

### Über die Anleitung von Schülern zu physikalischen Versuchen<sup>1)</sup>.

Von

Dr. F. Poske in Berlin.

Der Physikunterricht soll Sinn und Verständnis für die Wirklichkeit wecken. Aber er führt die physikalischen Vorgänge nur wie ein Schauspiel vor, an dem der Lernende in der Regel nicht unmittelbar und selbstthätig beteiligt ist. Es bleibt daher leicht bei flüchtigen Eindrücken, das Verständnis ist nur vorübergehend, der Gewinn kein dauernder. Bei Repetitionen wird nicht selten die Erfahrung gemacht, dass die eindringlichsten Erscheinungen dem Gedächtnis der Schüler bald wieder entschwunden sind, oder dass, im günstigeren Falle, ein abstraktes Schema an Stelle des sinnlichen Erinnerungsbildes getreten ist. Für einen nachhaltigen Erfolg des Physikunterrichtes muss es daher wünschenswert erscheinen, die Schüler in möglichst innige Fühlung mit den Vorgängen selbst zu setzen. Es genügt an das Beispiel FARADAY'S zu erinnern, der ein Experiment nicht nur gesehen, sondern auch selber ausgeführt haben musste, um es völlig zu verstehen. Der Schüler muss selbst Hand anlegen und damit selber gleichsam ein Teil des Naturvorgangs werden, um den es sich im einzelnen Falle handelt. Der Physikunterricht fordert daher seinem Wesen nach eine Ergänzung durch praktische Übungen.

Der Wert einer solchen innigeren Befassung mit der Wirklichkeit ist unverkennbar. Die Sicherheit naturwissenschaftlicher Schlüsse vermag nur der voll zu würdigen, der den Objekten selbst Auge in Auge gegenübergestanden hat. Nur auf diesem Wege kann man lernen „die Thatsachen als solche in ihrer unbedingten Zuverlässigkeit anzuerkennen und damit zu rechnen“<sup>2)</sup>.

Es drängt sich aber die Frage auf, ob die heutigen Schulverhältnisse Raum für derartige praktische Übungen bieten. Die preussischen Lehrpläne von 1882 haben den pädagogischen Wert, den solche Übungen, speziell in der Chemie, bei zweckmässiger Leitung haben, mit grosser Bestimmtheit anerkannt. Sie geben demgemäss die Anweisung: „die Schule wird denjenigen, welche dafür Interesse haben, die Gelegenheit dazu bieten, sie wird aber in den oberen Klassen, in welchen diese Arbeiten allein möglich sind, die allgemeinen Forderungen auf das Notwendigste beschränken müssen, um der individuellen Neigung einen gewissen Spielraum zu lassen.“ Der hierin ausgesprochene Grundsatz wird auch auf die physikalischen Übungen anwendbar sein. Es mag dahin gestellt bleiben, ob es bei einer ganz andersartigen Gestaltung des höheren Unterrichtes angebracht

<sup>1)</sup> Mehrfacher Aufforderung folgend veröffentliche ich hier diese ursprünglich nur für einen engeren Kreis bestimmten Darlegungen, von denen ich auf der Versammlung des „Vereins zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und in den Naturwissenschaften“ zu Braunschweig einen Abriss gegeben habe.

<sup>2)</sup> H. v. Helmholtz in den „Verhandlungen über Fragen des höheren Unterrichts“ S. 209; vgl. d. Zeitschr. IV, 226.

wäre, alle Schüler einer gewissen Altersstufe zu einer unmittelbaren praktischen Befassung mit den einfachsten physikalischen Vorgängen heranzuziehen. Es wird ja stets Naturen geben, die sich mehr zu anderen Studien hingezogen fühlen und kein Bedürfnis nach einer solchen Ergänzung ihrer geistigen Eigenart verspüren; für diese mag es genügen, wenn sie begriffen haben, auf was für Grundlagen die gesamte Naturforschung, sowie unsere heutige Technik und unser ganzes Erwerbsleben beruht. Eine grosse Zahl von Schülern aber hat ein lebhaftes Interesse daran, selber physikalische Erfahrungen zu machen und Hand und Auge an physikalischen Versuchen zu üben. Diesen kann die Möglichkeit dazu, im Sinne der Lehrpläne von 1882, durch fakultative physikalische Übungen geboten werden, die in unterrichtsfreien Stunden einzurichten sein würden. Dass dadurch eine Überbürdung eintreten könnte, darf ich nach den von mir gemachten Erfahrungen unbedingt in Abrede stellen, zumal ja selbstverständlich bei einer einmal ausnahmsweise eintretenden Mehrbelastung der Schüler mit häuslichen Arbeiten von der Abhaltung der Übungen abgesehen werden wird. Die Gefahr einer solchen Mehrbelastung wird aber um so seltener eintreten, je mehr in der gesamten Entwicklung unseres Schulwesens der Gedanke der Lehrpläne von 1882 verwirklicht werden wird: die allgemeinen Forderungen auf das Notwendigste zu beschränken, um der individuellen Entwicklung einen gewissen Spielraum zu lassen.

Eine Belastung tritt dagegen jedenfalls für den Lehrer ein, der sich entschliesst solche fakultativen Kurse abzuhalten. Er wird nicht einmal immer auf wohlwollendes Entgegenkommen von Seiten der Schulleitung, noch viel weniger aber auf eine anderweitige Entlastung zu rechnen haben. Wem es aber um die Hebung des Physikunterrichtes Ernst ist, der wird mit Freuden ein Opfer bringen, wo es gilt, seine eigenste Lebensthätigkeit intensiver und wirksamer zu gestalten. Wenn erst praktische Erprobung den Wert solcher Übungen dargethan hat, dann wird auch deren Einordnung in den Gesamtlehrplan des Gymnasiums (immer in fakultativer Form) nicht ausbleiben können.

Bei der Einrichtung von fakultativen Experimentierübungen bin ich im allgemeinen den Vorschlägen gefolgt, die Herr B. SCHWALBE auf der Naturforscherversammlung in Bremen 1890 (vgl. auch diese Zeitschr. *IV. Jahrg. S. 209*) gemacht hat. Ich weiche von diesen Vorschlägen insofern ab, als ich auch die Schüler der Untersekunda für wohlbefähigt befunden habe, an solchen Übungen mit Nutzen teilzunehmen. Ja es zeigt sich gerade auf dieser Stufe das grösste Interesse in der Richtung, während späterhin, nach einer wohl ziemlich allgemeinen Erfahrung, die Neigung sich mehr litterarischen, aesthetischen oder philosophischen Fragen zuwendet. Es dürfte sich um so mehr empfehlen, die Übungen mit der Untersekunda zu beginnen, da gerade hier im Anfangsunterricht die sinnlichen Eindrücke gewonnen werden sollen, auf die sich der physikalische Unterricht der höheren Stufe zu stützen hat.<sup>3)</sup>

<sup>3)</sup> Während des Schuljahrs 1890/91 beteiligten sich an diesen Übungen 10–12 Schüler der Ober-II (etwa  $\frac{1}{4}$  der gesamten Schülerzahl), und 20–24 Schüler der Unter-II (etwa die Hälfte der Klasse). Es waren dafür an zwei Wochennachmittagen je  $1\frac{1}{2}$  Stunden bestimmt, an dem einen Nachmittag wurden die Schüler der Ober-II, an dem anderen die der Unter-II (diese in zwei abwechselnden Abteilungen) beschäftigt. Ich habe es ebenso wie Schwalbe zweckmässig gefunden, die Praktikanten in Gruppen von 2–4 einzuteilen und jeder Gruppe eine besondere Aufgabe zu überweisen. Man kann leicht dafür sorgen, dass in jeder Gruppe sich ein erfahrenerer oder geschickterer Schüler befindet, dem sich die anderen gern unterordnen. Als Arbeitsstelle diente teils der Experimentiertisch des Unterrichtszimmers, teils die Tische im Sammlungsraum.

Es ist für den Erfolg dieser Übungen wichtig, dass man sich nicht damit begnügt, einfache Wiederholungen der in der Klasse vorgeführten Versuche anstellen zu lassen. Solche Wiederholungen werden nur da zu empfehlen sein, wo es sich um fundamentale Messungen handelt (z. B. Luftgewicht, Schmelz- und Verdampfungswärme), oder bei gewissen auffälligen Erscheinungen, die in den Schülern selbst das Bedürfnis nach erneuter Anschauung besonders lebhaft hervorrufen (z. B. das Weitersieden des Wassers in einem während des Kochens verschlossenen und umgekehrten Glaskolben, das Verhalten des Kryophors). Dagegen wird das Hauptgewicht auf solche Versuche zu legen sein, die sich auf im Unterricht vorgekommene Gegenstände beziehen, aber Abänderungen oder Ergänzungen dazu liefern, und andererseits werden auch Anwendungen und Erweiterungen des Pensuns herbeizuziehen sein, dergestalt, dass möglichst jede Übung den Reiz eines neuen physikalischen Problems darbietet. Der Schüler tritt dann an jeden Versuch mit einer gewissen Erwartung heran, er ist genötigt, sich eine Vorstellung über den voraussichtlichen Verlauf der Erscheinung zu bilden und nimmt dabei etwas von dem Geiste physikalischer Forschung in sich auf, wie er in hervorragendem Maasse in FARADAY lebendig war, der nie aufs Geratewohl experimentierte, nie ohne vorgefassten Plan an die Anstellung eines Versuches ging. Aus demselben Gesichtspunkte erscheint es auch zweckmässig, gelegentlich in den Anweisungen, die man für die Ausführung giebt, eine Lücke zu lassen, die der Schüler durch eigenes Nachdenken auszufüllen hat. An viele Versuche lassen sich überdies Fragestellungen knüpfen, die Stoff zum Nachdenken und zur Diskussion bieten und dazu beitragen, den Gegenstand zum geistigen Eigentum der Schüler zu machen. Auch die Ungenauigkeiten oder selbst Misserfolge geben Anlass zur Erörterung und zur Aufsuchung der Ursachen der Abweichung im einen, des Misslingens im anderen Fall. Geht man in solcher Weise vor, so wird gegen diese Übungen nicht der Vorwurf erhoben werden dürfen, dass sie auf blosser Spielerei hinausliefen, es wird vielmehr dem Zwecke des physikalischen Unterrichts, naturwissenschaftliche Anschauung und naturwissenschaftliches Denken zu fördern, dadurch aufs wirksamste vorgearbeitet.

Bei der Auswahl der Versuche wird in erster Reihe das in der Sammlung vorhandene Material maassgebend sein müssen. (Ich habe es nicht bedenklich gefunden, den Schülern auch bessere Messapparate, nach vorheriger Anleitung zu vorsichtigem Gebrauch, in die Hand zu geben.) Aber selbst bei unzureichender Sammlung lässt sich immer noch mit geringen Mitteln durch Beschaffung von Glasgefässen und Glasröhren ein vielseitig verwendbares Arbeitsgerät gewinnen.<sup>4)</sup> Neben den physikalischen sind für diese Übungen auch einfache chemische Versuche, namentlich am Gymnasium, überaus geeignet, zumal dann, wenn man auch hierbei das Prinzip befolgt, nicht bloss Wiederholungsversuche über Darstellung und Eigenschaften der Körper anstellen zu lassen, sondern zu neuen Versuchen anzuleiten, die sich an die in der Klasse vorgeführten anschliessen und doch durch eine neue Fragestellung das Interesse in erhöhtem Maasse erregen.

Im Nachfolgenden gebe ich eine Zusammenstellung von Versuchen, die bei den erwähnten Übungen ausgeführt worden sind. Die blossen Wiederholungsversuche sind mit einem Stern (\*) bezeichnet. Die Zusammenstellung erhebt nicht den An-

<sup>4)</sup> Auf anderweitige Hilfsmittel macht Dr. H. C. Müller (Frankfurt a. M.) in einer Zusage an den Verfasser aufmerksam. (Man sehe d. Heft S. 109.)

spruch, eine Anleitung zu solchen Versuchen überhaupt zu bieten, sie soll nur durch das Beispiel zeigen, welche Art von Aufgaben auf der bezeichneten Stufe von den Schülern bearbeitet werden können. Versuche aus der Mechanik fester Körper fehlen, weil dieses Kapitel bei der bisherigen Unterrichtsverteilung in den Klassen Unter-II und Ober-II keine Stelle gefunden hat.

1. Mechanik flüssiger Körper: \*Versuche über Bodendruck mit dem PASCALSchen Apparat. — Dieselben Versuche mit dem Apparat von HALDAT. — Messungen des hydrostatischen Drucks durch Gewichte mit dem Apparat von HEITCHEN (d. Zeitschr. IV, 141). — Bestimmung des spezifischen Gewichts von Quecksilber, Alkohol u. a. in einem U-Rohr nach dem Prinzip der communicierenden Röhren (Anwendung des Vertikalmaasstabes). — Hydrostatische Versuche auf einer Brückenwaage, Vermehrung des Druckes durch Eintauchen eines Gegenstandes in ein mit Wasser gefülltes Gefäß (STEVIN). — Abänderungen des archimedischen Versuchs. — Bestimmungen mit Nicholsons Aräometer. — Bestimmungen spezifischer Gewichte von Flüssigkeiten mit gewöhnlichen Aräometern. — Hydrostatische Versuche mit dem kartesianischen Taucher (vgl. SCHWALBE und HEYDEN in der ehem. Zeitschr. zur Förd. des phys. Unterr. 1886). — Prüfung des Capillaritätsgesetzes für enge Röhren (Messung der Steighöhe und Bestimmung des Durchmessers durch Wägen eines Quecksilberfadens).

2. Mechanik gasförmiger Körper: Bestimmung des Luftgewichts durch Erwärmen einer mit Hahn versehenen Flasche, Messung des entweichenden Luftvolums und Wägung der Flasche vor und nach dem Versuch (GALILEI). — Wägen eines Gummiballons mit Hahn in aufgeblasenem und zusammengedrücktem Zustande (ARISTOTELES). — Verhalten eines Heronsballes in einem geschlossenen Cylinder, wenn die in diesem befindliche Luft verdichtet oder verdünnt wird (nach ANTOLIK, d. Zeitschr. IV, 124). — \*Versuche über das BOYLE-MARIOTTE'sche Gesetz für Luftverdichtung und -Verdünnung. — Füllen eines Barometerrohres mit Hilfe der Luftpumpe. Sinken des Quecksilbers im Vakuum (BOYLE).

3. Wärme: Herstellung des Modells einer Wasserheizung. — \*Bestimmung des Dichtigkeitsmaximums des Wassers mit dem Wasserdilatometer (d. Zeitschr. II, 12). — \*Gefrieren von Wasser im Recipienten der Luftpumpe. — \*Bestimmung der Schmelzwärme von Eis und von Schnee. — \*Bestimmung des Ausdehnungscoefficienten der Luft am Luftthermometer (nach Fr. C. G. MÜLLER, d. Zeitschr. I, 102). — \*Dampfentwicklung in einem Ballon mit Wasser nach dem Austreiben der Luft. — Bestimmung der Siedepunkte von Alkohol und Äther in heissem Wasser. — Reaktion des ausströmenden Dampfes (nach ANTOLIK, d. Zeitschr. IV, 124). — \*Bestimmung der Verdampfungswärme des Wassers.

4. Magnetismus und Reibungs-Elektricität: Gesetz der magnetischen Abstossung an COULOMBS Drehwaage. — Wirkung eines Stabmagneten auf eine Magnetnadel unter Benutzung der Tangentenbussole und der optischen Bank (Nachweis des Gesetzes  $k/r^3$ ). — Magnetische Kraftlinien am Elektromagneten; deren Fixierung durch Besprengen und durch Photographie. — Versuche über Diamagnetismus. — COULOMBSches Gesetz für statische Elektrizität an der Drehwaage. — Aichung des Elektrometers nach der Methode von B. KOLBE (d. Ztschr. IV. 293). — Induktionswirkung des Entladungsstroms einer Influenzmaschine (Holtz'sche Spirale).

5. Galvanismus: Galvanoplastische Versuche unter Benutzung des Gypsabdruckes einer Münze. — Zusammensetzung eines Elementes  $Cu - CuO - SO_4H_2 - Zn$

nach Fr. C. G. MÜLLER (Pr. Abh. 1887); Änderung der Stromstärke mit Änderung des Plattenabstandes. — Widerstandsmessungen mit der Wheatstoneschen Brücke: Kalibrierung eines Walzenrheostaten durch Vergleich mit einem Normal Ohm; Messung von Widerständen (Glühlampe, Induktionsspirale) mit Hilfe eines Widerstandskastens von 1—20 Ohm; Bestimmung eines Flüssigkeitswiderstandes ( $CuSO_4$  zwischen Kupferplatten). — \*Messung des inneren Widerstandes eines Elementes durch Zuschaltung eines bekannten Widerstandes mit Hilfe der Tangentenbussole (Ohmsche Methode). — Aichung der Tangentenbussole nach *Ampères* mit dem Wasser- und dem Kupfervoltmeter; Berechnung der elektromotorischen Kräfte verschiedener Elemente. — Messung von Widerstand und Stromstärke einer Dynamomaschine. — Rotation von Stromleitern um Magnete und umgekehrt (FARADAYSche Versuche). — Versuche mit Telephon und Mikrophon. — Versuch mit WALTENHOFENS Pendel zur Demonstration der Foucault'schen Ströme.

6. Chemie: \*Verbrennen von Phosphor in verschlossener Flasche und Nachweis des unveränderten Gewichts (d. Ztschr. I, 213); Nachweis des Luftverbrauchs durch Eintretenlassen von Wasser. — Sauerstoffverbrauch beim Verbrennen von *Na* und *Mg* (nach Fr. C. G. MÜLLER, d. Ztschr. IV, 256). — Verbrennen von Phosphor unter Wasser. — \*Oxydation von Kupfer in einer Verbrennungsröhre. — Verbrennen eines Lichts und Wägung der Verbrennungsprodukte (FARADAY, ROSCOE). — Reduktion von  $CuO$  durch Wasserstoff und Wägung. — Reduktion von  $Fe_2O_3$  durch Wasserstoff. — Oxydation von *Mg* in Wasserdampf, Auffangen des Wasserstoffs. — Eudiometerversuch über die Zusammensetzung des Wassers. — Darstellung von  $NaCl$  durch Leiten von *Cl* über *Na*. — Darstellung von  $H_2S$  durch Leiten von *H* über geschmolzenen Schwefel. — Darstellung von Schwefelsäure aus  $SO_2$  und  $HNO_3$ .

Für die Oberstufe (Prima) bieten sich Übungsaufgaben in grosser Menge dar, auch viele von den vorher angeführten werden für diese Stufe noch geeignet sein. Auf einige besonders wichtige und interessante hat K. NOACK gelegentlich in dieser Zeitschrift (IV, 315) aufmerksam gemacht. Auch bei den Übungen der Oberstufe aber wird man davon absehen müssen, wissenschaftlich exakte Messungen ausführen zu lassen; es kommt auch hier mehr auf Einsicht in das Wesen der physikalischen Methoden als auf eine technisch vollkommene Durchführung an; genaue Messungen gehen über die Grenze des Schulbetriebes hinaus und gehören in das Praktikum der Hochschule.

## Über einfache absolute Elektrometer für Vorlesungszwecke.

Von

Prof. F. Braun in Tübingen.

Als eine wesentliche Erleichterung für die Einführung in die Elektrizitätslehre ist es mir immer erschienen, wenn man durch das ganze Gebiet der sog. Reibungselektrizität sowohl als des Galvanismus dieselben Maasse anwendet. Aus diesem Grunde habe ich schon vor mehreren Jahren Elektrometer konstruiert<sup>1)</sup>, welche ich in den Vorträgen über statische Elektrizität verwende; dieselben gestatten, die Potentiale direkt in Volts abzulesen. Auf diese Weise werden die beiden Gebiete enger an einander geschlossen, indem alle Potentiale, welche

<sup>1)</sup> Braun, Wied. Ann. **31**, S. 856. 1887.

in der Elektrostatik vorkommen, dem Hörer gleich in den später ausschliesslich verwendeten Einheiten der elektromotorischen Kraft ausgedrückt werden. Da die bequemen und billigen Instrumente wenig bekannt geworden zu sein scheinen, so möchte ich hier kurz auf dieselben hinweisen.

Fig. 1 und 2 zeigen zwei Formen des Elektrometers. Es bietet im Prinzip nichts wesentlich Neues. Der Aluminiumstreifen *A*, welcher sich mit möglichst geringer Reibung um eine horizontale Axe dreht, wird von dem auf das gleiche Potential geladenen Metallstreifen *B* abgestossen. Das Ganze ist von der äusseren Hülle gut isoliert. Diese besteht, bis auf geringfügige Teile, ganz aus Metall. Der Kopf des Instrumentes wird mit dem einen Punkte, die Hülle mit dem anderen derjenigen beiden Punkte, deren Potentialdifferenz gemessen werden soll, verbunden. Wie sich die Potentiale selber auf das Innere und das Gehäuse verteilen, ist dann für den Ausschlag gleichgültig, er wird nur durch die Differenz der beiden bestimmt. Für elektrostatische Versuche wird man meistens die Hülle zur Erde ableiten und dann das sog. absolute Potential an dem Aluminiumzeiger messen. Man kann aber auch die äussere Hülle isolieren (z. B. auf einen Paraffinklotz stellen) und den Knopf *D* zur Erde leiten, und bekommt denselben Ausschlag, wenn man die äussere Hülle auf das gleiche Potential elektrisiert.

Da es Herrn Universitätsmechaniker Albrecht dahier gelungen ist, die Instrumente so herzustellen, dass sie etwa halb so empfindlich sind als Goldblattelektroskope, so haben sie diesen recht diffizilen Apparaten gegenüber grosse Vorteile, während ihre Empfindlichkeit für Vortragszwecke vollkommen ausreichend ist.

Für exakte Messungen muss die Hülle möglichst ganz aus Metall bestehen. Für den Vortrag aber entfernt man die vordere, event. auch hintere Metallwand des Kastens und ersetzt sie durch eine Glasplatte. Diese sind den Instrumenten beigegeben; die hintere und vordere Metallplatte sind beweglich und werden einfach weggezogen. Die Angaben des Instrumentes sind dann freilich nicht mehr ganz richtig, doch ist der Fehler nicht allzu erheblich. Man erreicht den Vorteil, dass die Bewegungen des Aluminiumzeigers dann durch einen grossen Raum sichtbar sind. Besonders zu empfehlen ist die Form der Fig. 2 (Schaufelinstrument).

Die Instrumente sind in Volt geeicht, das Potential wird in diesem Maasse an der Skala direkt abgelesen. Bezüglich der Eichungsmethoden erwähne ich nur Folgendes: Eine Batterie von 160 kleinen Latimer-Clark-Elementen ist gruppenweise mit Normalelementen verglichen, so dass die Potentialdifferenz der ganzen

Kette genau bekannt ist; wir wollen der Einfachheit halber annehmen, sie sei gleich 200 Volt. Man leitet die Pole der gut isolierten Clark-Batterie zu

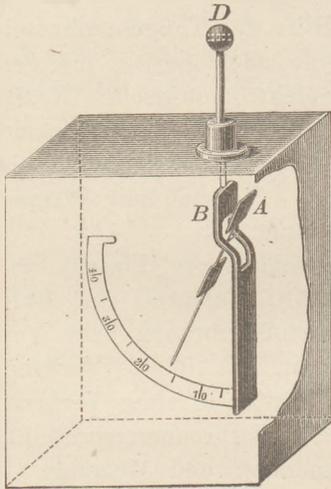


Fig. 1.

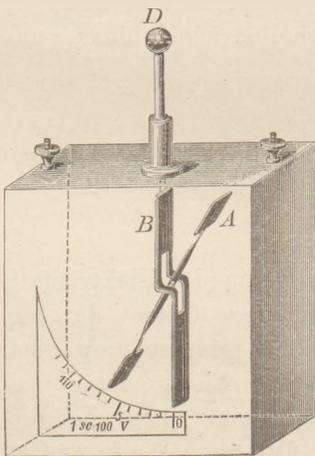


Fig. 2.

einem Elektrometer und merkt sich dessen Ausschlag. Man verbindet nun das Elektrometer mit den Belegungen einer grossen Leydener Batterie (von 16 Flaschen), und ladet diese mit positiver Elektrizität, bis das Elektrometer wieder den Ausschlag von 200 Volt anzeigt; verbindet man nun den negativen Pol der Clark-Batterie mit der inneren Belegung der Leydener Flaschen, so hat der positive Pol 400 Volt, wenigstens wenn die Kapazität der Leydner Batterie hinreichend gross ist; verbindet man daher jetzt diesen Pol wieder mit dem Elektrometer, so giebt dasselbe 400 Volt an. So kann man bequem bis zu ca. 1200 Volt gehen. Von da ab wird mit einer elektrostatischen Wage weiter geaicht.

Wollte man die unempfindlichen Elektrometer aber direkt in dieser Weise graduieren, so würden sich die Ablesungsfehler zu sehr summieren. Man nimmt daher ein passend geschaltetes Spiegelelektrometer zu Hülfe und kann bei empirischer Aichung grosse Ausschläge desselben (ca. 1000 Skalenteile bei 1200 Volt) benutzen. Die biflare Aufhängung wird bei den starken Kräften so wenig von der Torsion der Aufhängefäden beeinflusst, dass die Einstellungen mit grösster Sicherheit erfolgen.

Die Elektrometer lassen sich natürlich leicht auch als Entladungselektroskope verwenden. Man setzt zu dem Ende einen gebogenen Metallstreifen (Fig. 3) in das Innere. Sobald das Elektrometer einen gewissen Ausschlag erreicht hat, d. h. eine gewisse Elektrizitätsmenge aufgenommen hat, giebt es diese an den Metallhaken und damit an die Erde ab und funktioniert so als Elektrizitätszähler. Die Capazität des Instrumentes kann ausreichend genau durch Vergleichung mit der eines Plattenkondensators von bekannten Dimensionen bestimmt werden. Man ladet zu dem Ende das Elektrometer, liest sein Potential ab, und verbindet es dann mit einem Condensator von bekannter Capazität, so dass sich seine Ladung jetzt auch diesem teilweise mitteilt; das Potential nimmt nun einen anderen Wert an, den man wiederum abliest. Daraus berechnet sich in bekannter Weise die Capazität des Elektrometers. Ein Beispiel möge die Anwendung des Instruments als Entladungselektrometer erläutern.

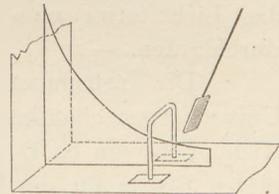


Fig. 3.

Ein Instrument hatte die Capazität in elektrostatischem Maasse = 17,1 Cm; d. h. in elektromagnetischem Maasse =  $\frac{1}{30^2 \cdot 10^{18}} \cdot 17,1 [C^{-1} S^2]$ ; oder da 1 Farad =  $10^{-9} [C^{-1} S^2]$  ist, so ist seine elektromagnetische Capazität =  $1,9 \cdot 10^{-11}$  Farad. Es entlud sich, sobald sein Potential gleich 340 Volt war. Bei jeder Entladung giebt es also ab die Elektrizitätsmenge

$$1,9 \cdot 340 \cdot 10^{-11} = 65 \cdot 10^{-10} \text{ Coulomb.}$$

Es wurde nun (Fig. 4) eine Leydner Flasche langsam durch einen Holzstab *H* von ca. 2 m Länge und 1 cm Durchmesser entladen; (statt dessen kann man auch ein Baumwollenband, überhaupt einen schlechten Leiter, nehmen). Mit jedem Ende des Stabes war, wie Fig. 4 zeigt, ein Elektrometer verbunden, und zwar mit dem entfernteren Ende ein Entladungselektrometer *E*<sub>2</sub>. Man führte der Leydner Flasche so lange Elektrizität zu, bis in 1 Sek. eine Entladung von *E*<sub>2</sub> stattfand. Dies trat ein, als die Leydner Flasche

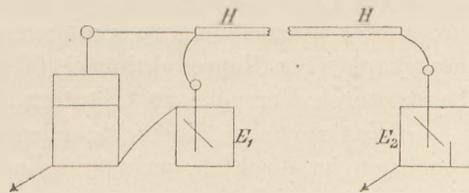


Fig. 4.

3000 Volt Spannung besass. Daher war die Stromstärke durch den Stab jetzt gleich  $65 \cdot 10^{-10}$  Ampère.

Der Widerstand des Holzstabes ist sonach (wenn das am Ende zwischen 0 und 340 Volt schwankende Potential = 0 genommen wird), gleich

$$\frac{3000 \text{ Volt}}{65 \cdot 10^{-10} \text{ Amp}} = \text{ca. } 47 \cdot 10^{10} \text{ Ohm.}$$

Verschiebt man das an dem Anfang des Stabes angelegte Elektrometer längs desselben, so zeigt es die stetige Abnahme des Potentials (Gefälle) an; hat es an der Flasche 3000 Volt, so zeigt es am Ende des ersten Drittels nur noch 2000 Volt, am Ende des zweiten Drittels 1000 Volt u. s. f.

Natürlich soll nicht dem Schüler die Umrechnung der elektrostatischen Capazität in elektromagnetische mitgeteilt werden; es genügt, wenn ihm gesagt wird, es sei für jede Entladung auf dem Instrumente eine Elektrizitätsmenge angesammelt, wie sie ein Strom von  $65 \cdot 10^{-10}$  Ampère in 1 Sek. transportiert.

Instruktiv wird dann aber die Erläuterung, dass der oben gemessene Strom  $150 \cdot 10^6$  Sekunden (ca. 1500 Tage oder etwa 4 Jahre) fließen müsse, bis er soviel Elektrizität durch den Stab entsendet hat, als 1 Amp in 1 Sek. transportiert (ca. 1 Daniell in 1 Ohm in 1 Sek.). Wollte man den Widerstand des Holzstabes durch einen Quecksilberfaden von 1 mm<sup>2</sup> Querschnitt herstellen, so würde derselbe so lang, dass das Licht etwa eine halbe Stunde gebrauchen würde, um diese Strecke zu durchlaufen. —

Die Instrumente werden in einfacher, aber guter Ausführung von Herrn Universitätsmechaniker Albrecht in Tübingen geliefert; im wesentlichen in drei Aichungen von ca. 0 bis 1500, 0 bis 4000 und 0 bis 10000 Volt. Die ersteren bieten Ersatz für ein Goldblattelektroskop. Der Preis eines geaichten Instruments ist 30 Mark; ungeaicht (bezw. nur mit ein oder zwei Aichstrichen versehen) 20 Mark.

## Versuche zur Erläuterung photochemischer Prozesse.

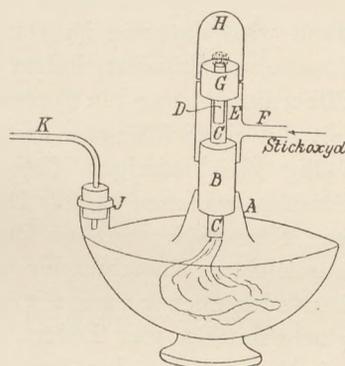
Von

Dr. R. Lüpke in Berlin.

Trotz ihres theoretischen und praktischen Interesses dürften die photochemischen Prozesse im Unterricht zuweilen weniger berücksichtigt werden, als sie es verdienen. Man begnügt sich häufig damit, Chlorknallgas durch Belichtung zur Explosion zu bringen und auf das Ausbleichen vieler Farbstoffe am Sonnenlicht sowie auf den Assimilationsprozess chlorophyllhaltiger Pflanzen hinzuweisen. Selbst die in der Photographie und bei den photomechanischen Druckverfahren in Betracht kommenden Prozesse werden sehr oft nur angedeutet, ohne durch Versuche demonstriert zu werden. Aber diese nehmen weder zu viel Zeit in Anspruch, noch verursachen sie grosse Kosten, und wenn man darauf verzichtet, brauchbare Bilder herzustellen, so genügen wenige Apparate und Chemikalien, um die photographischen Reproduktionsverfahren in kurzer Zeit und sowohl am Tage wie abends durch Versuche zu erläutern.

Was zunächst die Lichtquellen anbetrifft, so treten die Lichtwirkungen am schnellsten im direkten, weniger schnell im diffusen Sonnenlicht hervor, denn der photochemische Effekt ist im allgemeinen von dem Produkt aus der Zeit und der Intensität der Belichtung abhängig. Von den künstlichen, an aktinischen Strahlen reichen Lichtquellen, deren man sich an trüben Wintertagen und des Abends mit

ausreichendem Erfolg bedienen kann, sind das Magnesium- und das Schwefelkohlenstoff-Stickoxydlicht besonders zu nennen. Ersteres erzeugt man in vorteilhafter Weise mittelst der einfachen, mit einem Hohlspiegel versehenen Handmagnesiumlampe<sup>1)</sup>, mit welcher man durch Umdrehen einer Kurbel einen beliebig langen Streifen Magnesiumband bequem verbrennen kann. Eine leicht regulierbare Flamme des Schwefelkohlenstoff-Stickoxydlichtes erhält man mittelst der SELL'schen Lampe (HEUMANN, *Anleitung zum Experimentieren* S. 438—40). Nebenstehende Figur giebt eine vereinfachte Konstruktion derselben an, bei welcher Messingteile, die sich durch Schwefelkohlenstoff leicht schwärzen und unbrauchbar werden, gänzlich vermieden sind. Der 13 mm weite Tubus A des 50 cem fassenden Gefässes einer Spirituslampe ist mit einem 20 mm langen Kork B verschlossen. In demselben steckt ein 75 mm langes, 6 mm weites Glasrohr C, an dessen oberem Ende eine Hülse D aus Platinblech eingeschmolzen ist. Durch C ist ein aus fünf Fäden bestehender Draht hindurchgezogen. Ferner ist dem Kork B ein 40 mm langes, mit einem Ansatzröhrchen F versehenes Glasrohr E aufgesetzt. Das obere Ende desselben trägt eine Hülse G aus Platinblech, die mittelst eines federnden, innen eingelegten Drahtringes befestigt ist und mit der Glaskappe H, wie man solche zum Verschliessen eines Bürettenrohres gebraucht, überdeckt werden kann. Der seitliche Tubus I des Lampengefässes trägt einen mit dem Glasröhrchen K versehenen Kork. Will man diese Lampe benutzen, so füllt man das Gefäss fast ganz mit Schwefelkohlenstoff an und treibt durch mässiges Einblasen von Luft durch das Röhrchen K die Flüssigkeit in dem Docht soweit in die Höhe, bis das herausragende Ende desselben feucht erscheint. Man zündet dann einen Schwefelkohlenstoff an und leitet sogleich aus einem Gasometer, der sich mittelst einer Glasflasche von 5 bis 10 l Inhalt, einem Rohr mit grösserem Trichter und einem mit einem Quetschhahn verschliessbaren Abzugsrohr leicht herstellen lässt, das aus Kupfer und Salpetersäure dargestellte Stickoxydgas durch das Rohr F ein. Es genügt für die meisten der folgenden Versuche, die betreffenden lichtempfindlichen Substanzen mit der intensiven Schwefelkohlenstoff-Stickoxydflamme etwa 2 Minuten zu belichten. Durch Aufsetzen der Glaskappe H nach Unterbrechung des Stickoxydstromes kann man diese Flamme beliebig zum Erlöschen bringen. Eine Explosionsgefahr ist ganz ausgeschlossen. Man wird gut thun, die Lampe nach dem Gebrauch zu leeren und auch den Docht zu entfernen, da sich auf demselben leicht Wasserdampf condensiert.



Aus der grossen Zahl der lichtempfindlichen Substanzen, die teils anorganischer, teils organischer Natur sind, wähle man diejenigen zum Versuch, welche einen photochemischen Effekt möglichst schnell erkennen lassen, und berücksichtige besonders solche, die in der photochemischen Technik Anwendung gefunden haben.

In erster Linie kommen daher die Silberhaloidsalze in Betracht. Eine Lösung von Silbernitrat fälle man in einem Reagenzglas mit Kochsalzlösung und zeige, dass sich der weisse Chlorsilberniederschlag nach einer mehrere Minuten langen Belichtung violett färbt. Soweit man bisher ermittelt hat, bildet sich das

1) Amateurliste 1890 von Romain Talbot, Berlin, S. 29.

violette Reaktionsprodukt  $Ag_3Cl_2$  durch Reduktion des Chlorsilbers  $AgCl$  unter Abgabe von Chlor. Erzeugt man aber den Chlorsilberniederschlag auf Papier oder Gelatine, so ist die Lichtempfindlichkeit bedeutend höher, wahrscheinlich weil die Reduktion durch jene organischen Substanzen bis zu metallischem Silber fortgesetzt wird. Falls eine Camera zur Verfügung steht, wird man nicht ver säumen, den Negativ- und Positivprozess der Photographie ausführlicher zu behandeln.<sup>2)</sup> Sonst lassen sich die photographischen Prozesse leicht in folgender Weise veranschaulichen. Man bestreiche mittelst eines Schwammes gewöhnliches weisses Schreibpapier, welches man auf ein Brett aufgespannt hat, mit einem Gemisch von 1 vol. gesättigter Kochsalzlösung und 3 vol. Wasser und stelle das Brett senkrecht an einen warmen Ort, bis das Papier trocken geworden ist. Als dann wird dasselbe im Dunkeln bei einer mit einem roten Cylinder versehenen Lampe sensibilisiert, indem man es, mit der Kochsalzseite nach unten, auf einer Silbernitratlösung (1 : 8) zwei Minuten schwimmen lässt. Man hängt es hierauf mittelst einer Klammer zum Trocknen hin. Bei einiger Übung gelingt es, einen völlig gleichmässigen Chlorsilberniederschlag zu erhalten, der keinerlei weisse Streifen erkennen lässt. Das so präparierte Papier lege man auf einer Unterlage von Fliesspapier auf ein Brett, bedecke es mit einem im folgenden als „Matrize“ bezeichneten Kartonpapier, aus welchem man eine sternförmige Figur ausgeschnitten hat, oder noch besser mit einem Stück Baumwollspitze, drücke darauf eine Glasplatte mittelst vier Federn aus Eisendraht fest an und belichte mehrere Minuten mit Sonnenlicht oder etwa 1 Minute mit der Flamme der in nächster Nähe vor dem vertikal stehenden Brett aufgestellten Magnesiumlampe. Das erhaltene, deutlich sichtbare Bild wird dann durch Waschen in gewöhnlichem Wasser von nicht reduziertem Silbersalz gehörig befreit und in einer Lösung von Chlorgold (1 : 1000) getont, wobei sich nach der Gleichung  $AuCl_3 + 3 Ag = 3 AgCl + Au$  metallisches Gold an den belichteten Stellen niederschlägt. Nach etwa 2 Minuten nehme man das Bild aus dem Goldbad heraus, fixiere es nach dem Waschen in Wasser mit unterschwefligsaurem Natrium (1 : 5), wobei nicht zersetztes Chlorsilber nach der Gleichung:



in das lösliche Doppelsalz  $Ag_2 S_2 O_3 \cdot 2 Na_2 S_2 O_3$  übergeht, und wasche wiederum mit Wasser. Diese Reihe von Versuchen, die sich in etwa 15 Minuten erledigen lassen, würde dem photographischen Positivverfahren entsprechen, von welchem sich das Negativverfahren wesentlich nur dadurch unterscheidet, dass an Stelle des sensibilisierten Papiers eine mit Bromsilbergelatine überzogene Glasplatte tritt, und dass man nach der Belichtung statt des Tonens die Entwicklung des Bildes ausführt, indem durch Übergiessen mit einer Lösung von Eisenvitriol oder Pyrogallol an den belichteten Stellen noch mehr metallisches Silber als durch das Licht allein niedergeschlagen wird. — Um noch durch einen wenn auch rohen Versuch darzuthun, dass sich die Strahlen des Spektrums in ihrer chemischen Wirkung auf Chlorsilber verschieden verhalten, lege man auf einen Streifen sensibilisierten Papiers eine Reihe gefärbter Gläser und belichte. Es zeigt sich dann eine Zunahme der Schwärzung vom Rot bis zum Blau.

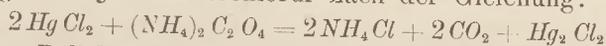
An und für sich lichtempfindlich ist ferner eine grosse Anzahl organischer Verbindungen. Sehr viele Teerfarbstoffe werden am Licht, wenn Stoffe mit den-

<sup>2)</sup> Näheres bei Pizzighelli, Handbuch der Photographie, Halle 1886.

selben gefärbt sind, oxydiert und infolge dessen gebleicht, was sich nach wochenlangem intensivem Belichten unter einer Matrize beobachten lässt. Dieser Bleichprozess erfolgt aber schon nach kaum einer Stunde, wenn man Kapillarröhrchen, in denen man eine Fuchsinlösung (1 : 10000) hat aufsteigen lassen, mit gewöhnlichem Lampenlicht belichtet. Ferner werden Gummi, Stärke, Harze und ähnliche Stoffe, die in gelöster Form auf Papier oder Gewebe aufgetragen sind, am Licht dunkel. Belichtet man daher Papier, welches in der Fabrik mit derartigen Substanzen geleimt ist, namentlich solches, welches viel durch Phloroglucinlösung (0,1 g Phloroglucin + 5 ccm Alkohol + 5 ccm Salzsäure) an der roten Färbung erkennbaren Holzschliff enthält und daher reich an Holzgummi ist, längere Zeit unter einer Matrize mit Sonnenlicht, so ergeben sich dunkle Bilder auf hellem Grunde.

Bei andern organischen Stoffen macht sich die photochemische Wirkung besonders durch eine Änderung der Löslichkeitsverhältnisse bemerkbar. Zu einem diesbezüglichen Versuch eignet sich eine Lösung von syrischem Asphalt in Chloroform, welche man mittelst eines breiten Pinsels auf starkes Zeichenpapier aufträgt. Nach einer mehrstündigen Belichtung im Sonnenlicht erweisen sich die vom Licht getroffenen Stellen des Asphalts unlöslich in Terpentinöl, so dass man mittelst dieser Flüssigkeit das Bild fixieren kann. Zur Entfernung des überschüssigen Terpentinöls badet man hierauf das Bild in Petroleum und lässt es trocknen. Die Unlöslichkeit des belichteten Asphalts, dessen Lichtempfindlichkeit bedeutend erhöht wird, wenn man den in Äther löslichen Anteil desselben vor dem Auflösen in Chloroform extrahiert, beruht nach einigen auf einer Oxydation, nach anderen auf einer blossen Polymerisation. An jenem einfachen Versuch lässt sich die Herstellung der im Buchdruck so wichtigen hochgeätzten Zinkplatten nach dem früher gebräuchlichen Asphaltverfahren erläutern; man macht begreiflich, wie es möglich ist, mit Hilfe des Lichts auf der sensibilisierten und mit einem photographischen Negativ belichteten Zinkplatte nach dem Fixieren ein positives Asphaltbild zu erhalten, welches beim Ätzen der Platte mit Säuren die darunter befindlichen Metallpartieen schützt, so dass sich nach Beseitigung des Asphaltmasse die für den Druck fertige, den Holzschnitt vollständig ersetzende Zinkplatte ergibt.

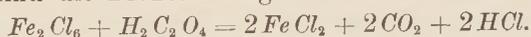
Die nun zu betrachtenden lichtempfindlichen Substanzen erleiden an sich durch das Licht keine Veränderung, wohl aber in Gegenwart organischer Stoffe auf Grund des Reduktionsvermögens derselben. Es gehört hierher eine Anzahl von Salzen solcher Schwermetalle, welche mehrere Oxydationsstufen bilden. Versetzt man in einem Reagenzglas eine Lösung von Quecksilberchlorid (1 : 20) mit dem gleichen Volumen einer Lösung von Ammoniumoxalat (1 : 25), so tritt schon nach einer Minute durch Belichtung mit Sonnenlicht oder Magnesiumlicht eine deutliche Füllung von Quecksilberchlorür nach der Gleichung:



ein. Bei längerer Belichtung ist die Menge des Quecksilberchlorürniederschlags so bedeutend, dass der Inhalt des Reagenzglases vollkommen weiss erscheint. Dieser Vorgang ist von EDER zu aktinometrischen Messungen benutzt (*Wien. Ak.-Ber.* (2) 80, Okt. 1879) und ist wegen der Schnelligkeit, mit der er sich vollzieht, wohl geeignet, die chemische Wirkung des Lichts zu demonstrieren.

Von noch grösserem Interesse, namentlich weil für die Praxis wichtig, ist das Verhalten der Ferrisalze und der Alkalichromate bei Gegenwart organischer Substanzen. Man mische in mehreren Reagenzgläsern mit einer Lösung von Oxalsäure (12,6 : 1000) die Lösung je eines der folgenden käuflichen Ferrisalze, die

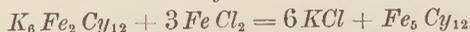
an und für sich mit Kaliumferricyanid nur eine bräunliche Färbung geben, und zwar mit 5 cem Oxalsäurelösung 5 Tropfen mässig concentrirter Eisenchloridlösung, mit 5 cem Oxalsäurelösung ein gleiches Volumen einer gesättigten Lösung von Kaliumferrioxalat und mit 10 cem Oxalsäurelösung zwei Tropfen einer Lösung von Ammoniumferricitrat (1:5) und setze die Gemische mehrere Minuten dem Sonnenlicht oder dem Licht der Magnesiumlampe aus. Eine Farbenveränderung ist nicht wahrzunehmen; dennoch hat das Licht chemisch eingewirkt, indem die Ferri- zu Ferroverbindungen reduziert, und die Oxalsäure zu Kohlensäure oxydiert ist. Des Näheren sind die Prozesse folgende:



Normale Ferrioxalatlösung, die durch Digerieren von wässriger Oxalsäurelösung mit überschüssigem Eisenhydroxyd erhalten wird, zersetzt sich nach Eder und Valenta (*Chem. Centralblatt XI 1880, S. 812*) nach der Gleichung:



doch wird der Prozess durch freie Oxalsäure beschleunigt. Das Kaliumferrioxalat  $Fe_2(C_2O_4)_3 \cdot 3K_2C_2O_4 \cdot 6aq.$  spaltet sich in  $FeC_2O_4$ ,  $CO_2$  und basisches Ferrioxalat, welches durch überschüssige Oxalsäure in Lösung erhalten wird. Für das Ammoniumferricitrat ist der Vorgang ähnlich, aber durch eine Formelgleichung noch nicht bestimmbar. Dass in der That bei allen diesen Reaktionen Eisenoxydulsalz entsteht, ergibt sich aber leicht durch die Bildung von Turnbulls Blau, die auf Zusatz von Kaliumferricyanid nach der Gleichung:



erfolgt. Noch schneller geht die Reduktion der Ferrisalze vor sich, wenn man eine Lösung derselben auf Papier aufträgt und dieses nach dem Trocknen belichtet. Die organische Substanz des Papiers vertritt hier die Stelle der Oxalsäure. Man bestreiche auf einem Reissbrett starkes Zeichenpapier möglichst gleichmässig mittelst eines Schwammes mit einer wässrigen Lösung von Ammoniumferricitrat (1:5), lasse es trocken werden und belichte unter der Matrize drei Minuten im Sonnenlicht oder eine Minute mit Magnesiumlicht. Es erscheint auf gelbem Grunde ein bräunliches Bild, das aber sofort blau wird, wenn man es in einer Tasse mit einer Lösung von Kaliumferricyanid (4:25) übergiesst. Das nicht belichtete Ferrisalz entferne man hierauf mit verdünnter Salzsäure (1:20). Sehr gut lassen sich auf diese Weise namentlich Spitzen weiss auf blauem Grunde kopieren. Die Herstellung jenes blauen Matrizenbildes wird dadurch vereinfacht, dass man das Papier direkt auf einem Gemisch gleicher Volume der Ammoniumferricitrat- und der Kaliumferricyanidlösung sensibilisiert. Solches Lichtpauspapier wird fabrikmässig für technische Bureaus hergestellt, wenn es darauf ankommt, nach dem negativen Cyanotypverfahren (PIZZIGHELLI, *Handbuch der Photographie Bd. 1, S. 419*) von Zeichnungen weisse Kopien auf blauem Grunde zu erzeugen.

Die unter der Mitwirkung organischer Verbindungen am Licht erfolgende Reduktion der Ferri- zu Ferrosalzen lässt sich noch durch andere Reaktionen darthun, von denen die Fällung von metallischem Platin aus einer Lösung von Kaliumplatinchlorür  $K_2PtCl_4$  für den photographischen Platindruck wichtig ist. Sowie sich aus der wässrigen Lösung dieses Platinsalzes auf Zusatz von Ferrosulfatlösung sogleich Platinmohr ausscheidet, muss sich dieser schwarze Platinniederschlag auch dann bilden, wenn man eine mit Oxalsäure- und der Platinsalzlösung versetzte Ferrisalzlösung belichtet. Von den Ferrisalzen eignet sich zu diesem Versuch am besten das Ferrioxalat, an Stelle dessen sich aber auch das käufliche

Kaliumferrioxalat benutzen lässt. Man bereite sich eine kalt gesättigte Lösung dieses Salzes, eine Lösung von Kaliumplatinchlorür (1 : 6) und eine Lösung von Oxalsäure (12,6 : 1000), mische von diesen Lösungen je 1 ccm, füge 10 ccm Wasser zu und lasse auf das Gemenge in einem Reagenzglas eine halbe Stunde direktes Sonnenlicht einwirken. Während ein Teil des Platins zu Boden fällt, setzt sich ein anderer in Gestalt einer zusammenhängenden Schicht auf den Wandungen des Glases ab, und zwar nur an der vom Licht getroffenen Seite. Verdünnt man jenes Gemenge der drei Lösungen statt mit 10 nur mit 2 ccm Wasser und fügt noch 1 ccm einer kalt gesättigten Kaliumoxalatlösung zu, so stellt die nach zwei- bis dreistündiger Belichtung in direktem Sonnenlicht erhaltene Platinschicht einen metallisch glänzenden Spiegel dar, der fest haftet, falls das Glas aufs sorgfältigste gereinigt war.

Diese Versuche machen den neuerdings in die photographische Technik eingeführten Platindruck vollkommen verständlich.<sup>3)</sup> Als wesentlicher Unterschied des Platindruckes vom Silberdrucke sei hervorgehoben, dass das Kaliumplatinchlorür an sich nicht lichtempfindlich ist, dass vielmehr das Platinbild auf indirektem Wege entsteht, indem durch die an den belichteten Stellen entstandene Ferroverbindung unter der Mitwirkung der heissen Kaliumoxalatlösung Platin chemisch niedergeschlagen und so das kaum sichtbare Eisenbild in das Platinbild übergeführt wird.

Den Ferrisalzen ähnlich verhalten sich die dichromsauren Alkalien, insofern auch sie durch das Licht Reduktionen erleiden, falls organische Substanzen anwesend sind. Ein Zusatz von Alkohol zu einer Lösung von Ammoniumdichromat bewirkt, dass schon nach einer Belichtung von 10 Minuten ein brauner Niederschlag fällt. Zuckerlösungen zeigen denselben Erfolg erst nach mehreren Stunden, und ebenso lange muss ein mit Chromatsalzlösung versetzter Gelatineleim belichtet werden, wenn bei Verflüssigung desselben im Wasserbad unlösliche braune Flocken sich zeigen sollen. Viel lichtempfindlicher als in jenen Lösungsgemischen erweist sich das Ammoniumdichromat, wenn man Zeichenpapier vermittelt eines Schwammes mit einer Chromatlösung (1 : 5) bestreicht und trocknen lässt. Es ergibt sich alsdann durch Belichtung mit der Magnesiumlampe eine Bräunung schon nach 1 bis 2 Minuten, und falls man das nicht belichtete Chromatsalz durch Einlegen des Papiers in Wasser beseitigt, erhält man ein dauerndes schwach braunes Bild auf weissem Grunde. Soweit von Eder festgestellt ist, beruht diese Bräunung sowie auch die Bildung jener braunen Niederschläge auf einer Reduktion des Chromatsalzes zu chromsaurem Chromoxyd  $Cr_2O_3 \cdot CrO_3 = 3CrO_2$ . Diese Verbindung wirkt einerseits wie Chromsäure, da sie aus einer Silbernitratlösung braunrotes Silberchromat niederschlägt, und andererseits wie Chromoxyd, insofern sie ähnlich wie die Thonerde aus einer Blauholzlösung den Farbstoff fixiert. Es nimmt daher nach VOGELS Lehrbuch der Photographie jenes schwach braune Bild durch Baden in einer Silbernitratlösung einen tief braunroten Ton an, und wenn man dasselbe auf Pergamentpapier herstellt, nach dem Waschen mit Wasser in eine warme Blauholzlösung einige Minuten einlegt und dann in einer schwachen Chlorkalklösung badet, so erscheint das Bild schwarzbraun auf hellem Grunde.

<sup>3)</sup> Will man noch auf Papier ein Platinbild erzeugen, so sensibilisiere man dasselbe nach PIZZIGHELLI, *Handbuch der Photographie* (Bd. 1, S. 366—389) oder benutze das bei ROMAIN TALBOT (Berlin) in kleineren Mengen käufliche präparierte Papier, das nach der Belichtung nur in einer heissen, mit Oxalsäure angesäuerten Lösung von Kaliumoxalat entwickelt und dann behufs Entfernung des überschüssigen Ferrisalzes in verdünnter Salzsäure geklärt zu werden braucht.

Von ganz besonderer Bedeutung sind nun die Veränderungen, welche die mit Chromatlösungen versetzte Gelatine, Chromatleim genannt, vom Lichte erfährt, für die photomechanischen Druckverfahren. Es verliert nämlich der Chromatleim durch Belichtung die Eigenschaft, in kaltem Wasser zu quellen und sich in heissem Wasser zu lösen, dagegen erhält er die Fähigkeit, fette Druckerschwärze anzunehmen. Welche chemischen Vorgänge bei der Belichtung des Chromatleims statthaben, ist noch nicht genügend festgestellt. Legt man in eine mit Ammoniak bis zur Gelbfärbung versetzte Lösung von Kaliumdichromat (1:20) nicht gewöhnliches Papier, sondern käufliches gelatiniertes Albertpapier, drückt es feucht auf eine mit Talkpulver abgeriebene Glasplatte an, lässt im Dunkeln auf derselben trocknen, zieht es dann ab und belichtet unter einem Negativ, so ergibt sich beim Fixieren in kaltem Wasser ein bräunliches, vertieftes Positivreliefbild, welches an den verschiedenen Stellen je nach der Intensität der Lichteinwirkung verschiedene Mengen fetter Druckerschwärze in der Presse annehmen und diese beim Aufdrücken eines reinen Bogens in Form eines Bildes abgeben würde (Lichtdruck, sensibilisierte Glasplatte). In ähnlicher Weise lässt sich das geschwärzte Gelatinebild auf einen lithographischen Stein oder eine Zinkplatte übertragen, die dann beide nach dem Ätzen mit Säuren zum Umdruck fertig sind (Photolithographie und Zinkhochdruck). Kupferdruckplatten entstehen entweder, indem man ein graphitiertes Chromgelatinebild auf eine Kupferplatte unter warmem Wasser überträgt und von derselben einen galvanoplastischen Abdruck macht (Heliographie), oder es wird das durch Belichtung unter einem photographischen Positiv auf pigmentiertem Chromgelatinepapier erhaltene, nicht sichtbare Bild in warmem Wasser auf eine Kupferplatte übertragen und diese dann tief geätzt (Heliogravüre). In Betreff der Einzelheiten dieser kurz gekennzeichneten Druckverfahren sei verwiesen auf: SCHNAUSS, *Die photomechanischen Druckverfahren* (Leopoldina, Halle 1888), EDER, *Jahrbuch der Photographie*, LIESEGANG, *Der Kohleindruck*. Hat man auch im Unterricht das vollständige Demonstrationsmaterial aus photomechanischen Anstalten nicht zur Verfügung, so genügt es nach obigen Versuchen, jene Druckverfahren durch Vorlegung fertiger Abzüge näher zu erläutern.

## Zur Ableitung des Newtonschen Gesetzes aus den Keplerschen Gesetzen.

Von

Professor Dr. Alois Höfler in Wien.

Wiederholt ist in dieser Zeitschrift darauf hingewiesen worden, dass aus historischen wie aus logischen Rücksichten der Unterricht sich nicht auf die Herleitung der Keplerschen Gesetze aus dem Newtonschen beschränken dürfe, sondern dass wenigstens in den Hauptzügen klar gemacht werden müsse, wie sich aus den Keplerschen Gesetzen, und nur aus diesen, das Newtonsche Gesetz ergeben hat. Aber auch eine quantitativ vollständige Ableitung ist im elementaren Unterricht sehr leicht zu geben, sobald man sich auf eine einfache Ableitung der Gleichung

$$\rho \cdot \cos^3 \psi = \frac{b^2}{a}$$

stützen kann. ( $\rho$  bedeutet den Krümmungshalbmesser der Ellipse in einem beliebigen Punkt,  $\psi$  den Winkel zwischen dem Krümmungshalbmesser und dem Leitstrahl  $r$ ;  $a$  und  $b$  sind die Halbaxen der Ellipse.) Denn diese Gleichung liefert zusammen mit den aus dem sonstigen Unterricht geläufigen Gleichungen

$$w_r = \frac{w_\rho}{\cos \psi}, \quad w_\rho = \frac{v^2}{\rho}, \quad v = \frac{\sigma}{\tau}, \quad \tau : T = f : ab\pi, \quad f = \frac{1}{2} r\beta, \quad \beta = \sigma \cos \psi$$

durch allmähliches Substituieren den vollständigen phoronomischen Ausdruck des Newtonschen Gesetzes:

$$w_r = 4 \pi^2 \cdot \frac{a^3}{T^2} \cdot \frac{1}{r^2}.$$

Jene erste Gleichung lässt sich in folgende zwei auseinanderlegen

$$\text{I.) } \rho \cdot \cos^2 \psi = n \qquad \text{II.) } n \cdot \cos \psi = p,$$

wo  $n$  die Normalenstrecke bedeutet und für die Ellipse (und Hyperbel)  $p = b^2/a$  ist. —

Für diese beiden Gleichungen (und dass sie nicht nur für die Ellipse, sondern für alle Kegelschnitte gelten) giebt Dr. ED. MAISS in einem Aufsätze: „Zur Lehre von der Centralbewegung mit einigem aus der Theorie der Krümmung der Kegelschnittlinien in elementarer Darstellung“ (*Zeitschrift f. d. Realschulwesen, XVI. Jahrg. 1891, VI. Heft*) einen rein synthetischen Beweis, von welchem wir den Hauptgedanken, die Ableitung der speziell den Krümmungsradius betreffenden Gleichung I) im folgenden in Kürze wiedergeben:

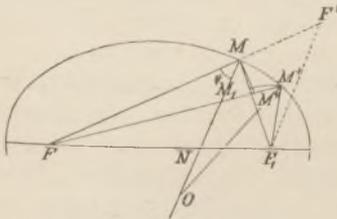


Fig. 1.

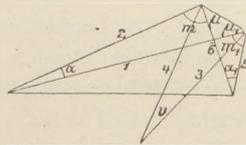


Fig. 1a.

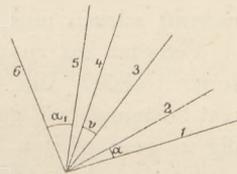


Fig. 1b.

Zu zwei benachbarten Punkten  $M, M'$  der Ellipse (Fig. 1) seien die Leitstrahlen  $r, r', r_1, r_1'$  gezogen; die Winkelsymmetralen von  $r, r_1$  und  $r', r_1'$  schneiden sich dann im Krümmungsmittelpunkte  $O$ . Setzen wir die Winkel  $(r r') = \alpha, (r_1 r_1') = \alpha_1$ , und den Winkel bei  $O = \nu$  (Fig. 1a), so ergibt sich aus der Vergleichung von

$$\nu + \frac{m}{2} + \mu + \mu_1 + \frac{m_1}{2} = 180^\circ \quad \text{und} \quad \begin{cases} \alpha + m + \mu + \mu_1 = 180^\circ \\ \alpha_1 + m_1 + \mu_1 + \mu = 180^\circ \end{cases}$$

die einfache Beziehung:

$$\nu = \frac{\alpha + \alpha_1}{2} \dots \dots (1)$$

[Nebenbei bemerkt bedarf es zum Nachweise dieser Beziehung nicht des Satzes von der Winkelsumme im Dreieck, sondern er lässt sich unmittelbar daraus einsehen, dass die Richtungsunterschiede der Winkelhalbierenden 3 und 4 (Fig. 1a) gegen eine beliebige feste Richtung (etwa die von 1) die arithmetischen Mittel der Richtungsunterschiede der Schenkel 1 und 5, bezw. 2 und 6 gegen jene Richtung sind. Bezeichnen wir z. B. den Richtungsunterschied zwischen jener festen Richtung und der Richtung von 3 selbst kurz durch (3), und analoges durch (1), (2), (4), (5), (6), so gelten die symbolischen Gleichungen

$$\begin{aligned} (3) &= \frac{(1) + (5)}{2}, & (4) &= \frac{(2) + (6)}{2}, \\ (4) - (3) &= \frac{(2) + (6)}{2} - \frac{(1) + (5)}{2} = \frac{(2) - (1)}{2} + \frac{(6) - (5)}{2}, \end{aligned}$$

wo  $(4) - (3) = \nu, (2) - (1) = \alpha, (6) - (5) = \alpha_1$ . — Oder wenn wir in Fig. 1b alle jene Richtungen von einem Punkt aus nehmen und z. B. den Winkel zwischen 1 und 4 durch (1,4) bezeichnen:

$$\begin{aligned} (1,4) + (3,6) &= (1,2) + (2,4) + (3,5) + (5,6) \\ (1,3) + \nu + \nu + (4,6) &= \alpha + (2,4) + (3,5) + \alpha_1, \end{aligned}$$

woraus wieder wegen  $(1,3) = (3,5)$  und  $(2,4) = (4,6)$  sofort Gl. (1) folgt.]

Entsprechen den Winkeln  $\nu, \alpha, \alpha_1$ , im Kreis mit dem Einheitsradius die Bögen  $B, \beta, \beta_1$ , wo

$$B = \frac{MM'}{\rho}, \quad \beta = \frac{MM''}{r} = \frac{MM' \cos \psi}{r}, \quad \beta_1 = \frac{M'M_1}{r} = \frac{MM' \cos \psi}{r_1},$$

so ergibt sich aus (1) bei Tilgung des Faktors  $MM'$

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\cos \psi}{2} \left( \frac{1}{r} + \frac{1}{r_1} \right) \dots \dots (2)$$

Hierin ist weiter wegen  $r + r_1 = 2a$  und  $\Delta FF'F_1 \propto FMN$

$$\frac{1}{r} + \frac{1}{r_1} = \frac{2a}{rr_1}, \quad \frac{2a}{r} = \frac{F_1 F'}{n} = \frac{2r_1 \cos \phi}{n},$$

woraus sofort  $1/\rho = \cos^2 \psi / n$  und hiermit Gl. I) folgt.

Da der Beweis für Gl. II sich nicht so charakteristisch von dem in der analytischen Geometrie eingehalten Rechnungsgang unterscheidet, so können wir von seiner Wiedergabe hier absehen.

Allgemeine Beachtung verdienen die Eingangsworte der Abhandlung: „Die übliche Behandlung der Lehre von der Planetenbewegung oder allgemeiner der Centralbewegung im Mittelschulunterrichte lässt noch manches zu wünschen übrig. Einer von den Mängeln der elementaren Darstellung dieses Kapitels besteht darin, dass dieselbe sehr leicht zu der falschen Meinung Anlass geben kann, die beiden ersten Gesetze Kepler's seien nicht ausreichend für eine vollständige Beschreibung der Bewegung jedes einzelnen Planeten, sondern es wäre erst das dritte Gesetz jenes, das ausdrückt, in welcher Weise die Centrakraft wirken muss, damit gerade die beobachteten Bewegungen eintreten.

Verleitet hat zu dieser mangelhaften Darstellung vielleicht der Umstand, dass den Schülern, welchen die in Rede stehenden Gesetze vorgetragen werden, die hier in Betracht kommenden Eigenschaften der Ellipsen, beziehungsweise Kegelschnittslinien nicht geläufig zu sein pflegen. Man erachtete sich daher gezwungen, die elliptischen Bahnen näherungsweise als kreisförmig zu betrachten — was ja in vielen Untersuchungen ohne weiteres gestattet und zweckdienlich ist — und benahm sich dadurch a priori die Möglichkeit, auf das Wirkungsgesetz der Centrakraft zu kommen. Dieses Gesetz spricht ja von der Verschiedenheit der Intensität dieser Kraft bei verschiedenem Abstände zwischen Planeten und Sonne, beziehungsweise Centrankörper und kreisender Masse, ist hingegen nichts zu sagen imstande, so lange der Abstand keine Verschiedenheiten zeigt.“

Meinerseits habe ich seit Jahren die Darstellung so gegliedert: Nachdem aus der Umkehrung des Flächensatzes (nicht aus diesem selbst!) einleuchtend geworden war, dass und warum wir die Planetenbewegung als zusammengesetzt denken können und müssen aus einer gleichförmigen und einer beschleunigten, welche letztere die Richtung längs des Leitstrahles vom Planeten zur Sonne hat, wurde erstens für je einen Planeten gezeigt, dass wenigstens für die Scheitel der grossen Axe gilt:

$$w_R : w_r = \frac{1}{R^2} : \frac{1}{r^2},$$

was die Kenntnis der Krümmungshalbmesser daselbst nicht voraussetzt, da sie offenbar gleich sind. Die Rechnung lautet dann:  $w_R : w_r = \frac{V^2}{\rho} : \frac{v^2}{\rho} = \left(\frac{\Sigma}{\tau}\right)^2 : \left(\frac{\sigma}{\tau}\right)^2$ , wo nach dem Flächensatz  $\frac{1}{2} \Sigma R = \frac{1}{2} \sigma r$ . (Die besondere Betrachtung gerade dieses Spezialfalles ist um so lehrreicher, als anfänglich das Flächengesetz von KEPLER selbst „keineswegs gehörig erwiesen oder auch nur vollständig erkannt war. Er fand dasselbe in den beiden Apsiden der Erdbahn durch Berechnung der Beobachtungen bestätigt, und dies war ihm schon hinreichend, um es sofort auf alle anderen Flächen dieser (der Erd-) Bahn und auch auf die Bahnen aller übrigen Planeten auszudehnen“. WHEWELL, Geschichte der induct. Wissenschaften, übersetzt v. LITTRON, I. Bd., S. 429.)

Zweitens wurde dann die Giltigkeit jener Proportion auch für verschiedene Planeten unter Annahme kreisförmiger Bahnen durch Hinzunahme des dritten Kepler'schen Gesetzes in der herkömmlichen Weise abgeleitet.

$$w_R : w_r = \frac{V^2}{R} : \frac{v^2}{r} = \frac{4\pi^2 R}{T^2} : \frac{4\pi^2 r}{t^2} = \frac{R}{R^3} : \frac{r}{r^3} = \frac{1}{R^2} : \frac{1}{r^2}$$

Die erste dieser Ableitungen ist aber nur für einen Spezialfall, die zweite nur als Annäherung gültig. Wie man sich von diesen Einschränkungen frei macht, pflegte ich immer einigen Schülern zu zeigen, die sich durch Privatstudium genug Kenntnis der Differentialrechnung erworben hatten, um sich die Gleichung  $\rho \cos^3 \psi = b^2/a$  abzuleiten. Aber auch nachdem wir jetzt eine nicht nur elementare, sondern wirklich sehr

einfache Ableitung dieser Gleichung besitzen, würde ich empfehlen, im Unterrichte für jeden der beiden Hauptschritte zuerst die vereinfachte Rechnung und dann jedesmal als Zusatz die vollständige Formel zu geben. (Im Lehrbuch also zuerst den Spezialfall für einen Planeten im Grossgedruckten, dann die obige allgemeine Ableitung von  $w_r = 4\pi^2 (a^3/T^3) \cdot 1/r^2$  im Kleingedruckten, hierauf wieder im Grossgedruckten die Annäherung für verschiedene Planeten und im Kleingedruckten die genaue Rechnung auf Grund jener Formel für  $a^3/T^3 = C$ ). Es dürfte sich dies nicht nur aus Rücksicht auf die Fassungskraft schwächerer Schüler und auf beschränkte Unterrichtszeit als praktisch erweisen, sondern auch gerade die für eine tiefere logische Auffassung befähigten Schüler intensiver bei der Überlegung festhalten, was bei Herleitung des NEWTON'schen Gesetzes einerseits aus den zwei ersten KEPLER'schen Gesetzen für sich, anderseits bei Hinzunahme des dritten, jedesmal der physikalische (phoronomische) Grundgedanke, und was dagegen nur die rechnerische Ausgestaltung dieses Gedankens sei.

## Über die Verwendung von Drahtnetzen zu einem elektrischen Verteilungsapparat.

Von

Dr. L. Heinze in Königsberg i. Pr.

FARADAY<sup>1)</sup> benutzte, um zu zeigen, dass die Elektrizität sich nur auf der äusseren Oberfläche eines hohlen geschlossenen Leiters ausbreite, einen grossen, hohlen, auf allen Seiten mit Stanniol überzogenen Würfel, der als Konduktor geladen wurde. FARADAY, der sich im Innern des Würfels befand, konnte selbst mit feinen Elektrometern eine Ausbreitung der Elektrizität auf der inneren Oberfläche desselben nicht wahrnehmen.

Statt des FARADAY'schen Versuches schlägt Herr W. HOLTZ<sup>1)</sup> die Verwendung eines Drahtnetzes in Form einer Glocke vor, welche auf eine isolierte, metallene Scheibe gestellt wird; auf dieser befindet sich ein Elektrometer, dessen Kügelchen mit der Scheibe leitend verbunden sind. Die Scheibe wird ein Mal mit, das andere Mal ohne Glocke elektrisch geladen und das Verhalten der Kügelchen beobachtet. Dieser höchst einfache und instruktive Versuch scheint wenig bekannt zu sein. Ich will noch später auf denselben zurückkommen. Ein weiterer Vorschlag des Herrn HOLTZ, an Stelle der Kugelform andere Formen und Drahtnetze von verschiedener Maschengrösse zu beobachten, ist meines Wissens nicht ausgeführt worden.

In seinen *Physikalischen Demonstrationen* (S. 511 f. I. Aufl.) giebt Herr WEINHOLD einen sehr sinnreichen Versuch zur Demonstration der Elektrizitätsverteilung, bei welchem an Stelle des durchsichtigen Drahtnetzes Wasser verwendet wird. Ein wasserdichtes Elektroskop, über dessen Kugel eine schwere Bleikappe gestülpt ist, wird in ein Glasgefäss gesetzt und bei Ladung der Kappe die Bewegung der Blättchen gezeigt. Die Blättchen bleiben ruhig, wenn vor der Ladung der Kappe in das Glasgefäss so viel Wasser gegossen wird, dass es die Kappe benetzt. Der Versuch setzt voraus, dass man ein wasserdichtes Elektroskop zur Verfügung hat.

Alle drei oben erwähnten Versuche operieren, wenn man bei dem zweiten von den Maschen des Drahtnetzes absieht, mit völlig geschlossenen äusseren Oberflächen von Leitern. Versuche mit an einer Seite offenen, hohlen, leitenden Körpern, z. B. den mit dem FARADAY'schen Mousselinnetz oder den in *d. Ztschr.* II S. 78 und 79 von Herrn HEYDEN beschriebenen mit einem mit Goldpapier überzogenen an einer Seite offenen Würfel übergehe ich, weil dieselben nicht strenge Beweise des Verteilungsproblemles liefern können, wenngleich sie allerdings, wie Herr POSKE (in *d. Ztschr.* III S. 163) bemerkt hat, nahezu dasselbe Resultat ergeben wie die mit geschlossenen Leitern, da die Ansammlung der Ladung hauptsächlich an den Kanten und Ecken stattfindet.

<sup>1)</sup> Litteraturangaben über diese Versuche findet man in G. Wiedemann's „Lehre von der Elektrizität“ Band I. S. 61 und 62. 1882.

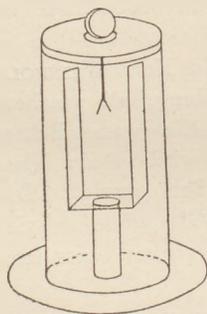
Es schien mir wünschenswert, da der FARADAY'sche Versuch für die Schule nicht verwendbar, der WEINHOLD'sche nicht mit allen Elektroskopen z. B. dem von Herrn KOLBE in *d. Ztschr.* beschriebenen vorzüglich wirkenden ausführbar ist, die HOLTZ'sche Beobachtungsart mit Drahtnetzen wieder aufzunehmen. Wenngleich ich mir dessen wohl bewusst war, dass man es auch hier nicht mit vollständig geschlossenen Oberflächen zu thun hat, so schien es mir doch zweifellos, dass dieselben in höherem Grade für vollständig geschlossen gelten können als die an einer Seite ganz offenen.

Ein Cylinder (Fig. 1) aus messingnem Drahtnetz mit sehr feinen Maschen von 16 cm Länge und 7,5 cm Grundflächendurchmesser wurde an der einen Seite durch einen metallenen Deckel mit abgerundeter Kante verschlossen, in welchen eine Messingkugel mit Stiel von 4 cm Länge zum Ankleben von Aluminiumblättchen fest eingeschraubt war; die Blättchen wurden mit etwas Fischleim an dem Messingstiel befestigt und ragten über denselben etwa 1,5 cm hinaus.

Als dieser Apparat auf einen isolierenden Ebonitteller gestellt war, wurde der Kugel Elektrizität zugeführt. Wider alle Erwartung ergaben die Blättchen keinen Ausschlag, trotzdem der Apparat so stark geladen war, dass man am unteren Ende des Cylinders einen Funken abziehen konnte. Ganz dasselbe zeigte sich natürlich auch, als der Apparat auch an der unteren noch offenen Fläche durch einen Leiter dadurch verschlossen wurde, dass er auf einen isolierten Metallteller oder in ein Porzellangefäß mit Wasser gesetzt war. Es hatte somit den Anschein, als ob auch bei dieser Form des Apparates die Schliessung der freien Öffnung überflüssig sei, die Elektrizität selbst dann sich nicht auf die innere Oberfläche ausbreite, wenn eine Seite des Cylinders ganz offen ist.

Es blieb nur noch die Untersuchung übrig, ob auf die Blättchen vielleicht von der Seitenwand des Cylinders her ein Druck ausgeübt würde, welcher ihr Auseinandergehen verhinderte. War auch auf der inneren Fläche Elektrizität, so mussten die Blättchen, da sie gleichmässig geladen waren, einander abstossen. Andererseits konnte aber auch die Kraft der geladenen Seitenwand, wenn sie wegen ihrer cylindrischen Form einen nach allen Seiten hin gleich starken Druck ausübte, im Stande sein, die die Blättchen abstossende Kraft zu überwinden.

Eine Entscheidung in dieser Frage war dann gegeben, wenn es gelang, die angenommene elektrische Druckwirkung der inneren Seitenwand des Cylinders auf die Blättchen aufzuheben. Zu diesem Zwecke bog ich einen 2,4 cm breiten Streifen aus eisernem, blau gestrichenen Drahtnetz mit circa 1 mm Maschenweite zweimal rechtwinklig so, dass die Seitenflächen dieser Schirmvorrichtung 4,5 cm von einander entfernt waren und die Höhe derselben 2,5 cm geringer war als die Höhe des Cylinders. Der Schirm wurde dann, wie aus der Figur ersichtlich ist, auf die isolierende Ebonitplatte gestellt, der Cylinder coaxial über denselben hindübergestülpt, sodass die Flächen der Blättchen den Seitenflächen des Schirmes parallel waren, endlich der Kugel Elektrizität zugeführt. Jetzt gingen die Blättchen auseinander. Wurde der Cylinder um  $90^\circ$  gedreht und geladen, so ergaben die Blättchen ebenfalls einen Ausschlag, aber nicht nach der gewöhnlichen Richtung, sondern nach den Schirmseitenflächen zu. Diese Beobachtung wurde nur einmal wiederholt, weil bei der lebhaften Bewegung ein Abreißen der Blättchen zu befürchten war.



Wurde der Apparat mit der Schirmvorrichtung auf einen isolierten Metallteller oder in eine Porzellan- oder Glasschale mit Wasser gesetzt, so blieben die Blättchen unbeweglich, wenn der Kugel Elektrizität zugeführt wurde.

Damit scheint mir die Annahme einer elektrischen Druckwirkung der inneren Seitenwand des Cylinders auf die Blättchen unter Voraussetzung eines Apparates mit den angegebenen Dimensionen vollständig gerechtfertigt zu sein. Dieser Umstand ist auch bei dem HOLTZ'schen Experimente zu berücksichtigen. Hier hat man es statt mit einem

Cylinder mit einer Halbkugel zu thun, deren Elektrizität, wenn die innere Fläche elektrisch geworden wäre, auf die Kügelchen einen Druck hätte ausüben können, der die abstossende Kraft derselben überwiegt. Die Dimensionen der HOLTZschen Drahtglocke waren sicherlich grössere als die des hier verwendeten Cylinders, und es ist darum die Möglichkeit einer solchen Einwirkung wenig wahrscheinlich, aber es scheint doch auch nicht absolut ausschliessbar zu sein, dass trotz der Ruhe der Kügelchen Elektrizität auf der inneren Fläche der Drahtglocke vorhanden ist.

Es ist zu erwarten, dass der Teil des leitenden Tellers oder der Wasserfläche, welcher von dem Cylinder überdeckt ist, ebensowenig durch Leitung elektrisch wird als die innere Oberfläche des Cylinders, wenn man demselben Elektrizität zuführt, und dass daher dem Schirme keinerlei Elektrizität zugeführt wird, wenn er ohne Isolierung auf dem Teller oder im Wasser steht. Um jeden Zweifel nach dieser Richtung hin zu beseitigen, wurde die Grundfläche des Schirmes auf einer 4 cm hohen Siegellackstange festgeklebt, nachdem die Enden seiner Seitenflächen um eben diese Länge gekürzt waren. Jetzt stand der Schirm ausserhalb aller leitenden Verbindung mit dem Teller oder dem Wasser, und die mit und ohne leitende Schlussfläche des Cylinders wiederholten Versuche ergaben keine Änderung des Resultates.

Es liess sich nunmehr auch der Nachweis führen, dass die Schirmvorrichtung, wenn man vorsichtig den Cylinder abgehoben hatte, unelektrisch war; der am Siegellack erfasste und einem empfindlichen Elektroskop genäherte Schirm rief keine Bewegung der Blättchen hervor.

Die Ladung wurde mit dem positiv geladenen Deckel eines Elektrophors direkt an der Kugel bewirkt, ein seitlich am Deckel angebrachter Ladungsdraht erwies sich als überflüssig und hinderlich.

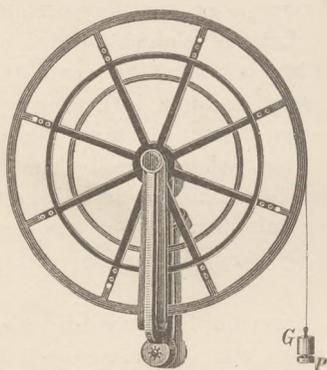
Bei dem oben beschriebenen Apparate<sup>1)</sup> ist trotz der Feinheit der Maschen auch für einen grösseren Zuschauerkreis die Bewegung der Blättchen ganz gut beobachtbar, wenn man die ganze Vorrichtung zwischen das Fenster und die Zuschauer stellt und bei der Anfertigung darauf geachtet hat, dass die Naht des Drahtnetzes nicht die Sichtbarkeit der Blättchen hindert. Bei einer Neuanfertigung würde ich allerdings eine andere Form des Apparates ähnlich derjenigen wählen, welche Herr v. BEETZ seinem Elektroskop gegeben hat (vergl. *Weinhold, Phys. Dem. I. Aufl. S. 506*). An einen allseitig gekrümmten, rechteckigen Deckel mit abgerundeten Ecken müsste ein durch die Form desselben in seiner Gestalt bestimmtes, rechtwinklig-parallelepipedisches Drahtnetz mit abgerundeten Kanten angelötet werden. In den Deckel wäre der Blättchenstiel mit Kugel fest einzuschrauben so, dass die Blättchen mit ihren Flächen parallel den schmalen Seitenflächen des Drahtnetzes laufen. Die breiten Seitenflächen des Drahtnetzes würden dann in ihrer Mitte eben sein und parallel laufen und daher durchsichtiger sein, als wenn sie gekrümmt wären. Die Länge der Blättchen müsste so gewählt werden, dass sie auch bei ihrer weitesten Entfernung von einander das Drahtnetz nicht berühren. Eine Schirmvorrichtung dürfte sich bei Anwendung dieser Form wohl als überflüssig erweisen, besonders wenn man die Dimensionen des Apparates recht gross und vielleicht auch ein besser leitendes Befestigungsmittel der Blättchen als Fischleim wählt, da hier die Grösse der Druckwirkung der Seitenwände nach zwei aufeinander senkrechten Richtungen eine verschiedene sein wird. Eine Schirmvorrichtung von oben beschriebener Art würde sich auch hier leicht anbringen lassen, falls sie sich als notwendig herausstellen sollte.

<sup>1)</sup> Der Apparat wurde in der Mechanischen Werkstatt des Herrn C. Radau zu Königsberg i/Pr. gearbeitet.

## Ein Apparat zur experimentellen Behandlung der Lehre vom Trägheitsmomente.

Von

Prof. Hans Hartl in Reichenberg (Deutschböhmen).



Der an der Wand zu befestigende Apparat besteht im Wesentlichen aus einem metallenen Speichenrade vom Halbmesser 20 cm, das mit möglichst geringer Reibung in Körnerzapfen eingelegt ist. Ein Faden, mit dem einen Ende in der Umfangsnut des Rades befestigt, ist etwa 2mal um dasselbe gewickelt und trägt am freien Ende ein Gewicht  $G$ , an welches noch andere Gewichte durch Anschrauben oder Auflegen befestigt werden können. Die hinsichtlich ihres Trägheitsmomentes zu untersuchenden Körper werden mittelst kleiner Zapfen, welche durch entsprechende Löcher des Speichenrades gesteckt und rückwärts verschraubt werden, an dem Rade festgehalten.

Die Ausrüstungsgegenstände sind:

- a) Die hinsichtlich ihres Trägheitsmomentes zu untersuchenden Körper.
1. Ein Ring  $A$  vom mittleren Radius  $r_a = \sqrt{3}$  dm (1,723 dm) und dem Gewichte  $\frac{2}{3} \times 0,49$  kg.
  2. Ein Ring  $B$  vom mittleren Radius  $r_b = \sqrt{2}$  dm (1,414 dm) und dem Gewichte 0,49 kg.
  3. Ein Metallstab von 40 cm Länge und 0,49 kg Gewicht.
  4. Eine rechteckige Platte von 32 cm Länge, 24 cm Breite und 0,49 kg Gewicht.
  5. Eine kreisförmige Scheibe  $K$  von 20 cm Halbmesser und 0,49 kg Gewicht.<sup>1)</sup>
  6. Zwei kreisförmige Scheiben  $k$  von 5 cm Halbmesser und je  $\frac{0,49}{2}$  kg Gewicht.

b) Die Antriebgewichte:

1. Das schon genannte Gewicht  $G$ , welches bei unbelastetem Speichenrade eine solche gleichförmig beschleunigte Bewegung hervorbringt, dass es in den ersten zwei Sekunden eine Höhe  $h = 2,138$  m durchfällt. Diese Bewegung, welcher die Beschleunigung  $b = 1,069$  m ( $h/2$ ) entspricht, bezeichnen wir als „Normalbewegung“ des Apparates. — Das Gewicht  $G$  ist und bleibt mit der Schnur fest verbunden.

2. Die Antriebgewichte  $P_1 = 30$  g,  $P_2 = 20$  g,  $P_3 = 15/4$  g.

Das Speichenrad und das Gewicht  $G$  sind aus blankem Messing gefertigt; die Probekörper und die Antriebgewichte  $P_1$ ,  $P_2$  und  $P_3$  sind dunkel gebeizt, damit sie sich von den anderen Teilen auffallend abheben.

Die Ausführung eines jeden Versuches beruht auf folgender Grundlage.

Befestigt man an dem Speichenrade einen Probekörper  $M$  und schraubt dann an das Gewicht  $G$  ein so gewähltes Antriebgewicht  $P$ , dass die Normalbewegung hervorgerufen wird, so kann man von dem Gewicht  $G$  und dem Speichenrade vollständig absehen, da ja  $G$  ausschliesslich zur Bewegung seiner selbst und des Speichenrades beansprucht wird.

Daher hat man blos das Antriebgewicht  $P$  und die Masse, beziehungsweise das Trägheitsmoment des Probekörpers  $M$  in Betracht zu ziehen.

Nun ist bei der „Normalbewegung“ die Endgeschwindigkeit nach der zweiten Sekunde (die Weiterbewegung wird durch ein Aufschlagtischchen gehindert)  $v = 2b = 2,138$  m und die durchfallene Höhe  $h = 2b = 2,138$  m. Die Umfangsgeschwindigkeit des Speichenrades ist im gleichen Augenblicke  $= v$ , somit seine Winkelgeschwindigkeit (bezogen auf

<sup>1)</sup> Die unter 3, 4, 5 und 6 genannten Probekörper sind mit einer centrischen Bohrung versehen, mit welcher sie auf die Axe des Speichenrades aufgesteckt werden.

den Halbmesser 1 m)  $w = 5v$ . Bedeutet  $T$  das Trägheitsmoment des Probekörpers, so ist dessen kinetische Energie zu Ende der zweiten Sekunde  $L = T \frac{w^2}{2} = T \cdot \frac{25v^2}{2}$  und die kinetische Energie des Antriebgewichtes ist  $l = \frac{Pv^2}{2g}$ .

Diese kinetischen Energien sind aus der verlorenen potentiellen Energie des gesunkenen Gewichtes  $P$  entstanden. Diese Energie ist  $E = Ph = Pv$ , und es muss daher

$$T \frac{25v^2}{2} + \frac{Pv^2}{2g} = Pv,$$

$$T 25vg = P(2g - v),$$

$$T = P \cdot \left( \frac{2}{25v} - \frac{1}{25g} \right) \text{ sein.}$$

Die Ausrechnung ergibt für  $v = 2,138$  m und  $g = 9,8$  m

$$\frac{2}{25v} = 0,03741, \quad \frac{1}{25g} = 0,00408, \quad \frac{2}{25v} - \frac{1}{25g} = 0,03333 = \frac{1}{30},$$

daher

$$\text{I.} \dots \dots \dots T = \frac{P}{30}.$$

In dieser Gleichung ist  $T$  auf Masseneinheiten und Meter bezogen,  $P$  in kg gegeben.

Bezeichnet man das auf *cm* bezogene Trägheitsmoment mit  $T^1$ , das in Grammen gegebene Antriebgewicht mit  $P^1$ , so ist  $T^1 = T \cdot 100^2$  und  $P^1 = P \cdot 1000$ ,

$$\text{also } T = \frac{T^1}{10000} \text{ und } P = \frac{P^1}{1000}.$$

Setzt man diese Werte in Gleichung (I) ein, so erhält man:

$$\text{II.} \dots \dots \dots \frac{T^1}{10000} = \frac{P^1}{30 \cdot 1000}.$$

$$T^1 = \frac{P^1}{3}.$$

d. h.: Das auf Masseneinheiten und Centimeter bezogene Trägheitsmoment des Probekörpers ist ziffergleich dem Drittel des in Grammen angegebenen Antriebgewichtes.

*Versuche.*

1. *Versuch.* Nachweis des Satzes: Zwei in verschiedenen Abständen von der Achse angebrachte Massen haben gleichen Trägheitswiderstand, wenn sich die Massen umgekehrt verhalten wie die Quadrate ihrer Abstände von der Achse.

Zuerst wird der Ring *A*, sodann der Ring *B* angeschraubt und in beiden Fällen durch das Antriebgewicht  $P_1$  die Normalbeschleunigung hervorgebracht.

Die Massen der Ringe verhalten sich . . .  $M_a : M_b = 2 : 3$

Die Quadrate ihrer Abstände . . . . .  $r_b^2 : r_a^2 = 2 : 3 \dots = (\sqrt{2})^2 : (\sqrt{3})^2$

Daher  $M_a : M_b = r_b^2 : r_a^2$ .

2. *Versuch.* Nachweis der Formel  $T = \frac{Ml^2}{12}$  für das Trägheitsmoment eines dünnen Stabes bezüglich der zur Stablänge normalen Schwerpunktsachse.

Der 40 cm lange Metallstab wird an dem Speichenrade befestigt und sodann durch das Gewicht  $P_2 = 20$  g die Normalbewegung hervorgebracht. Demnach ist das Trägheitsmoment  $T = \frac{20}{3}$ .

Die Formel  $T = \frac{Ml^2}{12}$  ergibt, da  $M = \frac{0,49}{9,8} = \frac{1}{20}$  ist,  $T = \frac{1}{20} \cdot \frac{40^2}{12} = \frac{20}{3}$ .

Jede der beiden Stabhälften stellt einen um seinen Endpunkt rotierenden dünnen Stab von der Masse  $M = \frac{1}{40}$  und der Länge 20 cm dar. Für diesen Fall gilt die Formel  $T = \frac{Ml^2}{3} = \frac{1}{40} \cdot \frac{20^2}{3} = \frac{10}{3}$ .

Diese Formel erscheint gleichfalls durch den vorhergehenden Versuch bestätigt, demzufolge das Trägheitsmoment einer Stabhälfte  $= \frac{10}{3}$  ist.

3. Versuch. Nachweis der Formel  $T = \frac{M(a^2 + b^2)}{12}$  für das polare Trägheitsmoment einer rechteckigen Platte.

Die rechteckige Platte von den Seiten  $a = 32$  cm und  $b = 24$  cm und der Masse  $M = \frac{1}{20}$  wird an dem Speichenrade befestigt. Das Gewicht  $P_2 = 20$  g bringt die Normalbewegung hervor. Demnach ist  $T = \frac{20}{3}$ .

Die zu bestätigende Formel ergibt:

$$T = \frac{1}{20} \cdot \frac{24^2 + 32^2}{12} = \frac{20}{3}.$$

4. Versuch. Nachweis der Formel  $T = \frac{Mr^2}{2}$  für das polare Trägheitsmoment einer Kreisscheibe.

Die Scheibe  $K$  vom Halbmesser 20 cm und der Masse  $\frac{1}{20}$  wird an dem Speichenrade befestigt. Das Gewicht  $P_1 = 30$  g bringt die Normalbewegung hervor. Demnach ist  $T = 10$ .

Die zu bestätigende Formel liefert:

$$T = \frac{1}{20} \cdot \frac{20^2}{2} = 10.$$

5. Versuch. Nachweis des Satzes: Das Trägheitsmoment  $T_a$  für eine im Abstände  $a$  vom Schwerpunkte befindliche Achse ist um die Grösse  $Ma^2$  grösser als das Trägheitsmoment für die parallele Schwerpunktsachse.

Man legt beide Scheiben  $k$  zunächst concentrisch an das Speichenrad. Zur Hervorbringung der Normalbewegung ist das Gewicht  $P_3 = \frac{15}{4}$  nötig. Hierauf werden die beiden Scheiben beiderseits der Achse im Abstände  $a = 10\sqrt{2}$  cm befestigt. Um wieder die Normalbewegung hervorzubringen, muss man jetzt noch das Gewicht  $P_1 = 30$  g hinzufügen. Das Trägheitsmoment beider Scheiben ist daher um 10, jenes einer Scheibe daher um 5 grösser geworden. Dieses ist aber die Grösse  $Ma^2$ , da  $M = \frac{1}{40}$ ,  $a = 10\sqrt{2}$ , daher  $Ma^2 = \frac{1}{40} \cdot 200 = 5$  ist.

Der Apparat, welcher in der Schulabteilung der Prager Landesausstellung ausgestellt war, wird in der Fabrik physikalischer Apparate von Herrn Max Kohl in Chemnitz zum Preise von 125 Mark hergestellt.<sup>2)</sup>

### Physikalische Aufgaben.

8. Die im 1. Heft der Ztschr. S. 28 von Prof. G. HELM gestellte Aufgabe (No. 3) ist eng verwandt mit der von SALTZMANN (*d. Ztschr. IV, 189*) behandelten über Reflexion an planparallelen Platten. Im Folgenden fassen wir beide Aufgaben verallgemeinernd zusammen.

Auf die planparallele wagerechte Glasplatte  $I$  falle von dem leuchtenden Punkte  $P_1$  her der Strahl  $P_1a$ . Nach mehreren inneren Reflexionen trete ein Teil seines Lichtes auf dem Wege  $fQ_5$  in das untere Medium aus, ein anderer  $eQ_4$  werde in das obere Medium reflektiert. Der ursprüngliche Strahl,  $P_1a$ , und der hindurchgelassene,  $fQ_5$ , liegen auf zwei Parallelen, deren Abstand von der Zahl der inneren Reflexionen und der Dicke der Glasplatte ( $=p$ ) abhängt, nicht aber von der höheren oder tieferen Lage derselben. Verschiebt man sie daher parallel zu sich selbst bis nahe an  $P_1$  in die Lage  $II$ , so dass sie von dem Strahl  $P_1a$  in  $\alpha$  getroffen wird, so kommt

<sup>2)</sup> Von derselben Firma kann auch der kleine Wurfapparat (für 15 Mark) bezogen werden, dessen Beschreibung sich in Heft II, Jahrgang 2 dieser Zeitschrift findet.

der Lichtstrahl auf dem Wege  $\alpha\beta\gamma\delta\epsilon\xi$  in dieselbe Bahn  $\xi f Q_5$ , in welche er auf dem Wege  $abcdef$  gelangt. Dehnte sich oberhalb der fingierten Platte *II* die Glasmasse unbegrenzt weit aus, so wäre in dem fingierten zusammenhängenden Medium (*III*) eine Reflexion in  $\epsilon$  unmöglich, das Licht des Strahles  $\epsilon\xi$  müsste selbständig erzeugt werden, es könnte von einem beliebigen Punkte auf der Verlängerung von  $\xi\epsilon$  ausgehen, z. B. von dem Punkte  $P_5$  auf der durch  $P_1$  gelegten Vertikalen. Dann ist der Weg  $\alpha\beta\gamma\delta\epsilon\xi$  an Länge gleich dem Wege  $P_5\xi$ , und  $P_5P_1$  ist gleich der vierfachen Dicke der Glasplatte =  $4p$ . Der Punkt  $P_5$  bleibt daher derselbe, wenn sich die Richtung des Strahles  $P_1a$  ändert, er ist ein möglicher gemeinschaftlicher Ausgangspunkt aller Strahlen  $\epsilon\xi$ . Hieraus ergibt sich Folgendes:

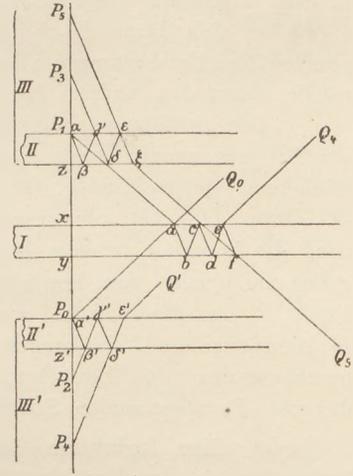


Fig. 1.

Trägt man von  $P_1$  aus aufwärts wiederholt die Strecke  $2p$  bis  $P_3, P_5, P_7 \dots$  ab und denkt man sich die Punkte  $P_1, P_3, P_5, \dots$  als Lichtquellen in einer Glasmasse *III*, die unten längs der durch  $Z$  gelegten Horizontalebene an Luft grenzt, so werden die fingierten Lichtpunkte vor dem fingierten Medium aus dieselben Lichtstrahlen in ein Auge unterhalb der Platte *I* senden, wie der wirkliche Lichtpunkt  $P_1$  in Folge wiederholter Reflexionen in der wirklichen Glasplatte *I*.

Ferner ist der Strahl  $eQ_4$  dem Strahle  $aQ_0$  parallel, der an der oberen Seite der Platte *I* reflektiert ist, und dessen virtueller Ausgangspunkt  $P_0$  erhalten wird, wenn man  $P_1X$  um sich selbst verlängert. Verschiebt man die Glasplatte parallel mit sich selbst in die Lage *II'*, unendlich wenig unterhalb  $P_0$ , so würde ein von  $P_0$  parallel zu  $P_1a$  ausgesandter Strahl  $P_0a'$  durch wiederholte Reflexionen in *II'* den Weg  $\alpha'\beta'\gamma'\delta'\epsilon'Q'$  zurücklegen, der dem Wege  $abcdeQ$  congruent ist. Da  $P_0a$  und  $aQ_0$  eine einzige Gerade bilden, so muss auch  $\epsilon'Q'$  verlängert in  $eQ_4$  übergehen. Setzte sich die Glasmasse unterhalb *II'* ins Unbegrenzte fort, so wäre in dem fingierten zusammenhängenden Medium *III'* eine Reflexion in  $\delta'$  unmöglich, das Licht des Strahles  $\delta'\epsilon'Q_5$  müsste von einem Punkt auf der Verlängerung von  $\epsilon'\delta'$  ausgehen, z. B. von dem Punkte  $P_4$  auf der Vertikalen  $P_1X$ . Dann ist die gebrochene Linie  $P_0\beta'\gamma'\delta'\epsilon'$  gleich der Geraden  $P_4\epsilon'$ , und es ist  $P_0P_4 = 4p$ . Der Punkt  $P_4$  ist also constant, welche Richtung der Strahl  $P_1a$  auch haben mag. Hieraus ergibt sich Folgendes:

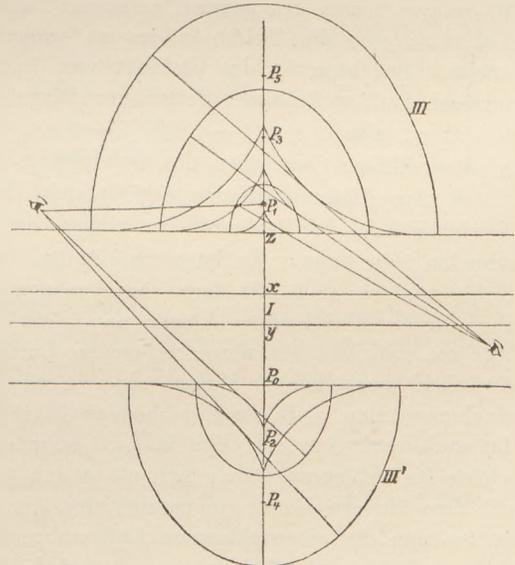


Fig. 2.

Trägt man auf der Verlängerung von  $XP_0$  wiederholt die Strecke  $2p$  ab bis  $P_2, P_4, P_6 \dots$ , und denkt man sich, dass längs einer durch  $P_0$  gelegten wagerechten Ebene ein oberes unendliches Medium Luft an ein unteres unendliches Medium Glas grenze, so würden die fingierten Lichtpunkte  $P_0, P_2, P_4 \dots$  in ein Auge oberhalb der Platte *I* dieselben Strahlen gelangen lassen, wie der wahre Lichtpunkt  $P_1$ , dessen Licht von der wirklichen Glasplatte *I* reflektiert wird.

Die Gesamtheit der durch  $fQ_5$  repräsentierten Strahlen, welche in eine durch  $P_1X$  gelegte Ebene fallen, bildet die Tangenten der zu  $P_5$  gehörenden diakaustischen Linie und zugleich die Normalen einer Halb-Ellipse, durch deren Rotation um  $P_1X$  die

Wellenfläche entsteht. Alle übrigen Gruppen, z. B.  $eQ_4$ , sind gleichfalls Tangenten einer Diakaustik und Normalen einer Ellipse. Die zu den einzelnen Gruppen oder zu den Punkten  $P_0, P_1, P_2, P_3 \dots$  gehörenden Kurven sind ähnlich, ihre Massstäbe stehen in dem Verhältnis der Zahlen 0, 1, 2, 3 . . . Eine plötzliche Äther-Erschütterung in  $P_1$  breitet sich durch die Luft und die Glasplatte ( $I$ ) hin ebenso aus wie eine gewisse gleichzeitige Erschütterung aller auf Wellenflächen liegenden Ätherteilchen sich ausbreiten würde, wenn das Medium Luft sich ohne Unterbrechung allseitig ausdehnte.

Die Bestimmung der in ein Auge fallenden Strahlen (d. h. der zu einer Reihe von Ellipsen zu ziehenden Normalen) führt für jeden der Punkte  $P_0, P_1, P_2 \dots$  auf eine Gleichung vierten Grades, für welche in SCHELLBACH'S Beiträgen zur geometrischen Optik (d. Ztschr. III, 15) eine graphisch-mechanische Methode der Auflösung mitgeteilt ist. Sind die Strahlen, welche in das Auge fallen können, fast normal zu der Platte, so gehen sie nahezu von den Spitzen der Brennlinien aus. Betrachtet man ferner etwa den Punkt  $P_3$  des Mediums  $III$  von unten her aus sehr grosser, nicht normaler Entfernung, so kennt man den Brechungswinkel des Strahles nach seinem Austritt in die Luft und berechnet dazu den Einfallswinkel des auffallenden Strahles, der zugleich die Richtung des von  $P_3$  ausgehenden Strahles angiebt.

M. Koppe, Berlin.

9. Zur Reduktion einer Wägung auf den luftleeren Raum muss das spezifische Gewicht der Gewichtsstücke bekannt sein. Benutzt man als Gewichte messingene Hohlcylinder, deren mit Luft erfüllte Höhlung durch einen in die Deckelplatte geschraubten Knopf von der Kommunikation mit der äusseren Luft abgesperrt ist, so üben bei einer Wägung in Luft die Gewichte auf den Wagebalken nur denselben Druck aus, den auch die in ihnen enthaltenen Metallmassen als massive Körper ausüben würden, da die eingeschlossene Luft durch den Auftrieb der äusseren Luft getragen wird. Ist es hiernach gestattet, auch für die Reduktion auf den leeren Raum von dem Luftinhalt der Gewichte abzusehen und ihr spezifisches Gewicht gleich dem des Messings zu setzen, oder muss man das spezifische Gewicht eines Luft enthaltenden Gewichts als das eines Gemenges von Luft und Messing berechnen?

*Auflösung.* Es sei  $x$  die gesuchte Masse des Körpers,  $s_1$  sein spezifisches Gewicht (d. h. die Masse von 1 cm ausgedrückt in Grammen),  $s_2$  das wahre spezifische Gewicht der als ein Gesamtkörper betrachteten Gewichtsstücke  $p$ , d. h. die durchschnittliche Masse von 1 cm des ganzen, teils mit Luft teils mit Messing erfüllten Volumens, dann sind  $x/s_1, p/s_2$  die Volumina des zu wägenden Körpers und der vereinigten Gewichtsstücke. Ist ferner  $\sigma$  das Gewicht von 1 cm Luft, so ist  $x\sigma/s_1$  und  $p\sigma/s_2$  der von der äusseren Luft auf beiden Seiten der Wage ausgeübte Aufdruck. Daher ist  $x - x\sigma/s_1 = p - p\sigma/s_2$ , also  $x = p(1 - \sigma/s_2)/(1 - \sigma/s_1)$ , oder nahezu  $x = p(1 - \sigma/s_2 + \sigma/s_1)$ , folglich ist die additive Korrektur des Gewichts  $p$  gleich  $p\sigma(1/s_1 - 1/s_2)$ .

Aus dieser Ableitung ergibt sich, dass man das wahre spezifische Gewicht der Gewichtsstücke in Rechnung zu ziehen hat, welches von dem des Messings sehr verschieden sein kann. Es ist zwar richtig, dass man die Wägung in Luft statt mit den Hohlgewichten auch mit deren zusammengeschmolzenen Metallmassen vornehmen könnte, aber diesen Metallmassen kämen nun nicht mehr die früheren Bezeichnungen 1 gr, 2 gr, 5 gr etc. zu, da die eingeschlossenen Luftmassen ein wesentlicher Teil der durch die Aufschrift bezeichneten Massen sind. Sind nämlich die Massen zweier Körper als gleich erachtet worden, z. B. ein zu wägendes Gewichtsstück und ein Normalgramm, so haben nicht die zufälligen Gewichte der in Luft schwimmenden Körper, sondern die absoluten Gewichte im luftleeren Raum sich als gleich herausgestellt. Nur wenn die Hohlräume frei mit dem äusseren Raum kommunizierten, im luftleeren Raum also selbst luftleer würden, dürfte man die eingeschlossene Luft unbeachtet lassen.

*Zusatz.* Die Zahlen  $s_1, s_2, \sigma$  sind oben nach üblichem Sprachgebrauch als spezifische Gewichte bezeichnet worden, richtiger wäre spezifische Masse. Da dieser Ausdruck wenig gebräuchlich ist und deshalb schwerfällig klingt, jener ungenau geworden ist, so

empfiehlt es sich, beide durch das Wort Dichte zu ersetzen. Denn das spezifische Gewicht, dessen Benennung zunächst Gramm/Cm<sup>3</sup> ist, giebt auch an, wieviel mal ein Körper dichter ist als diejenige ideale, dem reinen Wasser sehr nahe stehende Flüssigkeit, von der ein ccm gleich der thatsächlich willkürlich gewählten Masseneinheit Gramm ist. Neben dieser „Dichte“ noch eine auf wahres Wasser (von 0° oder 4°?) bezogene Dichte (oder spezif. Gewicht) als vermeintlich unbenannte Zahl zu conservieren, würde bei physikalischen Rechnungen ebenso wenig allgemeinen Nutzen bringen wie eine auf Quecksilber oder Alkohol bezogene Dichte. [Man vergl. R. v. FISCHER-BENZON, *d. Ztschr.* IV, 35.] Wasser hat nur dadurch einen begründeten Vorzug vor anderen Körpern, dass es in einer allerdings ungenauen Relation zu unserer Masseneinheit steht. Dass man in der Chemie unter Gasdichte und Dampfdichte das Verhältnis der Dichte eines Gases zu der des Wasserstoffs bei gleichem Druck und gleicher Temperatur versteht, ist durch die häufige Anwendung dieses Begriffs gerechtfertigt und wird zu Irrtümern keine Veranlassung geben können.

M. Koppe, Berlin.

Aufgaben über die Anwendung des Ohmschen Gesetzes.

(Für die obere Stufe.)

10. Die elektromotorische Kraft eines Elements beträgt 1,8 Volt, sein innerer Widerstand 0,4 Ohm, wie gross ist bei einem Widerstand der äusseren Leitung von 3 Ohm die Stromstärke einer Batterie von 8 solchen hinter einander geschalteten Elemente?

$$\text{Auflösung: } \frac{1,8 \cdot 8}{3 + 0,4 \cdot 8} = 2,32 \text{ Ampère.}$$

11. Welche Stromstärke erhält man mit denselben 8 Elementen, wenn sie bei dem gleichen äusseren Widerstand nebeneinander geschaltet werden?

$$\text{Antwort: } 0,59 \text{ Ampère.}$$

12. Fünfzehn galvanische Elemente von 1,6 Volt elektromotorischer Kraft und einem inneren Widerstande von 0,3 Ohm sollen einmal zu je drei, ein zweites Mal zu je fünf nebeneinander und dann hintereinander geschaltet werden. Wie gross wird die Stromstärke?

$$\text{Antwort: } 16 \text{ und } 26\frac{2}{3} \text{ Ampère.}$$

13. Sechs Elemente von 1 Volt elektromotorischer Kraft und von 0,5 Ohm innerem Widerstande sollen durch einen Leiter von 2 Ohm Widerstand auf alle möglichen Weisen verbunden werden. Welche Stromstärken werden dadurch erhalten?

*Antwort:* Alle hintereinander geschaltet geben 1,2 Ampère, 3 Gruppen von je 2 hintereinander 1,09 Ampère, 2 Gruppen von je 4 und 2 Elementen 0,84 Ampère, 2 Gruppen von je 3 Elementen 0,86 Ampère, 2 Gruppen von 1 und 5 Elementen 0,77 Ampère, 6 Elemente nebeneinander 0,48 Ampère.

14. Für zwei Batterien mit Widerständen von 8 und 12 Ohm soll das Verhältnis der elektromotorischen Kräfte berechnet werden, wenn die erste nach Einschaltung von 50 Ohm Widerstand denselben Ausschlag am Galvanometer zeigt wie die zweite bei 110 Ohm.

$$\text{Auflösung: } \frac{x_1}{8 + 50} = \frac{x_2}{12 + 110} \quad \frac{x_1}{x_2} = \frac{29}{61}$$

15. Eine Batterie mit der elektromotorischen Kraft von 3 Volt giebt bei einem Gesamt-widerstand von 15 Ohm eine Ablenkung von 11° am Galvanometer. Welcher Widerstand ist hinzuzufügen, damit die Ablenkung nur 6° beträgt?

$$\text{Auflösung: } \frac{15 + x}{15} = \frac{\tan 11^\circ}{\tan 6^\circ}, \quad x = 12,7.$$

16. Die elektromotorische Kraft einer Dynamomaschine beträgt 140 Volt und der innere Widerstand 2 Ohm, wieviel parallel geschaltete Glühlampen von je 40 Ohm Widerstand und  $\frac{3}{4}$  Ampère Stromstärke sind damit in Betrieb zu setzen?

$$\text{Antwort: } 73.$$

17. Wieviel hintereinander geschaltete Accumulatoren von 2 Volt elektromotorischer Kraft und von 0,01 Ohm Widerstand sind erforderlich, um 20 parallel geschaltete Lampen von je 50 Volt und 0,7 Ampère mit Strom zu versorgen?

*Auflösung:* Der erforderliche Strom ist 14 Ampère stark, also erhält man  $71/20 + 0,01x = 2x/14$  oder  $x = 26,7$ .

18. Wieviel Pferdekräfte sind dazu nötig, um einen Strom von 8 Ampère bei einem Gesamtwiderstand von 5 Ohm zu erzeugen?

*Auflösung:* 1 Pferdekraft = 736 Voltampère = 736  $A^2 O$ , also ist 0,44 einer Pferdekraft erforderlich.

19. Zehn Lampen von 20 Normalkerzen Lichtstärke erfordern parallel geschaltet bei einem Widerstand von je 70 Ohm einen Strom von je 0,8 Ampère. Wieviel Pferdestärken sind dazu nötig?

*Antwort:* 0,61 einer Pferdestärke.

20. Wie gross ist der Widerstand einer Leitung, wenn dieselbe, in einen bestimmten Stromkreis eingeschaltet, am Galvanometer einen Ausschlag von  $38^\circ$  hervorruft, während durch Widerstände von 11 und 12 Ohm an Stelle der untersuchten Leitung in demselben Stromkreise die Galvanometernadel um  $42^\circ$  und  $37,5^\circ$  abgelenkt wird?

*Auflösung:*  $(11 + 4/4,5)$  Ohm, wenn für den Abstand von 11 zu 12 Ohm Proportionalität von Widerstand und Ausschlagwinkel vorausgesetzt wird.

21. Wieviel Volt betrug die elektromotorische Kraft eines Bunsen-Elements, wenn der Reduktionsfaktor des Galvanometers nach elektromagnetischem Maasse zu 0,27 bestimmt war und wenn nach Einschaltung eines Widerstandes von 8 Ohm ein Ausschlag von  $41^\circ$ , nach Einschaltung von 14 Ohm aber ein Ausschlag von  $26^\circ$  beobachtet wurde?

*Auflösung:* Nach der Gleichung  $e = i_1 i_2 \frac{w_2 - w_1}{i_1 - i_2}$  findet man  $e = 1,8$  Volt.

22. Eine Kraft von 20 Pferdestärken wird zur Bewegung einer Dynamomaschine mit einem inneren Widerstand von 0,6 Ohm benutzt und sie soll einen 3,3 mm dicken Kupferdraht auf eine Strecke von 4 km zum Betriebe einer elektrischen Eisenbahn mit Strom versorgen. Welche Stromstärke und welche Spannung hat man am Ende des Drahtes zu erwarten, wenn bis dahin im ganzen ein Energieverlust von 35 Prozent stattgefunden hat?

*Antwort:* Die wirksame Energie, welche übrig bleibt, beträgt 9568 Voltampère, der Gesamtwiderstand 8,6 Ohm, die Stromstärke 33,4 Ampère und die Spannung 287 Volt.

23. Ein unter der Erde liegendes Kabel von 35 km Länge und 50 Ohm Widerstand zeigte wegen Beschädigung der isolierenden Hülle plötzlich geringeren Widerstand und es sollte die schadhafte Stelle aufgefunden werden. Dazu wurde zunächst der Widerstand des beschädigten Kabels nach der Ableitung des Endstückes zur Erde gemessen und zu 25 Ohm ermittelt. Dann wurde vor der Ableitung in die Erde ein besonderer Widerstand von 36 Ohm eingeschaltet und nun ein Gesamtwiderstand von 25,5 Ohm festgestellt. Wo befand sich die schadhafte Stelle?

*Auflösung:* Bezeichnet man die Widerstände der Teilstrecken bis zur beschädigten Stelle mit  $x$  und  $y$ , den Widerstand der schadhafte Isolierung mit  $u$ , so ergibt sich zunächst die Gleichung 1)  $x + y = 50$ . Die Ableitung durch die Fehlerstelle muss man zu derjenigen durch die zweite Teilstrecke als parallel geschaltet ansehen, daher ist 2)  $x + \frac{uy}{u+y} = 25$ . Im zweiten Versuche ist der Widerstand  $y$  der zweiten Teilstrecke um 36 vergrössert, folglich erhält man 3)  $x + \frac{u(y+36)}{u+y+36} = 25,5$ . Aus der ersten und zweiten Gleichung leitet man  $y = \frac{25}{2} \pm \sqrt{25u + \frac{625}{4}}$  ab und ebenso aus der ersten und dritten  $y = -\frac{23}{2} \pm \sqrt{60\frac{1}{2}u + \frac{14641}{16}}$ , woraus sich dann leicht die Werte  $u = 6$ ,  $y = 30$  und  $x = 20$  ergeben.

Die vorstehenden Aufgaben sind einer Sammlung entnommen, welche ich für den physikalischen und zugleich für den mathematischen Unterricht zusammen-

gestellt habe. Mit der oberen Stufe ist die Prima der verschiedenartigen höheren Lehranstalten gemeint, in der Prima des Realgymnasiums sind sie zunächst erprobt, und es wurde durchschnittlich eine der für die Mathematik angesetzten Wochenstunden auf solche Aufgaben verwandt. Sie bieten neben dem physikalischen Interesse einen nach der vorliegenden Erfahrung durchaus geeigneten Ersatz für einen Teil der arithmetischen Übungen, wie er in ähnlicher Weise in dieser Zeitschrift von den Herren NOACK, PIETZKER und POSKE befürwortet ist. Viele Aufgaben aus der Mechanik verlangen ja an sich fast nur eine mathematische Bearbeitung und stehen den Beispielen aus der reinen Mathematik sehr nahe. Soll aber der Nutzen solcher Aufgaben in der Schule ein allgemeiner werden, so ist bei der Auswahl streng darauf zu sehen, dass sie, ganz vereinzelte Ausnahmen etwa abgerechnet, nur mässig hohe Anforderungen stellen. Sie müssen anregen und dürfen namentlich durch unvermittelt gehäuften Schwierigkeiten nicht abschrecken. Mit Rücksicht auf die allseitige und eifrige Beteiligung der Schüler erweist es sich vorteilhaft die bei jedem Unterricht dienliche Maassregel zu beachten, nicht ununterbrochen die Anforderungen zu steigern, sondern recht oft leichtere auf schwierigere Aufgaben folgen zu lassen. Bei getrennter Prima würden die meisten der mitgetheilten Beispiele am besten für Unterprima passen, die letzte jedoch, besonders wenn die Widerstände allgemein durch Buchstaben bezeichnet werden, ist der umfangreicheren Rechnung wegen für Oberprima geeigneter.

*W. Müller-Erbach, Bremen.*

### **Kleine Mitteilungen.**

#### **Ueber die Entbehrlichkeit der Volta'schen Fundamentalversuche beim Unterricht.**

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

Die Volta'schen Fundamentalversuche und die Entwicklungen über die Spannungsreihen, wie sie überlieferungsmässig in Lehr- und Schulbüchern einen breiten Raum einnehmen, sind für das weitere Verständnis der Erscheinungen und Gesetze des elektrischen Stroms ohne Bedeutung und an sich in vieler Beziehung rätselhaft. Demnach sind sie auch für den Schulunterricht nicht allein entbehrlich, sondern sogar schädlich. Man sollte also ganz von diesen Dingen absehen und die Schüler sofort mitten in das Gebiet des Galvanismus hineinführen. Ich beginne nach Erledigung der Elektrostatik und des Magnetismus den zweiten Abschnitt der Elektrizitätslehre ohne Weiteres mit der Vorführung einer Zinkkohlenbatterie von 4 Elementen. Einleitend wird daran erinnert, dass nach dem Früheren jede Elektrisierung in einer Scheidung des in allen Körpern vorhandenen neutralen Fluidums besteht, und dass ausser der Reibung gewiss das Vorhandensein anderer primärer elektromotorischer Kräfte anzunehmen ist. Zu deren Entdeckung kann nur der Weg der Empirie führen. Es ist nun Volta zu Beginn dieses Jahrhunderts gelungen, angeregt durch eine zufällige Beobachtung Galvanis, durch systematische Versuche den Nachweis zu führen, dass irgend zwei verschiedene Metalle beim gleichzeitigen Eintauchen in Säuren, Laugen oder Salzlösungen sofort eine schwache elektrische Ladung annehmen. Späteren Untersuchungen blieb es vorbehalten, die wirksamsten und für den praktischen Gebrauch bequemsten Combinationen ausfindig zu machen. In erster Linie steht da diejenige Combination, welche nach ihrem Entdecker als die Bunsen'sche Batterie bezeichnet wird.

Nachdem die aufgestellte Batterie beschrieben, zeigt man, dass die Poldrähte auf ein Goldblattelektroskop, geschweige denn eine Hollundermarkkugel, nicht einwirken. Sobald man aber den früher behandelten Volta'schen Condensator zu Hilfe nimmt — ein Plattendurchmesser von 8 cm genügt — zeigt sich sehr deutlich, dass die Drähte elektrisch sind. Legt man beide gleichzeitig auch nur für einen Moment an die Condensatorplatten, so ziehen letztere nach dem Abheben ein aufgehängtes Markkugeln lebhaft an.

Schliesst man die Batterie, so muss ein elektrischer Strom entstehen, der trotz der geringen Spannung im Vergleich zu dem, den die Elektrisiermaschine liefert, sehr bedeutend sein kann. Denn in der Batterie ist die elektromotorische Kraft ununterbrochen im vollen

Betrage wirksam, sodass die Wiederladung momentan erfolgt. In der That zeigt der Stromleiter eine Anzahl sehr bemerkenswerter neuer Wirkungen, sowohl in seinem Innern, als auch nach aussen hin.

Die drei Hauptwirkungen: Wärme, elektromagnetische Wirkungen, chemische Zersetzung werden nun ohne Weiteres qualitativ mittelst einiger packender Versuche zur Anschauung gebracht. Dies Alles wird in einer einzigen Stunde erledigt und die Schüler sind, ohne dass der Zusammenhang mit der Elektrostatik verloren gegangen, bereits mitten in dem reizvollen und so überaus fruchtbaren Gebiet der Elektrodynamik, das gründlich kennen zu lernen nunmehr ihr eifriger Wunsch sein muss.

Die folgenden Stunden behandeln zunächst die elektromagnetischen Wirkungen. Nachdem so Apparate zur Strommessung gewonnen, folgt die Lehre vom Widerstande. Hieran schliesst sich die Elektrolyse. Erst nachdem die Faraday'schen Gesetze festgestellt, wird die Theorie der Hydroketten nachgeholt unter Berücksichtigung der Polarisation und der sogenannten inconstanten Elemente. Darauf folgt die experimentelle Behandlung des Ohm'schen Gesetzes, dessen zweiter Hauptfaktor, die elektromotorische Kraft, in seiner Beziehung zur Natur und Zahl der Elemente quantitativ festgestellt wird.

#### Für die Praxis.

**Zeitmessung.** Zuweilen stellt sich das Bedürfnis heraus, Bruchteile von Sekunden zu bestimmen, ohne dass dem Lehrer die dazu nötigen kostspieligen Apparate zur Verfügung stehen. Mit den in einem physikalischen Kabinet gewöhnlich vorhandenen Mitteln kann man sich unter Benutzung eines Morseschen Schreibtelegraphen auf folgende Art helfen: In die Stange eines Uhrpendels wird ein leitender Draht eingelegt, dessen oberes Ende mit einer Klemme fest verbunden ist und unter dessen unterem Ende ein Näpfchen mit Quecksilber angebracht ist. (Ein Uhrmacher stellt dies für einen geringen Preis her.) Das Pendel wird nun nebst dem Schreibtelegraphen in den Stromkreis einer galvanischen Batterie geschaltet. In eine Nebenleitung zwischen Batterie und Schreibapparat bringt man den Morsetaster. Bei jedem Durchgange durch die Quecksilberkuppe schliesst das Pendel den Strom und ruft dadurch auf dem sich abwickelnden Papierstreifen Marken in gleichen Abständen hervor. Schliesst man aber den Zweigstrom durch den Taster, so liefert der Schreibapparat ebenfalls einen Punkt, der im allgemeinen zwischen zwei der vorigen Marken fällt und dessen Lage man mit Zirkel und Millimeterstab mit ziemlicher Genauigkeit ermitteln kann; und zwar ist die Genauigkeit umso grösser, je kürzere Zeit der Stromschluss an den Unterbrechungsstellen dauert und je schneller der Papierstreifen sich abwickelt. [Die Funken an der Unterbrechungsstelle des Pendels werden bekanntlich durch eine Nebenschliessung, etwa ein Glasröhrchen mit verdünnter Schwefelsäure, beseitigt.]

*H. Schwendenwein, Teschen.*

**Eine einfache Abänderung der Fallversuche.** Wie man durch einen Versuch an der Fallmaschine eine Folge von gleichförmig beschleunigter und verzögerter Bewegung leicht zur Anschauung bringen kann, soll die nachstehende Mitteilung an einem besonderen Beispiel erläutern. Die von mir benutzte Fallmaschine lässt sich so einrichten, dass 4 g Übergewicht 10 cm/sek.<sup>2</sup> Beschleunigung ergeben. Lege ich nun auf das am Maassstabe vorbeifallende Verzögerungsgewicht ein abhebbares 4 g Stück, auf das andere 2 g, so ergibt der gewöhnliche Fall an der Maschine eine Beschleunigung von 5 cm/sek.<sup>2</sup> Vor dem Beginn der Bewegung bringe ich den Abheber bei 90 cm, das Tischchen bei 180 cm an, so dass die Schüler nach dem Beginn der Bewegung in den Stand gesetzt werden, in den ersten 6 Sekunden eine gleichförmig beschleunigte Bewegung, in den nächsten 6 eine gleichförmig verzögerte mit der Anfangsgeschwindigkeit 30 cm/sek. bis zur Endgeschwindigkeit Null am Orte der Umkehr nahe bei 180 cm (ganz wird dieser Punkt wegen der Bewegungshindernisse nicht erreicht) zu beobachten, in den folgenden 6 Sekunden wird dann der Ring mit gleichförmig beschleunigter Bewegung nahezu wieder erreicht.

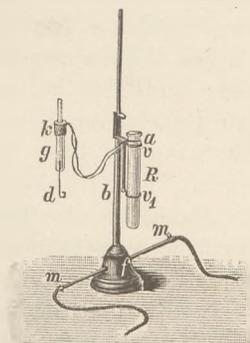
*K. Heyden, Berlin.*

## Berichte.

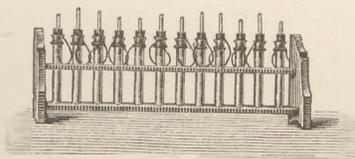
### 1. Apparate und Versuche.

**Nebenapparate für Spectralbeobachtungen.** Es ist zweckmässig, die Salze in kleinen Reagiergläsern von 10 mm Weite und 100 mm Länge aufzubewahren. Um zu verhindern, dass der zu jedem Glase gehörige Platindraht in ein anderes Glas gebracht wird, sind die Gläser am oberen Ende bei *a* aufgewulstet und dort ist ein Bindfaden herumgebunden, der dann mit seinem anderen Ende an einem Kork *k* befestigt ist, durch den das den Draht *d* tragende Glasrohr *g* hindurchgeht.

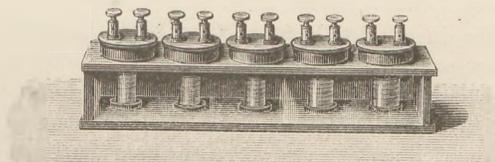
An einem Stativ *b* sind zwei Ringe *v*, *v*<sub>1</sub> angebracht, in die das Reagierglas mit der zu untersuchenden Substanz eingesetzt wird. Auf diese Weise bleiben Draht und Reagierglas stets zusammen. Die Glasröhren werden beim Gebrauch auf einen an dem Stativ auf und abzuschiebenden (in der Figur nicht gezeichneten) horizontalen Stift gesteckt.



Da die meisten Substanzen sich schnell verflüchtigen, so ist in das Brett, auf welches der Bunsenbrenner bei dem Versuche gestellt wird, ein Nagel eingeschlagen, der in ein in den Fuss *f* gebohrtes Loch hineinpasst. An *f* sind ferner zwei Arme *mm* angesetzt, die mit Schnüren verbunden sind, welche bis zum Beobachter hinführen. Mittelst derselben kann man den Fuss drehen und damit den Draht in die Flamme, die vor dem Spalt steht, hinein- oder aus derselben herausbringen. Ein zweiter als Anschlag dienender Nagel verhindert, sobald das erstere der Fall ist, jede weitere Drehung. Will man längere Zeit mit demselben Salz beobachten, so bringt man dasselbe in einen durchlöchernten Platinlöffel, der von einem Platindraht getragen wird. Man stellt einen solchen Platinlöffel in folgender Weise her: In die Mitte eines rechteckigen, ca. 1 cm breiten, 1 1/2 cm langen Stückes von nicht zu schwachem Platinblech sticht man eine kleine Öffnung, eine zweite in der Nähe einer kürzeren Seite des Stückes in der Mitte der Schmalseite. Durch beide Öffnungen zieht man einen etwa 0,5 mm dicken Platindraht und bringt das Blech an dem Drahte in der Gebläseflamme zur Weissglut. Dann vernietet man beide durch einige Hammerschläge auf einem neben der Flamme stehenden kleinen Ambos. Der Platindraht wird bis auf circa 5 cm abgeschnitten und am freien Ende in ein kurzes Stück Glasrohr eingeschmolzen. Nachher durchlöchert man das Blech und biegt es an den Rändern etwas um, so dass ein flaches Löffelchen entsteht. (E. WIEDEMANN und H. EBERT, *Physik. Praktikum.*)



**Ein einfacher Rheostat.** Eine auch für den Unterricht geeignete Form ist nebenstehend abgebildet. Die Widerstandsrollen stehen in einem durch eine Glasplatte geschlossenen Kasten. Die Widerstände betragen 1, 2, 2, 5 und 10 Ohm. Durch U-förmige Bügel aus dickerem Kupferdraht von verschwindendem Widerstand kann jede beliebige Combination von zwei oder mehr Spiralen hergestellt werden. Der Apparat ist vom Mechaniker Böhmer in Erlangen zu beziehen. (E. WIEDEMANN und H. EBERT, *Physik. Praktikum.*)



**Demonstration elektrischer Wellen.** In der 2. Sektion des internationalen elektrotechnischen Congresses in Frankfurt a. M. führte Professor A. VOLLER (Hamburg) eine neue Methode zur Demonstration und Untersuchung elektrischer Wellen in Drähten vor.

Diese Methode ist eine Abänderung und wesentliche Verbesserung des Lecher'schen Verfahrens (vgl. *Wied. Ann.* 41, 860—870, und *diese Zeitschr.* IV, 147).

Bei Lecher gehen von den Condensatorplatten 2 parallele Drähte aus, die isoliert endigen. Über die beiden Drahtenden wird eine ausgepumpte mit einer Spur von Terpentinampf gefüllte Glasröhre gelegt. Wird nun ein Drahtbügel — eine Brücke — längs der beiden Drähte verschoben, so leuchtet die Röhre hell auf bei gewissen Lagen der Brücke. Diese Stellen werden als Schwingungsbäuche gedeutet, während die Röhre auf Schwingungsknoten ruht. VOLLER ändert unter Beibehaltung des ersten Brückendrahtes, welcher aus den zahlreichen primär entstehenden Wellen eine einzelne verstärkt zur Entstehung kommen lässt, die Versuche so ab, dass er das eine Ende der die elektrischen Wellen anzeigenden Röhre durch Anfassen zur Erde ableitet und das andere Ende der Röhre an den Drähten entlang führt. Hierdurch ist es einerseits möglich, in sich geschlossene Leiter sowie Leiter in beliebigen Raumlagen zu untersuchen, andererseits kann die Lage der Schwingungsknoten bis auf wenige Centimeter genau bestimmt werden. Bei Lecher ist das Aufsuchen der Schwingungsbäuche durch die Bestimmung des Maximums der Helligkeit in der Röhre recht schwierig, während bei VOLLER das gänzliche Verschwinden der Lichterscheinung an den Schwingungsknoten die Lage derselben leicht und sehr genau angiebt, wie die unter grösstem Beifall angestellten Versuche bewiesen. Aus den interessanten Versuchen möge noch folgendes hervorgehoben werden:

In der Mitte der primären Brücke liegt unter allen Umständen ein Schwingungsknoten. An den Enden isolierter Drähte liegen stets stark leuchtende Schwingungsbäuche. Auf den beiden isolierten Drähten zeigten sich je  $1\frac{1}{2}$  Wellen und zwar wurde die volle Wellenlänge zu 745 cm gemessen, die letzte halbe Welle ist, analog den Schallwellen bei offenen Pfeifen, stets kleiner als die halbe volle Welle. Überhaupt wurde eine grosse Zahl akustischer Analogien von dem Vortragenden nachgewiesen.

Bilden beide Drähte einen metallisch geschlossenen Stromkreis, so liegt ein Schwingungsknoten in der Mitte der primären Brücke, ein zweiter in der Mitte des geschlossenen Kreises, beide Hälften des letzteren enthalten je nach der Brückenlage und der Kapazität der Condensatorplatten eine mehr oder weniger grosse Zahl scharf begrenzter stehender Wellen. Herrn VOLLER ist es gelungen, gleichzeitig bis zu 9 stehenden Wellen auf dem Drahte zu erzeugen und deren Länge zu messen. Die Länge der Wellen ist unabhängig von den Dimensionen des Induktoriums, dagegen abhängig von der Brückenlage und der Kapazität der Condensatoren, ferner von der Selbstinduktion der Drähte. Durch Annäherung der beiden zu einem geschlossenen Kreise verbundenen Drähte bis auf 1 mm Abstand konnte unter sonst gleichen Verhältnissen die Länge der Wellen von 565 auf 1150 cm, also auf das Doppelte vergrössert werden. Es folgt hieraus, dass es unzulässig ist, elektrische Drahtwellen durch spiralig aufgewundene Resonatordrähte zu messen.

Von besonderem Interesse war der Nachweis, dass die Lage der Wellenknoten und -bäuche auf Drähten im übrigen völlig unabhängig ist von der Lage der Interferenzpunkte im umgebenden Dielektrikum. Der Vortragende zeigte, dass das isolierte Ende eines Drahtes selbst dann seinen stark leuchtenden Schwingungsbauch behält, wenn dasselbe in unmittelbarer Nähe einer Drahtstelle mit Schwingungsknoten sich befindet, so dass auf dem Drahte Knoten und Bäuche an derselben Stelle des Raumes nebeneinander bestehen können. Es können daher die zur Beobachtung elektrischer Wellen dienenden Drähte eine beliebige Lage im Raume haben, vorausgesetzt, dass keine gegenseitigen Induktionswirkungen von einzelnen Drahtabschnitten auf einander eintreten.

Um den Einfluss des Dielektrikums zu untersuchen, war bei früheren Versuchen der Draht durch einen Metallschirm vom 5 qm Fläche geführt (angelötet). Hierbei zeigte sich merkwürdiger Weise keine Verschiebung der Knoten, während dieselbe sofort eintrat, wenn statt des eventuellen Weges über den Schirm ein gleich langes Drahtende eingeschaltet wurde. Dieser Versuch ergab also das auffallende Resultat, dass innerhalb eines durch einen Metallschirm erzeugten elektrischen Schattenraumes auf einem Drahte dieselben Interferenzpunkte auftraten, wie ausserhalb des Schattenraumes.

P. B.

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Versuche mit Wechselströmen von sehr kurzer Schwingungsdauer.** Die Wechselströme, die eine immer grössere Bedeutung für die Technik gewinnen, zeigen in ihrem Verhalten, namentlich auch in den Gesetzen ihrer Fortpflanzung, bemerkenswerte Verschiedenheiten von den constanten Strömen. Eine Reihe von Versuchen über solche Wechselströme hat TESLA dem *American Institute of Electrical Engineers* in New-York am 20. Mai d. J. vorgeführt. Die einfachste Art eines Wechselstroms entsteht bekanntlich, wenn ein kreisförmiger Leiter mit gleichförmiger Winkelgeschwindigkeit in einem gleichförmigen magnetischen Felde um einen seiner Durchmesser rotiert. Während einer Umdrehung wechselt die elektromotorische Kraft zweimal ihr Zeichen, ihre Grösse ist durch eine Sinuskurve darstellbar. Bezeichnet man die Periode von einem bis zum zweitnächsten Zeichenwechsel als eine Schwingung, so wird man die Anzahl solcher Schwingungen in der Sekunde als Schnelligkeit der Schwingungen bezeichnen können. Die in der Industrie angewandten Schwingungszahlen liegen zwischen 42 Schwingungen (System Zipernowsky) und 133 Schwingungen (System Westinghouse). Dagegen liefern die von TESLA construierten Generatoren Wechselströme bis zur Zahl von 15000 Schwingungen in der Sekunde. Zu dem Zwecke sind nicht weniger als 500 Induktionspole auf dem Umfange eines grossen rasch rotierenden Rades angebracht, und die so erzeugten Ströme werden durch eigens construierte Transformatoren, die im wesentlichen die Einrichtung von Induktionsspulen haben, auf hohe Spannung gebracht.

Die Wechselströme bewirken zwischen zwei einander genäherten Spitzen eine Entladungserscheinung in Form einer leuchtenden Linie, die der Entladung elektrostatischer Maschinen um so ähnlicher wird, je höher die Schwingungszahl steigt; es treten dann leuchtende Ausstrahlungen aus beiden Elektroden auf. Schiebt man zwischen die mit Metallkugeln versehenen Pole stark wirkende Dielektrika wie Glas oder Ebonit, so wird die Intensität bis zu deren Zertrümmerung gesteigert. Zuzufolge der unvergleichlich grösseren Quantität elektrischer Energie, die von den Wechselströmen ins Spiel gesetzt wird, kommen alle Wirkungen statischer Elektrizität hier beträchtlich gesteigert zur Erscheinung. Das elektrische Flugrad bietet den Anblick einer sich drehenden Feuerwerkssonne. Ein mit Baumwolle bewickelter Kupferdraht, der an einen Pol der Induktionsrolle befestigt wird, erscheint von der Lichtausstrahlung gänzlich eingehüllt; ein mit Kautschuk überzogener Draht ist wie mit einer Lichtscheide umgeben. Das Gesetz der Spitzenwirkung scheint bei diesen sehr schnellen Wechselströmen aufgehoben. Versieht man die eine Elektrode mit einer Spitze, die andere mit einer Kugel, so geschieht die leuchtende Ausstrahlung an beiden gleich leicht.

Lässt man die Elektrode in zwei Metallsäulen endigen, die an den Seiten sorgfältig mit Ebonit isoliert sind, so dass nur die Endflächen frei bleiben, so erhält man zwei Flammen, die im Dunkeln wie von brennendem, unter hohem Druck ausströmendem Gase herrührend erscheinen. Sie sind nicht so heiss wie Gasflammen, aber TESLA meint, dass sie durch Steigerung des Potentials und Erhöhung der Schwingungszahl auf die gleiche Temperatur gebracht werden könnten. Verbindet man eine Glühlampe mit zwei getrennten Fäden mit den Enden der Induktionsspule, so geraten die Fäden ins Glühen; dasselbe findet mit zwei beliebigen feuerbeständigen, in die Form von dünnen Cylindern gebrachten Körpern statt, wenn man diese an die Stelle der beiden Fäden der Glühlampe setzt. Hierbei ist das vollkommenste Vakuum, das man nur herstellen kann, erforderlich. Das Überraschendste ist, dass sogar eine Glühlampe mit nur einem Faden, die man mit einem Pol der Spule verbindet, leuchtend wird. Es liegt auf der Hand, dass Lampen dieser Art, mit möglichst feuerbeständigen Substanzen hergestellt, viel dauerhafter als gewöhnliche Glühlampen sind. Man kann die Leuchtintensität noch steigern, wenn man das obere Ende der Glühlampenwandung mit einer Metallkalotte bedeckt und diese durch einen Draht mit einer isolierten Metallplatte verbindet.

Auch die bekannten Leuchterscheinungen verdünnter Gase, die ohne leitende Verbindung in die Nähe elektrisierter Körper gebracht werden, werden bei Anwendung der TESLA'schen Wechselströme überaus glänzend. Man stellt zu diesem Zweck ein starkes elektrostatisches Feld zwischen zwei Metallplatten her, die mit den beiden Polen verbunden sind, und bringt in diesem Felde Geissler'sche Röhren zum lebhaften Glühen, ohne dass sie mit irgend einem Leiter in Verbindung stehen.

Man kann Wechselströme von sehr grosser Schwingungszahl auch mit einer blossen Leydener Flasche und einem für hohe Spannungen eingerichteten Induktorium erhalten. Lässt man den Entladungsstrom der Flasche durch die primäre Spirale gehen, so stellt dieser Strom eine Reihe alternierender Ströme von enormer Schwingungszahl dar und liefert trotz seiner kurzen Dauer doch die meisten der vorher beschriebenen Erscheinungen. Eigentümliche Glühwirkungen erhielt TESLA auch durch folgende Anordnung: Die primäre Spirale wird durch einen auf gewöhnliche Weise periodisch unterbrochenen Strom gespeist. Die sekundäre Spirale ist mit einem U-förmigen Leiter aus dickem Kupferdraht verbunden, dem ein Condensator in Nebenschliessung angefügt ist. Der U-förmige Leiter ist dann von stehenden Wellen mit Knoten und Bäuchen erfüllt, derart, dass die Potentialdifferenzen von Punkt zu Punkt wechseln. Schaltet man in diesen Leiter Glühlampen in Nebenschluss ein, so fangen sie an zu leuchten, obwohl ihr Widerstand weit beträchtlicher ist als der des Kupferdrahtes, der selber nicht einmal warm wird. Ja man beobachtet sogar, dass der Kohlefaden dunkel bleibt, während die verdünnte Luft leuchtend wird; diese scheint also für Wechselströme ein weit besserer Leiter als der Kohlefaden zu sein. — An diese Versuche knüpft TESLA weitgehende Erwartungen über die Möglichkeit, mechanische Energie ohne die Vermittelung von Wärme in leuchtende Energie überzuführen.

**Über die langsame Verbrennung und die Explosion von Knallgas.** In theoretischer Hinsicht beansprucht der Verlauf der chemischen Vorgänge ein gleiches Interesse wie das Endergebnis. Aber die Zahl der auf den ersteren Punkt gerichteten Untersuchungen ist bisher gering. Ein klassisches Beispiel für solche sind die Arbeiten von Bunsen und Roscoe über den Einfluss des Lichtes auf die Vereinigung von Wasserstoff und Chlor. Diese Forscher fanden, dass sich diese Grundstoffe erst einige Zeit nach begonnener Belichtung zu verbinden anfangen, dass hierauf eine stetige Zunahme der in der Zeiteinheit sich verbindenden Gase bis zu einem Maximum stattfindet, und dass hernach die Vereinigung proportional der Zeitdauer fortschreitet. — Um zu prüfen, ob auch bei anderen Gemischen ähnliche Gesetzmässigkeiten stattfinden, untersuchte Herr VICTOR MEYER in Heidelberg (Naturw. Rundschau, VI. Jahrgang, Original-Mitteilung S. 349 ff., 1891) in Gemeinschaft mit Herrn A. KRAUSE das durch Elektrolyse von Wasser erhaltene Knallgas, d. h. das aus 2 Vol. *H* und 1 Vol. *O* bestehende Gemenge. — Zunächst wurde feuchtes Knallgas angewandt. Die Vereinigung der beiden Gase fand im Diphenylamin-dampf, also bei 305°, gar nicht und selbst bei der Temperatur des siedenden Schwefels (448°) so langsam statt, dass eine Abnahme des Volumens in Folge von Wasserbildung erst nach über 24 Stunden beobachtet werden konnte. Allerdings war dies nur bei Ausschluss von Metallen, insbesondere von Quecksilber, der Fall; wurde hingegen das letztere zum Absperrn der mit dem Gasgemisch gefüllten Röhre benützt, so trat eine Volumverminderung in Begleitung einer vorübergehenden Bildung und Zersetzung von Quecksilberoxyd schon bei 305° ein. — Eine Explosion des Gemenges — d. h. eine plötzliche Entzündung im Gegensatz zu der geschilderten langsamen Verbrennung — erfolgte im Dampf des Phosphorsulfids (518°) noch nicht, wohl aber im siedenden Zinnchlorür (606°); die Entzündungstemperatur des Knallgases liegt also zwischen 518° und 606°. — Bei diesen ersten Versuchen über die allmähliche Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff war von einer Proportionalität zwischen der Zeitdauer und der Menge des gebildeten Wassers nicht die Rede. Vielmehr schwankte in verschiedenen Fällen trotz gleicher Dauer und Stärke der Erhitzung die Volumabnahme zwischen 30% und 90%.

Als Ursache für diesen völligen Mangel an Gesetzmässigkeit vermutete Herr V. MEYER den Umstand, dass die Gase nicht gänzlich rein gewesen seien. Von nun an wurde daher die Mischung in einer den allerstrengsten Anforderungen genügenden Weise gereinigt; aber auch alsdann blieben die Ergebnisse regellos, so dass beispielsweise in zwei Glaskugeln, die gleichzeitig und in genau gleicher Weise gefüllt und erhitzt worden waren, die Menge des verbundenen Knallgases 27 % beziehungsweise 100 % betrug. Bei einer Fortführung der Versuche soll daher ausser auf völlige chemische Reinheit — da die noch vorhandene Fehlerquelle wohl kaum in etwas Anderem als in einer Ungleichheit der inneren Oberflächen der angewendeten Glaskugeln bestehen kann — besonderer Wert darauf gelegt werden, innen matte und durchaus gleichartige Glasgefässe zu erhalten. — Schliesslich sei noch hinzugefügt, in welcher Weise die — nachweislich vollständig gelungene — absolute Reinigung des Gasgemisches von Beimengungen, insbesondere von selbst den letzten Spuren atmosphärischer Luft, ausgeführt wurde, da diese Aufgabe anerkanntermassen eine der schwierigsten aus dem ganzen Bereiche der Chemie ist, „welche wohl nur in den Versuchen von Bunsen und Roscoe über das Chlorknallgas und den vorliegenden über das Wasserstoffknallgas gelöst sein dürfte.“ Zunächst musste heisses Wasser elektrolysiert werden, da anderenfalls Ozon und Wasserstoffhyperoxyd als Nebenprodukte auftreten; alsdann wurde das Knallgas behufs völliger Trocknung durch mehrere Kugelapparate mit concentrirter Schwefelsäure geleitet, um endlich durch ein System von 21 durch Kapillaren verbundenen Glaskugeln etwa 14 Tage und Nächte lang ununterbrochen hindurchzuströmen. Auf diese Weise gelang es, sämtliche, insbesondere auch die am Glase adhaerierende Luft herauszuschaffen. Hierauf wurden die Gefässe, nachdem sie so „unter genau denselben Bedingungen mit völlig gleichartigem Knallgase“ gefüllt waren, durch Abschmelzen der sie verbindenden Kapillaren von einander gelöst und verschlossen. Dieses Abschmelzen der Kapillaren ist trotz der Anwesenheit von Knallgas gefahrlos, weil in sehr engen Kapillaren Explosionen nicht entstehen können. J. S.

### 3. Geschichte.

**Konrad von Megenberg.** In einem Aufsatz über „meteorologische Volksbücher“ (*Himmel und Erde*, III, 1891, Heft 9) bespricht G. HELLMANN die älteste in deutscher Sprache geschriebene Naturgeschichte, das „Buch der Natur“ des Konrad von Megenberg, der um 1309 in Franken geboren war und 1378 als Canonicus zu Regensburg starb. Das „Buch der Natur“, um 1350 in bayrischer Mundart geschrieben, ist eine freie Bearbeitung des Manuskriptes „Liber de rerum natura“, als dessen Verfasser erst im achtzehnten Jahrhundert Thomas Cantimpratensis aus Belgien, ein Schüler des Albertus Magnus, ermittelt worden ist. Das „Buch der Natur“ gehörte bereits im vierzehnten Jahrhundert zu den gelesenen Schriften und wurde 1475 zum ersten Male, mit zwölf Tafeln naturhistorischer Abbildungen, gedruckt. Bis in die erste Hälfte des sechzehnten Jahrhunderts erschien es noch in neuen Auflagen, dann hat erst 1831 wieder der deutsche Sprachforscher Schmeller darauf hingewiesen.

Das Buch zerfällt in acht grössere Abschnitte, deren zweiter „von den Himeln und von den sibem Planeten“ handelt. Ein grosser Teil dieses Abschnitts ist speziell den meteorologischen Erscheinungen gewidmet. Hier findet sich u. a. eine Regentheorie, die manches wichtige enthält und über das Wissen des klassischen Altertums weit hinausgeht. Darin heisst es: „Der regen kumpt von wäzrzigem dunst, den der sunnen hitz auf hat gezogen in daz mittel reich des luftes, wann von der kalten, die da ist, entsleuzt sich der dunst wider in wazzer, als wir sehen an dem dunst, der von dem wallenden hafem get ob dem feur: wenn der dunst die kalten eisneinen (eiserne) hafendecken rüert, so entsleuzt er sich in wassers tropfen.“ Aus dieser Stelle schliesst G. HELLMANN auf einen Einfluss der Schriften der arabischen Naturphilosophen, der in der That sehr wahrscheinlich ist, da sich in den Schriften der „lauteren Brüder“ eine ganz ähnliche Darlegung findet. — In dem

Kapitel „von dem Donr und dem Plitzen“ erklärt sich Konrad von Megenberg gegen die Lehre, dass der Donner ein Stein sei; in dem Kapitel „von dem Nebel“ findet sich die richtige Bemerkung, dass nach dem Aufsteigen des Nebels gern Regen eintritt, wenn er aber auf die Erde fällt, das bedeute schön Wetter.

In dem Abschnitt „von den edeln Stainen“ wird zum ersten Mal in einem deutschen Buch des Gebrauchs der Magnetnadel bei der Schifffahrt Erwähnung gethan. Es wird erzählt, dass die Schiffer, um sich bei dem dicken Nebel zurecht zu finden, eine Nadel mit der Spitze an dem Adamas reiben, sie dann überzwerch in ein Halmstück oder einen Holzspan stecken und in ein Becken oder eine Schüssel voll Wasser legen; dann führe einer den Adamanten mit der Hand auswendig um das Gefäss herum, und die Nadel folge inwendig und drehe sich im Kreise herum. Dann aber ziehe der Steinführer den Magnetstein schnell weg und verberge ihn, worauf sich die Nadelspitze sogleich gegen Norden kehre. Besonders bemerkenswert ist die letzterwähnte Vorsichtsmaassregel, dass die Nadel durch den Adamas in Bewegung versetzt und dann durch plötzliches Wegziehen des Magneten eine möglichst richtige Einstellung erzielt wird.

#### 4. Unterricht und Methode.

Der naturwissenschaftliche Gesamtunterricht. Unter diesem Titel hat W. ZOPF in Breslau bereits 1887 eine Streitschrift erscheinen lassen, der er jetzt in einem umfangreichen Buche einen „*Lehrgang der Natur- und Erdkunde für höhere Schulen*“ (201 S. Breslau, 1891) folgen lässt. Das Ideal des Verfassers ist ein echt humanistisches in dem schon mehrfach in dieser Zeitschrift erörterten Sinne: das Verständnis des Menschen und seiner Stellung in der Natur gilt ihm als Ziel des Unterrichts in den Naturwissenschaften, denen er (wenigstens in den Unter- und teilweise in den Mittelklassen) auch die Geographie beiorndnet. Er beklagt von diesem Standpunkte namentlich das gänzliche Fehlen des biologischen Unterrichts auf der Oberstufe unserer höheren Schulen und tritt mit schwerwiegenden Gründen für dessen Wiederherstellung ein. Er verlangt aber weiter, dass auf jeder der Hauptstufen unserer höheren Schulen der naturwissenschaftliche Unterricht den jugendlichen Geist an den zuständigen Teilen des gesamten Naturwissens übe, und fordert deshalb die Einflechtung physikalischer und chemischer Beobachtungen schon für die Unterstufe, einen zusammenhängenden propädeutischen Kursus in Physik und Chemie (abschliessend mit Anthropologie in *IIb*) für die Mittelklassen. In der älteren, oben erwähnten Schrift hat er die einem solchen Betriebe entgegenstehenden Vorurtheile durch eine schlagende Kritik als unhaltbar nachgewiesen, in der neuen Schrift bringt er beachtenswerte Vorschläge für die Neuordnung dieses Unterrichts im Einzelnen. Auch wir halten es für sehr zweckmässig, schon die Schüler der Unterklassen im naturkundlichen (und auch im Rechen-) Unterricht zu physikalischen Beobachtungen anzuleiten, wenschon auf diesen Stufen, die der unmittelbaren Anschauung der Objekte zugewendet sind, physikalische Apparate (abgesehen etwa von Wage und Thermometer) ausgeschlossen bleiben sollten. Dass Tertianer schon fähig sind, einen physikalischen Vorkursus über die Aggregatzustände und die Wärme, sowie einen chemischen über die Verbrennungserscheinungen mit Erfolg durchzumachen, wird jeder bezeugen können, der einmal einen Versuch in dieser Richtung angestellt hat. Auf Grund der so gewonnenen Vorbildung kann dann in O III die Mineralogie, in U II die Anthropologie behandelt werden. Dieser letzten Klasse der Mittelstufe behält der Verfasser auch Elektrizität und Magnetismus vor, was in der That aus inneren wie äusseren Gründen der jetzt vielfach üblichen, durch die Lehrpläne von 1882 begünstigten Voranstellung dieser Gebiete vorzuziehen ist. Zwischen die genannten physikalischen Parteen werden in allen Klassen noch Kapitel der allgemeinen Erdkunde, der Tier- und Pflanzenkunde eingeschoben; allerdings wird es der praktischen Erprobung vorbehalten bleiben müssen, ob nicht dieses Durcheinander wenigstens auf der Mittelstufe eine zu grosse Unruhe in den Gang des Unterrichts bringt. Für Gymnasien hat überdies der Ver-

fasser eine Beschränkung auf die physikalisch-chemischen und anthropologischen Kapitel in den Mittelklassen selber in Vorschlag gebracht. — Dem Unterricht der Oberstufe weist der Verfasser neben der wissenschaftlichen Vertiefung vor allem auch die Aufgabe der Verknüpfung der einzelnen Disziplinen miteinander und mit dem letzten Ziel des gesamten naturwissenschaftlichen Unterrichts zu. Der II a fällt neben der Fortsetzung der methodischen Chemie und dem Ausbau der Wärmelehre die Betrachtung der Ernährungs- und Wachstumsvorgänge bei Pflanzen und Tieren zu; der Ib ist zur Mechanik und astronomischen Geographie (nebst Petrographie und systematischer Chemie) als biologisches Pensum die Fortpflanzung bei Pflanzen und Tieren zugewiesen; in Ia endlich werden ausser Akustik und Optik nebst einzelnen Teilen der Wärmelehre und Elektrizität noch Grundzüge der Entwicklungsgeschichte der Erde und ihrer Bevölkerung dargeboten. — Ohne diesem Plan bis in alle Einzelheiten zuzustimmen, möchten wir doch den Grundgedanken als einen gesunden und fruchtbaren bezeichnen. Für Gymnasien freilich hält der Verfasser selber bei ihrer heutigen Verfassung eine Beschränkung des biologischen Pensums der Oberstufe auf einen Jahreskurs für geboten. Wir sehen auch hierfür nur dann eine Möglichkeit, wenn in der Prima ein Teil des jetzigen physikalischen Lehrstoffes (wir denken zunächst an Übungen aus der Mechanik und astronomischen Geographie) den mathematischen Stunden zugewiesen wird, wozu ja neuerdings mehrfach Neigung vorhanden ist. Auf eine grosse Zahl trefflicher und anregender Gedanken näher einzugehen müssen wir uns an dieser Stelle versagen, möchten aber zum Schluss dem Wunsch des Verfassers beipflichten, dass einem dazu geneigten und befähigten Lehrer die Durchführung eines solchen Planes zunächst einmal probeweise und von unten auf gestattet würde. P.

**Zum Unterricht der Physik auf den Gymnasien.** Von E. WIEDEMANN. *Blätter f. d. bayr. Gymnasialschulwesen.* XXVII, 337—46 (1891). Der Verfasser wendet dem physikalischen Gymnasialunterricht ein erfreuliches Interesse zu. Viele von den Urteilen und Forderungen, die er ausspricht, beziehen sich allerdings speziell auf die bisherige höchst mangelhafte Einrichtung dieses Unterrichtes an den bayrischen Gymnasien. Allgemeinere Geltung dürften namentlich die folgenden Stellen beanspruchen: Die Physik darf nicht als ein blosser Appendix der Mathematik behandelt werden. An ihr soll der Schüler vor allem beobachten und die gefundenen Einzelthatsachen combinieren lernen; besonders wichtig ist es, ihn zunächst auf eine qualitative Erkenntnis der Gesetze hinzuführen. — Die Mathematik selbst sollte weit weniger, als dies meist geschieht, in abstrakter Form behandelt, und die entwickelten Formeln sollten an konkreten Beispielen erläutert werden. — In der Physik hat stets die Anschauung der mathematischen Entwicklung vorauszugehen; erst der Versuch, dann die Theorie! Selbst die allereinfachsten Vorgänge müssen anschaulich gemacht werden. — Bei den Beweisen physikalischer Sätze soll stets ein qualitativer Beweis, der sich auf anschauliche Konstruktionen stützt, dem strengen Beweis vorangeschickt werden. In vielen Fällen kann man den letzteren ganz fortlassen, da er oft ohne Anwendung der Differentialrechnung umständlich, langweilig und doch unstreng ist. — Von allgemeinen Begriffen sind ausser denen der Kinematik, dem der Kraft und der Masse nur die des Arbeitsvorrates, der potentiellen und kinetischen Energie einzuführen, unter sorgfältiger Vermeidung des Ausdrucks Spannkraft [?]. Bei der Einführung des Begriffes der Arbeit ist u. a. unumgänglich nötig darauf hinzuweisen, dass die Arbeit beim Halten eines Gewichtes darauf beruht, dass der Muskel fortwährend Zuckungen ausführt, die freilich nur kleine sind, sich aber sehr oft wiederholen. — Die einzelnen Grössen sollen möglichst gesondert entwickelt werden, der Begriff des Trägheitsmomentes z. B. nicht beim Pendel, sondern an der Hand von Torsionsschwingungen [besser wohl noch unabhängig von jeder Schwingungsbewegung auf die von M. Koppe in dieser *Ztschr.* V, 8 auseinandergesetzte Weise]. — Nur ganz kurz, wenn überhaupt, sind alle die Gebiete zu behandeln, die theoretisch von geringer Bedeutung sind oder nicht im Leben wichtige Anwendung finden. Auch solche Gebiete sind möglichst zu beschränken, wo der Lehrer nicht mit Sicherheit auf ein Gelingen der Versuche rechnen kann. Zu

den letzteren gehören die Versuche mit statischer Elektrizität, die in Folge der klimatischen Verhältnisse sehr selten recht glücken [?]; ein paar Grundversuche genügen. — Grosse Zeichnungen verdienen bei weitem den Vorzug vor der Projektion kleiner Photographie mit dem Skioptikon. —

Besonders an zwei Stellen spricht der Verfasser Ansichten aus, die mit den in unserer Zeitschrift vertretenen Anschauungen nicht übereinstimmen. Über das Potential bemerkt er: „Den Begriff des Potentials würde ich aus der Schule verbannen, trotz der vielen auf eine Einführung desselben gemachten Anstrengungen. Um wirklich diesen Begriff nutzbringend zu verwenden, muss derselbe in ganz anderer Weise geistig verarbeitet werden, als dies für einen Schüler möglich ist, der doch auch noch anderes als Mathematik und Naturwissenschaft zu treiben hat. Mit der Einprägung der Definition des Potentials und der Möglichkeit, dasselbe rechnerisch zu verwenden, ist für den Schüler nichts gewonnen. Man darf ja nicht glauben, durch Einführung solcher Begriffe, die vom Schüler nur halb verstanden werden können, einen höheren wissenschaftlichen Standpunkt zu erreichen.“ Für unsere Leser bedarf es kaum des Hinweises, dass es sich bei der in dieser Zeitschrift befürworteten Behandlung des Potentials nicht um Einprägung einer abstrakten Definition, noch weniger um deren rechnerische Verwendung, sondern ausschliesslich um Gewinnung einer klaren anschaulichen Grundlage für das Verständnis der elektrischen Vorgänge handelt.

Der Verfasser sagt ferner: „Wie wenig in vielen Fällen beim Unterricht Maass gehalten wird, und wie weit die geistigen Kräfte der Schüler überschätzt werden, geht wohl am besten aus so vielen Mitteilungen der *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* hervor. So vorzüglich manche der didaktischen Vorschläge für Abänderungen von Apparaten sind, so weit schiessen aber auch viele über das Ziel hinaus und so unnötig sind manche Modifikationen an altbewährten Apparaten, welche dieselben nicht vereinfachen, sondern complizieren, so dass zuletzt der Apparat schwieriger verständlich wird, als die Erscheinung, welche er erläutern soll.“ Nun, so lange es Physiklehrer giebt, wird hoffentlich die Lust am Ändern und Verbessern der Unterrichtsmittel nicht aufhören; das Verharren bei dem Altbewährten ist Stagnation, das Streben nach Vervollkommnung zeugt von innerem Leben. Und mag selbst einmal diese oder jene Abänderung über das Ziel hinausschiessen, es soll ihr in diesen Blättern doch ein bescheidener Raum gegönnt sein, auch wenn sich nicht gleich absehen lässt, welche Anregungen sie auszuüben vermag, und welchen Nutzen dieser oder jener Leser davon ziehen wird. Dass manche von den Mitteilungen (wie auch einzelne von den Aufgaben), die diese Zeitschrift bringt, mehr zur Information des Lehrers als zur unmittelbaren Verwendung im Unterricht bestimmt sind, möge auch bei dieser Gelegenheit ausdrücklich hervorgehoben sein; ebenso auch, dass die Zeitschrift der Elementarschule sowohl wie der Hochschule, dem Gymnasium und zugleich der Fachschule dienen will und thatsächlich dient, sodass sehr wohl, was für die einen zu weit geht, sich für die andern grade als brauchbar erweisen mag. Wir bitten auch unsere Leser, diesen Umstand bei Beurteilung des Inhalts der Zeitschrift freundlichst zu berücksichtigen und in dem Ineinandergreifen dieser verschiedenartigen Interessen keine Schädigung, sondern eine Förderung jedes einzelnen derselben zu erkennen.

Schliesslich macht der Verfasser Vorschläge, wie den Schwierigkeiten zu begegnen sei, die der plötzlichen Einrichtung eines experimentellen Physikunterrichtes an den bayrischen Gymnasien im Wege stehn. Die grösste Schwierigkeit erblickt er in der mangelhaften Vorbildung der Lehrer, die eine vorwiegend mathematische ist. Doch hält er diesen Übelstand für überwindbar, wenn ein Normalinventar aufgestellt wird und den einzelnen Apparaten genaue Instruktionen für die einzelnen Versuche beigegeben werden; auch sei es zweckmässig, dem Lehrer mitzuteilen, in welcher Reihenfolge die Versuche auszuführen sind, um die einzelnen Gesetze hervortreten zu lassen. Eine solche Abrihtung mag als vorübergehender Notbehelf am Platze sein; für die Dauer aber bleibt doch zu wünschen, dass dem Lehrer grössere Selbständigkeit in der Auswahl der Apparate

und in der Anordnung der Versuche gewährt wird. Als der wichtigste von den Vorschlägen zur Hebung des physikalischen Unterrichts erscheint uns der, dass dem Lehrer Gelegenheit gegeben werde, die Schulversuche einmal unter Leitung eines im Experimentieren erfahrenen Physikers auszuführen. Dieser Vorschlag trifft mit dem Verlangen nach Veranstaltung von wirklich praktischen naturwissenschaftlichen Ferienkursen zusammen, dem auch in dieser Zeitschrift mehrfach Ausdruck gegeben worden ist. P.

**Elektrizität und Magnetismus** nach den neueren Anschauungen für höhere Schulen dargestellt von Dr. A. SCHÜLKE. II. Teil. Elektrische Ströme (*R. G. Osterode, Pr. No. 21, 1891*). Über den Plan, die Kraftlinien in grösserem Umfange für die schulmässige Behandlung des Gegenstandes heranzuziehen, ist bereits bei Besprechung des I. Teils (*diese Ztschr. IV, 41*) eine abweichende Meinung dargelegt worden. Wir können auch diesmal nur von neuem betonen, dass die Spannungsvorgänge im Dielektrikum noch viel zu rätselhaft sind, um die neueren Anschauungen als Grundlage für den Unterricht auf unsern höheren Schulen zu rechtfertigen. Das grobsinnliche Anschauungsmittel der Kraftlinien als elastischer Fäden dürfte, missverständlich als Realität genommen, noch bedenklicher sein als die elektrischen Fluida; und ausschlaggebend fällt ins Gewicht, dass die elektrischen Flüssigkeiten doch Bilder für wirklich anschauliche Vorgänge sind, die auch ohne das Gleichnis Bestand haben, während von den Kraftlinien nach Wegnahme des „grobsinnlichen“ Gleichnisses und ohne entsprechenden Ersatz durch andere mechanische Analogien nichts als ein für den Schüler unfassbarer Schatten („blosser Ausdruck für Anordnung magnetischer Kräfte“) zurückbleibt.

Die Einführung von Potential und Energie in den Schulunterricht erklärt der Verfasser für notwendig, auch für die Vertreter der alten Theorie; der Begriff des elektrischen Stroms sei ohne Potential kaum scharf zu bestimmen. Von den elektrischen Maassen will er Ampère, Ohm und Volt im Unterricht verwandt sehen, was auch wohl mehr und mehr geschehen wird. In methodischer Hinsicht wird der Verfasser durch sein Grundprinzip dazu veranlasst, den Galvanismus mit der Bewegung von Leitern im magnetischen Felde, und zwar mit der Vorführung der Dynamomaschine zu beginnen. Die Parallele mit der Influenzmaschine soll dem Schüler sofort die Stromerzeugung anschaulich machen. Die Gefahr, dass der Schüler bei den Strömen der Hydroketten leicht „Wirkungen ohne Ursache“ zu sehen glaubt, ist doch wohl durch nicht zu flüchtige Behandlung der chemischen Erscheinungen zu vermeiden; auch die darauf bezüglichen irrigen Vorstellungen heutiger „Gebildeter“ werden vielmehr auf mangelnden oder unzureichenden Physikunterricht, als auf eine vermeintlich veraltete Methode zurückzuführen sein. Auch das Dunkel, das noch heut den Volta'schen Fundamentalversuch umgiebt, spricht nicht dagegen, dass man den ganzen Abschnitt (ev. ohne Volta's Versuch) mit den Hydroketten beginnt. Jedenfalls aber ist es von Interesse, dass der Gegenstand einmal in der vorgeschlagenen Reihenfolge behandelt und der Galvanismus gewissermaassen unter den Magnetismus subsummiert wird.

Die Abhandlung giebt demgemäss im speziellen Teil eine kurze Übersicht des Lehrgangs, auf den hier nicht näher eingegangen werden kann. Die Krönung des ganzen Gebäudes bildet die Erklärung der Induktionsströme durch Störung der Kraftlinien. Hier treten auch die Schwierigkeiten, die der ganzen Art der Darstellung anhaften, am deutlichsten hervor. Es werden zunächst die Kraftlinien, die von zwei parallelen, gleich oder entgegengesetzt gerichteten Strömen erzeugt werden (durch Zeichnung in einer zu der Stromrichtung senkrechten Ebene), dargestellt. Dann wird auseinandergesetzt, dass ein Leiter, der einem andern stromdurchflossenen Leiter genähert werde, den Verlauf der Kraftlinien stören müsse, indem er diese vor sich zusammendränge, hinter sich auseinanderücken macht. Es muss dadurch eine ebensolche Figur entstehen, wie die eben bei zwei parallelen und entgegengesetzt gerichteten Strömen erhaltenen. Und weil ein solches magnetisches Feld durch zwei entgegengesetzte Ströme hervorgebracht wird, so wird geschlossen, dass infolge der Bewegung in dem vorher stromlosen Drahte ein entgegengesetzter

Strom entstehe. Dieser Schluss kann nicht für zutreffend gelten. Denn daraus, dass zwei Ursachen die gleiche Wirkung hervorbringen, lässt sich nicht auf die Identität der Ursachen schliessen. Ja auch die Entstehung des Induktionsstromes durch Störung der Kraftlinien ist an sich anfechtbar; bei Faraday selbst findet sich (über physische Magnetkraftlinien, deutsche Ausgabe Band III, S. 405) die Bemerkung: „Man kann es so einrichten, dass der ruhende Draht dieselbe diamagnetische Kraft habe, wie das den Magnet umgebende Medium, und so in keiner Weise die durch beide gehenden Kraftlinien störe, und dennoch entsteht ein Strom in dem Draht, sobald er bewegt wird.“ In Anbetracht dieser Schwierigkeiten verdient die von Mascart gegebene und auch bei Pfaundler (9. Aufl.) benutzte Voraussetzung, dass Stromlosigkeit in einem Leiter nur ein labiler Gleichgewichtszustand sei, den Vorzug, da sich mit ihrer Hilfe aus dem Energiesatz die Gesetze der Induktion ohne Mühe ableiten lassen.

Wenn nach dem Gesagten eine Verwertung der vom Verfasser gegebenen Darstellung für den Unterricht nicht ratsam erscheint, so ist die Schrift doch wegen vieler nützlicher Hinweise und wegen der Orientierung, die sie gewährt, den Fachgenossen angelegentlich zu empfehlen.

P.

### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Verwendung von Korkabfällen.** Bei der Herstellung von Korkstopfen bleibt eine reichliche Menge von Abfällen übrig, die sich alljährlich auf Tausende von Centnern belaufen und die auch durch Verbrennen nicht weggeschafft werden können, da der Kork sich beim Erhitzen zu einer voluminösen, nur schwer verbrennlichen Kohle aufbläht. Erst in neuerer Zeit hat man für diese Abfälle mehrere Verwendungen gefunden, die sich auf die äusserst geringe Wärmeleitfähigkeit des Korkes gründen. Der Kork ist ein schlechter Wärmeleiter, weil er aus zahlreichen mit Luft erfüllten Bläschen zusammengesetzt ist; er leitet sogar schlechter als ein bloss mit Luft erfüllter Raum von gleicher Ausdehnung, weil sich im letzteren Falle die Luft bewegen und die Wärme übertragen kann, während im Kork jedes Bläschen die in ihm enthaltene Luft festhält und einen Ausgleich der Temperatur verhindert. Der Kork ist nach einem treffenden Vergleich eine Art von festem Schaum, dessen Bläschen übrigens so klein sind, dass man sie bloss bei starker Vergrösserung unter dem Mikroskop erkennen kann. Der Kork lässt sich daher zu einem Pulver zerkleinern ohne die genannte Eigenschaft zu verlieren. Dies Pulver wird durch Anrühren mit Schellacklösung zu einer knetbaren Masse verwandelt und in halbcylindrische Formen gepresst, die als Wärmeschutzmasse dienen. Sie werden zu diesem Zweck an die Dampfrohre gelegt und durch Zusammenschnüren mit Eisendraht befestigt.

Eine zweite Verwendung besteht darin, dass Platten aus solcher Korkmasse zur Ausfütterung von Eiskellern und ähnlichen Gelassen benützt werden; auch sollen in Frankreich Dachstuben, die im Sommer unerträglich heiss waren, durch Auskleidung mit Kork bewohnbar gemacht worden sein. Wegen der Undurchlässigkeit für Schall hat man diese Platten auch zur Abhaltung von Lärm jeder Art angewandt. Die feinsten Korkmehlsorten endlich liefern, mit einem dicken Leinölfirniss zu einem steifen Brei angerührt und auf ein Hanfgewebe aufgewalzt, das Linoleum, dessen Vorzüge allgemein bekannt sind. Eine Art Linoleum ist neuerdings auch für die Umhüllung von Dampfrohren in Aufnahme gekommen. Zu diesem Zweck wird das Korkmehl, mit einem Klebstoff angerührt, zwischen zwei Lagern von Hanfgewebe eingebettet, und dieses dann in Streifen zerschnitten, die sich um die Röhren wickeln lassen. Ein Versuch in der Maschinenfabrik von Nicholson und Jennings in London ergab, dass bei halbständigem Durchleiten von Dampf durch Röhren von gleichem Querschnitt und gleicher Länge 35 Unzen Wasser condensiert wurden, wenn die Röhren unbedeckt waren, 23 Unzen bei Umhüllung mit Asbest und nur 14 $\frac{1}{2}$  Unzen bei Umwicklung mit Korkleinewand.

(Prometheus No. 84, 1891.)

**Handdynamos auf der Frankfurter Ausstellung.** Von C. und E. Fein in Stuttgart, sowie von Gebrüder Fraas in Wunsiedel waren verschiedene Modelle von Handdynamos ausgestellt, die auch für den physikalischen Unterricht zu empfehlen sind. Die Fein'schen Maschinen, sehr solid und auch äusserlich elegant gebaut, sind Ringmaschinen, bei denen mit Ausnahme des kleinsten Modells die Elektromagnete eine geneigte Lage zueinander haben. Ihre Schenkel sind mit der Grundplatte aus einem Stück gegossen, der Anker hat einen möglichst grossen Eisenquerschnitt, und die Anzahl der Drahtwindungen ist in Folge dessen wesentlich verringert. Diese Dynamos werden in fünf verschiedenen Grössen gebaut und können sowohl durch Hand wie auch durch Motoren betrieben werden. Die Wicklung des Ankers wird in 3 resp. 4 Stärken geliefert, so dass die Maschinen für die verschiedensten Zwecke verwendet werden können. So liefert z. B. Modell N H III (Fig. 1) mit starker Wicklung bei 2000 Touren 7 Volt und 75 Ampères, ist also für elektrolytische Arbeiten zu gebrauchen, bei feiner Wicklung dagegen 100 V. und 6 A. und ist so für Beleuchtungszwecke geeignet. Äusserlich weniger ansehnlich erscheinen die Maschinen von Gebrüder Fraas, sie sind jedoch bei gleicher Leistungsfähigkeit erheblich billiger als die von Fein. Es sind Flachringmaschinen mit seitlich angebrachten Elektromagneten (Fig. 2), ganz ähnlich den Schuckert'schen Maschinen gebaut. Die für Schulen in drei Grössen ausgestellten Dynamos werden als Universaldynamos bezeichnet, da dieselben durch eine einfache Schaltvorrichtung sowohl als Serien- als auch als Nebenschluss-Maschinen benutzt werden können. Hierdurch erhalten diese Apparate eine sehr vielseitige Verwendbarkeit, und es kann das verschiedene Verhalten der beiden Systeme von Dynamos z. B. bei veränderter Belastung im äusseren Stromkreise leicht demonstriert werden. Es kommt noch hinzu, dass es möglich ist, die Magnetschenkel verschieden zu schalten, d. h. alle vier hintereinander, paarweis nebeneinander oder vollständig parallel. Man kann beliebig mit 4, 3, 2 oder 1 Magnetschenkel arbeiten, und zwar sind alle diese Schaltungen, wie sich Referent überzeugen konnte, bei genügender Kenntnis der Maschine mit wenigen Griffen auszuführen. Die Leistungsfähigkeit der drei ausgestellten Modelle ist bei maximaler Tourenzahl (2400, 2200; 2000): 300 Watt (50 V. 6 A.), 390 Watt (65 V. 6 A.), 50 Watt (50 V. 10 A.). Ausserdem baut die Firma noch eine Universaldynamo mit einer Leistungsfähigkeit von 910 Watt (65 V. 14 A.) bei 1600 Touren. Die angegebenen Tourenzahlen werden sich bei Fraas und auch bei Fein allerdings wohl nur durch Motorenbetrieb erreichen lassen.

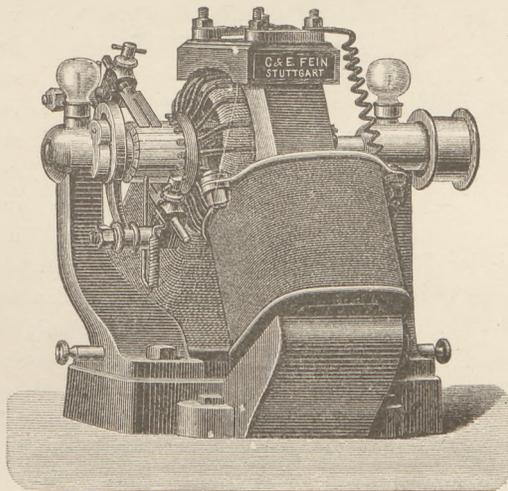


Fig. 1.

Äusserlich weniger ansehnlich erscheinen die Maschinen von Gebrüder Fraas, sie sind jedoch bei gleicher Leistungsfähigkeit erheblich billiger als die von Fein. Es sind Flachringmaschinen mit seitlich angebrachten Elektromagneten (Fig. 2), ganz ähnlich den Schuckert'schen Maschinen gebaut. Die für Schulen in drei Grössen ausgestellten Dynamos werden als Universaldynamos bezeichnet, da dieselben durch eine einfache Schaltvorrichtung sowohl als Serien- als auch als Nebenschluss-Maschinen benutzt werden können. Hierdurch erhalten diese Apparate eine sehr vielseitige Verwendbarkeit, und es kann das verschiedene Verhalten der beiden Systeme von Dynamos z. B. bei veränderter Belastung im äusseren Stromkreise leicht demonstriert werden. Es kommt noch hinzu, dass es möglich ist, die Magnetschenkel verschieden zu schalten, d. h. alle vier hintereinander, paarweis nebeneinander oder vollständig parallel. Man kann beliebig mit 4, 3, 2 oder 1 Magnetschenkel arbeiten, und zwar sind alle diese Schaltungen, wie sich Referent überzeugen konnte, bei genügender Kenntnis der Maschine mit wenigen Griffen auszuführen. Die Leistungsfähigkeit der drei ausgestellten Modelle ist bei maximaler Tourenzahl (2400, 2200; 2000): 300 Watt (50 V. 6 A.), 390 Watt (65 V. 6 A.), 50 Watt (50 V. 10 A.). Ausserdem baut die Firma noch eine Universaldynamo mit einer Leistungsfähigkeit von 910 Watt (65 V. 14 A.) bei 1600 Touren. Die angegebenen Tourenzahlen werden sich bei Fraas und auch bei Fein allerdings wohl nur durch Motorenbetrieb erreichen lassen.

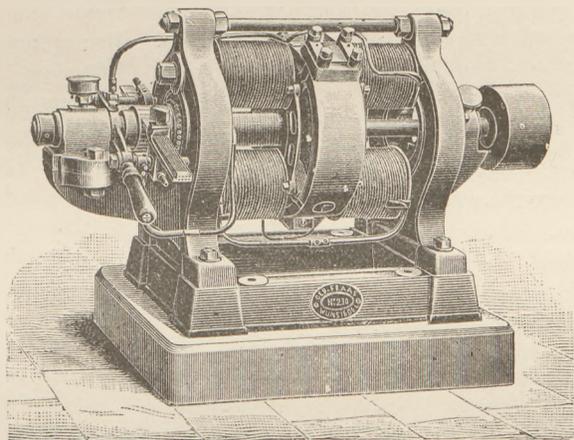


Fig. 2

P. Bode.

**Modelle von Transformatoren**, für Demonstrationszwecke äusserst geeignet, waren in Frankfurt a. M. von der Firma Helios (Cöln) ausgestellt. Dieselben waren im Katalog

nicht verzeichnet, sind auch nicht im Handel zu erhalten und mögen von den meisten Fachgenossen, die die Ausstellung besuchten, übersehen sein. In Fig. 1 haben wir einen aus

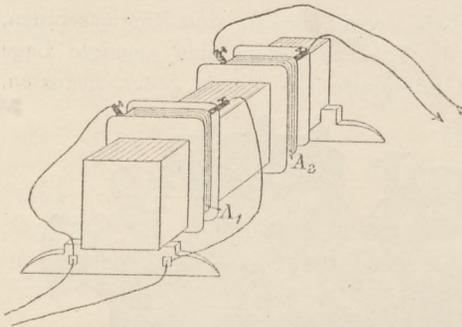


Fig. 1.

bei der Entfernung nimmt die Leuchtkraft bis fast zum Erlöschen ab.

Fig. 2 zeigt einen aus Eisenlamellen bestehenden Ring von 25 cm äusserem Durchmesser mit der festen primären Spule  $A_1$  und der beweglichen sekundären Spule  $A_2$ .

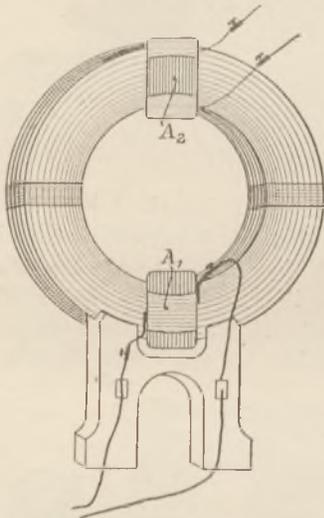


Fig. 2.

der eingeführten Eisenbleche kann jeder beliebige Grad von Helligkeit in der Lampe erzeugt werden. Interessant ist es dabei, die magnetische Abstossung der ein-

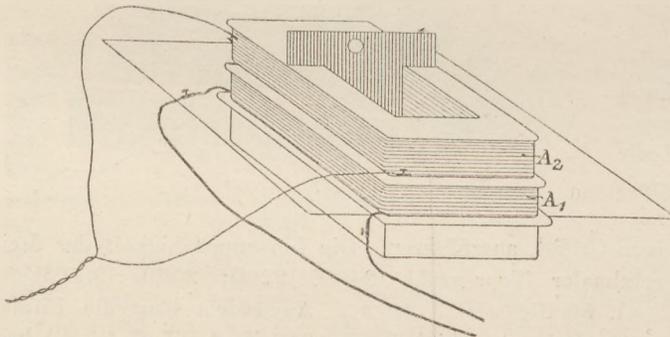


Fig. 3.

gesetzten Eisenbleche zu fühlen. Dieselben werden alle gleichnamig magnetisiert und suchen sich daher abzustossen, was deutlich durch das Gefühl wahrgenommen werden kann, wenn man 30 bis 40 solcher Bleche einsetzt und dann mit Daumen und kleinem Finger der ausgebreiteten Hand federnd gegen dieselben drückt.

In den beiden ersten Modellen ist der Umsetzungskoeffizient 1. Da nicht viele elektrische Energie verloren geht, können die Wicklungen gleich stark sein. Beim letzten Modell besteht jedoch die sekundäre Spule aus dünnerer Wicklung; das Verhältnis schien  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{1}{3}$  zu sein.

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Einleitung in die theoretische Physik.** Von Viktor v. Lang. 2. Aufl. Braunschweig 1891. XI u. 983 S. M. 20,—.

Ein Buch, das seit einem Menschenalter so manchem Leser dieser Blätter Lehrer oder Ratgeber gewesen ist, tritt hier in zweiter Auflage hervor. Schon ein flüchtiger Vergleich mit der 1867 erschienenen ersten Auflage bekundet, wie sehr das behandelte Wissensgebiet sich in der Zwischenzeit erweitert hat. Das Buch ist von 563 auf 983 Seiten angeschwollen, fast überall durch Aufnahme von Untersuchungen, die erst in den letzten Jahrzehnten Bedeutung für die erste Einführung in die theoretische Physik gewonnen haben, oder überhaupt erst in dieser Zeit durchgeführt wurden. So sind die Theorie des Potentials, des elektrischen und magnetischen Feldes, der Wärmeleitung und zahlreiche Anwendungen der mechanischen Wärmetheorie neu hinzugekommen, während Elastizität und Hydraulik in völlig neuer Behandlung und erheblich erweiterter Darstellung auftreten. Am wenigsten vermehrt wurde die Optik, so dass sie nun im Vergleich mit den anderen Gebieten zu knapp bemessen scheint. Doch ist es im Allgemeinen dem Verfasser vortrefflich gelungen, den reichen Stoff so auszuwählen, dass ein Compendium zur Orientierung in der theoretischen Physik geschaffen worden ist, welches die verschiedenen Richtungen des wissenschaftlichen Arbeitens geschickt wiedergibt und als ein zuverlässiger Führer zu den Forschungen, denen das gegenwärtige Interesse zugewendet ist, empfohlen werden kann.

Weniger günstig muss die Beurteilung des Buches vom Standpunkte der Methodik ausfallen; in dieser Hinsicht steht die zweite Auflage hinter der ersten zurück, was ja bei so vielen Büchern bedauert werden muss. Die erste Auflage verzichtete grundsätzlich auf die Benutzung der höheren Mathematik und war infolge dessen nicht nur ein seiner Zeit gut angepasstes Lehrbuch, sondern auch ein Werk von methodisch einheitlichem Charakter. Heute muss man den Rahmen der mathematischen Physik sehr eng spannen, wenn man auf die höhere Mathematik verzichten will; dennoch hat der Verfasser gewünscht, sie nicht geradezu voraussetzen zu müssen, und das Nötige gelegentlich der physikalischen Verwendung zu geben versucht. Dieser in der Vorrede ausgesprochene Vorsatz ist bei weitem nicht überall durchgeführt worden, nach meinem Dafürhalten zum Vorteil des Ganzen; denn wo er durchgeführt ist, erweist er sich nicht als ein glücklicher Gedanke: die Rücksicht auf das mathematische Verständnis stört nur die physikalische Erörterung. Der Berechnung von  $\int x^k dx$  wird sogar — eine Reminiscenz an die erste Auflage — ein Paragraph gewidmet, während doch an vielen Stellen das Buch eine Vertrautheit mit den Begriffen der Differential- und Integralrechnung beanspruchen muss, für die so etwas ein überwindener Standpunkt ist. Auch die mehrfach vorkommenden Angaben von Sätzen, für deren Beweis auf andere Bücher vertröstet wird (S. 64, S. 85, S. 486), belegen ein gewisses, wohl durch Rücksichten auf den Umfang des Buches bedingtes Schwanken seiner Ziele.

Aber noch tiefergehende Bedenken regt das Werk an. Nachdem jetzt für jedes der einzelnen Gebiete mathematischer Physik mehrere, sich teilweise ergänzende Lehrbücher erschienen sind, übernimmt doch eigentlich ein Lehrbuch der gesamten theoretischen Physik eine höhere Aufgabe, als die einzelnen Gebiete unvermittelt hintereinander zu stellen. Zerfällt wirklich die theoretische Physik in lauter einzelne Disziplinen, wie in der hier vorgetragenen Darstellung, oder giebt es gemeinschaftliche Ziele und einheitliche Gesichtspunkte, denen sich die einzelnen Zweige unterordnen? Dass beispielsweise die Begriffe der Wellenbewegung sich durch Elastizität, Akustik, Optik und moderne Elektrik, oder die der Strömung durch Hydrodynamik, Thermik und Elektrik hindurchziehen, dass die Vorstellungen von der Energie sogar das gesamte Gebiet beherrschen, — das könnte wohl zur Idee eines einheitlichen Lehrgebäudes der theoretischen Physik anregen. Es kann Niemandem einfallen, diese Idee, deren Durchführung viele, besonders praktische Schwierigkeiten findet, zum Maassstabe für die Beurteilung eines Buches zu machen, das sich in erster Linie den Bedürfnissen der Studierenden anzupassen hat, — aber es sollte doch wenigstens nicht getrennt werden, was schon nach den üblichen Darstellungsweisen als zusammengehörig erscheint. Durch eine von der Hydrodynamik wie von der Thermodynamik gesonderte Behandlung der Gase wird aber z. B. die Einsicht in den Zusammenhang dieser Gebiete keineswegs gefördert. — Die S. 326 wiedergegebene Thomson'sche Theorie der galvanischen Kette wird erst auf S. 974 durch Helmholtz' thermodynamische Behandlung der Frage verbessert. — In dieses Gebiet methodischer Ungleichartigkeiten gehört es wohl auch, dass die das Werk einleitende Mechanik auf die Maasseinheiten und das absolute Maasssystem nicht Rücksicht nimmt, und erst später die Auslassung nachgeholt wird. Es erleichtert die Dimensionenlehre

erheblich, wenn auch die Messung von Grössen wie Geschwindigkeit und Beschleunigung nicht ohne Maasseinheit eingeführt wird; die Maasseinheit hält vom Begriffe der Grösse so viel an der Zahlenangabe fest, als zu deren Verständnis und zum Rechnen mit derselben unentbehrlich ist. — Die Mechanik ferner, die durch Trennung der Kinematik von der Dynamik völlig umgearbeitet ist, hat doch aus der ersten Auflage eine Anordnung beibehalten, die ich auch für einen methodischen Fehler halte: Mit der Behandlung des Kräfteparallelogramms ist die Lehre von den Kräften am starren Körper zusammengeworfen, während die Lehre von der Bewegung des starren Körpers weit später folgt.

Man übersieht leicht, dass diese vereinzelt Mängel zum guten Teile von dem behandelten Stoffe selbst veranlasst worden sind, der sich so wenig homogen entwickelt hat, und ich zweifle nicht, dass die vielen glücklichen Seiten der Darstellung dem Buche seinen alten Ruf als treffliches Compendium der theoretischen Physik aufs Neue sichern. So ist z. B. die schwierige Einführung in das Gebiet der Elektrik, auf dem sich ältere und neuere Auffassungen noch mannigfach durchkreuzen, dem Verfasser in sehr beachtenswerter Weise gelungen.

Auch muss es bei einem so umfangreichen und weitschichtigen Werke lobend hervor gehoben werden, dass die mehr äusserliche Redaktion gut durchgeführt ist. Von störenden Mängeln in dieser Hinsicht ist mir aufgefallen, dass consequent Parallelpipiped geschrieben wird, und auf S. 170 eine Erklärung für das Zeichen  $t$  fehlt, obschon es dort in ganz anderer Bedeutung als sonst im Buche gebraucht wird.

G. Helm.

**Elektrizität und Optik.** Vorlesungen, gehalten von H. Poincaré, Professor und Mitglied der Akademie. Redigirt von J. Blondin, Privatdozent an der Universität zu Paris. Autorisirte deutsche Ausgabe von Dr. W. Jäger und Dr. E. Gumlich, Assistenten an der Phys.-Techn. Reichsanstalt. I. Band. Die Theorien von Maxwell und die elektromagnetische Lichttheorie. Mit 39 in den Text gedruckten Figuren. Berlin. J. Springer. 1891. VIII. u. 248 S. 8 M.

Die Versuche von HERTZ üben auf die Theorie der Elektrizität und des Lichtes einen ungemainen Einfluss aus. Sind doch allein in Deutschland über diese Theorien in den letzten Monaten nicht weniger als fünf hervorragende Werke erschienen! MAXWELL'S Lehre von der Elektrizität und dem Lichte ist heutzutage der am meisten bevorzugte Gegenstand der physikalischen Forschung. Aber das gründliche Studium des *Treatise on Electricity and Magnetism* ist mit nicht geringen Schwierigkeiten verknüpft. Bei dem Exemplar, das ich seiner Zeit der hiesigen kgl. Bibliothek entliehen hatte, standen die Spuren der Benutzung, die die einzelnen Blätter zeigten, in umgekehrtem Verhältnis zur Seitenzahl; besonders der zweite Band war ganz vortrefflich erhalten. Bei recht vielen Physikern, die in den seither herrschenden Anschauungen gross geworden sind und sich darin eingelebt haben, ist unbestreitbar das Bedürfnis für eine bequemere Vermittlung der MAXWELL'schen Ideen über Elektrizität und Licht vorhanden. In dem vorliegenden Buche macht der hervorragende französische Mathematiker POINCARÉ den Versuch, die Theorie des grossen Engländers in übersichtlicher Form kritisch darzulegen. Er behandelt darin die Elektrostatik, die Elektrokinetik, den Magnetismus, den Elektromagnetismus, die Elektrodynamik, die Induktion, die elektromagnetische Theorie des Lichtes, die magnetische Drehung der Polarisations ebene und die Bestätigung der MAXWELL'schen Theorie durch die Erfahrung. Mit dieser, bei den älteren Theorien im allgemeinen üblichen, Anordnung des Stoffes ist notwendig der Nachteil verknüpft, dass MAXWELL'S Elektrizitätstheorie nicht in ihrem naturgemässen Zusammenhang und nicht widerspruchsfrei erscheint; andererseits aber ist damit der Vorteil verbunden, dass der Übergang von den alten zu den neuen Anschauungen auf allbekannten Wegen geschieht und daher das Hineingewöhnen in den anfangs fremdartigen Gedankenkreis sich leichter und rascher vollzieht. Von pädagogischem Standpunkte aus erscheint somit das vorliegende Werk recht geeignet zur Vorbereitung auf das Studium nicht nur der Originalarbeiten MAXWELL'S sondern auch der prächtigen einheitlichen Darstellung von MAXWELL'S Theorie, die wir BOLTZMANN verdanken.

Die Übersetzung ist vortrefflich. Die deutsche Ausgabe des zweiten Teiles von dem vorliegenden Buche soll noch im Laufe dieses Jahres erscheinen. Es finden darin die Theorien von Ampère und Weber, namentlich aber die von Helmholtz, sowie die Experimente von Hertz eingehende Berücksichtigung. Mögen die Herausgeber nicht versäumen, nach dem Vorgange von BOLTZMANN, dem bereits VOLKMANN gefolgt ist, dem zweiten Teil einen „Schlüssel“ d. h. eine vergleichende Zusammenstellung der Bezeichnungen des Buches beizufügen.

H. Hahn-Machenheimer, Berlin.

**Ueber das Galileische Prinzip.** Von Prof. Dr. Leonhard Weber. Kiel, Haeseler'sche Buchhandlung (Eckardt & Breymann) 1891. 40 S. M. 2,—.

In der Schrift werden die im Trägheitsgesetz enthaltenen Grundbegriffe erörtert und als der wesentliche Inhalt des Satzes dies hervorgehoben, dass er eine zunächst qualitativ vollkommen ausreichende Definition für den Begriff der Kraft giebt. Die Schwierigkeit der Beziehung auf einen absoluten Raum vermeidet der Verfasser, indem er dem Prinzip folgende Fassung giebt: „So lange auf einen materiellen Punkt keine Kraft ausgeübt wird, bewegt derselbe sich derart, dass mit Bezug auf ein direktionell ruhendes aber mit dem Punkte verbundenes Coordinatensystem der Massenmittelpunkt der Welt eine geradlinige und gleichförmige Bewegung besitzt.“ Der hierin vorkommende Begriff der Ruhe kann, wie zum Schlusse dargelegt wird, durch Beziehung auf die lebendige Kraft des Weltalls noch durch ein anderes Merkmal, das der „universell geradlinig-gleichförmigen Bewegung“, ersetzt werden. P.

**Jahrbuch der Naturwissenschaften 1890—1891.** Unter Mitwirkung von Fachmännern herausgegeben von Dr. Max Wildermann. Mit 35 Holzschnitten, 3 Kärtchen, und einem Generalregister über die Jahrgänge 1885/86 — 1889/90. Freiburg i. B., Herdersche Verlagshandlung. 1891. 527 S. M. 6, geb. M. 7.

Dieser VI. Jahrgang enthält aus der Physik 31 grössere Artikel und eine beträchtliche Zahl kleinerer Mitteilungen, aus der Chemie 14 grössere und eine Reihe kleinerer Artikel. Aus der angewandten Mechanik sind 11, aus der Meteorologie 11, aus der Astronomie 15 Artikel vorhanden. Ausserdem sind Zoologie, Botanik, Forst- und Landwirtschaft, Mineralogie und Geologie, Astrologie und Urgeschichte, Gesundheitspflege, Medizin und Physiologie, Länder- und Völkerkunde, Handel, Industrie und Verkehr vertreten, auch über die Naturforscherversammlungen 1889 und 1890, die Plankton-Expedition und die Tiefseeforschungen im Mittelmeer ist berichtet. Die Auswahl ist geschickt und der populären Bestimmung des Buches entsprechend getroffen. P.

**Grundriss der Physik.** Bearbeitet von Dr. K. Sumpf. Mit 463 in den Text gedruckten Abbildungen und einer Spektraltafel 2. verb. Auflage. Hildesheim 1891. M. 3,20.

Kurze Zeit nach dem Erscheinen der ersten Auflage dieses Grundrisses ist die zweit gefolgt, ein Zeichen dafür, dass sich das Buch in der Praxis als brauchbar erwiesen hat. Auch in der neuen Auflage sind, damit man den Grundriss auch einem zweistufigen physikalischen Unterricht zu Grunde legen kann, die der Oberstufe zuzuweisenden Abschnitte durch ein \* ausgezeichnet. Die günstige Aufnahme des Grundrisses, Zuschriften und Rezensionen haben den Verfasser bewogen, seinen Leitfaden für die zweite Auflage sorgfältig durchzuarbeiten. Die vorgenommenen Änderungen verdienen in der That den Namen Verbesserungen. Die Abbildungen sind wesentlich vermehrt, die mangelhaften sind durch neue ersetzt, die Abschnitte über Centrifugalkraft und Berührungselektrizität sind umgearbeitet, und der über Polarisation des Lichtes ist weggelassen. Wenn man den Zweck des Buches, ein Leitfaden vornehmlich für Realschulen zu sein, im Auge behält, wird man es nur billigen können, dass in der neuen Auflage in Anmerkungen fremdsprachliche Ausdrücke, unter Angabe der Stammwörter in lateinischen Lettern, erklärt sind. Es ist nach den Verbesserungen dieser Auflage zu erwarten, dass der Verfasser bei der nächsten, von der wir wünschen, dass sie dem Buche recht bald zu teil werde, den Fortschritten in der Experimentiertechnik noch mehr als bisher Rechnung tragen wird. Auch in dieser Form ist das Buch zur Einführung an Realschulen durchaus zu empfehlen, weniger geeignet ist es für das Gymnasium, Realgymnasium und die Oberrealschule, vornehmlich weil die Oberstufe zu wenig Material für die mathematische Behandlung des Stoffes bietet. Ein für das preussische Gymnasium geeigneter Leitfaden müsste ausser dem Material für den physikalischen Unterricht noch einen kurzen Abriss der Chemie (Mineralogie) und mathematischen Geographie enthalten.

L. Heinze, Königsberg i. Pr.

### Programm - Abhandlungen.

**Über die Theorie der gleichzeitigen Schwingungen zweier gedämpften Magnete.** Von Erich Karll. *Kgl. Prolymnasium zu Trarbach, Ostern 1891.* 4<sup>o</sup>. 18 S. Pr. Nr. 458.

Der Verfasser betrachtet zwei kreisförmige, leitend mit einander verbundene, Galvanometer, deren Magnete um eine lotrechte Achse drehbar sind, und deren Drahtwindungen so gewickelt sind, dass ein sie durchfliessender Strom beide Magnete in demselben Sinne aus ihrer Ruhelage abzulenken strebt. Jede Bewegung des einen Magnets beeinflusst daher den Bewegungszustand des anderen. Es werden zunächst die allgemeinen Differentialgleichungen für die

Schwingungen beider Magnete für den Fall aufgestellt, dass in das eine Galvanometer ein, von den Multiplikatorwindungen isolierter, Kupfering eingesetzt ist. Alsdann werden daraus die von GAUSS (V, 342–344, 535, 536) beobachteten Erscheinungen abgeleitet und im Anschluss daran Formeln für solche Grössen entwickelt, die einer genauen Messung zugänglich sind und somit eine Prüfung der entwickelten Theorie durch die Erfahrung ermöglichen. Da der Fall eintreten kann, dass die Bewegung des einen Magnets infolge einer sehr starken Dämpfung ohne die Einwirkung des anderen aperiodisch verlaufen würde, so wird nun erörtert, wie sich die Schwingungen jenes Magnets unter dem Einfluss des von diesem Magneten induzierten Stromes gestalten. Bis dahin hat der Verfasser die Rückwirkung des zweiten auf den ersten Magneten vernachlässigt. Er untersucht daher noch, wie sich die Schwingungen beider Magnete vollziehen, wenn ihre magnetischen Momente nur wenig verschieden und ihre natürlichen Schwingungsdauern gleich sind, und der Kupfering aus dem einen Galvanometer entfernt worden ist.

H. Hahn-Machenheimer, Berlin.

Über die elektrische Verteilung auf der Reciprocitätsfläche eines Rotationsellipsoids von Ernst Riedel. Nicolaigymnasium zu Leipzig. Ostern 1891. 4<sup>o</sup>. 20 S. Pr. Nr. 536.

Der Verfasser bestimmt mittelst Kugelfunktionen die Verteilung der Elektrizität auf dem Rotationsellipsoid und auf dessen Reciprocitätsfläche zunächst für den Fall, dass diesen Flächen eine bestimmte Elektrizitätsmenge mitgeteilt und deren Verteilung durch Elektrizitätsmengen, die sich ausserhalb dieser Flächen befinden, nicht beeinflusst wird, dann noch für den Fall, dass eine bestimmte Elektrizitätsmenge, die in einem Punkte ausserhalb dieser Flächen vorhanden ist, die Verteilung der Ladung mitbestimmt. Die Abhandlung hat wesentlich mathematischen Wert. Die Entdeckungen der letzten Jahre haben auch der theoretischen Elektrostatik ganz neue Aufgaben zugewiesen, so dass für derartige formale Untersuchungen kein grosses Interesse mehr vorhanden sein dürfte.

H. Hahn-Machenheimer, Berlin.

Über die Anziehung von Massen, die gleichförmig über gerade Linien oder ebene Flächen verteilt sind. Von Dr. Otto Geschoeser, Gymnasium zu Oels. Ostern 1891. 4<sup>o</sup>. 27 S. Pr. Nr. 195.

Dem Verfasser wurde bei seiner Staatsprüfung von Prof. SCHNELLBACH die Aufgabe gestellt: „Es sind zwei mit Atomen gleichförmig besetzte Strecken  $AB$  und  $A'B'$  gegeben; es soll die Grösse der Anziehung berechnet werden, welche die beiden Strecken auf einander ausüben, wenn das Newtonsche Gesetz zu Grunde gelegt wird.“ Diese Aufgabe veranlasste die in vorliegender Arbeit enthaltenen Untersuchungen. Weder die Ergebnisse noch die Behandlung bieten etwas wesentlich Neues.

H. Hahn-Machenheimer, Berlin.

Anleitung zu praktischen Arbeiten im chemischen Laboratorium höherer Lehranstalten, zugleich ein Hilfsbuch für den chemischen Unterricht. Von Dr. C. A. Henniger (Real-Gymnasium zu Charlottenburg) Pr. Nr. 103, 1891.

Nach dem Vorwort des Verfassers ist die Schrift für die Schüler bestimmt, denen es die Repetition erleichtern, mannigfaches Aufgabenmaterial bieten und Anleitung zu praktischen Übungen im Laboratorium geben soll. Dem entsprechend sind die Elemente in systematischer Folge (nur  $H$ ,  $O$  und  $N$  werden vorangestellt) besprochen, und zwar gliedert sich der Stoff bei den meisten in A) Repetitionen, B) Aufgaben, C) Reaktionen. Die Repetitionen bestehen in kurzen Hinweisen und Fragen, bald mit bald ohne Antwort; sie bilden eine Inhaltsangabe dessen, was in einem Lehrbuche über das betreffende Element stehen würde, sollen und können dasselbe aber keineswegs ersetzen. Die Aufgaben sind grösstenteils einfache stöchiometrische Rechnungen oder betreffen praktische Darstellungen von Verbindungen, sind aber für letzteren Zweck nicht ausführlich genug. Die Abteilung C enthält einen Teil des Übungsstoffes, den die Schüler als Vorbereitung für die qualitative Analyse durchzumachen pflegen. — Einige vergleichende Übersichten sollen dem Gedächtnis zur Hilfe kommen, verfehlen aber wohl ihren Zweck, wenn, wie unter dem Capitel „Zersetzung der Salze“ (S. 48), 11 verschiedene Arten der Zersetzung selbstverständlich noch nicht alle möglichen) aufgeführt werden. Eine grosse Anzahl von Flüchtigkeiten im Ausdruck oder von sachlichen Fehlern finden sich in der Arbeit, die jedenfalls einer gründlichen Umarbeitung unterworfen werden müsste, ehe sie als Hilfsbuch für den chemischen Unterricht empfohlen werden könnte.

Arthur Krause, Berlin.

Darstellung des 3 (Quarta-) Cursus in meinem naturwissenschaftlichen und geographischen Gesamt-Unterrichte. Von W. Zopf. R.-G. zum heil. Geist, Breslau, Pr. Nr. 209, 1891.

Die Abhandlung ist ein Bestandteil aus des Verfassers „Lehrgang der Natur- und Erdkunde für höhere Schulen“ (vgl. d. Heft S. 90).

P.

## Versammlungen und Vereine.

### Naturforscher-Versammlung zu Halle vom 21. bis 25. September 1891.

Die Vorträge in der physikalischen Abteilung waren so zahlreich, dass hier von den meisten fast nur die Titel angeführt werden können. Die Herren ELSTER und GEMTEL sprachen über Beobachtung normaler Lufterlektrizität und über die elektrische Natur der atmosphärischen Niederschläge, Herr W. VOIGT über die innere Reibung fester Körper, besonders der Metalle; der letztere demonstrierte ferner einige Modelle zur Theorie der Krystallelektrizität (Piezoelektrizität eingeschlossen). Im Anschluss daran demonstrierte Herr E. RIECKE fernere Modelle zur Theorie der Krystallelektrizität: Während VOIGT seine Gleichungen und Flächen aus der summarischen Annahme ableitet, dass die elektrischen Momente in den Krystallteilchen lineare Funktionen der elastischen oder thermischen Formveränderungen sind, geht RIECKE auf die atomistische Struktur der Krystalle ein und zeigt, dass man genau die VOIGT'schen Gleichungen erhält, wenn man sich jedes Krystallteilchen mit elektrischen Punkten besetzt denkt, deren Verteilung der Symmetrie des betreffenden Krystallsystems entspricht.

Die Herren PLANCK und OSTWALD gaben Referate, der eine über die neuere Entwicklung der mechanischen Wärmetheorie, der andere über diejenige der physikalischen Chemie. Herr F. AUERBACH setzte seine Härtetheorie auseinander und teilte einige Thatsachen mit, von denen die bemerkenswerteste wohl die ist, dass Flussspath, wenn er auch nicht so plastisch ist, wie Steinsalz, doch unter kräftigem Druck bleibende Eindrücke von einem runden Punzen annimmt. Herr SOHNCKE zeigte Molekülmodelle, welche Aufschluss über die Struktur der optisch drehenden Krystalle geben, Herr OBERBECK wies die LEA'schen Silbermodifikationen vor und besprach deren Eigenschaften, namentlich ihren elektrischen Leitungswiderstand. Herr KAHLBAUM produzierte eine automatische Quecksilberluftpumpe seiner Konstruktion, die nach der angestellten Probe sehr gut arbeitet, und verbreitete sich ausserdem über Theorie und Praxis der Dampfspannungsmessungen. Herr DU BOIS teilte Beobachtungen an gewissen lichtabsorbierenden Körpern mit; als Beispiel möge hervorgehoben werden, dass eben geschliffene Würfelflächen von Pyrit die Polarisations ebene eines senkrecht auffallenden Lichtstrahls um einen kleinen Betrag drehen. Der Mechanismus der Erscheinung ist der, dass der auffallende Strahl in zwei Componenten parallel den Seiten der quadratischen Fläche zerlegt wird und dass die Intensität, womit der Krystall diese Componenten reflektiert, im allgemeinen für beide nicht gleich ist; demnach erscheint die Resultante gedreht. Im Einzelnen zeigt das Phänomen so viele Unregelmässigkeiten, dass es kaum auf ein physikalisches Gesetz führt und nur mineralogisches Interesse hat. Derselbe Redner demonstrierte auch einige neue Apparate. Herr HAGENBACH reproduzierte seine im wesentlichen schon in Wiedemann's Annalen veröffentlichten Bemerkungen zur Lehre von den elektrischen Schwingungen.

Etwas näher wird einzugehen sein auf eine kleine Anzahl von Demonstrationen, welche für die Leser dieser Zeitschrift unmittelbares Interesse haben. Herr DORN hat die Lichterscheinungen, welche durch schnelle Schwingungen der Elektrizität (nach LECHER's Methode hergestellt) in Geissler'schen und Gassiot'schen Röhren hervorgerufen werden, näher untersucht. In vielen Punkten stimmen dieselben mit dem überein, was man beobachtet, wenn man die Entladung eines Rühmkorff'schen<sup>1)</sup> Apparates durch die Röhren leitet; in einzelnen Fällen aber, namentlich wenn die Röhre quer zwischen zwei Magnetpole gelegt wird, zeigen sich erhebliche Abweichungen, deren nähere Erklärung noch aussteht. Herr QUINCKE zeigte einige Messinstrumente für den Gebrauch der Schule und des Praktikums vor, die bei grosser Billigkeit gut arbeiten. Besonders bequem sind seine Quecksilbernäpfe: Der Napf ist ein mässig ausgehöhlter Kork, die Leitungsdrähte werden je um eine Stecknadel gewickelt und durch Einstecken der Nadel in den Kork befestigt. Die Schnelligkeit des Auswechslens ist ein grosser Vorzug des Verfahrens.

Herr JAUMANN demonstrierte ein neues System der Kraftmessung, dessen Prinzip folgendes ist: Zwei Bifilarsuspensionen denke man sich so neben einander gehängt, dass die vier Fäden in der Ruhelage in dieselbe Vertikalebene fallen, die wir willkürlich als Ost-Westebene bezeichnen wollen; dabei sei an jedem Fadenpaar, wie gewöhnlich, unten ein horizontaler Balken aufgehängt. Man drehe nun jeden der beiden Balken um einen rechten Winkel und verknüpfe hierauf das Nordende des einen mit dem Nordende des anderen durch einen biegsamen Faden. Das System reagirt dann nicht wie eine gewöhnliche Quadrifilarsuspension, sondern es dreht sich

<sup>1)</sup> Rühmkorff, nicht Ruhmkorff ist die richtige Schreibart. Der Träger des Namens hat mich s. Z. selbst gebeten, das in Deutschland zu verbreiten; er hat die Umlautspunkte in französischen Veröffentlichungen nur fortgelassen, damit die Franzosen ihn richtig aussprechen sollten.

mit grosser Empfindlichkeit, sobald auf den einen Balken eine vertikale Kraft wirkt. Man kann auch die beiden Balken senkrecht untereinander hängen, indem man in dem oberen Löcher anbringt, durch welche die Fäden des unteren hindurchgehen. Das Prinzip dieser Suspension dürfte an sich für den Unterricht von Interesse sein; JAUMANN hat es zur Konstruktion eines sehr feinen absoluten Elektrometers benutzt, bei welchem der untere Balken durch die bewegliche Scheibe des Thomson'schen Elektrometers vertreten ist.

Herr BOLTZMANN demonstrierte ein eben so elegantes wie scharfsinnig gebautes Modell, dessen mechanische Eigenschaften denjenigen eines Systems von zwei elektrischen Strömen analog sind. Drei Axen, die senkrecht übereinander stehen, tragen jede an einem Querarm ein Gewicht. Die oberste und die unterste kann sich selbständig bewegen, die mittlere wird durch ein Räderwerk so mitgenommen, dass ihre Winkelgeschwindigkeit jederzeit das arithmetische Mittel aus den Winkelgeschwindigkeiten der beiden anderen ist. BOLTZMANN zeigt nun, dass in den Bewegungsgleichungen dieses Systems die Trägheitsmomente der drei Massen dieselbe Rolle spielen, wie die Induktionskoeffizienten in den Gleichungen zweier Stromleiter. Und zwar repräsentiert das Trägheitsmoment der obersten Masse den Koeffizienten der Selbstinduktion in einem Stromkreise; ebenso repräsentiert das Trägheitsmoment der untersten Masse die Selbstinduktion in einem zweiten Stromkreise; das Trägheitsmoment der mittleren Masse aber vertritt die Induktion des ersten Stromkreises auf den zweiten. Der Apparat zeigt in Folge dessen die grundlegende Induktionserscheinung. Erteilt man der unteren Axe eine Beschleunigung rechts herum, so dreht sich die oberste links herum, so lange diese Beschleunigung andauert, steht aber still, wenn die untere Axe gleichmässig rotiert (und dreht sich, wie nach dem ersten Satze selbstverständlich ist, rechts herum, wenn man die unterste Axe aus der Rechtsdrehung zur Ruhe bringt). Der Apparat ist ferner so eingerichtet, dass die Trägheitsmomente der drei Massen sich ändern lassen, und in Folge dessen zeigt er auch ein Analogon zu den ponderomotorischen Wirkungen der Ströme: Dreht man mittelst zweier Schnurläufe die oberste und die unterste Axe in demselben Sinn, so bewegen sich die Gewichte so, dass ihr Koeffizient der gegenseitigen Induktion zunimmt; das Umgekehrte tritt ein, wenn die beiden extremen Axen in entgegengesetztem Sinne gedreht werden. Wir möchten die Bedeutung derartiger Modelle für die Einsicht in das Wesen elektrodynamischer Wirkungen nicht zu hoch anschlagen; sie zeigen wesentlich, dass die Analogie zwischen elektrischen und mechanischen Erscheinungen eine formelle ist, die auf der Analogie der mathematischen Formeln beruht. Aber als Illustration zur Hamilton'schen Behandlung mechanischer Probleme ist der Apparat geradezu klassisch.

Endlich lieferte Herr ABBE (in der Abteilung für Instrumentenkunde) ausser einem Vortrag über Fokometrie eine äusserst lehrreiche Demonstration über die optische Wirkung von abbildenden Linsen. (Der Titel der Abhandlung gab die Gesetze der mikroskopischen Abbildung als Gegenstand an, ihr Inhalt geht indessen über den Spezialfall des Mikroskops hinaus.) Wenn ein Punkt eines durchscheinenden Objekts von hinten beleuchtet und durch eine Linse abgebildet wird, so konstruiert man herkömmlicher Weise den Abbildungsvorgang genau so, als ob der fragliche Punkt selbstleuchtend wäre. Das ist aber falsch; denn während beim selbstleuchtenden Punkt die Wellen, die von ihm zur Linse gelangen, sämtlich kohärent sind und sich deshalb im conjugierten Brennpunkt einfach summieren, sind die Wellen, welche, von verschiedenen Teilen der Lichtquelle ausgehend, durch unseren Punkt zur Linse kommen, durchaus nicht kohärent, es kann also bei ihnen von regelmässiger Addition keine Rede sein. Man muss vielmehr, um die Erscheinung zu verfolgen, untersuchen, wie die einzelnen von der Lichtquelle kommenden Wellen an dem Punkt gebengt werden und wie sie sich nachher zusammensetzen. Die theoretische Untersuchung wurde von ABBE nur angedeutet; die von Herrn CZAPSKI vorgeführte Demonstration aber ergab eine Reihe von äusserst schlagenden Beweisen für die Richtigkeit der ABBE'schen Ansicht. Einer dieser Versuche, der hinreicht, um den Kern der Resultate durchscheinen zu lassen, möge hier beschrieben werden: Hintereinander sind aufgestellt 1) eine Lichtquelle in Form eines kleinen Kreises nebst Collimator, 2) ein Gitter aus gekreuzten Stäben, 3) eine Objektiv-Linse, 4) zwei Okulare, von denen je eins nach Belieben ausgeschaltet werden kann. Das erste von diesen Okularen ist auf die Lichtquelle, das zweite auf das Gitter eingestellt. Benutzt man das erste Okular, so sieht man natürlich die Beugungsfigur des Gitters, also den bekannten hellen Zentralkreis umgeben von acht Beugungsspektren. (Auf die Spektren höherer Ordnung wird keine Rücksicht genommen.) Benutzt man das zweite Okular, so sieht man — der Leser wird fortsetzen „das Gitter“; aber da fängt eben der Versuch an. Auf dem Weg der Lichtstrahlen ist eine einfache Vorrichtung angebracht, durch welche man die Beugungsspektren sämtlich oder einzeln ab-

blenden kann. Setzt man nun das Beugungsokular vor und blendet von der so beobachteten Beugungsfigur die Spektren ab, so dass nur der zentrale weisse Kreis übrig bleibt, nimmt man hierauf das zweite Okular, welches das Bild des Gitters liefern sollte, so sieht man nichts, als eine gleichmässig helle Fläche. Lässt man alle acht Beugungsspektren durchgehen, so sieht man im zweiten Okular ein korrektes Bild des gekreuzten Gitters. Blendet man aber die seitlichen Spektren ab, so dass nur der zentrale weisse Fleck nebst den beiden Spektren durchgeht, die senkrecht über und unter demselben liegen, so sieht man ein Gitter mit horizontalen Streifen; lässt man diejenigen Spektren durchgehen, welche horizontal neben dem weissen Zentralfleck liegen, so sieht man ein Gitter von vertikalen Streifen, und wählt man zur Beleuchtung ausser dem Mittelfleck das Spektrum rechts oben und links unten, so sieht man ein schräg stehendes Gitterbild. Somit ist schlagend gezeigt, wie die Abbildung eines beleuchteten Objekts von den durch dasselbe bedingten Beugungserscheinungen abhängt, und wie aus diesen unter Umständen Bilder hervorgehen, die der Wirklichkeit durchaus nicht entsprechen. *E. Budde.*

Von den Vorträgen, die in den allgemeinen Sitzungen gehalten worden sind, dürfte der von B. LEPSIUS über „Das alte und das neue Pulver“ für unsere Leser von besonderem Interesse sein (der Vortrag ist als S.-Abdruck bei J. C. W. Vogel in Leipzig erschienen). Nach einer Übersicht über die Geschichte des alten Pulvers wird die Erfindung der Schiessbaumwolle durch Schönbein und Rudolf Böttger näher dargestellt, dann die Verdienste Abels um die Verwendbarkeit des Stoffes als Sprengstoff auseinandergesetzt. Die älteren daraus hergestellten Pulversorten blieben an Uniformität des Kornes hinter dem Sprengpulver zurück. Das erste rauchlose Pulver, das in Frankreich (1886) Einführung fand, bestand im wesentlichen aus Pikrinsäure. Dagegen bestehen die neuesten Sorten rauchlosen Pulvers aus Schiessbaumwolle, die mit Nitroglycerin gelatiniert ist. Die reine Schiessbaumwolle hat eine ganz minimale Explosionsdauer. Denn während 1 kg Schiesspulver in etwa  $\frac{1}{100}$  Sek. verbrennt, braucht 1 kg Schiessbaumwolle nur  $\frac{1}{50000}$  bis  $\frac{1}{80000}$  Sek. Im Pulver legt die Explosionswelle etwa 10 m in der Sekunde zurück, in der Schiessbaumwolle einen Weg von 5000–6000 m. Der Grund hierfür liegt darin, dass bei der letzteren ein völliger Zerfall der Moleküle stattfindet, der mit einem Schlage durch die ganze Masse geht. Durch Mischung mit Nitroglycerin wird die Explosionsdauer in einem für die Praxis erforderlichen Maasse verzögert. Die Chemie des rauchlosen Pulvers ist nunmehr soweit vorgeschritten, dass innerhalb gewisser Grenzen für jedes Gewehr das geeignete Pulver konstruiert werden kann.

In der Abteilung für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht wurden folgende zwei Vorträge gehalten: „Über zwei merkwürdige Punktpaare auf der Hauptaxe einer Kurve 2. Ordnung“, von Dr. Th. MEYER (Saarbrücken), und „Zur Reform des biologischen Unterrichts“, von Dr. C. Smalian (Halle a. S.).

### Internationaler Elektrotechniker-Congress zu Frankfurt a. M.

Vom 7. bis zum 13. September d. J. fand in Frankfurt a. M. unter grosser Beteiligung aus dem In- und Auslande der internationale Elektrotechniker-Congress statt. In den Hauptversammlungen, deren erste Exc. Staatsminister v. Stephan mit einer bedeutungsvollen Rede eröffnete, wurden folgende Vorträge gehalten: Prof. W. Kohlrausch (Hannover): Welches ist der geeignetste Bildungsgang für den Elektrotechniker? Prof. Silvanus P. Thompson (London): The new Domain of Alternating Currents. Direktor Loewenherz (Charlottenburg): Einführung einheitlicher Schraubengewinde in die Elektrotechnik und Feinmechanik. Prof. E. Hospitalier (Paris): Notations, Conventions et Symboles de l'Electrotechnique. Dr. O. May, Frankfurt a. M.: Vorschriften über elektrische Leitungen vom Standpunkt der Feuerversicherungs-Gesellschaften. K. Zipernowsky (Budapest): Über elektrische Bahnen für interurbanen Schnellverkehr. Dr. J. Epstein (Frankfurt a. M.): Stellung und Aufgabe der elektrischen Untersuchungsanstalten.

Der Vortrag des Prof. Hospitalier veranlasste die Bildung einer Kommission behufs Herbeiführung einheitlicher Bezeichnungen in der Elektrotechnik. Dieser Kommission wurde auch ein Antrag der Delegierten des „American Institute of Electrical Engineers“ überwiesen: Als Namen für den praktischen Wert der Induktionseinheit das Wort „Henry“ allgemein anzunehmen, sowie den Vorschlag zu diskutieren, die Einheit für die Intensität des magnetischen Feldes „Gauss“ zu benennen und ihren Wert gleich der Intensität von 1000 Kraftlinien per Quadratcentimeter zu wählen, d. h. gleich  $10^3$  absoluten Einheiten, sowie die Feststellung eines Normalwertes für das Leitungsvermögen des Kupfers.

In der 3. Hauptversammlung berichtete Prof. Weber (Zürich) über die Beschlüsse dieser Commission. Dieselbe schlägt die Anwendung folgender Normen vor: 1. Zur Bezeichnung physikalischer Grössen italienische (*kursive*) Buchstaben. 2. Zur Bezeichnung von Einheiten grosse römische (gerade) Buchstaben, also: für Ampère A, Coulomb C, Farad F, Joule J, Ohm O, Volt V, Watt W. 3. Zur Bezeichnung physikalischer Constanten und Winkel griechische Buchstaben. Das von Prof. Hospitalier vorgeschlagene System einheitlicher Bezeichnungen soll in den Fachzeitschriften veröffentlicht und die endgültige Festsetzung dem nächsten Congress überlassen bleiben. Der Antrag der amerikanischen Delegierten war zurückgezogen und wird gleichfalls dem Congress, der im Jahre 1893 in Chikago abgehalten werden soll, unterbreitet werden. Über den Sektionsvortrag von Prof. Voller (Hamburg) vergl. d. Heft S. 85.

P. Bode.

### Von der Internationalen Elektrotechnischen Ausstellung in Frankfurt a. M.

Elektrische Messinstrumente von Hartmann und Braun.

Von den zahlreichen Instrumenten, die die Firma Hartmann und Braun (Bockenheim-Frankfurt a. M.) ausgestellt hatte, sollen nur einige hervorgehoben werden, die ein besonderes physikalisches Interesse erregen oder die als Schulapparate Verwendung finden können.

Die von der Firma in allen Grössen angefertigten Volt- und Ampèremeter zeichnen sich durch grosse Aperiodizität und sehr übersichtliche Skala aus, so dass bei den grossen Instrumenten selbst auf weitere Entfernung sicher abgelesen werden kann.

Von den Präzisions-Messinstrumenten verdienen vor allem die Spiegelgalvanometer Beachtung. Dieselben besitzen meistens einen Siemens'schen Glockenmagneten, der in einer Kupferhülse als Dämpfer schwingt. Diese Hülse hat nun nicht, wie sonst üblich, Kugel- oder Cylinderform, sondern es ist parallel der Polaxe das Kupfer bis auf wenige mm weggenommen. Hierdurch ist es möglich, die Multiplikatoren viel näher an die Pole des Magnets zu bringen und die Empfindlichkeit auf das zehnfache zu steigern, ohne dass die Aperiodizität dadurch nachtheilig beeinflusst würde. Ein astatiches Galvanometer, das hauptsächlich für Isolationsmessungen an Kabeln geeignet ist, interessiert wegen seines sinnreichen Magneten (System Brugger). Der Magnet besteht aus einem der Länge nach aufgeschnittenen Hohlzylinder aus Stahl, resp. zwei entgegengesetzten Polen in geringem Abstand nebeneinandergelegt sind und dadurch sich gegenseitig astasieren, ohne die Vorzüge des Glockenmagneten einzubüssen. Durch zwei am Fusse des Instrumentes angebrachte drehbare Magnete (Fig. 1) kann die Schwingungsdauer des astatischen

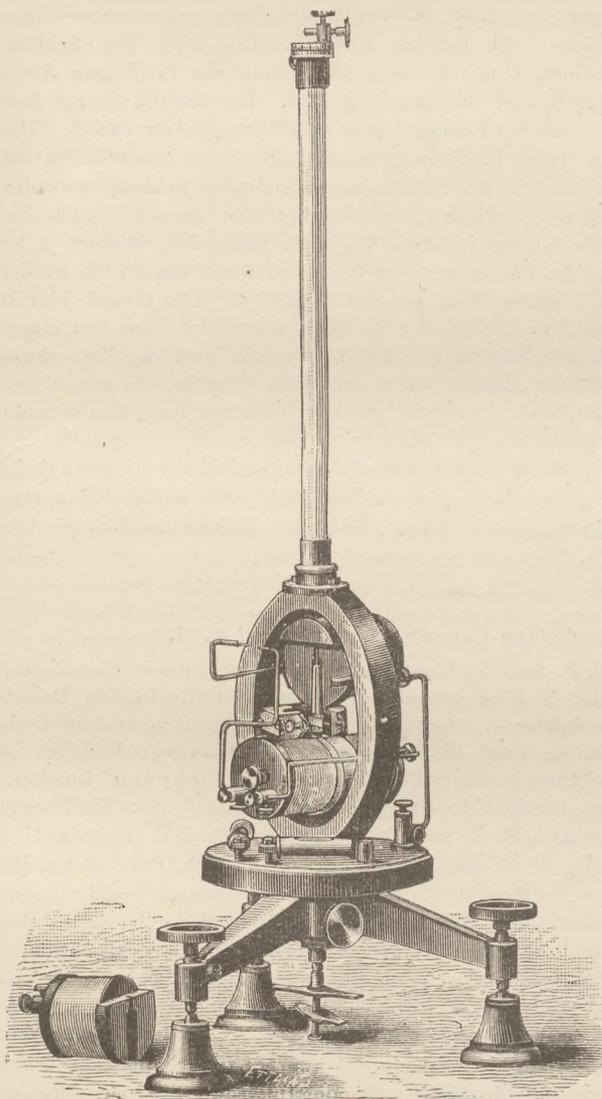


Fig. 1 ( $\frac{1}{4}$  natürl. Grösse).

Systems beliebig reguliert werden. Die Empfindlichkeit beträgt bei ca.  $10000\Omega$  und  $15''$  Schwingungsdauer bei 1 m Skalenabstand für je einen Skalenteil  $0,000\ 000\ 0025$  Amp.

Zwei Galvanometer, deren Aufstellung unabhängig ist vom magnetischen Meridian, finden in der Praxis vielfache Verwendung. Bei dem Vertikalgalvanometer von Braun (Fig. 2)

ist ein aus Stahldraht bestehender Hufeisenmagnet an dem einen Ende eines sehr empfindlichen Wagebalkens befestigt, während an dem anderen Ende eine horizontal schwingende Scheibe angebracht ist, die sich in einem oben und unten geschlossenen Cylinder bewegt und eine wirksame Luftdämpfung veranlasst. Die Pole des Magneten tauchen in zwei schräg gestellte Solenoide. Der Wagebalken kann sicher arretiert und so das Instrument leicht transportiert werden. Die Empfindlichkeit des Galvanometers ist bei  $1^\circ$  Ausschlag  $10^{-5}$  Ampère und kann durch ein an dem Wagebalken anzubringendes Spiegelchen noch erhöht werden.

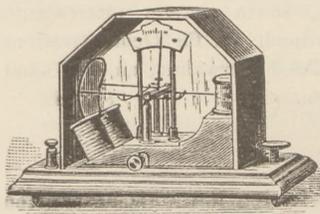


Fig. 2.

Das andere Galvanometer ist eine Abänderung des Instruments von Deprez und

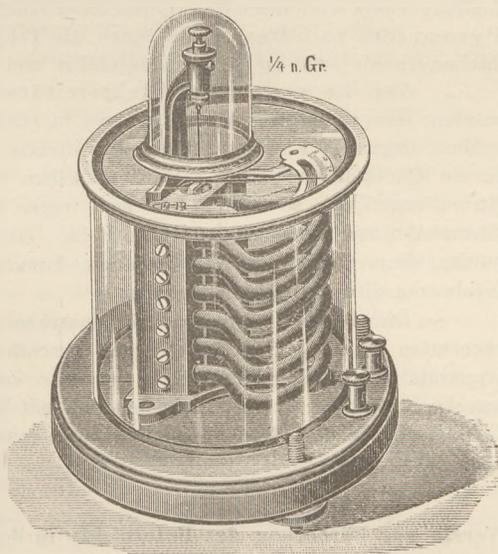


Fig. 3.

d'Arsonval. Mehrere Hufeisenmagnete sind mit den gleichen Polen in gemeinschaftliche schmiedeeiserne Polschuhe eingesetzt und erzeugen ein sehr intensives, homogenes magnetisches Feld (Fig. 3). Die bewegliche Spule hängt an einem sehr dünnen Metalldraht, der zugleich als Stromzuleiter dient, während die Weiterleitung durch eine sehr feine Stahlfeder stattfindet. Die Intensität des homogenen magnetischen Feldes ist so stark, dass selbst in der Nähe von Dynamomaschinen sicher gearbeitet werden kann.

Ein sehr brauchbarer Apparat für Widerstandsmessungen, der auch für die Schule empfohlen werden kann, ist die Universalmeßbrücke von Kohlrausch. Dieselbe ist eine abgeänderte Wheatstone'sche Brücke; es wird damit der Widerstand von festen und flüssigen Leitern schnell durch direkte Ablesungen an der Skala ohne Zuhilfenahme von Tabellen bestimmt. Bei festen Leitern kann ein Galvanometer verwendet werden, der Kontakt wird auf dem Messdraht solange verschoben, bis das Galvanometer in Ruhe ist. Mit dem Instrument ist ein Stöpselrheostat verbunden mit Vergleichswiderständen von 1, 10, 100, 1000  $\Omega$ . Der abgelesene Skalenteil braucht nur mit dem gezogenen Vergleichswiderstand multipliziert zu werden, um den gemessenen Widerstand in Ohm zu erhalten. Bei Widerstandsbestimmungen von Elektrolyten, innerem Widerstand von Elementen etc. muss Wechselstrom verwendet werden, der durch ein am Apparat befindliches Induktorium erzeugt wird. Statt des Galvanometers wird ein geeignetes Telephon eingeschaltet und nun der Kontakt so lange verschoben, bis das summende Geräusch im Telephon verschwindet oder wenigstens minimal wird. Auch die Widerstände von festen Körpern (Kohlen, ausgespannten

Drähten oder bifilar gewickelten Spulen) lassen sich durch das Telephon mit grösserer Genauigkeit bestimmen, als durch das Galvanometer.

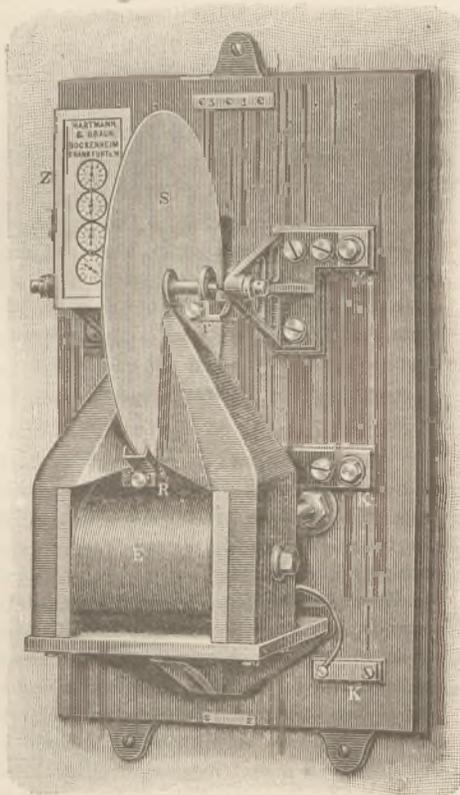


Fig. 4.

bestimmen, als durch das Galvanometer.

Auf der Veränderung des elektrischen Leitungswiderstandes der Metalle bei sich ändernder Temperatur beruht die Konstruktion eines Telethermometers, mittelst dessen die Temperatur beliebig vieler entfernter Räume von einer Zentralstelle aus kontrolliert werden kann, sowie eines Pyrometers nach Braun, das auch als Telepyrometer konstruiert ist. Dasselbe wird in zwei Aichungen bis 1000 und 1500° ausgeführt und für absolute Genauigkeit bis zu 1% garantiert.

Von den ausgestellten Elektrizitätszählern soll noch das System Wilkens erwähnt werden. Eine Kupferscheibe (Fig. 4) ist in einem kräftigen magnetischen Felde eines im Nebenschluss liegenden Elektromagneten frei drehbar aufgehängt. Die Peripherie der Scheibe taucht in ein Quecksilbernapfchen. Wird derselben von der Axe aus radiär nach der Peripherie ein Strom zugeführt, so bewegt sie sich wegen der Wechselwirkung zwischen einer beweglichen Strombahn und einem magnetischen Felde. Die Bewegung erfolgt genau proportional der Stromstärke, die verbrauchten Ampèrestunden können an einem mit der Umdrehungsaxe verbundenen Zählwerke direkt abgelesen werden.

Die Beschreibung der Präzisionsrheostaten, die äusserlich den Siemens'schen Stöpselrheostaten ähnlich sind, aber ganz besondere Vorzüge haben, sowie anderer interessanter Apparate muss leider übergangen werden. Zum Schluss sei nur noch ein für Demonstrationszwecke bestimmter grosser Elektromagnet mit Waltenhofen'schem Pendel erwähnt, an dem sämtliche Versuche über Diamagnetismus etc. ausgeführt werden können.

P. Bode.

### Verein zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und in den Naturwissenschaften.

Nachdem im vergangenen Jahr in Jena ein vorbereitender Ausschuss gewählt worden war, fand am 5. und 6. Oktober d. J. unter zahlreicher Beteiligung die begründende Versammlung zu Braunschweig statt. Die erste allgemeine Sitzung wurde von Herrn KRUMME (Braunschweig) mit einem Vortrage über die Bedeutung der Naturwissenschaften für unsere Kultur und für den Unterricht eröffnet. Seine Ausführungen gipfelten in dem Satze: „Für die methodische Ausbildung der reinen Verstandesthätigkeit ist die wissenschaftliche Beschäftigung mit der Natur das geeignetste Arbeitsfeld.“ Hiernach wurde die Begründung des Vereins ausgesprochen und der vorgelegte Entwurf der Satzungen (vgl. d. Zeitschr. IV. S. 213) mit geringfügigen Änderungen angenommen.

Im Hinblick auf die bevorstehende Neuordnung der Lehrpläne der höheren Schulen wurde beschlossen, dass die folgende Resolution vom Vorstande dem Kgl. preussischen Unterrichtsministerium unterbreitet werden solle:

I. Mathematik: 1. Im Interesse des beim Verlassen der Untersekunda zu erzielenden Bildungsabschlusses liegt es, dass auf die lediglich praktischen Zwecken dienende Einübung von Formeln und Rechnungsmethoden, deren innere Begründung erst auf höheren Klassenstufen erfolgen soll, verzichtet wird. 2. Der mathematische Unterricht des Gymnasiums kann seine Aufgabe nur bei Gewährung einer vierten wöchentlichen Lehrstunde für die Tertien in genügendem Maasse erfüllen. 3. Hinsichtlich der Auswahl des Lehrstoffes im einzelnen ist dem Lehrer namentlich auf der obersten Klassenstufe eine angemessene Freiheit zu gewähren.

II. Naturwissenschaften: 1. Dem mit der Reife für Obersekunda zu erlangenden Bildungsabschluss entspricht es, dass die leichteren Partien des physikalischen Schulpensums in einem wesentlich experimentell zu gestaltenden vorbereitenden Lehrgange behandelt werden. Ein innerlicher Erfolg dieser Maassregel ist indessen nur dann zu erhoffen, wenn diesem vorbereitenden Kursus auch auf dem Gymnasium, wo demselben zugleich die Einführung in die Elemente der Chemie zufallen würde, in zwei vollen Jahrgängen (Obertertia und Untersekunda) je drei wöchentliche Stunden zugewiesen werden. 2. Es ist erforderlich, dass der schon bisher sehr beschränkte naturbeschreibende Unterricht, dessen Unzulänglichkeit für die späteren naturwissenschaftlichen und medizinischen Studien schon jetzt beklagt wird, an den Gymnasien und Realanstalten keinerlei Verminderung erfährt. Vielmehr ist seine Fortführung bis zum Abschluss der Schule in hohem Maasse wünschenswert. 3. Im Interesse des chemischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts liegt es, dass derselbe, wenn irgend möglich, durch sachlich dafür vorgebildete Lehrer erteilt wird. 4. Der Bedeutung der Naturwissenschaften im Lehrplane der höheren Schulen entspricht es, dass dieselben auch in der Prüfung vertreten sind.

III. Erdkunde: In der Erdkunde ist nur dann ein den Bedürfnissen der Gegenwart wie den Bildungsaufgaben der höheren Lehranstalten entsprechendes Ergebnis möglich, wenn dieselbe in den Klassen Sexta bis einschliesslich Untersekunda mit je zwei, von Obersekunda bis Oberprima mit je einer selbständigen Lehrstunde für die Woche bedacht wird.

Von diesen Thesen wurden II, 2 (je drei wöchentliche Stunden) und II, 4 mit Majorität, die übrigen einstimmig angenommen.

In der Abteilung für Mathematik und geometrisches Zeichnen führte Herr HILDEBRANDT (Braunschweig) einen von ihm erfundenen Kegelschnittzirkel vor. Herr A. RICHTER (Wandsbek) hielt einen Vortrag über das Verhältnis der Mathematik zu den Naturwissenschaften im Lehrplane des Gymnasiums. Im Anschluss daran fand folgende These ungeteilte Zustimmung:

„Die Schüler höherer Lehranstalten sind im allgemeinen noch zu wenig instande, das Mathematische in den sich ihnen im Leben darbietenden Erscheinungen zu erkennen, und zwar ist die Ursache davon vorzugsweise in dem Umstande zu suchen, dass die Anwendungen der mathematischen Theorien vielfach in künstlich gemachten Beispielen bestehen, anstatt sich auf Verhältnisse zu beziehen, welche sich in Wirklichkeit darbieten. — Daher muss das System der Schulmathematik von vornherein, unbeschadet seiner vollen Selbständigkeit als Unterrichtsgegenstand, im einzelnen mit Rücksicht auf die sich naturgemäss darbietende Verwendung (Physik, Chemie, Astronomie etc. und kaufmännisches Rechnen) aufgebaut werden. Die demgemäss heranzuziehenden Beispiele sollen die Schüler in solchem Grade daran gewöhnen, in dem sinnlich Wahrnehmbaren nicht nur Qualitatives, sondern auch Quantitatives zu beobachten, dass ihnen eine solche Beobachtungsweise dauernd zum unwillkürlichen Bedürfnis wird.“

In derselben Abteilung sprach Herr KRUMME über die Ausbildung im perspektivischen Zeichnen und die Anwendung dieser Fähigkeit in der Stereometrie und Krystallographie. Herr MÜLLER (Braunschweig) gab Erläuterungen und Demonstrationen zu diesem Vortrag, Herr BÖTTCHER (Leipzig) ergänzte ihn durch eine Ausstellung vorzüglich ausgeführter Zeichnungen und Modelle.

In der Abteilung für Physik führte Herr ELSTER (Wolfenbüttel) folgende Apparate vor und empfahl deren Verwendung im Schulunterricht: 1. Eine selbsterregende Wasserinfluenzmaschine, welche zugleich als Demonstrationsapparat für die Elektrizitätsentwicklung bei der Regenbildung dienen kann. (*Wied. Ann.* 25, S. 116, 1885.) 2. Einen Wasserstrahlduplikator, geeignet zum Nachweis der freien elektrischen Spannung an den Polen eines galvanischen Elementes. Durch Anbringung einer leitenden Verbindung zwischen dem Auffangegefäss und einem der influenzierenden Metallringe lässt sich der Apparat in eine Thomsonsche Wasserinfluenzmaschine umwandeln. (*Wied. Ann.* 25, S. 113, 1885.) 3. Einen Zerstäuber mit geradem, metallinem Ausströmungsrohr. Die erzeugte Wolke feinsten Wasserstaubes wurde zu Demonstrationsversuchen über die Elektrizitätserregung durch gleitende Wassertröpfchen benutzt. Besonderes Interesse bieten die Versuche über Tröpfchenreibung an nicht benetzten Körpern. Zu diesen gehören die Blätter gewisser Pflanzen, z. B. Tulpen, Tropäolum, sowie mit Wachs überzogene oder so stark erhitzte Metallplatten, dass sie das Leydenfrostsche Phänomen zeigen. Die negative Elektrizität des geriebenen Körpers ist unmittelbar an einem Goldblattelektroskop nachweisbar. Der Apparat kann als einfachstes Modell einer Armstrongschen Dampfelektrischermaschine aufgefasst werden. (*Wied. Ann.* 32, S. 74, 1887.) Die Apparate 1 und 2 werden nach den Angaben des Vortragenden von Herrn O. Günther, Mechaniker der technischen Hochschule in Braunschweig, hergestellt.

Herr GEITEL (Wolfenbüttel) zeigte einige Apparate und Versuche, welche zum Nachweise der Einwirkung des Lichtes auf elektrische Entladungen dienen. (Vgl. den Bericht in dieser *Ztschr.* V. 36 und *Wied. Ann.* 32, 41 und 43.) Eine lichtelektrische Natriumzelle in metallischer Kapsel wird zur Vergleichung von Lichtstärken verwandt. Die Abhängigkeit der Wirkung von der Farbe des Lichtes wird durch Einschaltung farbiger Glasplatten gezeigt.

Herr FENKNER (Braunschweig) führte neuere Unterrichtsapparate vor, darunter einen Stimmgabel-Induktionsapparat, bestehend aus zwei abgestimmten magnetischen Stimmgabeln, deren jede eine kleine Induktionsrolle zwischen den Zinken trägt. Ferner Akkumulatoren und deren Wirkung, einen Apparat von Krumme für elektrische Spitzenwirkung, einen Apparat von demselben zum Nachweis des Druckes, den die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit auf das Quecksilber im Barometer ausübt. Endlich wurde die Bestimmung der Brennweite eines Hohlspiegels mittelst Fernrohr, Skala und zwei Körpern vorgeführt. — Herr POSKE (Berlin) sprach über die Anleitung der Schüler zu physikalischen Versuchen (vgl. d. Heft S. 57).

In der Abteilung für Chemie und Mineralogie, die mit der für Erdkunde vereinigt war, führte Herr LEVIN (Braunschweig) Versuche über Pflanzenernährung (an *Elodea canadensis* und gequollenen Samen der Gartenerbse) und über Alkoholgärung vor. Herr SCHMIDT (Berlin) empfahl Blätter von *Nymphaea* zur Gewinnung besonders grosser Sauerstoffmengen. — Herr LEHMANN (Münster) sprach über die Beschaffung des Stoffes für den Unterricht in der Heimatkunde und empfahl die Anlegung systematischer Sammlungen. Der Vortrag wird als besondere Schrift veröffentlicht. — Herr PETZOLD (Braunschweig) demonstrierte mehrere Apparate für den Unterricht in der astronomischen Geographie. — Herr PETZOLD (Zerbst) sprach über Geologie auf der Schule; er machte auf Erscheinungen aus der mechanischen und namentlich der chemischen Geologie aufmerksam, die der Beobachtung leicht zugänglich sind, z. B.: Gerölle des Flusses; Pyrit in der Braunkohle und seine Verwitterung; Entstehung der Sulfide aus Sulfaten durch Reduktion; Einwirkung des Kohlensäure enthaltenden Wassers auf Kalkstein; Pyrit im Kalkstein; Gipskrystalle im Kalkstein; Zeolithe, Karbonate, Quarz in Blasenräumen von Eruptivgesteinen; Alter einer Lava zuweilen an den Verwitterungsprodukten zu erkennen; Zersetzung der Feldspäte und des Olivines; Pseudomorphosen von Kalkspat nach Flussspat; Entstehung des vulkanischen Schwefels durch Wechselwirkung zwischen Schwefelwasserstoff und Schwefeldioxyd. — Herr LEHMANN (Münster) trug vor über die Vorbildung der Lehrer der Erdkunde auf der Universität und sprach sich für eine Verbindung dieses Studiums mit dem der Naturwissenschaften aus. — Herr SCHWALBE (Berlin) sprach über die naturwissenschaftlichen Lehrmittel und empfahl: Schulmuseen oder regelmässige Ausstellung von Unterrichtsmitteln; Zentralstellen für deren Lieferung; Ankunftsstellen für Bezugsquellen; Leihinstitute für kostbarere Apparate; Festsetzung einer Standardsammlung; Revisionen der Unterrichtsmittel durch Fachberater; Lieferung von Unterrichtsmitteln aus Staatsanstalten. — Herr SCHMIDT (Berlin) legte Landkarten (180 cm:150 cm) vor, die er in den geographischen Stunden mit farbiger Kreide auf Zeichenpapier vorzeichnet und von den Schülern in kleinerem Maassstabe nachzeichnen lässt.

In der Abteilung für Tier- und Pflanzenkunde sprach Herr FRICKE (Bremen) über die Wichtigkeit und Verwendbarkeit biologischer Gesichtspunkte im naturgeschichtlichen Unterricht; da diese Art der denkenden Naturbetrachtung besser für vorgerücktere Schüler sich eignet, so bezeichnet er eine Wiederherstellung dieses Unterrichtes in den oberen Klassen für höchst wünschenswert. — In der letzten allgemeinen Sitzung endlich hielt Herr BAIL (Danzig) einen Vortrag über den Wert des naturgeschichtlichen Unterrichts auf höheren Schulen und die praktischen Gesichtspunkte für seine Behandlung.

#### Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

*Sitzung am 14. September 1891.* Herr O. Reichel führte die Vorrichtung vor, die er mit Hülfe von Herrn H. Rönne an der Atwoodschen Fallmaschine hergestellt hat, um die Gesetze des freien Falls mit grösserer Schärfe, als bisher der Fall war, zu demonstrieren. Auf einem rotierenden berussten Cylinder werden durch Unterbrechungsfunken eines Induktoriums die Zeiten markiert, zu denen der Fallkörper bestimmte Contactstellen passiert, und gleichzeitig wird die Zeitkurve durch eine elektromagnetisch schwingende Stimmgabel aufgeschrieben. Es kam dem Vortragenden namentlich darauf an, die Geschwindigkeit an einer bestimmten Stelle als limes des Quotienten  $s/t$  annähernd experimentell zu bestimmen. Dies gelang ihm mit befriedigender Genauigkeit sowohl bei einem ganz frei fallenden Körper als auch bei dem Fallkörper der Atwood'schen Maschine.

*Sitzung am 19. Oktober 1891.* Herr Lange erläuterte die Anschlussvorrichtung der Friedrichswerderschen Oberrealschule an die städtischen Elektrizitätswerke und demonstrierte die Verwendung der disponiblen Potentialdifferenz von 105 Volt für die Zwecke des Unterrichts. Gezeigt wurden u. a. Versuche über Glühen und Schmelzen von Drähten, der Betrieb der Projektionslampe, ein abgeändertes Voltmeter, der Betrieb des Funkeninduktors und des K-Motors von Siemens & Halske, sowie der Elektrizitätszähler von Aron.

*Sitzung am 9. November 1891.* Herr Poske sprach über physikalische Schülerversuche. Im Anschlusse daran wurde von Herrn Ohmann auf die Geeignetheit von Löthrohrversuchen für denselben Zweck hingewiesen. Herr Heyne berichtete über die Versammlung von Lehrern der Mathematik und der Naturwissenschaften in Braunschweig. Es wurde endlich angeregt, ein Verzeichnis empfehlenswerther Bezugsquellen für einzelne physikalische Lehrmittel aufzustellen.

### Correspondenz.

Über die Anleitung der Schüler zu physikalischen Versuchen schreibt Herr Dr. H. Carl Müller (Frankfurt a. M.):

Die bisherigen Einrichtungen, welche von Lehrern an höheren Lehranstalten getroffen wurden, um die Schüler zu physikalischen Versuchen anzuleiten, krankten wohl sämtlich daran, dass die in Betracht kommenden Apparate immer noch zu kostbar waren, um den Händen von Anfängern überliefert zu werden. Denn es ist klar, dass man den Schüler nicht allzu ängstlich bei derartiger Handtierung beaufsichtigen darf, eine gewisse Freiheit muss ihm gelassen werden, sonst macht das Experimentieren keine Freude. Nun giebt es nur wenige Instrumente (gröbere Wagen u. dergl.), welche man unbedenklich dem Schüler überlassen könnte. Da begrüßte ich es mit Freuden, dass die Schüler-Apparate von Meiser-Mertig in Dresden ungefähr das boten, was ich schon lange gewünscht hatte. Abgesehen davon, dass sich auch Manches aus diesen Sammlungen für den Klassen-Unterricht verwenden lässt, liegt der Hauptvorzug derselben darin, dass man in der Handhabung der Sachen gar nicht ängstlich zu sein braucht und dass der Schüler eine kleine Reparatur (Löten u. dergl.) ganz gut selbst machen kann.

Die fünf bisher erschienenen Sammlungen von Meiser-Mertig enthalten einfache Apparate aus folgenden Gebieten: 1. Propädeutische Physik (Experimentier-Kasten); 2. Influenz-Elektrizität; 3. Galvanismus; 4. Akustik; 5. Optik. Der Preis schwankt zwischen 20 bis 25 M. pro Sammlung. Wohlbemittelte Schüler können sich daher eine dieser Sammlungen anschaffen. Die Schule selbst aber wird gut thun, diese 5 Sammlungen wenigstens einmal zu erwerben. Die Apparate aus den Sammlungen sind nicht alle gleichwertig, namentlich versagen die kleinen Motoren oft den Dienst. Dann aber zeigt sich gerade im besten Lichte, was der junge Experimentator gelernt hat, indem er die Bedingungen des sicheren Gelingens aufsucht. Es wäre auch zu wünschen, dass die Firma derartige Sammlungen für Chemie, Wärme und mathematische Geographie herausgäbe. Einen besonderen Vorzug finde ich darin, dass jeder Sammlung eine Anzahl von physikalischen Experimentier-Aufgaben beigegeben ist. So kann sich der Lehrer dem Einzelnen mit Ruhe widmen, ohne fürchten zu müssen, dass die anderen beschäftigungslos sind. Natürlich können zur Beschäftigung nur ausgewählte Schüler herangezogen werden, denn es handelt sich hier bei der jetzigen Lehrverfassung um Arbeiten, die in freien Stunden, etwa an den freien Nachmittagen geleistet werden sollen. Es lassen sich indessen, wenn auch nur 5 Sammlungen zur Verfügung stehen, durch geeigneten Wechsel mit der Zeit die meisten Schüler einer Klasse beschäftigen.

In jeder Woche habe ich 2 bis 3 Stunden des Mittwoch-Nachmittags für diese Übungen bestimmt. Augenblicklich arbeiten 5 Schüler: 2 Ober-Primaner in Optik und Akustik, 1 Unter-Primaner in Galvanismus, 1 Ober-Sekundaner in Influenz-Elektrizität und 1 Unter-Sekundaner in Vorversuchen. Jeder „Praktikant“ hat sein Tischchen, welches unter der Platte noch ein zweites Brett zum Abstellen überflüssiger Apparate trägt. Die Tische werden an bestimmten Stellen des physikalischen Lehrsaals aufgestellt und nach dem „Praktikum“ bei Seite geschoben. Ebenso haben die Kisten mit den Sammlungen nach dem Gebrauche ihre bestimmten Stellen, an welche sie wieder zurückversetzt werden müssen. Wichtig ist vor allen Dingen, den Schüler gleich von vorne herein mit allen Apparaten seiner Sammlung und mit allen Hilfsmitteln des grossen Experimentier-Tisches (Wasserleitung, Werkzeuge, Papier, Nadeln u. s. w.) bekannt zu machen. Auch muss er im allgemeinen die Einrichtung des Chemikalien-Schranks kennen. Ich kann versichern, dass diese Übungen eine wahre Freude für mich bilden. Man darf nur nicht durch kleine Unfälle an den Apparaten ungeduldig oder aufgeregt werden. Einen besonderen Reiz hat für mich der gemüthliche, ungezwungene Verkehr mit den Schülern.

Das physikalisch-technische Institut von LISSER & BENECKE in Berlin bringt nach einem in jüngster Zeit zur Versendung gelangten Preisverzeichnis seiner Apparate (Drucksache No. 50, 1891) unter No. 505a ein „Elektrometer nach Kolbe, eigene Constr.“, welches, ganz abgesehen von der unwesentlichen äusseren Form (runde Blechdose), verschiedene Abweichungen von meiner Beschreibung (in dieser Zeitschrift II 153 und III 193) enthält, die sich aber als Konstruktionsfehler erweisen, sodass ich das von LISSER & BENECKE gelieferte „Elektrometer“ nicht als nach meinen Angaben gebaut anerkennen kann. Der von derselben Firma unter 505 als „v. Beetz'sches Elektroskop“ in den Handel gebrachte Apparat ist, abgesehen von der cylindrischen Form des Gehäuses und von gewissen Unzweckmässigkeiten in der Ausführung, nichts anderes als das von mir in dieser Zeitschrift (I, 152) beschriebene Papierelektroskop. B. Kolbe, St. Petersburg.

### Bemerkungen zu der astronomischen Tafel für 1892.

Eine graphische Darstellung des scheinbaren Laufes der Planeten ist für einen auf Anschauung begründeten Unterricht in der Astronomie von grossem Nutzen, teils um die Aufmerksamkeit der Beobachtenden im voraus auf die zu erwartenden Erscheinungen hinzulenken, teils um das vereinzelt Gesehene in einem Gesamtbilde noch einmal überschauen zu lassen. Käme es nur darauf an, die Örter der Wandelsterne in einer für die Beobachtung mit blossem Auge genügenden Genauigkeit auf dem Hintergrunde der Fixsterne darzustellen, so wäre die Wahl der Projektionsart ohne Belang, und man könnte die gewöhnlichen Karten des Äquatorgebiets, in denen Rektascension und Deklination der Gestirne als geradlinige rechtwinklige Koordinaten angesehen werden, zu Grunde legen. In ihnen erscheint die Ekliptik als Wellenlinie, welche den Äquator im Frühlings- und Herbstpunkt unter einem Winkel von  $23\frac{1}{2}^\circ$  schneidet. Diese seltsame Gestalt rührt daher, dass der Kartenentwurf fast so ausfällt, als ob man die Himmelskugel vom Zentrum auf einen längs des Äquators sie berührenden Cylinder projizierte, und diesen dann in eine Ebene abrollte. So wird aus der Ekliptik, obwohl sie ebensogut wie der Äquator ein grösster Kugelkreis ist, auf dem Cylinder eine Ellipse und in der Zeichenebene eine Sinuslinie. Da die Planeten und der Mond sich immer sehr nahe der Ekliptik bewegen, so bleiben die kleinen Abweichungen ihrer Bahnen von jener fast unbemerkt, während sich die unwesentliche Wellenform dem Anblick aufdrängt. Soll daher auch die Art des Umherirrens der Wandelsterne in der Nähe der Ekliptik deutlich hervortreten, so muss die Ekliptik zur geraden wagerechten Mittel-Linie der Karte gemacht, und jedes Gestirn nach Länge und Breite aufgetragen werden.

Die Karte des Tierkreisgürtels ist auf folgende Art hergestellt. Es wurde zunächst eine stereographische, vom Nordpol des Himmels aus projizierte, Sternkarte mittelst des Netzes der Linien gleicher Rektascension und Deklination gezeichnet, ferner wurde das Netz der Längen- und Breitenkreise, das auf dem zu Grunde gelegten Globus hätte vorhanden sein können, nach derselben Projektionsart auf Pauspapier dargestellt. Jene Sternkarte wurde nun mit diesem Netz bedeckt und die in jeder Masche erscheinenden Sterne wurden in die entsprechenden Maschen des geradlinigen Netzes des Tierkreisgürtels übertragen. Die Grösse ist so gewählt, dass 2 mm einen Bogen von  $3^\circ$  bedeuten. Die zu einem Sternbild gehörenden Sterne sind durch Linien verbunden, und zwar möglichst im Anschluss an Müller's Atlas der kosmischen Physik. Nur für wenige Fälle steht der Gebrauch so fest wie etwa für das Alignment der Hauptsterne des grossen Bären.

Nur die Örter der Sonne sind in die Sternkarte selbst eingezeichnet, der Monatstag ist unmittelbar hinzugefügt, der Name des Monats findet sich am untern Rande der Karte. Die Bahnen der Planeten mussten in besondere Wiederholungen des Hauptnetzes gezeichnet werden, da sie sich sonst wie Wagengeleise auf derselben Strasse verwirren würden. Es wird leicht sein, jeden Planetenort senkrecht aufwärts in den identischen Ort der Sternkarte zu verschieben. Durch die Benutzung einer auf Pauspapier ausgeführten Kopie der Sternkarte liesse sich diese Übertragung noch erleichtern.

Das Zeitintervall der auf den Bahnen hervorgehobenen Punkte beträgt 8 Tage für die Sonne, Mercur und Venus, doppelt soviel für Mars, wieder doppelt soviel, also 32 Tage, für Jupiter und Saturn. Bei den beiden äussersten Planeten sind nur die wichtigsten Punkte der Bahn markiert. Durch die Vereinheitlichung der Daten wird es jetzt leicht, gleichzeitige Stellungen der Gestirne zu vergleichen. Sie wurde durch die Benutzung der *Connaissance des temps* ermöglicht. In der vorigen Ausgabe waren die Stellungen der Planeten geometrisch aus den Bahn-Elementen construiert und mit Rücksicht hierauf für einen jeden ein besonderes Intervall gewählt, und zwar ein solches, welches ein genauer Teil des Erd-Jahres und zugleich ein möglichst genauer Teil der Umlaufszeit des Planeten war. Da jetzt die Intervalle Potenzen von 2 sind, so lassen sich alle Einschaltungen auf Halbieren von Strecken zurückführen.

Die erste Karte lässt erkennen, welche Sternbilder des Tierkreises nach Sonnenuntergang, welche vor Sonnenaufgang sichtbar sein müssen. Jene stehen links, diese rechts von der Sonne. Wer wiederholt im Laufe eines Jahres die Folgerungen aus der Karte mit dem Anblick des Himmels verglichen hat, wird sich von der Bewegung der Sonne in der Ekliptik oder dem Vorüberziehen des Tierkreises an der Sonne überzeugt haben.

Die Merkurs-Bahn zeigt in grossem Maassstabe alle Eigentümlichkeiten der Planetenbahnen, die von der Ekliptik nach Norden oder Süden abgewandten Schleifen, wenn die heliozentrische Breite zur Zeit der rückläufigen Bewegung nördlich oder südlich ist, die Schlangenlinie, wenn während dieser Zeit der Durchgang durch den Knoten stattfindet. Leider ist diese

Bahn nicht direkt auf dem Hintergrunde des Fixstern-Himmels wahrzunehmen. Die Karte kann aber doch bei günstiger Gelegenheit zum Aufsuchen des Mercur benutzt werden, wenn sich nämlich ergibt, dass er der leicht aufzufindenden Venus nahe steht. Man überträgt dann beide in eine für die Breite des Beobachtungsortes construierte drehbare Sternkarte, die sich nach Tag und Stunde gegen den Horizont einstellen lässt, und erkennt hieraus, ob man den Mercur über oder unter der Venus oder seitswärts zu suchen hat. Ist die Sternkarte mit einem auf Pauspapier gezeichneten Horizontnetz von Höhenkreisen und Almukantaraten versehen (Hipparch's Astrolabium), so kann man in jedem Augenblick Höhe und Azimut des Mercur ablesen und ihn in der Dämmerung mittelst eines kleinen Theodoliten auffinden.

Venus und Mars, auf der vorigen Karte rechtläufig, bilden diesmal Schleifen, die der Venus ist sehr klein, so dass ihre Bahn nahezu eine Schlangenlinie ist. Die Stellung der Venus zu der Zeit grössten Glanzes lässt sich dadurch finden, dass sie dann etwa  $40^\circ$  von der Sonne abweicht. Mars legt in einem Jahre nur etwa einen halben Umlauf zurück, die Wege der entfernteren Planeten werden immer kleiner, die Breite der Schleifen wird so gering, dass Hin- und Rückgang fast auf derselben Linie zu erfolgen scheint. Zu grösserer Deutlichkeit sind die Bahnen am unteren Rande wiederholt, wobei der Breitenmaassstab für Jupiter und Saturn 12 mal, für Uranus und Neptun 60mal vergrössert ist. Diese Bahnen kehren von Jahr zu Jahr in fast unveränderter Gestalt wieder, indem sie sich nur weiter nach links verschieben. Denkt man sich die vorjährige Neptunsbahn und die des folgenden Jahres hinzugefügt, so ersieht man das merkwürdige Resultat, dass benachbarte Schleifen sich zum Teil decken, so dass Neptun denselben Fixstern nicht ein- oder dreimal, sondern drei- oder fünfmal passiert. Die auf die Ekliptik projizierte räumliche geocentrische Bahn, einer Epicykloide ähnlich, lässt diese Verschlingung der Schleifen noch deutlicher erkennen.

Die Conjunktionen der Planeten mit einander, mit der Sonne, und während jedes Monats mit dem Monde sind leicht aufzufinden, indem man zwei senkrecht über einander stehende gleiche Daten auf beiden verglichenen Bahnen aufsucht. Um die Zeit der Opposition eines Planeten zu finden, lässt man auf den die Ekliptik darstellenden Mittellinien der Hauptkarte und der betreffenden Nebenkarte die Endpunkte einer unveränderlichen Strecke gleiten, die immer zwei um  $180^\circ$  Länge verschiedene Punkte verbindet. Die Opposition eines oberen, die untere Conjunktion eines unteren Planeten liegt immer mitten in der rückläufigen Bewegung.

Die Mondbahn ist während des Jahres veränderlich, die gezeichnete gilt streng genommen für die Mitte des Jahres. Die Verschiebung der Knoten um  $9^\circ$  während eines Halbjahres bewirkt nur, dass die äusserste Spur des Mondes von der mittleren um höchstens  $\frac{3}{4}^\circ$  entfernt ist, auch die Verschiebung des Perigaeums um  $20^\circ$  hat nur den Erfolg, dass die für die einzelnen Tage bestimmten Örter nicht gerade der angegebenen Stunde entsprechen. Um den Ort des Mondes am 5. April zu finden, betrachtet man diesen Tag als den 36. des Monats März, und da ein siderischer Monat nach der Karte am 27. März im Punkt 0 beginnt, so ist der Ort des Mondes durch  $(36 - 27) = (9)$  gegeben. Die Phasen des Mondes ergeben sich aus dem Winkelabstand von der Sonne. Ist dieser =  $\vartheta$ , so hat die elliptische Grenze der Sichel die Axen 1 und  $\cos \vartheta$ , wenn die halbkreisförmige den Radius 1 hat. Die mit Finsternissen verbundenen Neu- und Vollmonde treten in der Nähe der Knoten auf, erstere am 26. April und 20. Oktober, letztere am 11. Mai und 4. November. Der Verlauf der Mondbahn zeigt auch, welche Sterne im Laufe des Jahres bedeckt werden. Diese müssen einer Zone angehören, deren Mittellinie die Mondbahn ist, und deren halbe Breite gleich der Summe von Radius und Parallaxe des Mondes =  $1\frac{1}{4}^\circ$ , in der Karte = 1 mm, ist. Für die von Berlin aus sichtbaren Bedeckungen müssen die Sterne in der unteren Hälfte der Zone liegen, solche Sterne sind  $\gamma$  leonis,  $\gamma$  virginis,  $\alpha$  librae,  $\delta$  scorpii.

Weitere Gesichtspunkte werden sich von selbst ergeben, wenn die Karte wirklich benutzt wird, um zur Beobachtung des gestirnten Himmels anzuleiten. Die in den meisten Kalendern nach amtlichen Quellen und in abschreckender Form dargebotenen Angaben sind zu diesem Zwecke zu dürftig. Der Schüler soll am Himmel mit offenem Auge sehen, wie die Planeten nach Hipparch und Ptolemaeus irren, erst dann kann er sich auf die feste Sonne des Copernicus versetzen. Die Entdeckungen Keplers und Newtons werden ihm dann nicht wie Dogmen über ungeschene Dinge erscheinen und die mathematischen Deduktionen werden in der lebendigen Anschauung einen sichern Prüfstein haben. Ein Irrtum wie der folgende Satz: „Die synodischen Umlaufzeiten der oberen Planeten sind grösser als die siderischen“, der in einem verbreiteten Buch über die Elemente der Astronomie bewiesen wird, wäre unmöglich.

M. Koppe.

Himmelserscheinungen im Januar und Februar 1892.

☾ Mond, ♀ Merkur, ♀ Venus, ♂ Erde,  
☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Juppiter, ♄ Saturn.

Monatstag	Januar							Februar					
	1	6	11	16	21	26	31	5	10	15	20	25	
Helio- centrische Längen.	118°	145	169	189	206	222	236	250	264	278	293	309	☉
	342	350	358	6	14	22	30	38	46	54	62	70	☉
	101	106	111	116	121	126	131	136	141	146	151	156	☉
	195	198	200	202	205	207	209	212	214	217	219	222	☉
	354	354	355	355	356	356	356	357	357	358	358	359	☉
	174	174	175	175	175	175	175	175	176	176	176	176	☉
Geo- centrische Recta- scensionen.	300°	9	76	147	203	264	339	45	116	178	233	303	☾
	273	269	269	272	277	284	291	298	306	314	323	331	☾
	309	315	322	328	334	340	345	351	356	2	7	13	☾
	281	287	292	298	303	308	314	319	324	329	333	338	☾
	223	226	229	233	236	239	242	246	249	252	255	259	☾
	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	☾
	181	181	181	181	181	181	181	181	180	180	180	179	☾
Geo- centrische Dekli- nationen.	-25°	0	+25	+19	-7	-26	-14	+16	+26	+5	-19	-25	☾
	-20	-20	-21	-22	-22	-23	-23	-22	-21	-19	-17	-14	☾
	-20	-19	-17	-15	-13	-10	-8	-5	-3	0	+3	+5	☾
	-23	-23	-22	-21	-20	-19	-17	-16	-14	-13	-11	-9	☾
	-16	-17	-17	-18	-19	-20	-20	-21	-22	-22	-22	-23	☾
	-8	-7	-7	-6	-6	-6	-5	-5	-4	-4	-3	-3	☾
	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+3	+3	+3	+3	☾
Aufgang.	20 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>	20.12	20.9	20.5	19.59	19.53	19.45	19.37	19.28	19.18	19.8	18.57	☾
	22 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup>	23.50	1.19	6.45	12.42	18.47	21.28	22.50	1.58	8.8	14.6	18.49	☾
Untergang	3 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup>	4.0	4.7	4.15	4.23	4.32	4.41	4.51	5.0	5.10	5.19	5.29	☾
	5 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup>	12.11	19.6	22.5	23.3	0.36	7.0	14.15	19.26	20.47	21.58	1.27	☾
Zeitgleh.	+3 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup>	+5.55	+8.1	+9.52	+11.26	+12.41	+13.31	+14.12	+14.26	+14.21	+13.57	+13.18	☾

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

Januar	5 6 <sup>h</sup>	Mond in Erdnähe	Februar	4 22 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup>	Erstes Viertel
"	6 14 <sup>h</sup>	6 <sup>m</sup> Erstes Viertel	"	12 8 32	Vollmond
"	13 16	20 Vollmond	"	16 23	Mond in Erdferne
"	20 5	Mond in Erdferne	"	20 13 8	Letztes Viertel
"	21 16 36	Letztes Viertel	"	27 16 41	Neumond
"	29 5 32	Neumond	"	29 1	Mond in Erdnähe
"	31 22	Mond in Erdnähe			

Constellationen. Januar 1 15<sup>h</sup> ♀ ♂ ☾; 2 12<sup>h</sup> ♂ im Perihel; 4 5<sup>h</sup> ♃ ♂ ☾; 18 23<sup>h</sup> ♄ ♂ ☾; 19 6<sup>h</sup> ♃ in grösster westlicher Elongation; 24 1<sup>h</sup> ♂ ♂ ☾; 27 10<sup>h</sup> ♃ ♂ ☾; 31 12<sup>h</sup> ♀ ♂ ☾; 31 22<sup>h</sup> ♃ ♂ ☾. — Februar 5 23<sup>h</sup> ♀ ♂ ♃ (Abstand nur 1 Bogenminute, daher mit freiem Auge nicht trennbar), 7 1<sup>h</sup> ♃ im Aphel; 15 5<sup>h</sup> ♄ ♂ ☾; 21 20<sup>h</sup> ♂ ♂ ☾; 27 4<sup>h</sup> ♃ ♂ ☾; 28 18<sup>h</sup> ♃ ♂ ☾. — ☾ tritt am 20. Januar Nachm. ins Zeichen des Wassermanns, am 19. Februar Vorm. ins Zeichen der Fische.

Durch ziemlich viele Meteore sind ausgezeichnet: Januar 1–3, Februar 22.

Veränderliche Sterne (mit Feldstecher oder Opernglas zu beobachten): 1) vom Algol-Typus: Minima von *Algol*: Januar 4 14<sup>h</sup>, 7 11<sup>h</sup>, 10 8<sup>h</sup>, 24 16<sup>h</sup>, 27 13<sup>h</sup>, 30 10<sup>h</sup>; Februar 2 6<sup>h</sup>, 16 15<sup>h</sup>; 19 11<sup>h</sup>, 22 8<sup>h</sup>. Minima von  $\lambda$  *Tauri* Febr. 1 11<sup>h</sup>, 5 10<sup>h</sup>, 9 9<sup>h</sup>, 13 8<sup>h</sup>, 17 6<sup>h</sup>. — 2) Vom Typus  $\beta$  *Lyrae*:  $\beta$  *Lyrae* lässt sich zu Anfang Januar abends sofort nach Eintritt der Dunkelheit und auch noch während der Morgendämmerung beobachten; desgleichen  $\delta$  *Cephei*; von  $\eta$  *Aquilae* sind in den ersten Januartagen noch Abend-Beobachtungen möglich, dann nach sechswöchiger Unterbrechung Morgen-Beobachtungen;  $\zeta$  *Geminorum* ist abends zu beobachten. — 3) Ferner sind  $\alpha$  *Cassiopeiae* und  $\mu$  *Cephei* abends und morgens,  $\beta$  *Pegasi*,  $\varepsilon$  *Aurigae*,  $\alpha$  und  $\delta$  *Orionis* abends zu verfolgen.

Das Zodiakallicht ist an den mondfreien Abenden in der zweiten Hälfte eines jeden der beiden Monate am westlichen Himmel gegen 7<sup>h</sup> aufzufinden

J. Plassmann.