parallel verschoben wird. Das Lineal  $L$  ist aus versteiftem Blech hergestellt, mit einer Handhabe  $h$ , zwei Führungsrollen und einem offenen Ring  $i$  zum Aufhängen versehen. Durch zwei Ringe am oberen Ende des Lineals ( $c$  und  $d$  in Fig. 2 unten) ist die Schnur geführt, mittelst welcher die weiß gestrichene Blechscheibe  $S$  längs des Lineals bewegt wird. Das andere Ende der Schnur ist an einem Ringstift  $b$  befestigt (Fig. 2), der an passender Stelle in die Schultafel eingesteckt wird. Mit der Vorrichtung wird gezeigt, daß sich zwei geradlinige gleichartige Be-

wegungen zu einer geradlinigen Bewegung gleicher Art zusammensetzen.

Für die Durchführung der Versuche hat man folgende Angaben zu beachten. An einer passend gewählten Stelle der Schultafel schlägt man in dieselbe einen kleinen Nagel, hängt daran das Lineal mit dem offenen Ringe  $i$  auf, läßt die Scheibe  $S$  in die tiefste Stellung gleiten und markiert an der Tafel diese Stellung durch einen Punkt  $O$ . Sodann nimmt man die Vorrichtung von der Tafel weg, verzeichnet von  $O$  aus in lotrechter Richtung die Strecke  $Ov$  und in wagrechter Richtung die Strecken  $Om = nu = \frac{Ov}{2}$  und  $np = Ov$  und bildet daraus die Parallelogramme mit den Diagonalen  $Ox$ ,  $Oy$  und  $Oz$ , die man etwa mit farbiger Kreide markiert. Von dem Nagel aus zeichnet man eine Horizontale. (Soweit kann der Versuch schon vor dem Unterrichte vorbereitet werden.) Hierauf hängt man das Lineal wieder an den Nagel. Die an den beiden Enden mit kleinen Karabinern versehene Schnur wird zuerst in der aus Fig. 1 und Fig. 2, ersichtlichen Weise angebracht. Der eine Karabiner wird in den an der Scheibe  $S$  befindlichen Ring eingehakt, der andere wird durch den

Ring  $d$  gesteckt, in den Ringstift  $b$  eingehakt und dieser so in die Tafel eingesteckt, daß bei gespannter Schnur die Scheibe  $S$  gerade über den Punkt  $O$  zu stehen kommt. Wenn man nun das Lineal an der Handhabe faßt und so nach rechts zieht, daß sich der Haken  $i$  längs der von dem Nagel aus verzeichneten Horizontalen bewegt<sup>1)</sup>, so bewegt sich die Scheibe  $S$  genau in der Richtung der Diagonale  $Oy$ . Denn wenn sich das Lineal in horizontaler Richtung etwa bis  $n$  bewegt hat, so ist die Scheibe längs des Lineals um das Stück  $Ov = On$  emporgeführt worden, welche beide Bewegungen sich in die eine Bewegung längs der Diagonale zusammensetzen. Erfolgt die Bewegung des Lineals bis  $n$  gleichmäßig und in einer Sekunde, so gewinnen  $On$ ,  $Ov$  und  $Oy$  die Bedeutung von Geschwindigkeiten und  $Ovyn$  ist dann das Geschwindigkeitsparallelogramm.

Führt man die Schnur in der aus Fig. 2<sub>1</sub> ersichtlichen Weise von der Scheibe  $S$  durch den Ring  $d$ , durch den Ringstift  $b$  zum Ringe  $c$ , an welchem der zweite Karabiner eingehakt wird, und steckt man wieder den Ringstift so in die Tafel, daß die Schnur gespannt ist und die Scheibe  $S$  über dem Punkte  $O$  steht (Anfangsstellung), so tritt jetzt beim Verschieben des Lineals die resultierende Bewegung  $Ox$  ein. Denn wenn das Lineal um die Strecke  $Om$  nach rechts bewegt wurde, so ist jedes der Schnurstücke  $db$  und  $cb$  um  $Om$  länger geworden, daher ist das Schnurstück  $dS$  um  $2 \times Om$  kürzer geworden, d. h. die Scheibe  $S$  ist längs des Lineals um  $Ov = 2 \times Om$  gehoben worden, während sie mit dem Lineal in horizontaler Richtung den Weg  $Om$  zurückgelegt hat. Aus diesen beiden Bewegungen ergibt sich, wie der Versuch zeigt, nur eine einzige Bewegung in der Richtung der Diagonale  $Ox$ .

Hakt man endlich, während der Apparat an dem Nagel hängt, das eine Schnurende bei  $d$  ein (Fig. 2<sub>2</sub>) und führt man die Schnur durch den Ring der Scheibe  $S$ , dann durch den Ring  $c$  zum Ringstifte  $b$ , den man wieder so an der Tafel befestigt, daß bei gespannter Schnur die Scheibe  $S$  den Punkt  $O$  bedeckt, so erhält man bei Verschiebung des Lineals die resultierende Bewegung der Scheibe längs der Diagonale  $Oz$ . Denn wenn das Lineal um das Stück  $Op$  verschoben wurde, so ist das Schnurstück  $bc$  um ebensoviel länger geworden. Die beiden Schnurstücke  $dS$  und  $cS$  müssen daher zusammen um ebensoviel, also um  $Op$  kürzer geworden sein. Jedes dieser Schnurstücke ist also um  $\frac{Op}{2}$  kürzer geworden, und die Scheibe  $S$  ist daher auch um  $\frac{Op}{2} = Ov$  längs des Lineals gehoben worden. Aus den beiden Bewegungen  $Op$  und  $Ov$  setzt sich aber die resultierende Bewegung  $Oz$  zusammen, wie der Verlauf des Versuches zeigt.

Würde man das Lineal bei dem ersten Versuche gleichmäßig beschleunigt in einer Sekunde bis  $n$  bewegen, so wäre  $On$  die halbe Beschleunigung. Dann gleitet die Scheibe ebenfalls gleichmäßig beschleunigt längs des Lineals und  $Ov$  ist die halbe Beschleunigung dieser Bewegung. Die resultierende Bewegung, die auch jetzt längs der Diagonale  $Oy$  erfolgt, ist ebenfalls eine gleichmäßig beschleunigte und  $Oy$  ist als Weg in der ersten Sekunde gleich der halben Beschleunigung der resultierenden Bewegung. Jetzt hat das Parallelogramm  $Ovyn$  die Bedeutung des Beschleunigungsparallelogrammes.

<sup>1)</sup> Der Experimentierende achte vor allem darauf. Die Scheibe  $S$ , die ganz verlässlich der Diagonale folgt, braucht er nicht ins Auge zu fassen.

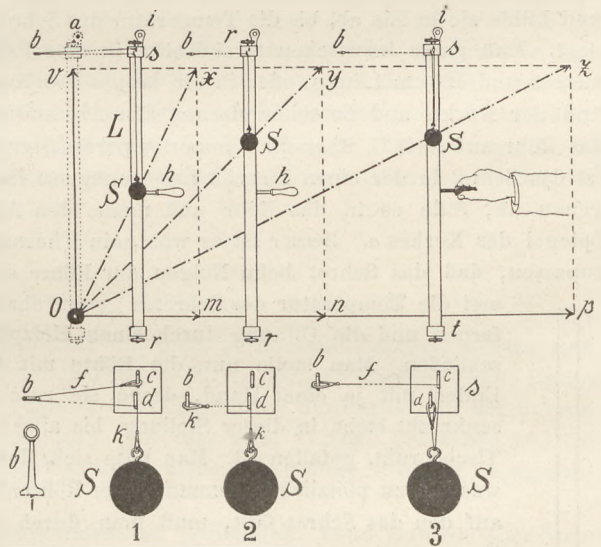


Fig. 2.

Wählt man für die Versuche eine längere Schnur, die man wiederholt zwischen den verschiedenen Ringen hin- und herführt, so kann man noch andere Geschwindigkeitsverhältnisse erzielen; doch genügen die drei angegebenen, leicht zu überblickenden Fälle vollständig, um den Schülern das klare Erfassen der Zusammensetzung von Bewegungen (Geschwindigkeiten und Beschleunigungen) zu ermöglichen. — Die Vorrichtung wird von W. J. Rohrbecks Nachfolger in Wien I für 25 Kronen geliefert.

*Oesterr. Mittelschule 1902, Wiener Vierteljahreshberichte VIII, Heft 2, 1903.*

**Bestimmung des mechanischen Äquivalents der Wärmeinheit.** Zur rohen Bestimmung des mechanischen Äquivalents der Wärmeinheit hat HAROLD WHITING, *Physical Measurement 389 u. 1009; 1891* ein sehr einfaches Verfahren angegeben, das ARTHUR W. GRAY 1901/02 auch als Schülerübung an der Merced County High School mit einigen Abänderungen hat ausführen lassen.

Man fülle in zwei Flaschen je 1 kg trockenes Bleischrot, verschließe sie mit Korken und kühle sie in Eis ab, bis die Temperatur des Schrotens  $\approx 4^\circ \text{C}$ . unter der Zimmertemperatur liegt. Man passe inzwischen zwei Korke in eine Pappröhre *ac* (Fig. 1) von  $\approx 5$  cm Durchmesser und 120 cm Länge (oder in ein langes Bambusrohr) ein, messe die Länge der Röhre und der Korke und berechne daraus den Abstand der Korke *a* und *c*. Man erwärme nun das Rohr auf  $\approx 4^\circ \text{C}$ . über die Zimmertemperatur, etwa durch Einlegen von warmem Schrot. Ist das Schrot in der einen Flasche kalt genug, so lese man seine Temperatur bis auf  $0,1^\circ \text{C}$ . genau ab, fülle es in das Rohr und messe den Abstand der Schrotoberfläche *b* von dem Spiegel des Korkes *a*. Besser ist es wohl, ein Thermometer *d* (Fig. 2) in den Kork *c* so einzupassen, daß das Schrot beim Neigen der Röhre die Kugel vollständig umgibt, und nun



Fig. 1.



Fig. 2.

erst die Temperatur des Schrotens genau abzulesen, dann das Thermometer zu entfernen und die Öffnung durch einen Holzpflöck oder ein Stück Glasstab zu verschließen. Man stelle nun die Röhre mit dem Ende *c* auf den Tisch, fasse ihre Enden mit je einer Hand, drehe sie rasch um und halte sie, sobald sie wieder senkrecht steht, in dieser Stellung, bis alles Schrot auf den Kork, der nun auf dem Tische ruht, gefallen ist. Man hüte sich, das Schrot durch Schütteln zu erwärmen, was bei zu plötzlicher Hemmung der Röhrenbewegung eintreten würde. Den Kork, auf den das Schrot fällt, muß man durch den Tisch oder einen anderen festen Gegenstand unterstützen, damit er nicht infolge des von dem Schrot ausgeübten Stoßes nachgibt; denn nur unter dieser Bedingung wird die Bewegungsenergie des Schrotens in Wärme der Schrotmasse verwandelt. Man kehre die Röhre  $\approx 100$  mal hintereinander um und bestimme dann die Temperatur des Schrotens. Man wiederhole

dann den Versuch mit dem Schrot der anderen Flasche.

Die Messung und Berechnung des mechanischen Äquivalents gestaltet sich unter Benutzung von Zahlen, die WHITING angegeben, folgendermaßen:

A	Länge der Pappröhre . . . . .	124,0 cm
B	Dicke jedes Korkes . . . . .	2,0 cm
C	Höhe des Bleischrotens . . . . .	20,0 cm
D	Zimmertemperatur . . . . .	$20,0^\circ \text{C}$ .
E	Temperatur des Schrotens, vor dem Versuch erniedrigt auf .	$17,0^\circ \text{C}$ .
F	Temperatur der Pappröhre, vor dem Versuch erhöht auf .	$23,0^\circ \text{C}$ .
G	Temperatur des Schrotens und der Röhre nach dem Versuche erhöht auf . . . . .	$23,0^\circ \text{C}$ .
H	Anzahl der Umkehrungen, die diese Temperaturerhöhung des Schrotens bewirken . . . . .	81
i	Temperaturerhöhung des Schrotens ( $G - E$ ) . . . . .	$6,0^\circ \text{C}$ .
j	Strecke, die das Schrot bei jeder Umkehrung durchfallen hat ( $A - 2B - C$ ) . . . . .	100,0 cm

<i>k</i>	Gesamtstrecke, die das Schrot durchfallen hat ( <i>H·j</i> ) . . .	8100 cm
<i>l</i>	Strecke, die es für 1° Temperaturerhöhung durchfallen hat ( <i>k:i</i> ) . . . . .	1350 cm
<i>m</i>	Kraft, die auf jedes Gramm Schrot einwirkt . . . . .	980,4 Dyne
<i>n</i>	Arbeit, erforderlich, um die Temperatur von 1 gr Schrot um 1° zu steigern ( <i>l·m·10<sup>-7</sup></i> ) . . . . .	0,1324 Joule
<i>o</i>	Wärmeeinheiten, erforderlich, um die Temperatur von 1 gr Blei um 1° zu erhöhen . . . . .	0,032 g.-cal.
<i>p</i>	Mechanisches Wärmeäquivalent ( $\frac{n}{o}$ ) . . . . .	4,2 $\frac{\text{Joule}}{\text{g.-cal.}}$

Führt man die Messungen wie in dem Beispiele so aus, daß  $\frac{1}{2}(E + F) = D$  und  $G = I$  wird, so werden die Wirkungen der Abkühlung des Schrotes und der Wärmekapazität der Röhre ausgeschaltet, und es übersteigt der von anderen Ursachen abhängende wahrscheinliche Fehler nicht 5 %.

Ist *c* die spezifische Wärme des Schrotes, *m* seine Masse in gr, *g* das Gewicht von 1 gr in Dyne, *l* die bei jeder Umkehrung durchfallene Strecke in cm, *n* die Anzahl der Umkehrungen,  $\mathfrak{S}$  das mechanische Äquivalent einer Gramm-Kalorie und *t* die Temperaturerhöhung, dann ist die Gesamtarbeit der Schwere *m g · n l* Erg und die Wärmemenge, in die sie (unter Vernachlässigung aller Korrekturen) verwandelt wird, *m c t* Gramm-Kalorien, die  $\mathfrak{S} m c t$  Erg äquivalent sind. Wir haben daher

$$\mathfrak{S} m c t = m g n l,$$

woraus sich ergibt

$$\mathfrak{S} = \frac{n l g}{c t} \dots \dots \dots 1)$$

Wegen der vielen großen Korrekturen, die nicht in Betracht gezogen worden sind, wird das Ergebnis der Rechnung wahrscheinlich um ∞ 20 bis 30 % zu groß sein. Die Hauptfehlerquelle liegt gewöhnlich in der Abkühlung des Schrotes bei der Berührung der Röhrenwand. Diese kann man vermeiden, wenn man, wie dies beim Versuch geschehen ist, das Schrot zuvor ∞ 6° C. unter die Temperatur der Röhre abkühlt und diese, wie oben angegeben, vorwärmt.

Anstatt das mechanische Wärmeäquivalent zu bestimmen, kann man die spezifische Wärme des Schrotes nach der Formel  $c = n l g / \mathfrak{S} t$  berechnen, worin man  $\mathfrak{S}$  zu 4,19 Joule/g.-cal. annimmt. Bezeichnen wir die entsprechenden Größen für zwei verschiedene Stoffe mit Indices, so ist

$$c_1 = n_1 l_1 g / \mathfrak{S} t_1 \quad \text{und} \quad c_2 = n_2 l_2 g / \mathfrak{S} t_2.$$

Durch Division finden wir

$$\frac{c_2}{c_1} = \frac{n_2 l_2}{n_1 l_1} \cdot \frac{t_1}{t_2} \dots \dots \dots 2)$$

oder

$$c_2 = c_1 \cdot \frac{n_2 l_2}{n_1 l_1} \cdot \frac{t_1}{t_2}$$

Die spezifischen Wärmen zweier Stoffe verhalten sich also zu einander wie die Strecken, durch die jeder fallen müßte, um seine Temperatur um 1° C. zu erhöhen.

Man wiederhole den oben angegebenen Versuch mit 1 kg eines anderen Stoffes in Schrotform, dessen spezifische Wärme unbekannt ist, z. B. mit einer Legierung von Zink und Blei. Nimmt dieser Stoff mehr Raum ein als das Blei, so wird die bei jeder Umkehrung durchfallene Strecke nicht ganz so groß sein, wie in dem früheren Versuche. In diesem Falle mache man mehr als 100 Umkehrungen, sodaß die durchfallene Gesamtstrecke bei beiden Versuchen möglichst gleich ist. Ist für das Bleischrot die Entfernung *ab* gleich 100 cm und für die Legierung gleich 98 cm, so kehre man in letzterem Falle die Röhre 102 mal statt 100 mal um. Die Werte von *c*<sub>1</sub> und *c*<sub>2</sub> werden in Anbetracht des Verfahrens, nach dem man beide Versuche ausgeführt hat, durch konstante Fehler in demselben Verhältnis beeinflußt, folglich wird das Verhältnis beider Werte nur durch zufällige Fehler beeinträchtigt. Die Formel 2) ist daher weniger ungenau als die Formel 1).

WHITINGS Vorrichtung hat später E. H. GRIFFITHS, *Thermal Measurement of Energy* 53 u. 123; 1901 für seine Vorlesungen in der Philosophical Hall zu Leeds zu einem Demonstrationsapparat umgeändert. Er umgab eine sehr dünnwandige Messingröhre von  $\sim 9$  cm Durchmesser und 110 cm Länge mit Asbestumwickelungen und befestigte sie fest in einem Eisenzylinder. Die Enden der Röhre verschloß er mit Messingplatten und die des Zylinders mit Eisenplatten und füllte den Zwischenraum mit Asbest aus. Er brachte in das Messingrohr soviel Schrot, daß dessen Oberfläche von dem gegenüberliegenden Ende der Röhre 102 cm abstand, wenn diese sich in lotrechter Stellung befand. Ein dünnwandiger Stutzen, dessen Durchmesser gerade so weit war, daß er die Kugel eines Thermometers aufnehmen konnte, hatte GRIFFITHS so befestigt, daß das geschlossene Ende in der Mitte des Schrotetes und das offene Ende in der eisernen Verschlußplatte lag. Die Temperatur des Schrotetes bestimmte er durch Einsetzen des Thermometers beim Beginn und am Schluß des Versuches. Den eisernen Zylinder umschloß in der Mitte ein Reifen, der an einer wagerechten Achse saß. An dem anderen Achsenende war ein Querstab befestigt, der in Handgriffe endigte. Die Achsenlager ruhten auf einem festen Gestell, an dem ein vorspringender Stab, der durch Federn reguliert wurde, so angebracht war, daß er die Bewegung des Zylinders hemmte, so oft dieser die lotrechte Stellung erreichte. Die Energie der Zylinderbewegung wurde hauptsächlich dazu verbraucht, die von diesen Federn geriebenen Flächen zu erwärmen. GRIFFITHS erhielt für 50 Umkehrungen eine Temperatursteigerung von  $3,4^{\circ}$  C. und unter der Annahme  $c = 0,033$

$$\mathfrak{S} = \frac{5 \cdot 10^6}{3,4 \cdot 0,033} = 4,46 \cdot 10^7.$$

GRIFFITHS hält es für schwierig, bei diesem Versuch den Wärmeverlust durch Strahlung u. s. w. zu schätzen und die Wärmekapazität der Röhre in Betracht zu ziehen. Er legt solchen Korrekturen auch wenig Wert bei, da deren Einführung den Ergebnissen einen falschen Schein von Genauigkeit verleihe. Der Versuch ist als eine Veranschaulichung der Verwandlung von kinetischer Energie in Wärme unterrichtlich wertvoll, zur Erlangung eines numerischen Wertes des Äquivalents jedoch weniger geeignet. H.-M.

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Die Lichtempfindung als Funktion der Zeit.** Von A. BROCA und D. SULZER. (*C. R. CXXXIV* 831 (1902); *CXXXVII* 944, 977, 1046 (1903).) Das durch eine künstliche Pupille von 2,25 mm Durchm. blickende Auge beobachtet zwei erleuchtete Felder: ein durch Linsen erzeugtes reelles Luftbild und ein kleines Quadrat aus weißem Papier, das von einer beweglichen Lichtquelle erleuchtet wird und durch diese eine Helligkeit zwischen 170 und 3,3 Lichteinheiten erhalten kann. Macht man dann das Luftbild intermittierend, so sieht man, daß seine Helligkeit sich ändert; durch Veränderung des Abstandes der beweglichen Quelle von dem Vergleichsschirm wird die gleiche Helligkeit beider Felder wieder hergestellt. So läßt sich die Helligkeit des intermittierenden Luftbildes messen; die Zeit, während der das Licht auf die Netzhaut wirkt, wird bestimmt durch eine rotierende Scheibe, die einen das Licht durchlassenden Spalt enthält. Die Ergebnisse wurden für verschiedene Helligkeiten in Kurven dargestellt, deren Ordinaten die Erleuchtungen in Lichteinheiten, deren Abszissen die Zeit in Sekunden angeben (Fig. 1). Eine besondere Versuchsreihe diente zur Bestimmung der Intensität der permanenten Empfindung. Die Helligkeitsempfindung nimmt — um ein Beispiel zu geben — bei 170 Lichteinheiten rasch zu, erreicht schon nach 0,04 Sek. ein Maximum, um dann langsamer abzunehmen und sich der Linie der dauernden Empfindung zu nähern. Bei geringeren Intensitäten ist das Maximum niedriger und wird später erreicht. Im allgemeinen lassen sich in der Variation der Empfindung drei Phasen unterscheiden. 1. Bei kurzer Zeit ist die Erregung nicht ausreichend, um eine der permanenten Einwirkung gleiche Empfindung zu erzeugen. 2. Nachdem die der permanenten Einwirkung entsprechende Empfindung erreicht ist, geht die Empfindung darüber hinaus und wächst weiter proportional der Zeit. 3. Im Verlauf einer Zeit, die um so kürzer ist, je stärker das Licht, wendet sich

die Kurve, erreicht ein Maximum und neigt sich langsam gegen die Linie der permanenten Empfindung, die sie nach 2—3 Sekunden erreicht. Während der beiden ersten Perioden wächst die Empfindung proportional der Zeit, d. h. proportional der Energiemenge, die von Anfang an an die Netzhaut abgegeben wurde. Die Wendung der Kurve zeigt, daß die Netzhaut nun weniger empfindlich wird, die gleiche Energieabgabe erzeugt eine geringere Vermehrung der Empfindung als zu Anfang. Es ist die erste Manifestation der Ermüdung der Netzhaut. Bei Fortsetzung der Lichtwirkung werden die Erscheinungen der Ermüdung so groß, daß nicht nur die Empfindlichkeit, sondern die Empfindung selbst verringert wird.

Mit einer etwas abgeänderten Methode untersuchten die Verf. auch die Lichtempfindung als Funktion der Zeit für verschiedene Farben. Man erhält hier ganz ähnliche Kurven wie für weißes Licht, doch verhalten sich die Farben sehr verschieden von einander (Fig. 2). Das Blau gibt ein beträchtlich höheres Maximum als das Weiß, das Rot ein dem Weiß nahestehendes, das Grün dagegen ein sehr geringes Maximum. Das Blau erzeugt also bei gleicher Helligkeit eine viel höhere, das Rot eine fast gleiche Ermüdung als Weiß. Die mittlere Region im Gelbgrün erzeugt dagegen eine viel geringere Ermüdung als Weiß von gleicher Helligkeit. Die Verf.

ziehen aus ihren Versuchen den praktischen Schluß, daß die modernen Lichtquellen von hoher Temperatur, wie das elektrische Bogen- und Glühllicht, dem Auge schädlich sind, während die Glühstrümpfe, deren Emission besonders im Grün liegt, in Bezug auf Augenhygiene vorzuziehen sind. Man müßte immer auf rosa oder gelbem Papier drucken. Da die Strahlung, welche bei gleicher Energie dem Auge die

beste Sehschärfe gibt, gelbgrün ist, diese Farbe aber fast mit dem Energiemaximum des Sonnenspektrums zusammenfällt, so folgt, daß diese mittleren Spektralfarben zugleich die sind, für welche das menschliche Auge am meisten ökonomisch funktioniert. Schk.

**Becquerelstrahlen.** Die radioaktiven Eigenschaften des Wassers scheinen auf einer der Radiumemanation ähnlichen Substanz, die im Wasser gelöst ist, zu beruhen. ADAMS suchte diese Substanz dadurch zu isolieren, daß er alles in dem Wasser gelöste Gas durch Kochen austrieb (*Phil. Mag. Vol. 6, S. 563; 1903*). Er benutzte das durch seine radioaktiven Eigenschaften ausgezeichnete Trinkwasser von Cambridge. Das ausgetriebene Gas wurde in ein Elektroskop geleitet, das auf 200 Volt geladen war. Die Ladung nahm nach

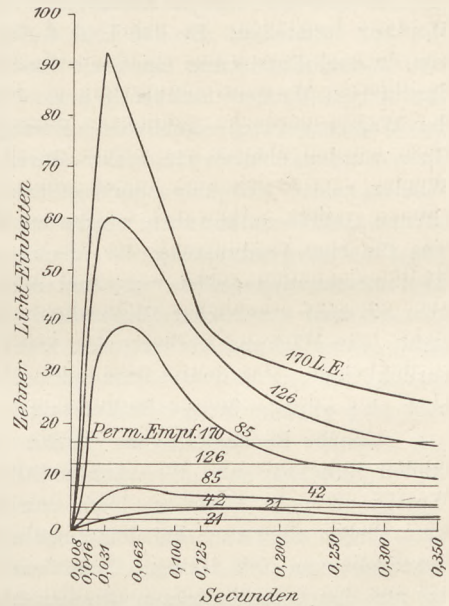


Fig. 1.

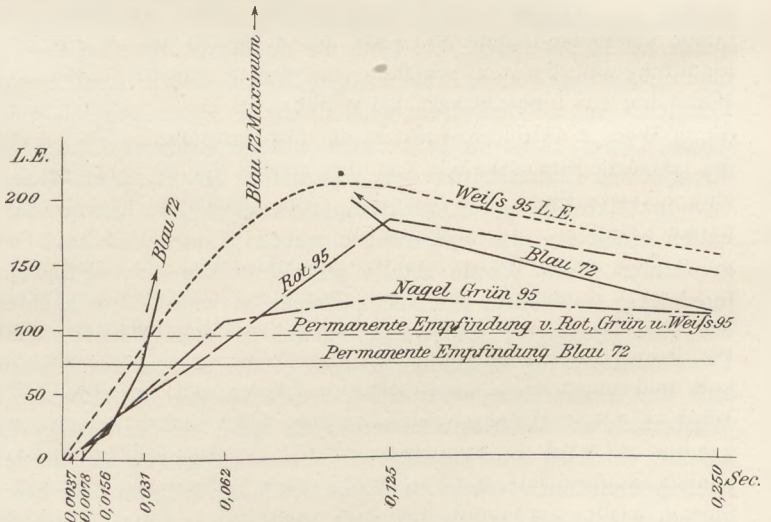


Fig. 2.

Einführung des Gases zuerst rascher, dann langsamer ab. Der Betrag, um den die Radioaktivität abnahm, ließ sich durch annähernd dieselbe Exponentialfunktion ausdrücken, die Rutherford und Curie für die Radiumemanation feststellen konnten. Ähnliche Ergebnisse erhielt man für Luft, die durch das radioaktive Wasser geleitet war.

Umgekehrt konnte ADAMS auch eine Absorption von Radiumemanation durch Wasser feststellen. Er ließ Luft 3 Stunden lang durch eine schwache Radiumlösung und von da nach Passierung eines mit Glaswolle gefüllten Rohrs durch eine Flasche ausgekochten destillierten Wassers hindurchgehen. Durch einen besonderen Luftstrom wurde die etwa an der Wasseroberfläche gebliebene Emanation fortgeblasen. Die in dem Wasser befindlichen Gase wurden ebenso wie vorhin durch Kochen extrahiert und in das Elektroskop geleitet. Wieder zeigte sich eine zuerst größere, dann geringere Abnahme der Ladung. In einem offenen Gefäße aufbewahrt, wurde das Wasser bald weniger aktiv als in einem geschlossenen, was für eine Verdunstung der absorbierten Emanation spricht. Zwischen Wasser, in dem Radiumemanation gelöst war, und dem vorher besprochenen aktiven Trinkwasser bestand aber ein sehr erheblicher Unterschied, indem jenes, wenn es gekocht wird oder lange offen steht, jede Wirkung verliert, das Trinkwasser dagegen stets noch eine Spur Radioaktivität zurückbehält. Das deutet darauf hin, daß das Trinkwasser außer der aufgelösten Emanation noch eine geringe Menge Radiumsalz in Lösung enthält.

Gleiche Beobachtungen wurden von verschiedenen anderen Forschern gemacht. So fanden BUMSTEAD und WHEELER in Amerika eine starke Aktivität des Gases, das aus dem Wasser einer in 1500 Fuß Tiefe entspringenden Quelle bei New Milford Conn. extrahiert war; ebenso aber auch bei dem aus oberflächlichem Wasser stammenden Gase des städtischen Reservoirs von New Hawen (*Amer. Journ. of Science XVI 328; 1903*). Auch HIMSTEDT fand, daß das aus den verschiedensten Quellen stammende Wasser, auch frisch heraufgeholtes Grundwasser, hindurchgepreßte Luft leitend machte, nicht dagegen das Wasser eines offen fließenden Baches oder Flusses (*Ann. d. Physik 13, 573; 1904*). Am größten war die Wirkung der Murquelle bei Baden-Baden: 50 l Luft, die durch  $\frac{3}{4}$  l des zwei Tage vorher geschöpften Wassers hindurchgesaugt waren, erhielten eine 40mal größere Leitfähigkeit als vorher. Zwei Proben Petroleum aus 2 Bohrlöchern bei Walburg im Elsaß erwiesen sich ebenfalls als aktiv. Wurde durch Wasser aktivierte Luft durch eine unwirksame Flüssigkeit geleitet, so erhielt diese die gleichen Eigenschaften wie das frische Quellwasser. Ebenso machte aktive Kellerluft eine inaktive Flüssigkeit wirksam. Aus allem geht hervor, daß in dem Wasser eine Emanation gelöst ist, die ausgetrieben werden kann, aber auch wieder von dem Wasser aufgenommen wird. Wurde inaktiv gemachtes Wasser und Petroleum in gleicher Menge und in gleichen Gefäßen in den Keller gestellt, so waren beide nach drei Wochen aktiv geworden, das Petroleum aber bedeutend stärker als das Wasser; der Absorptionskoeffizient des Petroleums für die Emanation ist also größer als der des Wassers. Zwischen einer Flüssigkeit und einem Gase stellt sich hinsichtlich der Aktivität ein Gleichgewichtszustand her. Wird aktivierte Wasserstrahlpumpenluft durch eine in flüssige Luft getauchte Kupferspirale geleitet, so wird die Emanation in dieser vollständig kondensiert. Sie konnte dadurch erheblich konzentriert werden, sodaß nach 6stündigem Durchgange der Luft das aus der Spirale wieder verdampfte Gas eine 12000mal so große Leitfähigkeit besaß als die Zimmerluft. Der Kondensationspunkt ließ sich als zwischen  $-147^{\circ}$  und  $-154^{\circ}$  C. bestimmen. Da nach Rutherford und Soddy der Kondensationspunkt der Radiumemanation bei  $-150^{\circ}$  liegt, so liegt die Vermutung nahe, daß es sich in beiden Fällen um dieselbe Emanation handelt. Auch die szintillierende Wirkung auf die Sidotblende ließ sich wahrnehmen, selbst wenn der Schirm nicht negativ geladen war. Wurde die aktivierte Luft längere Zeit in verschlossenen Flaschen aufbewahrt, so verlor sie allmählich ihre Wirksamkeit. Die Übereinstimmung der Eigenschaften der Wasserstrahlemanation mit der des Radiums ist also auch in dieser Beziehung vorhanden.

Woher stammt nun aber die in dem Wasser enthaltene Emanation? Darüber geben Untersuchungen von ELSTER und GETTEL Aufschluß (*Phys. Ztschr. 5, 11; 1904*). Bei



Untersuchung der Luft in verschiedenen Gegenden Deutschlands, an der Nordseeküste, am Harz und am Fuße der Alpen, ergab sich eine Zunahme der Radioaktivität von der Nordseeküste nach dem Innern, der größte Betrag im Alpengebiet. Bei verschiedenen Bodenarten war besonders die aus dem Ton verwitterten Tonschiefers kommende Luft aktiv. Eine Untersuchung des Tons selbst zeigte, daß er ebenfalls aktiv war; nicht dagegen war dies der Fall mit Humusboden, auch nicht mit dem Tonschiefer selbst oder anderen Felsarten. Die Vermutung, daß der radioaktive Stoff in dem Ton enthalten sei und erst in dem feinen Verwitterungsprodukt wirksam werde, konnte bestätigt werden, als es den Verff. gelang, in dem „Fango“, einem aus einer Sprudeltherme bei Battaglia in Oberitalien gewonnenen feinen Schlamm, einen Stoff zu finden, dessen Aktivität drei- bis viermal größer war als der deutschen Tone. Durch eine der Curieschen ähnliche Methode gelang es, noch aktivere Bestandteile zu extrahieren. Der getrocknete Schlamm wurde mit siedender Salzsäure behandelt, wodurch ein großer Teil des Eisen- und Tongehaltes in Lösung übergeht, die schon viel wirksamer war als der zurückbleibende Rest. Der Lösung wurde dann eine geringe Menge Chlorbaryum zugesetzt, das mit den darin vorhandenen Sulfaten einen Niederschlag von Baryumsulfat ergab. Dieser zeigte sich nach dem Trocknen 150mal so wirksam als das Ausgangsmaterial. Auch durch Elektrolyse konnte der wirksame Stoff aus der Lösung an der Kathode abgeschieden werden. Aus der Art der chemischen Darstellung gelangen die Verff. zu dem Schlusse, daß der in dem Fango wirksame Stoff Radium ist. Ähnlich wie Himstedt untersuchten sie auch das Abklingen der Wirksamkeit der von dem Fango, der gewöhnlichen Ackererde, der Boden- und Freiluft gebildeten Emanationen und fanden dieselbe in voller Übereinstimmung mit der von Curie für das Radium aufgestellten Formel (*d. Ztschr. XVI 169*). Eine Abscheidung des Radiums aus dem Fango würde aber wenig Erfolg haben, da die Aktivität der Joachimsthaler Pechblende immer noch 1180mal so groß ist als die des Fango. Wahrscheinlich ist aber auch in den Ablagerungen anderer Mineralquellen Radium enthalten, wie es SRRUTT z. B. in den Ablagerungen der heißen Quellen von Bath in England gefunden hat (*Nature 1904, S. 230*).

ELSTER und GEITEL gelangen in Übereinstimmung mit den anderen Forschern zu der Überzeugung, daß die feste Erdrinde die Quelle einer radioaktiven Emanation bildet, die in verschiedener Dichte allgemein in der Bodenluft enthalten ist. Von hier dringt sie, besonders bei sinkendem Luftdruck, in die Atmosphäre und ist daher über dem Lande konzentrierter als über dem Meere; in dem Wasser der Quellen und Brunnen wird sie gelöst. Der Ursprung der Emanation ist in einem geringen Gehalt an Radium in den verschiedenen, besonders den tonhaltigen Erdarten zu suchen. Wahrscheinlich nimmt dieser Gehalt an Radium mit der Tiefe zu und dürfte daher in vulkanischen Produkten besonders groß sein.

Die von Crookes entdeckte szintillierende Phosphoreszenz gewisser Substanzen unter dem Einflusse der Radiumstrahlen wurde von BECQUEREL näher untersucht (*C. R. CXXXVII 629; 1903*). Er stellte zunächst fest, daß es die wenig durchdringenden  $\alpha$ -Strahlen sind, welche die Szintillation veranlassen. Bringt man eine dünne Glimmerplatte zwischen das Radiumpräparat und die phosphoreszierende Schicht, so wird das Funkeln nur noch in unmittelbarer Nähe des Radiums beobachtet. Ein Aluminiumblättchen von 0,01 mm Dicke läßt die wirksamen Strahlen noch hindurch. Befand sich das Radium zwischen den Polen eines kräftigen Magneten, der die  $\beta$ -Strahlen ablenkt, so zeigten Sidotblende und Diamantpulver die Szintillation unverändert; Baryumplatinecyanür, das von den  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlen fast gleichmäßig zur Phosphoreszenz erregt wird, zeigt die Szintillation dann nur in dem vom Magneten nicht abgelenkten Strahlenbündel; sie tritt hier sogar deutlicher hervor, da für gewöhnlich die Szintillation durch die Phosphoreszenz der  $\beta$ -Strahlen verdeckt wird. Uran- und Kaliumbisulfat, die hauptsächlich durch Einwirkung der  $\beta$ -Strahlen phosphoreszieren, zeigen im Magnetfelde, das die  $\beta$ -Strahlen abblendet, nur bei sehr dünner Schicht eine schwache Szintillation. Im allgemeinen ist die Szintillation um so deutlicher und lebhafter, je kleiner die Krystalle sind, welche die phosphoreszierende Oberfläche bilden. Ein unter dem Mikroskop als besonders groß erscheinendes Krystallfragment phosphoresziert wohl,

aber zeigt keine Szintillation; dieselbe tritt sofort ein, wenn das Krystallstück weiter zerkleinert wird. BECQUEREL erklärt die Erscheinung als eine Tribolumineszenz, wie man sie beim Zerschneiden von Urannitrat, Zucker u. a. beobachtet. Unter dem Bombardement der Radiumstrahlen werden die Krystalle, ihrer Größe entsprechend, mehr oder weniger schnell gespalten, wobei die Lumineszenzerscheinungen auftreten. Man versteht auch, warum hier gerade die  $\alpha$ -Strahlen wirksam sind, da diese der Theorie nach aus Teilchen bestehen, die tausendmal größer sind als die Elektronen und darum einen beträchtlichen Teil der Energie des radioaktiven Strahlenbündels mit sich führen, was für die  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen nicht zutrifft. BECQUEREL konnte seine Erklärung dadurch bestätigen, daß es ihm gelang, auch auf mechanischem Wege eine der Szintillation ähnliche Erscheinung hervorzubringen. Er zerkleinerte Krystalle von Zinkblende zwischen zwei Glasplatten: jeder sich spaltende Krystall zeigte eine Lichtemission, die um so stärker war, je größer der Krystall. Beobachtet man die Krystalle während des Zerreibens mit einer Lupe, so hat man ein „Spinthariskop“ ohne Radium.

Die Radioaktivität des Urans erzeugt in demselben eine spontane und kontinuierliche Lichtemission. Namentlich sind es, wie BECQUEREL beobachtet, die Uransalze, welche nach Belichtung bedeutende Phosphoreszenz zeigen, so vor allen das doppelte Uranyl und Kalium- bzw. Natriumsulfat, ebenso das krystallisierte Urannitrat (*C. R. CXXXVIII 184; 1904*). Um das Leuchten zu beobachten, muß sich das Auge lange an Dunkelheit gewöhnt haben. Das spontane und permanente Leuchten scheint eine Phosphoreszenzwirkung der von dem radioaktiven Salz ausgehenden Strahlen zu sein.

Eine Einwirkung des Radiums auf das elektrische Nachleuchten von evakuierten Glasröhren beobachtete J. BORGMANN (*Phys. Ztschr. 5, 104; 1904*). In die lange auf wenige Hundertstel Millimeter evakuierte isolierte Röhre ist axial ein dünner Platindraht eingeschmolzen, der mit dem positiven Pol eines Induktoriums verbunden ist; der andere Pol ist geerdet, beide Pole sind außerdem durch eine Funkenstrecke verbunden. Nach dem Aufhören der Wirkung des Induktoriums beobachtet man ein Aufleuchten der Röhre, das an Intensität gewinnt, wenn man die Röhre mit der Hand berührt. Stellt man jetzt eine Kapsel mit Radiumbromid unter die Röhre, so tritt ein Leuchten auf, das den Draht wie ein Glorienschein umgibt und bei näherer Beobachtung szintillierend erscheint. Das Leuchten dauert 15–20 Min. an und verschwindet, wenn man das Radium entfernt. Außerdem beobachtet man auch ein periodisches Aufleuchten an verschiedenen Stellen der Röhre. Ist der Draht mit dem negativen Induktorpol verbunden, so beobachtet man eine Phosphoreszenz der ganzen Glasfläche, die auch nach Aufhören der Induktorwirkung kurze Zeit fortdauert; durch Einwirkung des Radiums wurde die Intensität und Dauer der Phosphoreszenz vergrößert. Wurde die Röhre nach Abstellen des Induktoriums, aber während sie noch leuchtete, in flüssige Luft getaucht, so erlosch die Phosphoreszenz, trat aber wieder ein, wenn man sie aus der flüssigen Luft herausnahm. Befand sich die Röhre während der Wirkung des Induktoriums in flüssiger Luft und war die Phosphoreszenz nach einiger Zeit bereits erloschen, so trat sie sofort wieder ein, wenn die Röhre in Zimmertemperatur gebracht wurde; durch abwechselndes Abkühlen und Erwärmen der Röhre konnte die Erscheinung mehrere Male wiederholt werden. Die Erscheinung erinnert sehr an die Curieschen Versuche über die Kondensation der Radiumemanation und führt zu der Vermutung, daß von dem Draht außer positiven und negativen Ionen noch eine jener Emanation ähnliche Substanz ausgeht.

Die Radiumstrahlen vermindern, wie R. Paillot mitteilt, den elektrischen Widerstand des Wismuts (*C. R. CXXXVIII 139; 1904*). Das Wismut wurde in Form einer Spirale zwischen zwei Glimmerblättchen der Strahlung von 0,03 g Radiumbromid ausgesetzt. Der Anfangswert des Widerstandes betrug  $15 \cdot 1034 \times 10^{-4}$  Ohm bei  $18^{\circ}$ ; er nahm bei einer Entfernung des Radiumpräparats von 0,5 mm um  $52 \cdot 10^{-4}$  Ohm ab. Die Wirkung trat augenblicklich ein und verschwand, wenn das Radium auf 1 cm entfernt wurde; das Wismut erhielt dann fast momentan wieder den früheren Widerstand. Durch Zwischenstellung schwarzen

Papiers oder einer dünnen Aluminiumplatte verringerte sich die Wirkung des Radiums, ohne zu verschwinden.

Die Wärmeabgabe des Radiums hatten Curie und Laborde auf etwa 100 Grammkalorien in der Stunde für das Gramm reinen Radiums bestimmt (d. Ztschr. XVI 167). Im Anschluß hieran untersuchten RUNGE und PRECHT, ob die kinetische Energie der vom Radiumsalz fortgeschleuderten elektrisch geladenen Teilchen eine Größe derselben Ordnung sei. (Berl. Akad. Ber. 1903, S. 873). Zu dem Zwecke wurde zunächst die Wärmeabgabe des Radiums bestimmt durch Vergleich mit einer elektrisch erwärmten Platinspirale, dann wurden beide Wärmequellen in eine Bleikapsel gebracht und die Wärmemengen wieder verglichen. Die Wärmeabgabe wurde zu 105 Kal. pro Stunde gefunden; dagegen schließen die Verf. aus den Versuchen, daß die kinetische Energie der vom Radium fortgeschleuderten positiven oder negativen Teilchen, soweit sie durch den Bleimantel aufgehoben wird, nur einen geringen Bruchteil der im Radium entwickelten Wärmemenge beträgt. Nimmt man diese Energie pro g und Stunde zu kleiner als 5,3 Kal. =  $2,2 \cdot 10^8$  Erg, so würde die Gesamtmasse  $m$  nicht größer als  $\frac{4,4 \cdot 10^8}{v^2}$ , d. i. bei  $v = \frac{1}{10}$  Lichtgeschw.  $m < 5 \cdot 10^{-11}$  g, auf das Jahr  $24 \cdot 365 m < 4,4 \cdot 10^{-7}$  g. Das Gramm Radium würde durch die abgeschleuderten Teilchen in 1000 Jahren noch nicht  $\frac{1}{2}$  mg an Masse verlieren.

Den sowohl von Curie und Laborde als von Runge und Precht gefundenen Betrag von etwas über 100 Grammkalorien für die Wärmeentwicklung von 1 g reinen Radiums pro Stunde erhielten auch RUTHERFORD und BARNES bei einer Bestimmung dieser Größe mit einem Differentialuftkalorimeter (Phil. Mag. 7, 202; 1904). Dieselben Verf. untersuchten in gleicher Hinsicht das Radium nach Abscheidung seiner Emanation, sowie diese Emanation selbst. Die Emanation wurde aus dem Radiumpräparat durch Erwärmung herausgetrieben und in einem in flüssige Luft getauchten Glasröhrchen kondensiert. Die Wärmewirkung des Radiums hatte nach Abscheidung der Emanation beträchtlich abgenommen, ging noch 3 Stunden lang weiter zurück und erreichte mit etwa 30 % des ursprünglichen Wertes ein Minimum. Zu gleicher Zeit zeigte die verschlossene Emanationsröhre eine beträchtliche Wärmewirkung, die 3 Stunden lang zunahm und ein Maximum erreichte. Nach Überschreitung des Minimums erholte sich die Wärmewirkung des Radiums und erhielt innerhalb eines Monats ihren Anfangswert wieder. Gleichzeitig nahm die Wärmewirkung der Emanation als Exponentialfunktion der Zeit ab und fiel in 4 Tagen auf den halben Wert.

Aus diesen Versuchen läßt sich folgern, daß etwa 75 % der Wärmewirkung des Radiums nicht von diesem selbst, sondern von der Emanation herrühren. Zwischen der Änderung der Radioaktivität des Radiums und seiner Wärmeemission besteht ein enger Zusammenhang. Denn nach Abscheidung der Emanation fällt auch die Aktivität des Radiums bis zu einem Minimum von etwa 25 % des Anfangswertes und erholt sich dann allmählich wieder. Gleichzeitig nimmt die Aktivität der Emanation zu und macht sich durch ihre Induktionswirkung an den Wänden des Gefäßes bemerkbar. Die Kurven der Wiederzunahme der Wärmewirkung des Radiums und ihrer Abnahme bei der Emanation sind fast übereinstimmend mit den Kurven, welche die Erholung der Aktivität des Radiums und den Verlust derselben bei der Emanation als Funktion der Zeit darstellen. Im besonderen zeigte sich noch durch genauere Vergleichung der gefundenen Zahlenwerte, daß die Wärmewirkung des Radiums proportional war der durch die  $\alpha$ -Strahlen gemessenen Aktivität, also wohl hauptsächlich eine Begleiterscheinung der Losreißung der  $\alpha$ -Partikelchen ist.

Zur Erklärung der Wärmewirkung des Radiums ist LORD KELVIN geneigt anzunehmen, daß die fortwährend ausgesandte Energie durch eintretende Ätherwellen irgendwie ergänzt werde, ebenso wie ein Gläschen, das einen schwarzen Stoff enthält, im Sonnenlichte wärmer wird als ohne einen solchen. Auf alle Fälle müßten die Versuche unter Abhaltung aller Ätherwellen durch dicke Bleiumhüllung des Radiums wiederholt werden (Phil. Mag. 7, 222).

Manche Beobachtungen scheinen auf eine ozonisierende Wirkung der Radiumstrahlen hinzudeuten. So fanden W. B. HARDY und MIß WILLCOCK, daß durch die Strahlen Jodoform bei Anwesenheit von Sauerstoff zersetzt wird (Proc. of the Royal Soc. 72, 200; Natur.

*Rdsch. XVIII 539, 1903*). Eine Lösung von Jodoform in Chloroform nimmt in Gegenwart von Sauerstoff im Sonnenlichte eine Purpurfärbung an, wobei durch Oxydation Jod frei wird. Dieselbe Färbung zeigt sich auch unter der Einwirkung der Radiumstrahlen. 5 mg reinen Radiumbromids machten eine solche Jodoformlösung tief purpurn, wobei die aktiven Strahlen durch Glimmer, Glas, schwarzes Papier, Aluminium ohne Verlust hindurchgingen. Von den 3 Strahlenarten waren besonders die  $\beta$ -Strahlen, doch auch die  $\gamma$ -Strahlen wirksam. Auch unter dem Einfluß von Röntgenstrahlen trat eine Färbung ein. Möglicherweise ist auch die durch die Strahlen erzeugte Leitfähigkeit der Luft auf Ozonisierung zurückzuführen. Tatsächlich bestehen zwischen der Radioaktivität und dem Verhalten des Ozons, wie F. RICHARZ und R. SCHENCK nachweisen, eine ganze Reihe von Analogien (*Berl. Akadem. Ber. 1903, S. 1102; 1904, S. 37; Natw. Rdsch. 1904, S. 59 u. 134*). Durch Desozonisatoren zersprengtes Ozon bewirkt starke Leitfähigkeit und wirkt auf die photographische Platte. Ebenso läßt sich Sidotblende durch einen kräftigen Ozonstrom zu intensivem Leuchten bringen. Dagegen trat diese Wirkung bei Baryumplatincyänür und Zinkoxyd nicht ein, was indes auch bei verschiedenen Emanationen radioaktiver Körper beobachtet wird. Auch die Wärmeentwicklung der Radiumpräparate findet sich bei der Zersetzung des Ozons wieder. Nach SCHENCK bildet sich das Ozon aus Sauerstoff und Gasionen und zerfällt auch wieder in diese Bestandteile; es ist ein „Sauerstoffelektronid“, d. h. eine chemische Verbindung von Elektronen mit Sauerstoff. Die Bildung von Ozon durch Radiumstrahlen erklärt sich dann dadurch, daß die Radiumpräparate Gasionen aussenden, die sich mit dem Sauerstoff zu Ozon vereinigen. Das Radium und die übrigen radioaktiven Substanzen wären dann auch als „Elektronide“ aufzufassen, bei denen nur die Gleichgewichtsverhältnisse andere sind wie bei dem gasförmigen Ozon. Ebenso ist das Wasserstoffsuperoxyd, das ja auch Strahlen aussendet, als ein Elektronid, dem Ozon analog, anzusehen. Die „Emanationen“ der radioaktiven Körper sind möglicherweise Ozon selbst; das von Ramsay darin gefundene Helium könnte vielleicht in dem kondensierten Ozon gelöst und bei dessen Zersetzung frei geworden sein. Ebenso ist vielleicht der Träger der induzierten Radioaktivität Ozon, das von den festen Körpern absorbiert wird und beim Zerfall Elektronen aussendet. Die Zerstreuung der Elektrizität durch die Luft ließe sich ebenfalls auf die Anwesenheit kleiner Ozonmengen zurückführen. Ist die vorstehende Erklärung der radioaktiven Wirkungen auch noch nicht genügend durch Versuche gestützt, so gewährt sie doch hohes Interesse und wirft ein ganz neues Licht auf die so eigenartigen Erscheinungen.

Zur Prüfung der in Radiumbromid etwa eingeschlossenen oder sich bildenden Gase hatten DEWAR und CURIE eine Probe von 0,4 g drei Monate lang in einer Glasröhre gelassen, die mit einer kleinen Geißler-Röhre und einem Quecksilbermanometer in Verbindung stand (*C. R. CXXXVIII 190; 1904*). Der Apparat wurde möglichst vollkommen evakuiert. In den 3 Monaten entwickelte sich spontan etwas Gas proportional der Zeit, dessen Spektrum die Gegenwart von Wasserstoff und Quecksilberdampf zeigte. Die Verf. neigen zu der Annahme, daß mit dem Radiumsalz in das Röhrchen etwas Wasser gelangt ist, das durch die Strahlen zersetzt wurde. Dasselbe Präparat wurde in einer evakuierten Quarzröhre bis zur Rotglut des Quarzes erhitzt; die dabei entwickelten Gase wurden mittels einer Quecksilberpumpe abgesaugt und dabei durch in flüssige Luft getauchte Röhrchen geleitet, in denen der größte Teil der Emanation und die weniger flüchtigen Gase verdichtet wurden. Die zurückbleibenden Gase nahmen einen Raum von 2,6 ccm bei Atmosphärendruck ein, hatten einen Teil der Radiumemanation mit sich gerissen und waren radioaktiv und leuchtend. Das Spektrum war diskontinuierlich und zeigte die 3 Hauptstreifen des Stickstoffs. Wurde dieser in flüssigem Wasserstoff kondensiert, so zeigte der Entladungsfunke im Geißler-Rohr noch etwas Stickstoff, aber nichts anderes an. Nachdem aus dem Radiumbromid alle eingeschlossenen Gase entfernt waren, wurde das Quarzröhrchen im Knallgasgebläse zugschmolzen und 20 Tage später von DESLANDRES spektroskopisch untersucht. Es zeigte sich, ebenso wie bei den Versuchen von Ramsay, das ganze Spektrum des Heliums, keine anderen Linien, als die dieses Gases.

Die in einem Radiumpräparat beim Aussenden der negativen Strahlen zurückbleibende positive Ladung läßt sich nach STRUTT in der Weise sehr gut demonstrieren, daß man das in ein Glasröhrchen eingeschlossene Radium mit zwei Goldblättchen zu einem Elektroskop verbindet (*Phil. Mag.* 6, 588; 1903). Das Ganze hängt isoliert in einem evakuierten Glasgefäß, dessen Wände mit zur Erde geleiteten Stanniolstreifen in Verbindung stehen. Die Goldblättchen divergieren dann infolge positiver Ladung immer stärker, bis sie sich schließlich an der Stanniolbelegung entladen, worauf die Ladung von neuem beginnt. PASCHEN änderte den Apparat so ab, daß auch die negative Ladung der das Glas durchdringenden  $\beta$ -Strahlung zugleich sichtbar wird (*Phys. Ztschr.* 5, 160; 1904). Zu dem Zwecke wurde das mit Radium gefüllte Röhrchen mit einem Bleimantel umgeben und dieser auch mit zwei Goldblättchen versehen. Durch Nähern eines geriebenen Harzstabes ließ sich dann leicht feststellen, daß die Goldblättchen des Radiumröhrchens positive, die der Bleihülle negative Elektrizität besaßen.

Eine Bewegung des Radiums im elektrischen Felde wurde von J. JOLY beobachtet (*Phil. Mag.* 7, 303; 1904). Zwei dünne Deckgläschen waren mit einem Glasfaden verbunden und wie beim Radiometer auf einer Spitze drehbar angeordnet; auf entgegengesetzten Flächen der Gläschen waren wenige Milligramm Radiumbromid aufgekittet. Eine Glasglocke wurde über die kleine Mühle gedeckt, etwas Kalziumchlorid beigelegt. Wurde jetzt ein geriebener Glas- oder Ebonitstab der Glocke genähert, so begannen sich die Flügel zu drehen, und zwar stärker, wenn man den Luftdruck unter der Glocke bis auf 5 oder 6 cm Hg verringerte, während die Drehung bei höheren Drucken wieder abzunehmen schien. Die Drehung findet stets in der Richtung statt, als wenn die mit Radium bedeckte Fläche von dem elektrisierten Körper abgestoßen würde, ganz unabhängig von dem Zeichen der Elektrizität. Am besten erhält man eine beständige Drehung, wenn man die Mühle zwischen zwei Metallplatten bringt, die mit den Polen einer Influenzmaschine in Verbindung stehen. Brachte man das mit Radium bedeckte Gläschen vor die positiv oder negativ geladene Kugel einer Coulombschen Drehwage, so beobachtete man eine starke Abstoßung, wenn die Radiumseite, eine Anziehung, wenn die Glasseite der geladenen Kugel zugekehrt war. Nur wenn die Ladung sehr groß und das Radium der Kugel sehr nahe war, schien immer eine Anziehung vorhanden zu sein. Die von dem Verf. zur Erklärung der Erscheinung angestellten Versuche machen es am meisten wahrscheinlich, daß die Drehung auf eine Influenzwirkung zurückzuführen ist, die der elektrisierte Körper auf das Radium ausübt, indem die dem Körper entgegengesetzte Ladung durch den ionisierenden Einfluß der  $\alpha$ -Strahlen rasch zerstreut wird, sodaß nur die abstoßende Wirkung der gleichnamigen Ladung zurückbleibt. Vielleicht spielt bei der Drehung auch der Reaktionsdruck der abgeschleuderten  $\alpha$ -Strahlen eine Rolle.

Während die durch Radium und Thor induzierte Aktivität stets eine Abnahme mit der Zeit erkennen läßt, fand GIESEL keine solche Abnahme, wenn er Wismut, Palladium oder Platin durch Eintauchen in eine Lösung von Radiumbromid in angesäuertem Wasser aktiv machte (*Berl. Chem. Berichte* 1903, S. 2368). Dabei zeigten diese Metalle nur  $\alpha$ -Strahlung, während die in Lösung gegangenen, später ausgefällten Metallteile starke  $\beta$ -Strahlung ergaben. GIESEL beobachtete auch die starke Wärmeentwicklung eines Radiumpräparats, indem ein Thermometer, das in eine mit 0,7 g Radiumbromid gefüllte Flasche getaucht war, in kurzer Zeit um  $5^{\circ}$  über die Temperatur der Umgebung stieg.

Außer den schon bekannten, aus der Pechblende gewonnenen radioaktiven Körpern hat GIESEL aus derselben noch einen neuen Stoff hergestellt, der zur Gruppe der Cererden gehört und in seiner Wirkungsweise dem Thor ähnelt (*Chem. Berichte* 36, 342; 1903). Da der Stoff besonders starke Emanationserscheinungen zeigt, bezeichnet GIESEL ihn bis zu genauerer chemischer Bestimmung als „Emanationskörper“. Derselbe zeigt durch den Magneten ablenkbare Becquerelstrahlung, starke Phosphoreszenzwirkung, Induzierung der Umgebung. Die Emanation kann durch einen Luftstrom weggeführt werden, der einen Leuchtschirm (am besten Zinksulfid) erregt und ein Elektroskop momentan entlädt. Die Emanation durchdringt Papier, nicht aber einen dünnen Zelluloidfilm und zeigt im elektrischen

Felde positive Ladung. Nach Crookes ist das von dieser Emanation erzeugte Leuchten der Zinkblende ebenso wie das der Radiumemanation szintillierend. Eine Untersuchung des Emanationskörpers durch GOLDSTEIN machte es unwahrscheinlich, daß die Emanation desselben ein besonderes Gas sei, da es den Druck in einem evakuierten Raum nicht erhöhte, auch in flüssiger Luft nicht die Eigenschaften eines kondensierten Gases zeigte (*Verhdl. d. D. Phys. Ges. 1903, S. 392*). Bei der tiefen Temperatur nimmt die Glaswand des Gefäßes große Mengen Emanationsenergie auf und gibt sie als induzierte Aktivität bei steigender Temperatur wieder aus. Die Emanationsenergie des Gieselschen Körpers dürfte hiernach nicht mit der Energie der Radiumemanation identisch sein; sie scheint am ersten derjenigen vergleichbar zu sein, die in den Strahlen der ersten Schicht des Kathodenlichts induzierter Entladungen auftritt und die GOLDSTEIN als  $S_1$ -Strahlen bezeichnet hat. Schk.

### 3. Geschichte und Erkenntnislehre.

**Christian Doppler und seine Entdeckungen.** Der Feier des 100. Geburtstages Christian Dopplers galt ein Vortrag, den K. HAAS im Verein z. Förd. des physikalischen und chemischen Unterrichts in Wien gehalten hat (*Vierteljahrsberichte des Wiener Vereins IX, Heft I, 1904*). Geboren in Salzburg als Sohn eines Steinmetzmeisters am 29. November 1803, zeigte Doppler schon früh mathematische Anlagen und besuchte drei Jahre lang das polytechnische Institut in Wien, absolvierte danach aber noch die Lyzeumsprüfung in Salzburg und wurde dann Assistent des Mathematikers Hantschl an der Technik in Wien, wo er bis 1833 blieb.

In seinen Bemühungen um eine definitive Anstellung enttäuscht, war er schon im Begriff nach Amerika auszuwandern, als er zum Professor der Mathematik an der Realschule in Prag ernannt wurde. In dieser Stellung veröffentlichte er 1842 in den Abhandlungen der kgl. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften die berühmt gewordene Arbeit über das farbige Licht der Doppelsterne, die das nach ihm benannte Prinzip enthält. Im Jahre 1847 wurde er zum k. k. Bergrat und Professor an der Bergakademie zu Schemnitz ernannt, 1848 zum Mitglied der Wiener Akademie der Wissenschaften und zum Ehrendoktor der Universität Prag, 1849 zum Professor der praktischen Geometrie an der Technik zu Wien. Als 1850 das physikalische Institut in Wien gegründet wurde, wurde Doppler dessen Direktor und zugleich Professor der Experimentalphysik an der Universität. Doch nicht lange danach zwang ihn ein Brustleiden, dessen Keim auf die anstrengende Lehrtätigkeit in den überfüllten Hörsälen in Prag zurückgeführt wird, Urlaub zu nehmen. Er starb in Venedig am 17. März 1853. Die Physiker Venetiens ehrten sein Andenken durch ein Denkmal auf dem Campo Santo zu Venedig.

Die Abhandlungen Dopplers betreffen zum Teil rein mathematische Gegenstände, andere gehören der Akustik, der Optik, der Elektrizitätslehre an. Auch gab er die Anregung, alte markscheiderische Beobachtungen in Bergwerken zu einer Bestimmung der säkularen Variation des Erdmagnetismus zu verwenden. Er hat ferner eine Reihe sinnreicher Apparate erfunden, darunter einen Distanzmesser und ein Ommatogoniometer zur Messung des Gesichtswinkels, wobei er den Gedanken aussprach, daß das Minimum des Gesichtswinkels vom Durchmesser der Netzhautelemente abhängt, und daß daher die photographische Platte dem menschlichen Auge überlegen sei. Auch eine philosophische Abhandlung über das Große und Kleine in der Natur hat er veröffentlicht.

Das schon erwähnte Prinzip war von Doppler zunächst für longitudinale Schwingungen bewiesen und, obwohl er es zur Erklärung der Farben der Doppelsterne benutzte, doch nicht ohne Bedenken auf transversale Schwingungen angewandt worden; diese Bedenken wurden erst 1848 durch Bolzano in den Publikationen der böhm. Gesellschaft d. Wissenschaften behoben. (Auf eine spätere Kontroverse mit Petzval, in die auch Ettingshausen und Mach erfolgreich eingriffen, sei hier nur hingewiesen.) Drei Jahre nach dem Erscheinen der Abhandlung Dopplers (1845) stellt Buys-Ballot auf der Eisenbahn von Utrecht nach Maarsen Beobachtungen an, bei denen ein Ton von einem auf der Lokomotive mitfahrenden Hornisten angegeben und von längs der Strecke verteilten Musikern bezüglich seiner Höhe abgeschätzt

wurde. Ähnliche Experimente wurden in demselben Jahr von dem englischen Ingenieur Russell ausgeführt; dabei beobachtete er auch die große Verschiedenheit zwischen dem direkt von der Lokomotive angegebenen und dem von der Fassade eines Tunnels reflektierten Ton. Viel später (1876) hat H. C. Vogel in Potsdam ähnliche Versuche gemacht, wobei der Ton der Dampfpeife einer Lokomotive benutzt und dessen Höhe von einem Musiker durch Vergleich mit einem Violinton bestimmt wurde.

Die Anwendung des Prinzips auf die Farben der Doppelsterne war von Buys-Ballot angefochten worden. Er machte besonders geltend, Doppler traue dem menschlichen Auge eine zu große Empfindlichkeit für Farbenänderungen zu; auch müßten alle Teile des Spektrums in gleichem Sinne verschoben werden und an einem Ende des Spektrums Strahlen verschwinden, dafür am andern Ende Strahlen aus dem unsichtbaren in den sichtbaren Teil des Spektrums eintreten, sodaß die weiße Farbe nicht geändert würde. Endlich seien die an den Gestirnen bisher beobachteten Geschwindigkeiten (10—70 km) viel zu klein, um eine irgend bemerkbare Farbenänderung der Gestirne hervorzubringen. Auch der Astronom Mädler machte diesen Einwand. Einen Anhänger fand Doppler nur in dem Jesuiten Benedetto Sestini vom Collegio Romano, der 1848 nach Amerika auswanderte. Bei Mitteilung der Beobachtungen Sestinis in der k. Akademie der Wissenschaften zu Wien tat Doppler am 22. Januar 1852 den denkwürdigen Ausspruch: *„Ich lebe mehr als je der Überzeugung, daß der Farbenschmuck, welchen das beobachtende Auge an den Doppelsternen und einigen andern Gestirnen des Himmels bewundert, uns einstens . . . dazu dienen werde, die Elemente der Bahnen von Himmelskörpern zu bestimmen, deren unermessliche Entfernung uns nur noch die Anwendung rein optischer Hilfsmittel gestattet.“*

In anderm Sinne, als Doppler ursprünglich gedacht, sollte sich dies prophetische Wort erfüllen, wiewohl Doppler selbst diese Erfüllung nicht mehr erlebte. Schon 1848 hatte Fizeau es ausgesprochen, daß die durch eine Bewegung der Lichtquelle in der Gesichtslinie bewirkte Änderung der Wellenlänge eine Verschiebung der Spektrallinien hervorbringen müsse. Nach der Entdeckung der Spektralanalyse wies auch Mach auf diesen Zusammenhang hin und zeigte, daß die Verschiebung der Spektrallinie zur Bestimmung der Rotationsgeschwindigkeit der Sonne und zur Berechnung der Bahnelemente von Sternen sich werde verwenden lassen. Er machte auch darauf aufmerksam, daß die Spektrallinien der Atmosphäre keine Verschiebung erleiden. So wurde durch Mach das Dopplersche Prinzip auch für die Astrophysik fruchtbar gemacht. Secchi und Huggins waren die ersten, die diesem Gedanken Folge gaben; Huggins konstatierte 1868 beim Sirius die Verschiebung der Wasserstofflinie im Rot und berechnete daraus eine Geschwindigkeit von 47 km/sec.; Secchi wies 1870 die Rotation der Sonne aus der Differenz der an den entgegengesetzten Enden des Sonnenäquators auftretenden Verschiebungen der Spektrallinien nach, und H. C. Vogel bestimmte daraus die Rotationsgeschwindigkeit der Sonne. 1876 gelang zu Greenwich die Bestimmung der Rotationsdauer des Jupiter, 1889 bestimmte H. C. Vogel die Bahngeschwindigkeit der Venus, und in neuester Zeit Belopolski in Pulkowa die Rotationsdauer der Venus. Zu den Triumphen des Dopplerschen Prinzips gehört auch die spektroskopische Untersuchung der Saturnringe durch Keeler auf der Alleghany-Sternwarte (1897); es gelang ihm der Nachweis, daß die inneren Teile des Ringes sich schneller bewegen, als die äußeren, eine Bestätigung der Hypothese Maxwells, daß die Saturnringe aus zahlreichen getrennten Körperchen beständen, die wie Meteorschwärme den Planeten umkreisen. Bestimmungen der Geschwindigkeit und daraus auch der Bahngröße von Doppelsternen sind zuerst von H. C. Vogel an  $\beta$  im Fuhrmann und  $\varphi$  im großen Bären ausgeführt worden. —

Eine Vorrichtung zum experimentellen Nachweis des Dopplerschen Prinzips für das Gebiet der Akustik ist bereits von Fizeau hergestellt worden. An der Peripherie eines sehr rasch rotierenden Rades waren elastische Lamellen angebracht, die gegen Zähne anschlugen. Der hierbei entstehende Ton hatte verschiedene Höhe, je nachdem sich der Beobachter in der Richtung der Bewegung der Lamellen oder in der entgegengesetzten Richtung befand. Für Unterrichtszwecke hat E. Mach einen bekannten Versuch angegeben (Pogg.

*Ann. 112 und 114*): Eine horizontale Röhre von 183 cm Länge rotiert um eine vertikale Achse. Am Ende befindet sich eine Pfeife, diese wird durch einen Luftstrom angeblasen, der durch die vertikale Achse und durch die Röhre zugeführt wird. Der Beobachter hört, wenn die Pfeife sich ihm nähert, das Maximum der Tonhöhe, im entgegengesetzten Fall das Minimum. K. HAAS vereinfachte den Apparat noch: er bringt an das Ende eines T-förmigen, auf die Schwungmaschine aufgesetzten Körpers einen Kautschukball, an dessen Mündung sich eine kleine Zungenpfeife befindet. Man bläst den Ballon auf und verschließt ihn durch einen Pfropfen, der bei Beginn des Versuchs herausgezogen wird. — Ein anderer Demonstrationsversuch rührt von R. König her und ist von Schüngel (1873) auch zur quantitativen Bestätigung des Prinzips angewandt worden. Man benutzt zwei Stimmgabeln ( $n = 512$ ), deren eine gegen die andere verstimmt ist, sodaß vier Schwebungen in der Sekunde entstehen. Werden beide angestrichen, und bewegt man eine von beiden gegen die Zuhörer, so nimmt die Zahl der Schwebungen pro Sekunde zu bzw. ab. Auch kann man eine von zwei gleichgestimmten Gabeln auf ein an vier Schnüren hängendes Brett stellen und dies nach dem Anstreichen der Gabeln an einer schräg gespannten Schnur abwärts laufen lassen. [Noch ein von König herrührender Versuch sei hier angeführt: Man bewege eine Stimmgabel von hoher Schwingungszahl ( $n = 2000$ ) senkrecht zu einer Wand rasch hin und her; dann wird die Differenz der Schwingungszahlen der direkten und der reflektierten Schwingungen an den Schwebungen des Tones erkannt.] Etwas schwieriger sind die von dem amerikanischen Physiker Marshall Mayer (in *Pogg. Ann. 146*) angegebenen Versuche, deren einer folgender ist: Von zwei Stimmgabeln wird die eine durch Überstreifen eines Kautschukringes etwas tiefer gestimmt. Neben der höher gestimmten hängt man an einem Kokonfaden ein Glas-kügelchen auf, sodaß es den oberen Teil einer Zinke grade berührt. Man streicht nun die tiefere Gabel an und nähert sie in raschem Tempo der höheren, so beginnt diese mitzutönen, und dies zeigt sich an dem Abschleudern des Kügelchens. Dasselbe kann man erreichen, wenn man das Pendelchen an die tiefere Gabel bringt und die höhere nach dem Anstreichen rasch entfernt.

P.

**Anthropomorphismus in der Physik.** Ein populärer Vortrag „Über Elektronen“, den Prof. ERNST LECHER am 5. Dez. 1903 gehalten hat und aus dem eine Skizze in dem Jahresbericht der Rede- und Lesehalle deutscher Studenten in Prag soeben veröffentlicht wurde, schließt mit folgenden Sätzen: „Daß alle Atome all unserer Materie aus solchen Elektronen aufgebaut sein sollen, erzielt eine Umwälzung der fundamentalsten Prinzipien unseres Denkens. Läßt sich dieses Ergebnis verallgemeinern, so haben wir nicht nur den Begriff der Trägheit in rein elektrischer Weise erklärt, es wird auch der Begriff der Masse der Materie in ähnlicher Weise sich auflösen lassen. Dieses Resultat bildet einen der wichtigsten Wendepunkte in unserem Erkennen der Natur, dessen Bedeutung folgende Überlegungen klar machen mögen: Jede Äußerung menschlichen Fühlens und Denkens muß immer anthropomorph sein. Wir Menschen müssen alles vermenschlichen. Darum ist auch jede Wissenschaft, zumal die Naturwissenschaft anthropomorph. Unsere Sinne sind die Eingangspforten aller Erkenntnis, und wir drücken daher jedem Ereignis den Stempel unseres Ichs auf. . . . Die ersten und gewiß eindruckvollsten Erfahrungen, welche die Menschheit in ihrer Kindheit gemacht hat und welche jedes Kind immer von neuem wiederholt, sind die einer harten undurchdringlichen Außenwelt, wir stoßen an schwere und schwer in Bewegung zu setzende Körper, an Körper, deren Heben und Werfen Anstrengung erheischt. Die Summe dieser durch Jahrtausende sich hinziehenden Erfahrungen unserer Vorahren haben wir nicht umsonst geerbt. Die Mechanik ist daher die vollendetste, weil sie die zuerst in Angriff genommene Wissenschaft ist. Wir denken am leichtesten mittels der altvertrauten mechanischen Bilder, und es ist eine mechanische Anschauungsform uns menschlichen Naturforschern die nächstliegende. Nie und nimmer dürfen wir aber vergessen, daß die mechanische Welt-auffassung anthropomorphen Ursprungs ist. . . .

Von solchen Gesichtspunkten aus muß das Ergebnis unserer heutigen Betrachtungen unser tiefstes Interesse erregen. Der bisher rein mechanische Begriff der Trägheit ist zurück-



geführt auf Vorgänge elektrischer Natur. Während wir vordem immer darauf ausgingen, alle Gebiete aus mechanischen Prinzipien zu erklären, konnten wir uns von diesem tief anthropomorphen Standpunkte etwas befreien. Einen ähnlichen Fall bietet die elektromagnetische Lichttheorie. Ganz werden wir aber diese antropomorphe Auffassung der Natur wohl nicht los, denn wir können wohl nie und nimmer — wenigstens zu Lebzeiten! — aus unserm Ich, dem menschlichen Ich heraus. Die absolute Wahrheit liegt außer uns, und unsere Vorstellung davon kann nimmermehr endgültig richtig werden. . . .

Jedes Lebewesen kämpft den Kampf ums Dasein in seiner Art. Unsere Waffen schmiedet die Technik. Dem Marsbewohner wie dem Menschen steht dieselbe Natur gegenüber. Ihre Waffen müssen in jeder Beziehung sich gleichen. Der Weg des Könnens, der Weg zur Beherrschung der Außenwelt beginnt für beide in der Außenwelt, doch führt die Mitte des Weges in beiden Fällen über Sinnes- und Denkprozesse, die bei dem Erden- und Marsbewohner ganz verschieden sein werden. Diese Betrachtung lehre uns Bescheidenheit.

Fest und ehern steht außer uns und trotz uns die Natur, vergänglichlich ist ihr Abbild in unserem Innern, und alles Vergängliche ist nur ein Gleichnis. Vergessen wir daher nicht, daß unser „Elektron“ auch nur ein solches menschliches Gleichnis ist.“

In einigen dieser Sätze darf ich eine willkommene Bestätigung der Schlußbetrachtungen meiner Abhandlung „Zur gegenwärtigen Naturphilosophie“ begrüßen, die grade zur angegebenen Zeit niedergeschrieben worden waren. Wie ich mit der Goetheschen Frage schloß: „Ist nicht der Kern der Natur Mensch im Herzen?“, so gibt auch LECHER seiner Darstellung das Motto: „Alle Menschen groß und klein spinnen sich ein Gewebe fein, wo sie mit ihrer Scheren Spitzen gar zierlich in der Mitte sitzen.“

So wie Lecher unsere Sinne nicht nur „Eingangspforten aller Erkenntnis“ nennt, sondern sie auch „jedem Ereignis den Stempel unseres menschlichen Ichs aufdrücken“ läßt, so hatte ich die spezifischen Sinnesenergien als naturwissenschaftlichen Ausdruck für die erkenntnistheoretische Bedingtheit unseres physikalischen Erkennens betont. So wenig ich aber darum der allermodernsten Subjektivierung aller Gegenstände der Physik zustimmen kann, so nachdrücklich verkündet auch LECHER „die absolute Wahrheit liegt außer uns“ und „fest und ehern steht außer uns und trotz uns die Natur“.

A. Hüfler.

#### 4. Unterricht und Methode.

**Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts an den höheren Schulen Deutschlands.**<sup>1)</sup> Von J. NORRENBERG. Mit der vorliegenden kleinen Schrift, die den Inhalt einer vor 2 Jahren erschienenen Abhandlung (vgl. d. Zeitschr. XVI 114) weiter ausführt, hat der Verfasser etwas sehr Verdienstliches geleistet; denn gerade bei den Bestrebungen um die weitere Gestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts und um seine Geltendmachung als eines hervorragenden Bildungsmittels fehlt es bisher fast gänzlich an historischer Kontinuität, an bewußtem Zusammenhang mit der Geschichte des Gegenstandes. Umsomehr muß die frische, die großen Leitgedanken der Entwicklung klar heraushebende Darstellung, die der Verfasser hier bietet, willkommen heißen werden. Er zeigt vor allem, zum Teil nach Paulsens Vorgang, wie die Entwicklung des Unterrichtes sich eng an den Fortschritt der Wissenschaft und an den Gang der Kultur im allgemeinen anschließt. Die großen Namen von Lord Bacon, Leibniz, Rousseau, Herder sind mit dem Anstieg des Unterrichts zu höheren Stufen eng verknüpft. Langsam nur ringt sich der Unterricht aus den Traditionen der Klosterschulen los. Erst mit dem Anbruch des 19. Jahrhunderts, des Jahrhunderts der Naturwissenschaften, gelangt auch der naturwissenschaftliche Unterricht zu höherer Bedeutung. Die Süvernschen Lehrpläne von 1826 räumten den Naturwissenschaften durch alle Klassen des Gymnasiums je 2 Stunden ein und sicherten ihnen eine Stelle unter den Prüfungsgegenständen. Man hatte begriffen, „daß im Studium der Naturwissenschaften noch ungehobene erzieherische Kräfte verborgen seien“. Aber es fehlte an Mitteln und vor allem an Lehrern,

<sup>1)</sup> Sammlung naturwissenschaftlich-pädagogischer Abhandlungen, herausgegeben von O. Schmeil und W. B. Schmidt, Band I, Heft 6. Leipzig, B. G. Teubner, 1904. 76 S. M 180.

um den Gedanken in die Tat umzusetzen. Das Jahr 1837 brachte mit der Wiedezurückdrängung der Naturwissenschaften einen empfindlichen Rückschlag, der durch die Wieseschen Lehrpläne von 1856 seine Bestätigung erfuhr. Naturbeschreibung und Physik verschwanden damals aus der Reifeprüfung des Gymnasiums und sind seitdem auch nicht wieder in diese aufgenommen worden.

Gleichzeitig aber hatte sich die Realschule aus einer technischen Fachschule in der Richtung auf eine Anstalt für allgemeine Bildung entwickelt und begann als Vorbereitungsanstalt zur Universität mit dem alten Gymnasium in Konkurrenz zu treten. Schon Bessel hatte 1828 die Forderung erhoben, es sollten höhere, den Gymnasien gleichberechtigte Schulen geschaffen werden, die die „Wissenschaften“ zur Hauptsache machten. Doch erst die Wieseschen Lehrpläne für die Realschulen von 1859 stellten diese Anstalten in die Reihe der allgemeinen Bildungsanstalten. Der Verfasser der Schrift ist indessen im Unrecht — wie schon früher, diese Zeitschr. XVI 114, bemerkt — wenn er den Wieseschen Lehrplänen das Verdienst zuschreibt, die humanistische Aufgabe des naturwissenschaftlichen Unterrichtes deutlich ausgesprochen zu haben. Wir müssen hier noch einmal betonen, daß die Worte Wieses, die der Verfasser an erster Stelle hierfür anführt, nichts in der angegebenen Richtung beweisen. Die „unsichtbare und geistige Welt, auf der die sichtbare und sinnliche Welt ruht“, und die „Wahrheit, die über der Wirklichkeit steht“ — dies sind Begriffe, die als humanistisches Gegengewicht gegen den allzu realistischen Charakter der Naturwissenschaft von Wiese anempfohlen werden, die aber nicht auf dem Boden der Naturwissenschaft selbst erwachsen sind. Wir bleiben dabei, daß der Gedanke von der humanistischen Aufgabe des naturwissenschaftlichen Unterrichtes vielmehr von Bonitz in den Vorbemerkungen zum österreichischen Organisationsentwurf von 1849 klar und bestimmt ausgesprochen worden ist; unabhängig davon hat der Gedanke in dem Programm dieser Zeitschrift von 1887 eine noch schärfere Präzisierung erfahren und ist dann 1888 von Höfler (d. Zeitschr. II 1) weiter ausgeführt worden.

Im Zusammenhang mit einer kurzen Kennzeichnung der späteren Lehrpläne bis zu den letzten von 1901 geht der Verfasser auch mit einigen Bemerkungen auf die so wichtige Ausbildung der Lehrer der Naturwissenschaften und auf die Methodik des Gebietes ein. In letzterer Hinsicht ist er indeß den tatsächlichen Fortschritten nicht gerecht geworden, wenn er sagt: „Die Bestrebungen zur Verbesserung des Unterrichtes richteten sich hier fast ausschließlich auf Vervollkommnung der Unterrichtsmittel, der experimentellen Einrichtungen, der Apparate und Sammlungen. . . . Gegenüber diesen Fortschritten in der Technik des Experiments sind die übrigen Bestrebungen auf methodischem Gebiet nur von untergeordneter Bedeutung“. Allerdings werden dem, der die Fachliteratur der letzten zwei Jahrzehnte durchsieht, zunächst die Vorschläge für Verbesserung der experimentellen Hilfsmittel in die Augen fallen; aber dies ist ein größtenteils durch äußere Umstände hervorgerufener Eindruck, zumal auch methodische Fortschritte der Regel nach mit experimentellen Neugestaltungen verknüpft sind. Und gewiß ist das Ausgehen vom Experiment nachgerade eine „Binsenwahrheit“, aber das Experiment an sich bedeutet wenig, wenn es nicht mit gedanklicher Durcharbeitung des Stoffes Hand in Hand geht. Gegen das planlose Herumexperimentieren hat sich namentlich Schwalbe in seinen Ratschlägen für eine übersichtliche und logische Gruppierung der Versuche gewendet. Und an die Stelle des schablonenhaften und mechanischen Aneinanderreihens von „Versuch“ und „Gesetz“, worin man früher oft das Wesen der induktiven Methode erblickte, ist mehr und mehr ein Verfahren getreten, das man wohl als ein entwickelndes oder heuristisches bezeichnen könnte, und das in zahlreichen Aufsätzen in dieser Zeitschrift seinen Ausdruck gefunden hat. Auch die Lehrbücher weisen hiervon mehr oder weniger die Spuren auf; daß das Verfahren gleichwohl noch in keinem Lehrbuch sozusagen kodifiziert worden ist, darf ihm gerade als Vorzug nachgerühmt werden. Denn ein wesentlicher Zug dieses Verfahrens besteht darin, daß der Weg zur Erforschung eines Gegenstandes im gemeinsamen Nachdenken von Lehrer und Schülern gefunden wird, und ebendarum nicht von vornherein im Lehrbuch festgelegt sein darf. Dies ist auch einer von den Gründen,

weswegen für physikalische Lehrbücher die systematische Form der Darstellung noch immer als die angemessenste erscheint. Daraus folgt andererseits, daß gerade in den Lehrbüchern der angedeutete Fortschritt der Methode nicht zum Ausdruck kommt. Es wäre daher schon aus diesem Grunde zu weit gegangen, wollte man behaupten, daß „jedes der in den letzten Jahrzehnten erschienenen Lehrbücher einen Denkstein in der Geschichte der Methodik“ bedeutet — wie der Verfasser im Vorwort ausspricht, obwohl er den gesamten methodischen Leistungen, wenigstens was den exaktwissenschaftlichen Unterricht betrifft, eine so untergeordnete Bedeutung beilegt.

Daß der Verfasser den Charakter der neueren methodischen Fortschritte nicht richtig beurteilt, zeigt sich auch in dem, was er über Ohmanns Beiträge zur Methodik des chemischen Unterrichts sagt: Das Verfahren von Arendt sei in den neueren Arbeiten, so in dem Lehrgang von Ohmann, zu Gunsten der älteren Methode, die ersten Lehrstunden zur Unterscheidung von chemischen Vorgängen im Gegensatz zu physikalischen Erscheinungen, von Elementen und Verbindungen zu benutzen, wieder verlassen worden. Gerade das Gegenteil ist richtig. Ohmann hat die starke Anhäufung von Tatsachenmaterial, die bei Arendt den Eingang zur Chemie sozusagen versperrt, aufs glücklichste vermieden, indem er die vorhin gekennzeichnete heuristische Methode auf das Gebiet der Chemie anwandte. Seine Abhandlungen bedeuten keinen Rückschritt, sondern einen Fortschritt über Arendt hinaus, und in gewissem Sinn auch über Wilbrand, indem nicht wie bei diesem ein komplizierter Gedankengang dem Schüler vorgeschrieben, sondern eine einfachere, gleichfalls induktive Gedankenfolge eingehalten wird, an der sich auch der Schüler selbsttätig beteiligen kann. —

Auch noch in einem anderen Punkte müssen wir dem Verfasser widersprechen: Es ist wohl zu optimistisch gesehen, wenn er sagt, durch die Gleichberechtigung aller höheren Lehranstalten sei auch den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern eine bevorzugte Stellung im Erziehungswesen der Neuzeit eingeräumt. Noch fehlt sehr viel daran, daß selbst an den Realanstalten die Naturwissenschaften die bevorzugte Stellung einnehmen, die ihnen in Anbetracht ihres Bildungswertes zukommt. Noch fehlt uns das naturwissenschaftliche Gymnasium, an dessen Verwirklichung mitzuarbeiten des verewigten Schwalbe letzter Lebenswunsch gewesen ist.

Gern aber stimmen wir dem Verfasser darin bei, daß mit jener Gleichberechtigung von 1901 für die Fortentwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts eine neue Epoche eingeleitet ist, und daß die Lösung der dem naturwissenschaftlichen Unterricht gesteckten Probleme nunmehr in eine greifbare Zukunft gerückt erscheint. Den Realanstalten wird der Hauptanteil an der hier zu leistenden Arbeit zufallen. Aber der Verfasser spricht ein wahres und bedeutsames Wort aus, wenn er sagt, daß auch das Gymnasium der erzieherischen Kraft des naturwissenschaftlichen Unterrichts nicht werde entraten können; es würde sich sonst das eigene Grab bereiten, da die Selektionstheorie auch im organischen Leben des Schulwesens ihre Bedeutung hat.

P.

### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Die Verwendbarkeit der Elektrizität zur Bindung des Atmosphärenstickstoffs.** Durch die besonders zu Nahrungszwecken angebauten Pflanzen wird dem Ackerboden fortwährend Stickstoff entzogen. Einen Ersatz hierfür kann der in praktisch unbegrenzter Menge in der atmosphärischen Luft vorhandene Stickstoff nicht liefern, denn diesen vermögen die Pflanzen gemeinhin nicht zu verarbeiten, wir stehen somit vor der Aufgabe, ein Verfahren zur Überführung des Atmosphärenstickstoffes in assimilierbare Verbindungen aufzufinden.

Assimilierbare Verbindungen des Stickstoffs sind in erster Reihe Salpetersäure bzw. salpetersaure Salze. Selbst Ammoniak und dessen Salze, wie das von der chemischen Technik in reichlichen Mengen erzeugte Ammoniumsulfat, sind schwer assimilierbar und müßten zuvor in Salpetersäureverbindungen übergeführt werden. Dies kann nach Ostwald (Frz. Pat. 317544; Engl. Pat. 698 von 1902) durch Katalyse geschehen, indem man Ammoniak

mit Luft gemischt über *Pt*, *Ir*, *Rh* oder *Pd*, oder auch über Metalloxyde, wie  $Mn_2O_3$ ,  $PbO_2$ ,  $Fe_2O_3$  u. a. leitet, oder auch, indem man nach Marston (Engl. Pat. 19074 von 1900) *H*- oder  $NH_3$ -haltige Luft über glühendes *Cu*, *Fe* oder andere oxydierbare Metalle leitet.

Während diese technisch nicht ohne Schwierigkeiten durchführbaren Verfahren neueren Forschungen ihr Entstehen verdanken, ist die Andeutung zu einem anderen Weg seit lange vorhanden. Wir wissen, daß elektrische Entladungen in abgeschlossenen Lufträumen, wenn in der Luft Wasserdampf enthalten ist, Salpetersäure erzeugen, und wir wissen ferner, daß in der freien Luft nach Gewittern sich ebenfalls Salpetersäure nachweisen läßt, deren Entstehung auf die Blitzentladungen zurückzuführen ist. Man müßte also durch dauernde Einwirkung elektrischer Entladungen von genügender Intensität auf Luft Salpetersäure in beliebigen Mengen herstellen können. Die Ausführbarkeit dieses Projektes ist von verschiedenen Seiten erörtert und durch Versuche bestätigt worden; so glaubte z. B. Crookes auf Grund seiner Beobachtungen sich zu der Behauptung berechtigt, daß man am Niagara für 100 Mark durch 20 000 PS. 1000 kg  $NaNO_3$  herstellen könne. Noch 1898 lenkte Crookes von neuem die Aufmerksamkeit der wissenschaftlichen Welt auf das Projekt und es sollte seine praktische Lösung in gewissem Umfange nicht mehr lange auf sich warten lassen, denn 1902 wurde in Niagara Falls „The atmospheric Products Co.“ zur Ausbeutung der Patente von BRADLEY, LOVEJOY (Amerik. Pat. 709687 von 1902) und JOHNSON (Engl. Pat. 8230 von 1901) gegründet. Die Einrichtung daselbst ist folgende. An einer senkrechten, durch einen 1 PS.-Motor mit 500 Umdr. i. d. Min. angetriebenen Achse befinden sich 23 Sterne aus je 6 äquidistanten Kontaktarmen mit Platinenden, die sämtlich mit dem negativen Pol der Stromquelle verbunden sind; dieses umlaufende System ist umgeben von einem hölzernen, innen mit Asphaltfirnis gestrichenen und mit Glasfenstern versehenen Gehäuse, welches  $23 \times 6$  den rotierenden genau entsprechend angeordnete, positive Elektroden besitzt. In jede der 138 Leitungen ist eine Drosselspule geschaltet; als Stromquelle dient eine 45 K.W.-Gleichstrommaschine für normal 8000 Volt bei 0,75 Amp., maximal 15000 Volt. Die Luft tritt von unten möglichst trocken in den beschriebenen Apparat, in dem sich beim Vorübergehen eines Kontaktarmes an einem festen Kontakt, infolge der hohen Spannung ohne gegenseitige Berührung, in jeder Minute  $138 \times 6 \times 500 = 414000$  Lichtbögen von je 0,005 Amp. bilden, die erst bei mehreren Zoll Länge abreißen und erhebliche Mengen Stickstoffoxyd erzeugen. Die so angereicherte Luft tritt dann in ein Reservoir und aus diesem in einen Skrubber\*), in welchem man nur entsprechende Alkalilauge hinabfließen zu lassen braucht, um Salpeter zu erhalten. Was nun die dabei stattfindenden Vorgänge anbetrifft, so ist die Reaktion unter dem Einflusse der Entladungen folgende:



d. h. die Reaktion ist endothermisch. Der Gleichgewichtszustand eines  $N = O$ -Reaktionsgemisches ist, wenn  $C_{N_2}$ ,  $C_{O_2}$  und  $C_{NO}$  die bez. Volumkonzentrationen sind nach dem Guldberg-Waageschen Massenwirkungsgesetz gegeben durch

$$\frac{C_{N_2} \cdot C_{O_2}}{(C_{NO})^2} = K,$$

wobei  $K$  die Gleichgewichtskonstante ist; diese wird mit steigender Temperatur sehr schnell kleiner, d. h. die Reaktion ergibt eine um so höhere Ausbeute, je höher die Temperatur ist, bei der sie vor sich geht. Diese Gleichgewichtskonstante bzw. deren Abhängigkeit von der Temperatur ist neuerdings (1903) von Muthmann und Hofer eingehend untersucht worden. Zur genauen Bestimmung der Reaktionstemperatur benutzten die Genannten die Ergebnisse Le Chateliers über die Abhängigkeit des Dissoziationsgrades des Kohlendioxyds von der Temperatur und fanden so  $t = 1800$ . Es sind dann zur Bildung von 30 g  $NO$  417 660 cal nötig, 21600 zur reinen  $NO$ -Bildung, 13800 zur Erwärmung auf  $1800^\circ$ , 382260

\*) Dieses sind auch bei der Leuchtgasfabrikation angewandte aufrecht stehende gasdichte Eisenblechzylinder, die innen mit Koksstücken gefüllt sind, und die das Gas von unten nach oben, das Wasser oder im vorliegenden Falle die Lauge von oben nach unten durchströmt.

zur Erwärmung des Luftballastes, und es kostete bei einem Preis der PS.-Stunde von 2 Pf. 1 kg  $HNO_3$  21,0 Pf. Nach einer etwas genaueren Berechnung von E. Rasch wären es sogar 474 481 cal, und der Preis von 1 kg  $HNO_3 = 24$  Pf., entsprechend einem Verbrauch von 8,745 K.W.-Stunden. Die Ausbeute beträgt hierbei 3,6 %; auffällig ist der enorme Verbrauch an Energie von seiten der indifferenten, nur zu erwärmenden Luft. Für die weitere Umsetzung von  $NO$  in  $HNO_3$  ist nach Planck der Reaktionsvorgang folgender:



es werden also dabei pro Gramm-Molekül  $NO$  36500 cal frei. Der Gleichgewichtskoeffizient  $K$  läßt sich, wenn für eine Temperatur bekannt, für jede andere nach der folgenden aus der van 't Hoff'schen Gleichung für die Reaktionsisochore abgeleiteten Gleichung

$$K_x = K \cdot e^{\frac{q}{R} \left( \frac{1}{T_x} - \frac{1}{T} \right)},$$

worin  $R$  die Gaskonstante,  $q$  die Wärmetönung,  $T$  und  $T_x$  die absoluten Temperaturen sind, für jede beliebige Temperatur  $T_x$  berechnen, und auf diese Weise fanden Muthmann und Hofer für die in Rede stehende Reaktion folgende Abhängigkeit:

$T$ ==	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000
$K$ ==	6668	175	19,86	4,62	1,62	0,75	0,25
% $NO$ ==	0,49 %	3,67 %	8,96 %	18,4 %	31,2 %	46,0 %	80 %

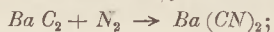
woraus ersichtlich ist, daß eine Erhöhung der Reaktionstemperatur wesentlich höhere Ausbeute gibt. Dies scheidet aber an der Zerstörtheit der  $Pt$ -Elektroden, da der Schmelzpunkt des  $Pt$  bei  $1770^\circ C$ . liegt, dies also für das beschriebene Verfahren als obere Temperaturgrenze anzusehen ist.

Nun ist es eine ebenfalls lange bekannte Tatsache, daß beim gewöhnlichen Kohlelichtbogen  $NO_2$  bezw. ebenfalls  $HNO_3$  entstehen, ja bei den sogenannten Flammenbogenlampen ist die Bildung von  $NO_2$  so stark, daß dadurch deren Verwendung in geschlossenen Räumen sehr bedenklich erscheint und man zu einem besonderen Mittel gegriffen hat, dieses  $NO_2$  zu beseitigen (D.R.P. 137507, 138018 und 138019). Gebr. Siemens verwenden dazu kohlen-saures Ammoniak, welches, in der Menge von einigen Gramm in die Lampengehäuse gebracht, unter Ausscheidung des Kohlendioxyds in salpetersaures Ammoniak übergeht, gewissermaßen die Andeutung eines Verfahrens zur Bindung des Luftstickstoffes mit Hilfe des Lichtbogens. Die  $NO_2$ -Bildung durch letzteren schreiben die Genannten merkwürdigerweise dem Vorentstehen von Ozon,  $O_3$ , zu, eine ganz vereinzelt dastehende Anschauung. Die Lichtbogentemperatur beträgt nun nach den Messungen von Lummer & Pringsheim  $\sim 4000^\circ$ , bei dieser Temperatur würde nach der oben gegebenen Tabelle die Ausbeute das Zwölfwache der früheren sein; einer Anwendung des Kohlelichtbogens steht aber der Umstand gegenüber, daß die Anwesenheit von Kohledampf bezw. hochehitzten Kohlenstoffverbindungen durch Reduktionswirkung dem erstrebten Zwecke entgegenwirken würde. Aussichtsvoll erscheint die Verwendung des Lichtbogens nur, wenn es gelänge, hochhitzebeständige indifferente Elektroden herzustellen. Nun hat E. Rasch für solche Zwecke die von ihm angegebenen „Elektrolytelektroden“, aus Leitern zweiter Klasse wie Oxyden, Boriden, Siliciden u. s. w. bestehend, in Vorschlag gebracht. Diese Elektroden bedürfen, wenn sie für höhere Temperaturen bestimmt sind, einer Anwärmung, da sie kalt sehr schlecht leiten, sie gestatten aber, bei Spannungen, die den oben mitgeteilten gegenüber sehr niedrig sind — zweckmäßig wohl  $\sim 60$  Volt —, einen Bogen mit sehr großer Stromdichte bei sehr geringer Abnutzung dauernd zu unterhalten. Hinzu kommt noch, daß solche Elektroden nachweisbar katalytisch in gleichem Sinne, also ebenfalls stickstoffbindend wirken, denn es lassen sich in der Nähe eines einen solchen Leiter zweiter Klasse bildenden Nernstlampenfadens nach dem Erlöschen die nitrosen Verbindungen außer durch den Geruch auch durch Jodkaliumstärkereaktion bei Anwendung eines schwachen feuchten Luftstromes nachweisen (E. Rasch, S.-A. aus Dinglers polytechn. J. 318, Heft 17, 1903, S. 12, Anm. 22). Bei

Anwendung eines solchen Elektrolytlichtbogens würde sich, in der oben angegebenen Weise berechnet, bei Annahme einer Reaktionstemperatur von  $3727^{\circ}$  der Energieverbrauch für 100 kg Salpetersäure zu 2,21 K.W.-Stunden und der Preis dieser Menge zu 6,10 Mark gegenüber 24 Mark bei Anwendung des Bradley-Lovejoyschen Verfahrens ergeben.

Der Lichtbogen kann aber noch in anderer Weise zur unmittelbaren Bindung des Atmosphärenstickstoffes benutzt werden; beim gewöhnlichen Kohlebogen bilden sich nämlich, wie Dewar (1880) gezeigt, auch noch Cyan  $C_2N_2$  und Cyanwasserstoff  $HCN$ , die berüchtigte Blausäure, und man könnte daran denken, den Prozeß so zu verändern, daß man absichtlich diese Verbindungen in größeren Mengen entstehen läßt, um sie weiter zu verarbeiten. So läßt E. O. Neil (1902) Petroleum- oder Steinkohlengas-Luftgemische in einen Lichtbogen treten; hierbei entsteht Cyanwasserstoff, der, in Wasser gelöst, ohne weiteres z. B. mit Kali neutralisiert werden kann, und denkt der Genannte nach diesem Verfahren 1 kg  $KCy$  zu 40 Pf. liefern zu können.

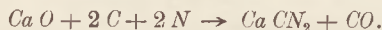
Zu einem ganz anderen Verfahren hat nun die Entdeckung von Dr. Frank und Caro (1895) Anlaß gegeben, daß die Karbide der alkalischen Erden mit  $N$  Verbindungen eingehen, welche sich sehr leicht in Alkalicyanide überführen lassen (D.R.PP. 88363, 92587, 95660, 108971, 116087, 116088). Wenn man nämlich dem Baryumkarbid bei Glühhitze reinen Stickstoff oder Luft zuführt, so gehen nur etwa 30% des Karbids folgende Reaktion ein:



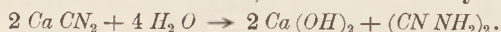
alles übrige ergibt nach der Formel:



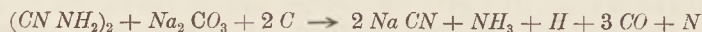
unter Kohlenstoffabscheidung eine neue Verbindung, das Baryumcyanamid, welches erst durch Umschmelzen mit Soda unter Wiederaufnahme von  $C$  in Cyanbaryum übergeht. Versuche der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt in Frankfurt a. M. und der Firma Siemens und Halske A.-G. ergaben, daß 80%-iges  $Ba C_2$  durchschnittlich 90% der theoretischen Stickstoffmenge aufnahm und beim weiteren Verarbeiten ein gutes Cyannatrium ergab. Auf Anregung von Pflieger ging die von den oben genannten Firmen gegründete Cyanidgesellschaft dann dazu über, Calciumkarbid zu verwenden, welches erheblich einfacher herstellbar ist, als das Baryumkarbid. Auch das  $Ca C_2$  gibt zunächst hauptsächlich Cyanamid,  $Ca CN_2$ , außerdem aber bei der Azotierung Körper, die sich nach den Versuchen von Wagner-Darmstadt und Gerlach-Posen als geeigneter Ersatz für Chilisalpeter und schwefelsaures Ammonium erwiesen haben. 75÷80%-iges  $Ca C_2$  nimmt 85÷95% der theoretischen  $N$ -Menge auf. Nachdem 1901 die Versuchsstelle nach Berlin verlegt worden, ergab sich zunächst, daß man das Cyanamid weit billiger direkt aus dem zur Karbidherstellung benutzten Gemisch erhalten kann, nach der Formel:



Das so erhaltene Produkt hat sich für Düngezwecke dem in der oben angegebenen Weise erhaltenen gleichwertig erwiesen. Man kann ferner durch Auslaugung aus der Calciumcyanamidmasse, wie sie aus dem Ofen kommt, ein Calciumdicyandiamid erhalten:



Beim Umschmelzen dieses Dicyandiamids mit kohlen-saurem Natron erhält man u. a., da mehrere Reaktionen nebeneinander laufen:



und zwar ist das Cyannatrium ohne weitere Operationen vollständig rein. Auch dieses auf dem Entstehen der Cyanamide beruhende Verfahren ist ein elektrochemisches, da man sich dabei zweckmäßig eines elektrischen Ofens (Widerstandsofens) bedient.

Fassen wir das Gesagte zusammen, so ist nicht zu verkennen, daß die Frage der Nutzbarmachung des in der Atmosphäre enthaltenen Stickstoffes und damit die nach einem Ersatz für den in absehbarer Zeit wegen völliger Erschöpfung der Lager nicht mehr erhältlichen Salpeter wenn auch nicht vollständig gelöst, so doch der Lösung bereits sehr nahe gebracht ist.

W. Biegón von Czudnochowski.

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Die elektrische Glühlampe im Dienste des physikalischen Unterrichts.** Von Prof. E. Grimsehl in Hamburg. (Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft Heft 1.) Berlin, Julius Springer, 1904. 60 S. M 2.

Der Zweck der Abhandlungen, die als „Sonderhefte“ der Zeitschrift herausgegeben werden, ist den Lesern durch die früher veröffentlichte Ankündigung bekannt geworden. Es sei an dieser Stelle nur einiges aus dem reichen Inhalt des vorliegenden ersten Heftes herausgehoben. Abschnitt I umfaßt Glühlampenmodelle und Lampenrheostaten, Abschnitt II (die Glühlampe als Stromstärkemesser) enthält Versuche über die Änderung des Widerstandes mit der Temperatur, den elektrolitischen Glühkörper, die Stromstärke bei belastetem und unbelastetem Elektromotor. Abschnitt III (die Glühlampe als Spannungsmesser) behandelt das Zwei- und Dreileitersystem, Parallel- und Serienschaltung, Wheatstonesche Brücke, Selbstinduktion; Abschnitt IV die Wechselwirkung zwischen Leiter und Magnet, die Polarisation der Elektroden, elektrostatische Versuche, Geißlersche Röhren; Abschnitt V Versuche aus der Mechanik und Wärmelehre, u. a. ein Stromthermometer, ein aus dem Vorschaltwiderstand der Nernstlampe gebildetes Bolometer, Versuche über Wärmestrahlung und -leitung; Abschnitt VI Versuche aus der Optik, u. a. eine Glühlampenlaterne als Ersatz des Skioptikons, die Darstellung des Spektrums mit Hilfe dieser Laterne und ihre Verwendung für andere optische Zwecke.

In der Physikalischen Zeitschrift (V, No. 10) wird die Abhandlung als ein Meisterstück sowohl in Bezug auf ihren didaktischen Wert als auch hinsichtlich ihrer experimentellen Vielseitigkeit bezeichnet. Jeder, der die Abhandlung in die Hand nimmt, wird von der Fülle der Verwendungsmöglichkeiten der Glühlampe überrascht sein und der Erfindungsgabe des Verfassers Anerkennung zollen.

P.

**Zur gegenwärtigen Naturphilosophie.** Von Dr. Alois Höfler, o. ö. Professor an der Deutschen Universität Prag. (Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft. Herausgegeben von F. Poske in Berlin, A. Höfler in Prag und E. Grimsehl in Hamburg. Heft 2.) Berlin, Julius Springer, 1904. 136 S. M 3,60.

Als eine der Aufgaben der „Sonderhefte“ wurde in ihrer Ankündigung hingestellt, „das immer noch wachsende Interesse an der Philosophie der Naturwissenschaft in geordnete Bahnen“ zu lenken „und zur Förderung der Wissenschaft wie des Unterrichts“ heranzuziehen. Das vorliegende 2. Heft beschreitet als das erste den dornenvollen Weg nach diesem Ziele. Einen wahrhaft afrikanischen Buschwald von richtigen Sätzen mit schiefer Begründung, von Halbwahrheiten, Irrtümern und Vorurteilen sieht der Führer vor sich liegen, die Herstellung eines schmalen Pfades macht schon Mühe genug, und den nachfolgenden Begleitern kann nicht jedes Hindernis aus dem Wege geräumt werden. Und gerade jenes Interesse an der Philosophie der Naturwissenschaft ist der Boden, auf dem diese Hemmnisse gewachsen sind, wie es leicht geschieht, wenn ein eben erwachter Trieb sich selbst überlassen bleibt und nicht zur rechten Zeit diszipliniert wird. Eine ganze Reihe hervorragender Naturforscher der jüngsten Vergangenheit und der Gegenwart hat das Bedürfnis empfunden, den Grundfragen und Grundlagen ihrer Wissenschaft nachzuspüren, aber es ist diesen Männern zum großen Teil nicht gelungen, die Exaktheit und Gründlichkeit der Methoden der Naturforschung auch bei ihren Untersuchungen auf metaphysischem Gebiet festzuhalten und zu betätigen.

Bei solcher Sachlage mußten die ersten Bemühungen zur Verwirklichung des oben mitgeteilten Programmpunktes der „Sonderhefte“ einen vorzugsweise kritischen Charakter annehmen, der selbstverständlich nichts mit bloßer unfruchtbarer Negation zu tun hat, vielmehr in der Abhandlung Höflers zu einer ganzen Reihe wertvoller positiver Ergebnisse führt. Bei der überragenden Bedeutung, die der Streit zwischen der dynamischen und energetischen Auffassung heutzutage für die Physiker besitzt, war es natürlich, daß Höfler dabei an den Begriff der Energie anknüpfte und demgemäß sich zunächst mit dem angesehensten und radikalsten Vertreter der energetischen Betrachtungsweise, Wilhelm Ostwald, oder vielmehr mit dessen in den „Vorlesungen über Naturphilosophie“ niedergelegten Ansichten auseinandersetzte. Gegenüber Ostwalds energetischen Behauptungen wird von Höfler festgestellt: 1. Energie und Kraft sind Dispositionsbegriffe (kategoriale Vorstellungselemente), sie bezeichnen lediglich Fähigkeiten, und zwar ist Energie „die Fähigkeit Arbeit zu leisten“ (S. 81). „Jeder Disposition entspricht ein aktuelles Korrelat“ (S. 26), ein Wirklichkeitsvorgang, ein Wahrnehmbares (phänomenales Vorstellungselement); dieses ist speziell für die mechanische Kraft die Spannung, für die Energie die Arbeit. Hiernach muß zunächst die Gleichsetzung der Begriffe Energie und Arbeit abgelehnt werden. 2. Beschränkt man die Betrachtung auf mechanische Kraft

und mechanische Arbeit, so ist ersichtlich, daß in der Vorstellung dieser Arbeit erstens die Vorstellung bzw. Empfindung der Spannung und zweitens die einer Streckenverschiebung enthalten ist. Vom psychologisch-logischen Standpunkt aus ist damit über den Versuch, die Arbeit an Stelle der Kraft als Grundbegriff zu verwerten, der Stab gebrochen. 3. Die Bezeichnung der Energie als einer Fähigkeit charakterisiert sie als Glied von Kausalbeziehungen und zwar als eine Teilbedingung, deren besondere Wirkungen von dem Hinzutreten anderer Teilbedingungen abhängen. Da nun eine Teilbedingung durch eine äquivalente ersetzbar ist, ohne daß sich die Wirkung ändert, da ferner durch die Erfahrung solche Äquivalenzbeziehungen für die Energie festgestellt sind, so sind ihr auch einheitliche Wirkungen verbürgt. Im Hinblick hierauf fassen wir die Energie selbst als etwas Einheitliches, und unter diesem Gesichtspunkte erklärt sich das physikalische Interesse an ihr und die bevorzugte Stellung, die ihr bei Ostwald angewiesen wird. 4. Es hängt aber nur von praktischen Momenten ab, ob nun die Messung eines Energiequantums Anfang und Ende einer bestimmten Untersuchung bildet, oder ob auch die Kraftgrößen in Rechnung gestellt werden. Bei gegebenen Verschiebungen in Kraftfeldern sind sie mit den Arbeitsgrößen ja jedenfalls auch gegeben, bei ausdrücklichem Verzicht auf sie beschränkt sich daher die Energetik auf ein minder durchgearbeitetes Weltbild als die dynamische Physik. 5. Ein ganz grober Fehler ist nach allem Gesagten die Unterordnung des Energiebegriffes unter den der Substanz, und die Attribute der Übertragbarkeit, Aufbewahrbarkeit, Unwandelbarkeit, Unvermehrbarkeit und Unverminderbarkeit der Energie sind wörtlich genommen ebenso unfasßbar wie das Wunder der Transsubstantiation (S. 43).

Mit diesen Darlegungen, die hier aus dem ersten Hauptteile der Abhandlung zusammengestellt wurden, ist der eigentliche Lebensnerv der energetischen Betrachtung getroffen. Die Art, mit der ihr Ostwald durch Herbeizitierung von Nervenenergie und bewußter Energie auch das psychische Gebiet unterzuordnen sucht, seine entschiedene Ablehnung aller Hypothesenbildung und das selbstgenügsame Verharren bei fünf Energieformen schon allein innerhalb der Mechanik, die nur durch einen Namensbestandteil in Beziehung zueinander stehen, die Ostwaldsche Theorie der Begriffsbildung und sein übertriebener Empirismus werden verhältnismäßig kürzer und zum Teil mit nicht unberechtigtem Sarkasmus erledigt. Höfler schließt seine kritischen Bemerkungen mit dem sehr beherzigenswerten Hinweise, daß die Schonung der intellektuellen Energie des Schülers, die Ostwald durch Einführung der Energetik in den Unterricht erreichen möchte, bei der unklaren Art, mit der hier dem Arbeitsbegriff halb latent, halb instinktiv das Vorstellungselement der Spannung oder Kraft eingefügt ist, jedenfalls keine Pflege oder Weiterbildung jener Schülerenergie bedeuten würde. „Jeder Mangel in den elementarinhaltlichen Grundlagen der zu lehrenden Begriffe und Sätze“ muß „für die Didaktik doppelt so verhängnisvoll sein, als sogar für die reine Wissenschaft“ (S. 60).

Die Kritik des Ostwaldschen Buches hat die gefährlichsten Klippen aufgedeckt, an denen der philosophische Dilettantismus eines Naturforschers besonders leicht scheitern kann, und Höfler nimmt daraus Veranlassung, im 2. Teil seiner Arbeit gewissermaßen eine Segelanweisung für Nichtberufsfahrer zu geben. Der eigentliche Gegenstand der Philosophie als Wissenschaft ist das „Psychische“, es gibt also auch eine Philosophie des physikalischen Denkens, und hierzu müßte sich die sogenannte Naturphilosophie umgestalten. Fundament wie methodisches Vorbild für solche Wissenschaft ist die Physik, beide verhalten sich zueinander wie Erkenntnistheorie und Erkenntnispraxis. Unentbehrliche Voraussetzung von jener ist aber weiter eine unanfechtbare Psychologie, denn die Physik selbst hat es nicht mit den eigentlichen Sinnesempfindungen, also Psychologischem zu tun, ferner eine Theorie der Relationen und Komplexionen, die hier namentlich über die Kausal-Relation und den Substanzbegriff Aufklärung zu schaffen hat, eine allgemeine Logik und Erkenntnistheorie und schließlich auch eine Metaphysik, in die besonders „das Zwischenreich physikalischer Realitäten“ wie die Atome und Moleküle hineingehören, deren Stellung zu den berichtigten „Dingen an sich“ erst auszumachen wäre. Aus der durch die vereinigten Bemühungen von Philosophie und Naturwissenschaft ermunerten Weltkenntnis mag dann als letzte Frucht auch eine Weltanschauung erwachsen, wie die von F. Poske in der Schrift „Heinrich von Stein und seine Weltanschauung“ dargelegte, aus der Höfler am Schluß der Abhandlung einige Proben mitteilt.

*Hans Keferstein-Hamburg.*

**4000 Jahre Pionier-Arbeit in den exakten Wissenschaften.** Von L. Darmstädter und R. du Bois-Reymond. Berlin, R. Stargard, 1904. 389 S. M 4, geb. M. 5.

Es ist ein glücklicher Gedanke gewesen, die Geschichte der Entdeckungen und Erfindungen auf den Gebieten der Mathematik, Naturwissenschaft, Medizin und Technik von den ältesten Zeiten an in streng chronologischer Folge, nach Jahreszahlen geordnet, zusammenzustellen. Zwei an den Schluß gestellte Register, eins für die Namen, eins für die Sachen, erleichtern die Benutzung. Die Fertigstellung des Buches ist allerdings wohl zu rasch erfolgt, sodaß selbst den als Berater genannten



Herren zumeist nicht Zeit zur genauen Revision des ihr Fach betreffenden Materials geblieben sein dürfte. So ist besonders in der Physik eine ganze Reihe irrtümlicher Angaben stehen geblieben, deren schon von anderer Seite eine Anzahl zusammengestellt worden ist (D. Lit. Z. 1904, No. 2). Einige weitere Berichtigungen seien hier noch hinzugefügt. Daß Alhazen (1030) sich eine richtige Vorstellung vom Druck der Luft gemacht habe, ist sicher unrichtig; wahrscheinlich liegt eine Verwechslung mit Alhazini (1121) vor, der über den Gewichtsverlust der Körper in verschiedenen dichter Luft Angaben gemacht hat. Die Bezeichnung *vis electrica* stammt nicht aus dem Jahre 1628, sondern aus 1600, wo Gilberts Werk *de magnetibus* erschien. Die Erfindung des Thermoskops geht nicht auf Galilei 1597, sondern auf den Paduaner Arzt Santorio 1612 zurück (vgl. d. Ztschr. XVI 307). Das erste Auftreten des Beharrungsgesetzes in Galileis Schriften dürfte auf 1612 (nicht 1609) anzusetzen sein. Auch verdient Cavalieri an dieser Stelle keine Erwähnung, da er sich im wesentlichen auf Galileische Gedanken stützt; wohl aber wären Galileis Dialoge von 1632 zu erwähnen. Die Jahreszahl 1604 gilt nur für die Entdeckung des Gesetzes der Fallräume durch Galilei, nicht für die des Gesetzes der Beschleunigung, die erst in die Zeit 1604—1609 fällt. Unzutreffend ist, daß Galilei 1632 das von Newton herrührende 2. Bewegungsgesetz aufgestellt habe. Die Zahl 1856, Zenker, ist in 1865 zu ändern.

Trotz solcher Mängel, die in einer neuen Auflage wohl abgestellt werden könnten, wird das Buch in vieler Hinsicht nützlich und anregend wirken. P.

**Die Gletscher.** Von Dr. Hans Hess, Kgl. Gymnasial-Professor in Ansbach. Mit 8 Vollbildern, zahlreichen Abbildungen im Text und 4 Karten. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1904. 426 S. M 15, geb. M 16.

Der Verfasser hat selbst eine Reihe von Forschungen zur Gletscherkunde, namentlich auch experimenteller Natur, angestellt und bietet in dem vorliegenden Werk eine zusammenfassende Darstellung des reichen Materials, das die letzten Jahrzehnte auf diesem Gebiet zu Tage gefördert haben. Ein einleitender Abschnitt behandelt sehr erschöpfend die physikalischen Eigenschaften des Eises, und auch in einem späteren Abschnitt, der die Theorie der Gletscherbewegung umfaßt, kommt die physikalische Seite des Gegenstandes zu genauerer Erörterung. Die noch viel verbreitete Regelationstheorie von Thomson-Tyndall erscheint nach den neueren Forschungen nicht mehr haltbar, mindestens tritt die Regelation an die zweite Stelle, und das Eis selbst ist als eine zähe Flüssigkeit (im Sinn der Maxwell'schen Definition dieses Begriffes) anzusehen, die auch ohne Schmelzung der langsamen Formänderung fähig ist. Die Frage nach dem Ursprung der Plastizität des Eises wird damit in das Gebiet der Molekularphysik verwiesen. Die übrigen Kapitel des Buches betreffen großenteils die physikalische Geographie der Gletscher: Das Klima der Gletschergebiete, die Formen der Gletscher, Verbreitung und Dimensionen der Gletscher, die Bewegung der Gletscher, ihre Spalten und ihre Struktur, das Schmelzen, die Schwankungen, endlich die Eiszeit und die Versuche, ihre Ursache zu erforschen. Ein umfangreiches Verzeichnis der benutzten Literatur ist hinzugefügt. Die beigegebenen Vollbilder sind vortrefflich ausgeführt, unter den Karten ist besonders interessant eine Rekonstruktion des Ogiogletschers für die verschiedenen Eiszeitperioden. Die Darstellung ist klar und macht das Werk, abgesehen von seinem wissenschaftlichen Wert, auch zur Lektüre für einen weiten Kreis von Gebildeten geeignet. P.

**Jahrbuch der Naturwissenschaften 1903—1904.** Unter Mitwirkung von Fachmännern herausgegeben von Dr. Max Wildermann. Neunzehnter Jahrgang. Mit 41 Abbildungen. Freiburg i. B., Herder, 1904. 518 S. M 6, geb. M 7.

Mit der gewöhnlichen Pünktlichkeit ist auch dieser Jahrgang des verdienstlichen Unternehmens erschienen. Er beschränkt sich in der Physik auf eine mäßige Auswahl, in der die Forschungen über die Strahlungsvorgänge und deren Anwendungen den größten Raum einnehmen. Aufnahme gefunden hat auch aus der Wärmelehre eine Notiz über den Zusammenhang von Fahrenheit's und Newton's Thermometerskala, wozu indessen zu bemerken ist, daß die Sache keineswegs so sicher feststeht, wie es nach der hier auf Grund einer englischen Quelle gegebenen Darstellung scheinen könnte (vgl. Burckhardt, d. Ztschr. XVII 43). An die Berichte aus der Chemie und den beschreibenden Naturwissenschaften, der Astronomie und Meteorologie schließen sich solche aus der Länder- und Völkerkunde, Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte, Gesundheitspflege und Medizin, Industrie, angewandten Mechanik. Aus dem letztgenannten Gebiet seien elektrische Zentralen, Dampfmaschinen und Motoren, Eisenbahnen, Schifffahrt, Luftschifffahrt hervorgehoben, auch findet man hier einen von interessanten Abbildungen begleiteten Bericht über neuere Funde von Geschützen des Altertums. P.

**Zur Molekulargewichtsbestimmung nach dem Siedeverfahren.** Von Siegfried Toeche-Mittler.

Mit vier Figuren im Text und drei Abbildungstafeln. Berlin, Ernst Siegfried Mittler & Sohn, 1903, 60 S. M 2,50.

In der Laboratoriumspraxis, besonders der organischen, ermittelt man das Molekulargewicht einer Substanz in Lösung meist nach dem von Beckmann ausgearbeiteten „Siedeverfahren“ in seinen verschiedenen Modifikationen. Die Differenz zwischen dem Siedepunkte der Lösung und des Lösungsmittels ist der Konzentration der Lösung und der van't Hoff-Arrheniusschen Siedekonstante proportional; diese Konstante muß für jedes Lösungsmittel erst bestimmt oder berechnet werden und ist von der Siedetemperatur abhängig, kann also nur innerhalb kleiner Temperaturgrenzen konstant gesetzt werden. Dem gegenüber hat die alte Raoult'sche Methode, das Molekulargewicht aus der Dampfdruckerniedrigung zu berechnen, den Vorteil, für jedes Lösungsmittel und für jedes Druckintervall ohne weiteres gültig zu sein, bietet aber experimentelle Schwierigkeiten. Der Verf. benutzt ein kombiniertes Verfahren. Er bestimmt mit einem Apparat, der dem Beckmann'schen ähnlich, aber mit einem Druckregulator und einem genauen Manometer verbunden ist, die Dampfdruckkurve des Lösungsmittels und berechnet aus ihr den dem Siedepunkt der Lösung entsprechenden Dampfdruck des Lösungsmittels, sodaß er die einfache Raoult'sche Formel für die Dampfdruckerniedrigung zur Berechnung des Molekulargewichtes benutzen kann. Der Gradwert des Thermometers braucht dabei nicht bekannt zu sein, ein Vorteil der Methode, der unter Umständen sehr ins Gewicht fallen kann. Im Prinzip ist die Methode auch für Temperaturen anwendbar, bei denen die Quecksilberthermometer versagen und Luftthermometer angewendet werden müssen. Versuche mit einem Luftthermometer eigener Konstruktion gaben dem Verf. aber keine sehr guten Resultate, während die mit Hilfe von Quecksilberthermometern an organischen Substanzen gewonnenen Versuchsergebnisse gut stimmen, etwa ebenso gut wie die nach der gewöhnlichen Beckmann'schen Methode erhaltenen. Einige kleinere Versuche, die Methodik der „Ebullioskopie“ betreffend, schließen sich an. *W. Roth.*

**Der elektrische Lichtbogen bei Gleichstrom und Wechselstrom.** Von Berthold Monasch.

Berlin, J. Springer, 1904. XI und 288 Seiten, 141 Fig. Geb. M 9.

Das vorliegende Werk, hervorgegangen aus einer zunächst für eigene Untersuchungen des Verf. unternommenen Quellenforschung, gibt eine systematisch geordnete Sammlung des bisher von den verschiedensten Forschern erhaltenen Tatsachenmaterials und füllt damit eine bisher vorhandene Lücke unserer technisch-wissenschaftlichen Literatur aus. Der Verf. macht nicht darauf Anspruch, absolute Vollständigkeit erreicht zu haben, allzuviel Lücken dürften aber nach Ansicht des Ref. bei Beachtung der Tendenz des Buches kaum vorhanden sein. Etwas ausführlicher hätten die chemischen Vorgänge im Lichtbogen, vor allem in Hinsicht auf die Flammenbogenlampen, behandelt sein können. Die praktischen Anwendungen des Bogens sind ausreichend berücksichtigt. Gegen die vom Verf. wiedergegebene Thompson'sche Einteilung der Bogenlampen bezüglich ihrer Konstruktion ließe sich aber mancherlei einwenden. Die geschichtlichen Angaben über die Vorgeschichte der Dauerbrandlampen sind nicht ganz vollständig. Trotzdem ist das vorliegende Werk dem Physiker wie dem Techniker warm zu empfehlen. *W. Biegon von Czudnochowski.*

**Chemisch-analytisches Praktikum** behufs Einführung in die qualitative Analyse, bearbeitet von

Dr. Karl Anton Henniger, Oberlehrer am Realgymnasium in Charlottenburg. Braunschweig, Friedrich Vieweg u. Sohn, 1902. VIII und 127 Seiten. M 1,50, geb. M 1,75.

Das aus zwei Programmabhandlungen des Verfassers (s. Jahresberichte des Charlottenburger R.-G. 1900 und 1901) hervorgegangene Buch ist in erster Linie als Leitfaden für die praktisch-chemischen Arbeiten der Realgymnasialprimaner bestimmt, um diese „auf methodischem Wege in die qualitative Analyse“ einzuführen. Daneben soll es auch Stoff für „synthetische Übungen“ bieten. Der bei der Ausführung einfacher Analysen naheliegenden Gefahr, daß der Praktikant der Vorschrift mechanisch folgt, wird vorgebeugt, indem von ihm zunächst sorgfältige Versuche über die lösende Kraft der Säuren, das Aufschließen unlöslicher Verbindungen, sowie insbesondere über die Reaktionen der wichtigeren Säuren und Basen verlangt werden. Nachher folgt der systematische Gang der qualitativen Analyse in der durch den Zweck geforderten Beschränkung. Von größter Bedeutung sind die stets beigefügten Formeln und Umsetzungsgleichungen; im Verein mit den knappen, klaren Erläuterungen zwingen sie den Schüler geradezu, sich Rechenschaft abzulegen über die Wahl der entscheidenden Reagentien und Ähnliches. In gleichem Sinne wertvoll sind auch die zahlreichen Wiederholungsfragen, die in geschickter Weise am Schlusse der einzelnen Abschnitte die Ergebnisse zusammenfassen. — Einen beschränkten Stoff für synthetische Übungen liefert der erste Abschnitt. Er behandelt „Bildung und allgemeine Eigenschaften der Salze“, wobei die Darstellung der wichtigsten Haloid-, Sauerstoff- und Doppelsalze sowie einiger basischer und Sulfosalze im Prinzip gelehrt wird;

jedoch fehlen genauere Vorschriften über Gewichtsverhältnisse, Ausführung der Operationen, Prüfung auf Reinheit u. s. w. Auf Anstalten, wo neben der Analyse auch die Darstellung von Präparaten eingehender berücksichtigt wird, dürfte daher eine hierfür bestimmte Anleitung zur Ergänzung des im übrigen höchst empfehlenswerten Büchleins notwendig werden.

*J. Schiff.*

**Die Ozotypie.** Ein Verfahren zur Herstellung von Pigmentkopien ohne Übertragung. Von Arthur Freiherrn von Hübl. Halle a. S., Wilhelm Knapp, 1903. VI u. 44 S. M 2.

Der Pigmentdruck hat trotz des ausgesprochen künstlerischen Gepräges seiner Erzeugnisse in Amateurkreisen verhältnismäßig geringe Verbreitung gefunden. Die Ursachen sind die Schwierigkeit des Trocknens nach der Sensibilisierung und die nur 24—48 Stunden währende Brauchbarkeit des empfindlich gemachten Papiers, die Unsicherheit des Kopierens und die zeitraubende und nicht ganz leicht auszuführende Operation der zweimaligen Übertragung. Die Ozotypie (von ihrem Entdecker F. Manly so genannt, weil er die Bilderzeugung einem durch Ozon bedingten Oxydationsprozeß zuschrieb) ist ein vereinfachtes Pigmentverfahren: Kopieren auf mit Kaliumbichromat und Mangansulfat präpariertes Papier, Auswaschen der löslichen Chromate, Aufquetschen der Chromopie auf in einem Reduktions- oder Säurebade erweichtes Pigmentpapier, endlich Entwickeln wie beim Pigmentverfahren. Wer dieses für moderne Kunstphotographien größeren Formats recht geeignete Verfahren anwenden will, findet in der vorliegenden Schrift eine so eingehende und praktische Anleitung, wie sie eben nur eine Monographie bieten kann, wie sie aber zu einem Verfahren, dessen Gelingen doch auf mancherlei Kleinigkeiten gestellt ist, durchaus nötig ist.

*R. Heyne.*

**Chemie für Photographen.** Unter besonderer Berücksichtigung des photographischen Fachunterrichtes.

Von Dr. F. Stolze. Halle a. S., Wilhelm Knapp, 1903. VII und 179 S. M 4.

Eine allgemeine Vorstellung vom Wesen der chemischen Vorgänge und eine eingehendere vom Wesen der photochemischen Vorgänge im knappen Rahmen zu vermitteln, ist, wie der Verfasser selbst sagt, eine recht schwierige Aufgabe. Die Klippen für den ersten Teil liegen in dem gewaltigen Umfange des Materials, für den zweiten Teil darin, daß die Photochemie, welche sich zur Zeit Daguerres ausschließlich auf das anorganische Gebiet beschränkte, jetzt sich auch des organischen bemächtigt hat und dabei in zahlreichen Fällen Feinheiten entwickelt, die den gewöhnlichen Vorgängen gegenüber als ganz besonders schwierig oder überhaupt noch als unaufgeklärt erscheinen. Der Verfasser war in der glücklichen Lage sowohl als Chemiker von Fach wie als Photograph von Beruf den rechten Standpunkt zu wählen. Das Buch, welches in erster Linie für photographische Fachschulen bestimmt ist, bietet in vorzüglicher Weise sowohl dem Lehrling, wie dem Fortgeschritteneren Unterweisung und Rat. Auch dem Lehrer der Physik werden die Abschnitte über die Untersuchung des Silbernitrats auf seine Verunreinigungen, die Behandlung der Negativ- und Positivsilberbäder, das Titrieren der Silberlösungen, die Verarbeitung der Silber- und Goldrückstände in ihrer eingehenden auf das praktische Arbeiten gerichteten Darstellung vielfach Nutzen bringen, wo ihn die allgemeinen Lehrbücher der Chemie im Stich lassen.

*R. Heyne.*

**Monographien aus der Geschichte der Chemie.** Herausgegeben von Georg W. A. Kahlbaum.

VII. Heft. Jakob Berzelius, herausgegeben von H. G. Söderbaum, nach der wörtlichen Übersetzung von Emilie Wöhler bearbeitet von Georg W. A. Kahlbaum. Amedeo Avogadro und die Molekulartheorie von Icilio Guareschi, deutsch von Dr. O. Merckens. Leipzig, 1903, J. A. Barth. XII u. 194 S. M 5, geb. M 6,30.

Die Kahlbaumschen „Monographien“ halten sich dauernd auf der Höhe, die durch die ersten, überaus wertvollen Veröffentlichungen gekennzeichnet ist. Immer von neuem versteht es der Herausgeber, aus der Entwicklungsgeschichte der Chemie Stoffe herauszugreifen, die eines allgemeinen Interesses sicher sein dürfen. Diesmal lag allerdings noch ein besonderer Anlaß für das Erscheinen eines neuen Heftes vor: Die im Auftrage der Schwedischen Akademie der Wissenschaften durch H. G. Söderbaum besorgte Herausgabe der selbstbiographischen Aufzeichnungen von Jak. Berzelius. Nach den Statuten der Stockholmer Akademie muß jedes Mitglied, sobald es gewählt worden ist, seine Biographie, und nach jedem Jahrzehnt deren Fortsetzung einreichen. Von Berzelius liegen im ganzen drei solche Aufzeichnungen vor, deren letzte allerdings nicht mehr von ihm selbst eingereicht ist. Die Aufzeichnungen sind eine wertvolle Ergänzung dessen, was die „Monographien“ bereits über Berzelius gebracht haben (vgl. d. Zeitschr. XIII 240). Von dem reichen Inhalt der Schrift in Kürze auch nur annähernd ein Bild zu geben, ist nicht möglich; eine kleine Probe daraus wird im nächsten Heft ds. Ztschr. mitgeteilt werden.

Der zweite Teil des Heftes (S. 121—194) ist dem Turiner Physiker und Chemiker Avogadro gewidmet. Mit Wärme tritt der Verfasser Icilio Guareschi für seinen Landsmann ein, dessen Arbeiten

bei seinen Lebzeiten vielfach verkannt wurden und dessen Molekularhypothese besonders in Frankreich meist unter dem Namen des Gesetzes von Avogadro ging. Er führt uns Avogadro als Forscher vor, der außer der nach ihm benannten Hypothese auch noch andere Leistungen aufzuweisen hat — beispielsweise verdankt ihm die Chemie die genauen Formeln des Borfluorids und der Borsäure, des Fluorids, Chlorids und Dioxids des Siliciums — und weist nach, wie verschieden sich die zeitgenössischen Forscher zu der jetzt allgemein anerkannten Hypothese stellten; so verhielten sich besonders die englischen Forscher mehr oder weniger ablehnend. Der Verfasser gebraucht gelegentlich nebeneinander die Ausdrücke „das Gesetz oder die Hypothese oder die Regel“ von Avogadro; der Herausgeber macht dazu die Bemerkung: „Wenn man dasselbe als einfache Hypothese betrachtet, warum werden dann Gesetze und Theorien daraus abgeleitet? Ich denke, daß es heute angebracht ist, diese Hypothese oder Regel Gesetz von Avogadro zu nennen, wie es auch Horstmann, van 't Hoff u. a. tun“ (S. 141, Fußnote). Es erscheint doch fraglich, ob diese Auffassung berechtigt ist. Die Avogadrosche Hypothese ist zu sehr eine bloße, wenn auch ungemein fruchtbare Fortführung und Spezialisierung der atomistischen Hypothese, als daß man von einem selbständigen „Gesetz“ sprechen könnte, mag auch das zu Grunde liegende, experimentell festgestellte Gay-Lussac-Humboldt'sche Gesetz der gleichen Ausdehnung der Gase noch so stark dazu auffordern. Die Avogadrosche Folgerung ist eine Arbeitshypothese ersten Ranges, aber doch immer nur eine Hypothese. Insbesondere in didaktischer Hinsicht ist es von Bedeutung, diese Begriffe nicht zu verwechseln und streng das aus der experimentellen Erfahrung abgeleitete, in Bezug auf Anschaulichkeit häufig unbefriedigende Gesetz von der darauf aufgebauten, wenn auch noch so anschaulichen und durchsichtigen hypothetischen Erklärung zu unterscheiden. Es ist beispielsweise ein methodischer Fehler vieler chemischer Leitfäden und Lehrbücher, daß sie das wirkliche Gesetz der konstanten Gewichtsverhältnisse (der einfachen und multiplen Proportionen) sogleich mit der Atomhypothese vermischen, ja oft genug diese sogar zuerst vortragen, anstatt jenes in seiner festgegründeten Allgemeingültigkeit erst für sich wirken zu lassen.

Der Verfasser weist schließlich auf den Zusammenhang der Avogadroschen Hypothese mit der kinetischen Gastheorie und allgemein auf ihre Fruchtbarkeit hin und erwähnt die wichtige Anwendung, die van 't Hoff von ihr in seiner Theorie der verdünnten Lösungen machte. Die Schrift ist gleichfalls der allgemeinen Beachtung warm zu empfehlen. O.

**Leitfaden für den Unterricht in der Chemie und Mineralogie.** Von K. Fuß. 2. verb. Aufl. Nürnberg, 1903, F. Korn. 270 S. M 3.

Das für die bayrischen Lehrer- und Lehrerinnenbildungsanstalten genehmigte Buch behandelt nach einer Einleitung die anorganische (S. 31—213) und die organische Chemie (214—264). Die innere Stoffanordnung zeigt jene Vielteiligkeit, die sich in fortgesetzte Subsummierungen I, II... 1, 2...  $\alpha$ ,  $\beta$ ... verliert und die nur äußerlich den Anschein einer logischen Gliederung erweckt, in Wirklichkeit aber die Übersichtlichkeit nicht fördert, sondern erschwert. Daß der Stoff im ganzen mit Fleiß und Sorgfalt zusammengestellt ist, soll nicht geleugnet werden, doch wird der Wert des Buches durch viele Ungenauigkeiten, besonders in theoretischer Hinsicht, beeinträchtigt. So wird bei den atmosphärischen Gasen das von Ramsay aufgegebene Metargon angeführt, desgleichen die „Entdeckung“ des berüchtigten Ätherions Brush's mitgeteilt, statt richtig gestellt oder besser übergangen zu werden, und dann über die Einordnung der neu entdeckten Elemente in das periodische System Unzutreffendes behauptet. Auf S. 2 und 3 stimmen Text und Figur nicht überein; in der Figur (Wasserstoffentwicklung mittels Natrium) wird in rationeller Weise der Drahtnetzlöffel benutzt, während man nach dem Text Natriumstücke in den Zylinder aufsteigen lassen soll — wovor bekanntlich zu warnen ist. S. 9 heißt es: „Der Atomtheorie zufolge muß sich auch ein Atom des einen Elements mit mehreren Atomen des andern verbinden können; es müssen sich also zwei Elemente in verschiedenen Verhältnissen miteinander zu verbinden vermögen: Gesetz der multiplen Proportionen“; ferner (S. 214): „Unter organischen Verbindungen versteht man alle Kohlenstoffverbindungen (Karbonide), welche Affinität zu Sauerstoff haben, also entweder keinen oder nur wenig Sauerstoff enthalten und deshalb verbrennlich sind“. Die Firma Ferdinand Ernecké-Berlin wird sich wundern, als einziges Beispiel von Bezugsquellen für — flüssige Kohlensäure genannt zu sein (S. 270). Bei der Besprechung der „Rolle der niederen Pilze“ findet sich — ohne Erwähnung einer einzelnen auf Mycorrhiza bezüglichen Tatsache — die unrichtige Generalisierung: „Pilze sind es endlich auch, die in der Erdschicht, die jetzt unsern Planeten bedeckt, dem denselben bekleidenden Pflanzenteppich die nötige Nahrung zuführen“. Die angeführten Sätze stehen in einem gewissen Widerspruch mit dem ziemlich anspruchsvollen Vorwort, wonach das Buch „strengeren pädagogischen und wissenschaftlichen Anforderungen“ zu genügen gedenkt. O.

**Grefslers Lehr- und Lernbücher** für den realistischen Unterricht in Seminar-, Stadt- und Mittelschulen. I. Physik und Chemie, von G. Melinat, k. Seminarlehrer in Mühlhausen i. Th. Langensalza, F. Greßler, 1903. 208 S. M 1.

Für Stadt- und Mittelschulen und ähnliche Lehranstalten sollte der Grundsatz bestehen, die Hauptlehren der Chemie und Physik in besonderer Einfachheit und Klarheit vorzutragen. Der Verfasser hat diesen Grundsatz vielleicht auch vor Augen gehabt, doch führt ihn das Streben nach „Konzentration“ zu allerhand Abschweifungen und oft ungenauen Anknüpfungen, sodaß im Schüler einfache und klare Anschauungen kaum entstehen können. So heißt es (S. 161) von der Kohlensäure „aber sie ist es auch, woraus die Pflanzen ihre Zellenwände (Cellulose), Stärke und Zucker bauen. In der Atemluft ist sie entschieden giftig, und sowie der gewöhnliche Kohlensäuregehalt der Luft (0,03%) auch nur ein wenig steigt, stellt sich Unbehagen und Kopfweh . . . ein“. Danach müßten die Schüler in sämtlichen Schulen mit Kopfweh behaftet sein. Diese Probe möge zur Bestätigung des oben Gesagten genügen. *O.*

**Ratgeber für Anfänger im Photographieren.** Von Ludwig David. Mit 92 Textbildern und 19 Bildertafeln. 21. bis 23. Aufl. 61. bis 69. Tausend. Halle a. S., 1903, W. Knapp. 240 S. M 1,50.

Des außerordentlich instruktiv geschriebenen und in jeder Beziehung bewährten Büchleins ist bereits in dieser Zeitschrift wiederholt gedacht worden, sodaß es genügt, auf das Erscheinen der neuen, bemerkenswert großen Auflage hinzuweisen. *O.*

### *Programm-Abhandlungen.*

**Die elektrischen Atome und die spezifischen Ladungen der Ionen.** Von Otto Friedrich. Städt. Gymnasium i. E. mit Realschule zu Solingen. Ostern 1902. 32 S. und 2 Tafeln. Pr.-No. 522.

Der Verfasser gibt ein übersichtliches Bild des Standes der betreffenden Untersuchungen zur Zeit der Abfassung der Abhandlung. Die grundlegenden Versuche über Kathodenstrahlen werden im Anschluß an G. Kaufmanns Vortrag im Berliner Ferienkurs von 1898 wiedergegeben. In der mathematischen Darstellung der Bahnen geladener Teilchen im magnetischen Felde schließt der Verfasser sich an E. Riecke an. Es wird dann über die Versuche Kaufmanns von 1897 und 1898, sowie über J. J. Thomsons Messungen von 1897 und 1899 und Lenards Messungen von 1897/98 und 1900 eingehender berichtet. Am Schluß wird die Bedeutung der erhaltenen Resultate diskutiert und das Zeemannsche Phänomen erörtert. *P.*

**Über die angebliche Farbenblindheit Homers.** Von Dr. Carl Euler. Kgl. Gymnasium zu Marburg, 1903. 21 S. Pr.-No. 458.

Die Hypothese der Farbenblindheit der Griechen zur Zeit Homers ist von Gladstone 1858 aufgestellt worden und seitdem Gegenstand umfangreicher Kontroversen gewesen. Der Verfasser kommt auf Grund philologischer und ästhetischer Erwägungen zu dem Schluß, daß Homer die Farben rot, orange, gelb, grün und blau empfunden und dichterisch verwertet hat. Daß sich wenig abstrakte Farbenbezeichnungen bei Homer finden, erklärt sich hinlänglich durch die Forderungen der dichterischen Sprache. *P.*

**Die Berechnung der Sonnen- und Mondfinsternisse.** Für den Selbstunterricht entwickelt und mit Rechnungsergebnissen versehen von Dr. Otto Beau. IV. Teil. Sorau. Ostern 1903. 23 S. Pr.-No. 97.

Die Abhandlung bildet den Schluß einer Reihe von Abhandlungen, von denen I und III als Programme Sorau 1897 und 1901 veröffentlicht sind, II dagegen im Privatverlag (E. Zeidler, Sorau 1897) erschienen ist. Im Teil III ist die ausführliche Berechnung der Sonnenfinsternisse gegeben. Die vorliegende Abhandlung behandelt dazu als Rechnungsbeispiel die ringförmig-totale Sonnenfinsternis am 17. April 1912. *P.*

**Übungen und Aufgaben zur mathematischen Erd- und Himmelskunde.** Für die Prima zusammengestellt von Hermann Franke. Friedrichs-Gymnasium zu Altenburg. Ostern 1903. 27 S.

Die Abhandlung gehört zu den dankenswerten, aus der Schulpraxis selbst herausgewachsenen Veröffentlichungen, in denen Unterrichtsaufgaben eingehender behandelt werden, als es wohl gemeinhin zu geschehen pflegt. Die Aufgaben sind folgende: Wie bestimmt man den Halbmesser der Erde? Wie weit kann man sehen, wenn sich das Auge  $h$  Meter über der Erdoberfläche befindet, und wie groß ist die überblickte Kugelhaube? Wie findet man die Entfernung zweier Orte auf der Erdoberfläche? Wie bestimmt man die Entfernung der Himmelskörper? Wie ist die Stellung der Ge-

stirne zum Horizont, zum Äquator und zur Ekliptik in Aufgaben zu verwenden? Wenn auch nichts Neues geboten wird, so werden doch manche Bemerkungen und Fingerzeige den Fachlehrer interessieren.

P.

**Die Fortschritte auf dem Gebiete der Thermoelektrizität** von der Entdeckung bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts. Beitrag zur Geschichte der Physik von H. Streit. Oberrealschule i. E. zu Kattowitz. 1903. 84 S. nebst einer Tabelle und einer Tafel. Pr.-No. 267.

Die Abhandlung schließt sich an die vorausgehenden, in den Jahresberichten des städtischen Progymnasiums zu Schlawe veröffentlichten an (vergl. d. Zeitschr. XV 312, XVI 187). Sie umfaßt die Arbeiten insbesondere von Becquerel, Oersted und Fourier, Peltier, Nobili, Hankel; außerdem von Raschig, von Yelin, van Beek, Cumming, Schweigger, Botto, Matteucci und Delarive, Vorrsselman de Heer, Wheatstone, Alexander, Andrews, Böttger, Pouillet, Watkins, Muneke, Henrici, Rollmann, Franz. Von Einzelheiten sei herausgehoben, daß die Bezeichnung thermoelektrische Ströme von Oersted herrührt, der die galvanischen Ströme davon als hydroelektrische unterschied. In einer Tabelle am Schluß sind 15 thermoelektrische Reihen von Metallen und Legierungen zusammengestellt.

P.

**Über die innere Reibung von alkoholischen Lösungen.** Von Dr. Gotthilf Haffner. Kgl. Gymnasium zu Fürth. Ostern 1903. 39 S.

Die Schrift trägt den Charakter einer Dissertation; die Versuche sind auf Anregung von Professor E. Wiedemann im physikalischen Institut zu Erlangen ausgeführt. Aus den Resultaten sei hervorgehoben, daß die innere Reibung von Alkohol durch Salzzusatz stets erhöht wird.

P.

**Ein neuer Apparat zur Demonstration der Pflanzenatmung.** Von Ernst Löwe. Kgl. Friedr.-Wilh.-Gymn. zu Cöln a. Rh. 1903. Pr.-No. 516. 12 S.

Der Apparat ist zur Demonstration der Kohlensäurebildung bei der Pflanzenatmung bestimmt, wofür Blüten, Keimpflanzen oder Hutzpilze das übliche Material bilden. Es könnte auffällig erscheinen, daß eine zur Pflanzenbiologie gehörige Versuchsvorrichtung in einem Gymnasialprogramm erscheint, doch ist der Apparat, wie der Verf. angibt, gleichsam eine „Nachlese“ seiner Tätigkeit an einer Realschule; er wird sich auch am Gymnasium kaum verwenden lassen, da zur Zeit der in den Lehrplänen vorgesehene biologische Kursus in der Gymnasialprima wenig Aussicht auf allgemeine Verwirklichung hat. Wir müssen uns daher auch an dieser Stelle versagen, auf den sinnreich konstruierten Apparat sachlich näher einzugehen, doch sei er der Beachtung der Kollegen an Realanstalten empfohlen.

O.

## Korrespondenz.

**Berichtigung.** In der Übersicht der Himmelserscheinungen im 1. Heft des Jahrgangs (S. 63) ist versehentlich der Beginn der Jahreszeiten nicht in M.E.Z., sondern in Pariser Zeit angegeben. Die Daten bedürfen daher der Korrektur + 51<sup>m</sup>.

**Physikalische Schülerübungen.** Wir ersuchen diejenigen Lehrer der Physik an königlichen höheren Lehranstalten Preußens, die den Wunsch haben, Schülerübungen einzurichten, sich mit Herrn Professor Heyne, Berlin W. Zietenstr. 3, in Verbindung zu setzen.

**Radiographien mit Uranpecherz.** Zu dem von Adami beschriebenen Versuch über Radioaktivität (Heft 2, S. 95) fügt Herr Dr. W. Brendler in Bunzlau folgende weitere Mitteilungen:

„Schon kleine Stückchen Pechblende von 15,6 und 30,2 g lieferten photographische Wirkungen, die jedoch weit übertroffen wurden bei Anwendung eines Handstückes von etwa 6 cm Länge und 5 cm Breite, an dem die wirksame Pechblendeschicht durchschnittlich 4 mm dick war. Man erhält ein solches Stück für wenige Mark, wenn man es nicht in der Schulsammlung vorfindet. In eine leere Pappschachtel, (von photographischen Platten herrührend), wurde eine Trockenplatte mit der Schicht nach oben eingelegt, auf diese die abzubildenden Gegenstände und auf den Deckel des dann verschlossenen Kastens das Pecherz mit der Schichtseite nach unten. Als Objekte wurden anfangs aus 0,05 mm dicken Staniol geschnittene Buchstaben, dann aber auch dickere Gegenstände, (z. B. ein flacher Kofferschlüssel), benutzt. Die Expositionszeit betrug meist 24<sup>h</sup>. Bei 48<sup>h</sup> Exposition gelang es, von einem Geldtäschchen mit Inhalt eine wohlgelungene Aufnahme zu machen.

Die verwendeten Metallobjekte zeigen nach dem Versuch sämtlich induzierte Radioaktivität und liefern bei genügend langer Exposition ebenfalls zwar schwache, jedoch deutliche Abbildungen.“

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

**Die Fortschritte der Physik im Jahre 1903**, dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. 59. Jahrgang, I. Abteilung. Redigiert von K. Scheel. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1904. 691 S. — **J. C. Poggendorffs** biographisch-literarisches Handwörterbuch z. Geschichte d. exakten Wissenschaften, IV. Bd., von A. J. von Oettingen. Lief. 18 und 19 à M 3. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1904. — **O. Lehmann**, Flüssige Krystalle. Mit 483 Fig. im Text und 39 Lichtdrucktafeln. Leipzig, W. Engelmann, 1904. M 20. — **A. Winkelmann**, Handbuch der Physik. 2. Aufl. VI. Bd., 1. Hälfte: Optik I. Mit 170 Abb. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1904. 452 S. M 14. — **Hans Lorenz**, Lehrbuch der technischen Physik. II. Bd.: Technische Wärmelehre. München u. Berlin, R. Oldenbourg, 1904. 544 S. M 13. — **A. Sieberg**, Handbuch der Erdbebenkunde. Mit 113 Abb. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 362 S. M 7,50. — **Edmund Hoppe**, Die Philosophie Leonhard Eulers. Mit 30 Fig. im Text. Gotha, F. A. Perthes, 1904. 167 S. M 3. — **Friedrich Schödler**, Buch der Natur. III. Teil, 1. Abteilung: Astronomie, herausgegeben von B. Schwalbe und H. Böttger. Mit 170 Abb. und 13 Taf. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1904. M 6, geb. M 7. — **F. Neesen**, Kathoden- und Röntgenstrahlen, sowie die Strahlung aktiver Körper. Mit 50 Abb. (Elektrotechn. Bibl., Bd. 63.) Wien u. Leipzig, A. Hartleben. 240 S. M 4. — **J. Danne**, Das Radium, seine Darstellung und seine Eigenschaften. Mit zahlreichen Fig. Autorisierte Ausgabe. Leipzig, Veit & Co. 84 S. M 2,70. — **Hans Mayer**, Die neueren Strahlungen. Mähr. Ostrau, R. Papauschek, 1904. 61 S. — **Spiridon Grujtsch**, Radium, eine allgemeinverständliche Beschreibung. Berlin, Reinhold Kühn, 1904. 24 S. Mit 6 Fig. M 0,50. — **P. Spies**, Die Erzeugung und die physikalischen Eigenschaften der Röntgenstrahlen (Moderne Ärtzl. Bibl., Heft 8). Berlin, Leonhard Simion Nachf., 1904. 45 S. — **E. Ruhmer**, Radium und andere radioaktive Substanzen. Mit ausführl. Literaturübersicht. Berlin, F. & M. Harrwitz, 1904. 51 S. M 2,50. — **E. Ruhmer**, Konstruktion, Bau und Betrieb von Funkeninduktoren und deren Anwendung mit bes. Berücksichtigung der Röntgenstrahlentechnik. Mit 338 Abb. und 4 Taf. Leipzig, Hachmeister & Thal, 1904. 312 S. M 7,50, geb. M 8,50. — **W. Bernbach** und **C. Müller**, Elektrizitätswerke, elektrische Beleuchtung und elektr. Kraftübertragung. 3. umgearbeitete und stark vermehrte Aufl. Mit 267 Abb. Stuttgart, Arnold Bergsträßer, 1904. 472 S. M 7, geb. M 8. — **M. Roloff** und **P. Berkitz**, Leitfaden für das elektrotechnische und elektrochemische Seminar. Mit 75 Fig. Stuttgart, Ferd. Enke, 1904. 296 S. M 6. — **J. Traube**, Grundriß der physikalischen Chemie. Mit 24 Abb. Stuttgart, Ferd. Enke, 1904. 360 S. M 9. — **P. Jannasch**, Praktischer Leitfaden der Gewichtsanalyse. 2. Aufl. Mit zahlreichen Abb. Leipzig, Veit & Co., 1904. 450 S. Geb. M 8. — **G. Lunge**, Technisch-chemische Analyse. Mit 16 Abb. Sammlung Göschen. 128 S. M 0,80. — **H. Bucherer**, Die Teerfarbstoffe. Sammlung Göschen. 192 S. M 0,80. — **A. Schultetigges**, Philosophische Propädeutik auf naturwissenschaftlicher Grundlage. 2. Aufl. 221 S. M 3. — **H. Abraham**, Recueil d'expériences élémentaires de physique. I. partie. Paris, Gauthier-Villars, 1904. 247 S. Fr 3,75. — **Chr. Scherling**, Grundriß der Experimentalphysik. 6. Aufl. Bearb. v. H. Rühlmann. Mit 242 Abb. Leipzig, H. Haessel, 1904. 267 S. — **J. Kleiber** und **H. Scheffler**, Elementar-Physik mit Chemie für die Unterstufe. Mit mehr als 300 Fig. München und Berlin, R. Oldenbourg, 1904. 227 S. Geb. M 2,50. — **G. Rusch** und **A. Wollensack**, Beobachtungen, Fragen und Aufgaben aus dem Gebiete der elementaren astronomischen Geographie. 3. Aufl. Wien, A. Hölder, 1904. M 1,20. — **W. Waeber**, Lehrbuch für den Unterricht in der Chemie, mit Berücks. der Mineralogie und chem. Technologie. 15. Aufl. 264 S. Geb. M 2,50. — **A. Sattler**, Kleine Naturlehre und Chemie, mit Berücksichtigung der Mineralogie und der Lehre vom Menschen. Insbesondere für Mädchenschulen. 2. Aufl. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1904. M 0,80. — **H. Baumhauer**, Leitfaden der Chemie, insbes. für landwirtschaftliche Lehranstalten. I. Teil: Anorganische Chemie. 4. Aufl. Freiburg i. B., Herder, 1904. 167 S. M 2. — **R. Arendt**, Leitfaden für den Unterricht in der Chemie und Mineralogie. 9. Aufl. Bearb. von L. Doermer. Mit 134 Abb. und 1 Buntdrucktafel. Hamburg und Leipzig, Leopold Voß, 1904. 130 S. Geb. M 1,60. — **E. Dennert**, Das chemische Praktikum. 2. Aufl. Hamburg u. Leipzig, Leopold Voß, 1903. 58 S. M 1. — **J. Spennrath**, Die Chemie in Industrie, Handel und Gewerbe. Ein Lehrbuch für technische etc. Schulen. 4. Aufl. Von P. Loebner. Aachen, C. Mayer, 1904. 234 S. M 3,60. — **F. Stolze**, Optik für Photographen (Enzykl. d. Photogr. Heft 49). Mit 107 Abb. Halle a. S., W. Knapp, 1904. 170 S. M 4. — **A. Miethe**, Dreifarbenphotographie nach der Natur (Enzykl. d. Photogr. Heft 50). 80 S. M 2,50. — **O. Schlömilch**, Fünfstellige logarithmische und trigonometrische Tafeln. 5. Aufl. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1904. 178 S. M 2.

### Himmelserscheinungen im August und September 1904.

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

		August					September						
		2	7	12	17	22	27	1	6	11	16	21	26
♿	AR	10 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	10.42	11. 5	11.26	11.42	11.53	11.58	11.55	11.44	11.27	11.14	11.12
	D	+ 12 <sup>o</sup>	+ 8 <sup>o</sup>	+ 5 <sup>o</sup>	+ 2 <sup>o</sup>	- 1 <sup>o</sup>	- 3 <sup>o</sup>	- 4 <sup>o</sup>	- 4 <sup>o</sup>	- 3 <sup>o</sup>	+ 0 <sup>o</sup>	+ 3 <sup>o</sup>	+ 5 <sup>o</sup>
♀	AR	9 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>	9.43	10. 7	10.30	10.53	11.16	11.39	12. 2	12.24	12.46	13. 9	13.32
	D	+ 17	+ 15	+ 13	+ 11	+ 9	+ 6	+ 4	+ 1	- 1	- 4	- 7	- 9
☉	AR	8 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup>	9. 8	9.27	9.46	10. 4	10.23	10.41	10.59	11.17	11.35	11.53	12.11
	D	+ 18	+ 16	+ 15	+ 13	+ 12	+ 10	+ 8	+ 7	+ 5	+ 3	+ 1	- 1
♂	AR	7 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup>	7.49	8. 2	8.16	8.29	8.43	8.56	9. 8	9.21	9.34	9.46	9.58
	D	+ 23	+ 22	+ 21	+ 21	+ 20	+ 19	+ 19	+ 18	+ 17	+ 16	+ 15	+ 14
♃	AR	1 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup>		1.54		1.54		1.54		1.52		1.48	
	D	+ 10		+ 10		+ 10		+ 10		+ 10		+ 10	
♄	AR	21 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup>						21.16					
	D	- 16						- 17					
☾	Aufg.	4 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup>	4.30	4.38	4.47	4.55	5. 3	5.12	5.20	5.28	5.37	5.45	5.53
	Unterg.	19 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup>	19.40	19.30	19.20	19.10	18.59	18.47	18.36	18.24	18.12	18. 0	17.48
☾	Aufg.	22 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>	0.14	5.45	12.21	17. 8	19.31	21.34	0.46	7.22	13.28	16.47	18.43
	Unterg.	10 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>	16. 0	19.51	22.20	1.16	6.20	11.39	16.27	19.17	22.21	2. 7	7.23
Sternzeit im mittl. Mittg.		8 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup>	9. 2.10	9.21.53	9.41.35	10 1.18	10.21. 1	10.40.44	11. 0.27	11.20. 9	11.39.52	11.59.35	12.19.18
Zeitgl.		+ 6 m 4 s	+ 5.37	+ 4.55	+ 3.59	+ 2.50	+ 1.30	0.0	- 1.37	- 3.19	- 5.5	- 6.51	- 8.35

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Letztes Viertel	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond
	Aug. 4, 15 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> Sept. 3, 3 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup>	Aug. 11, 13 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> Sept. 9, 21 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup>	Aug. 18, 5 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> Sept. 16, 16 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>	Aug. 26, 2 <sup>h</sup> 2 <sup>m</sup> Sept. 24, 18 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im August	unsichtbar	wird Ende des Monats als Abendstern sichtbar	morgens im NO bis zu 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Std. sichtbar	bis 7 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> Stunden lang vor Sonnenaufgang sichtbar	fast die ganze Nacht sichtbar. Opposition am 10.
im September	in der zweiten Hälfte des Monats bis 3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> Std. lang als Morgenstern sichtbar	die Dauer der Sichtbarkeit bleibt auf wenige Minuten beschränkt	die Dauer der Sichtbarkeit am Morgenhimmel wächst auf 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Stunden	die ganze Nacht hindurch sichtbar	vom Beginn der Dämmerung an 7 bis 6 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> Std. lang sichtbar

Phänomene der Jupitermonde	Aug. 9	23 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup>	II E.	Sept. 10	23 <sup>a</sup> 17 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup>	II E.	Sept. 17	22 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 4 <sup>s</sup>	III A.
		19 23 32 18	I E.		11 23 24 5	I E.		27 22 2 13	I E.
		Sept. 4 21 49 34	I E.		17 20 56 17	III E.			

Eine in Europa nicht sichtbare **totale Sonnenfinsternis** findet am Abend des 9. September statt. Die Totalitätszone beginnt im großen Ozean nordöstlich von Neu-Guinea und endet in Chile.

**Sternbedeckungen für Berlin:**

Sept. 29, γ Tauri	Eintr.: 22 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> , 4 M.E.Z., Q = 47 <sup>o</sup> ;	Austr.: 23 <sup>h</sup> 8 <sup>m</sup> , 8 M.E.Z., Q = 285 <sup>o</sup>
30, φ <sub>1</sub> Tauri	2 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> , 5	88 <sup>o</sup> ; 4 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> , 3 248 <sup>o</sup>
φ <sub>2</sub> Tauri	3 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> , 5	110 <sup>o</sup> ; 4 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> , 3 226 <sup>o</sup>

**Veränderliche Sterne:**

Datum	M.E.Z.		Datum	M.E.Z.		Datum	M.E.Z.	
Aug. 1	21 <sup>h</sup>	β Lyrae-Min.	Aug. 17	21 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>	Algol-Min.	Sept. 20	21 <sup>h</sup>	δ Cephei-Min.
1	23 <sup>h</sup>	W Sagitt.-Max.	Sept. 6		R Lyrae-Max.	23	23 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup>	λ Tauri-Min.
4	23 <sup>h</sup>	β Lyrae-Max.	6	22 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>	Algol-Min.	24	21 <sup>h</sup>	η Aquil.-Min.
8	23 <sup>h</sup>	δ Cephei-Min.	9	9 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup>	Algol-Min.	27	22 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup>	λ Tauri-Min.
12	20 <sup>h</sup>	η Aquil.-Min.	12	22 <sup>h</sup>	η Aquil.-Max.	29	21 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup>	Algol-Min.
15		R Lyrae-Min.	16	21 <sup>h</sup>	δ Cephei-Max.	30		R Lyrae-Min.

Dr. F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.