

Zeitschrift für den Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XIII. Jahrgang.

Zweites Heft.

März 1900.

Zur Behandlung der Sinusschwingungen und Pendelbewegungen im Unterricht.

Von

Prof. Dr. Alois Höller in Wien.

Dafs die Lehre von den Schwingungen am besten an die von den Kreislagen (wie wir statt „gleichförmig kreisförmige Bewegungen“ vereinfachend sagen wollen) anknüpft, nämlich die Sinusschwingung als Projektion der Kreisung aufgefaßt wird, ist eine gegenwärtig schon fast allgemein gewordene Lehrpraxis.

Wenn an einer bloßen Zeichnung der kreisende Punkt auf eine in seiner Ebene liegende Gerade projiziert wird, so ist dies schon eine geometrisch anschauliche Behandlung. Den Zwecken des eigentlich physikalischen Unterrichts näher steht aber die phoronomisch anschauliche Vorführung dieser Bewegungen selbst an einem Modell, wie das sehr instructive von BERGMANN, das diese Zeitschrift in ihrem allerersten Hefte (I 25) gebracht hat. Eigentlich physikalisch anschaulich ist aber sogar ein solches *ad hoc* construiertes Modell noch nicht. Es lag nahe, die Sinusschwingungen wirklich durch Projektion einer solchen Kreisung zu gewinnen, die auch sonst den Schüler physikalisch unmittelbar angeht, nämlich des Kreis-kegelpendels. Ich schildere zuerst die Versuche, und füge dann einige Andeutungen über den Lehrgang bei, in den sich diese Versuche (wie die übrigen, z. B. über die Beziehung von T und l , welche als ohnedies her-

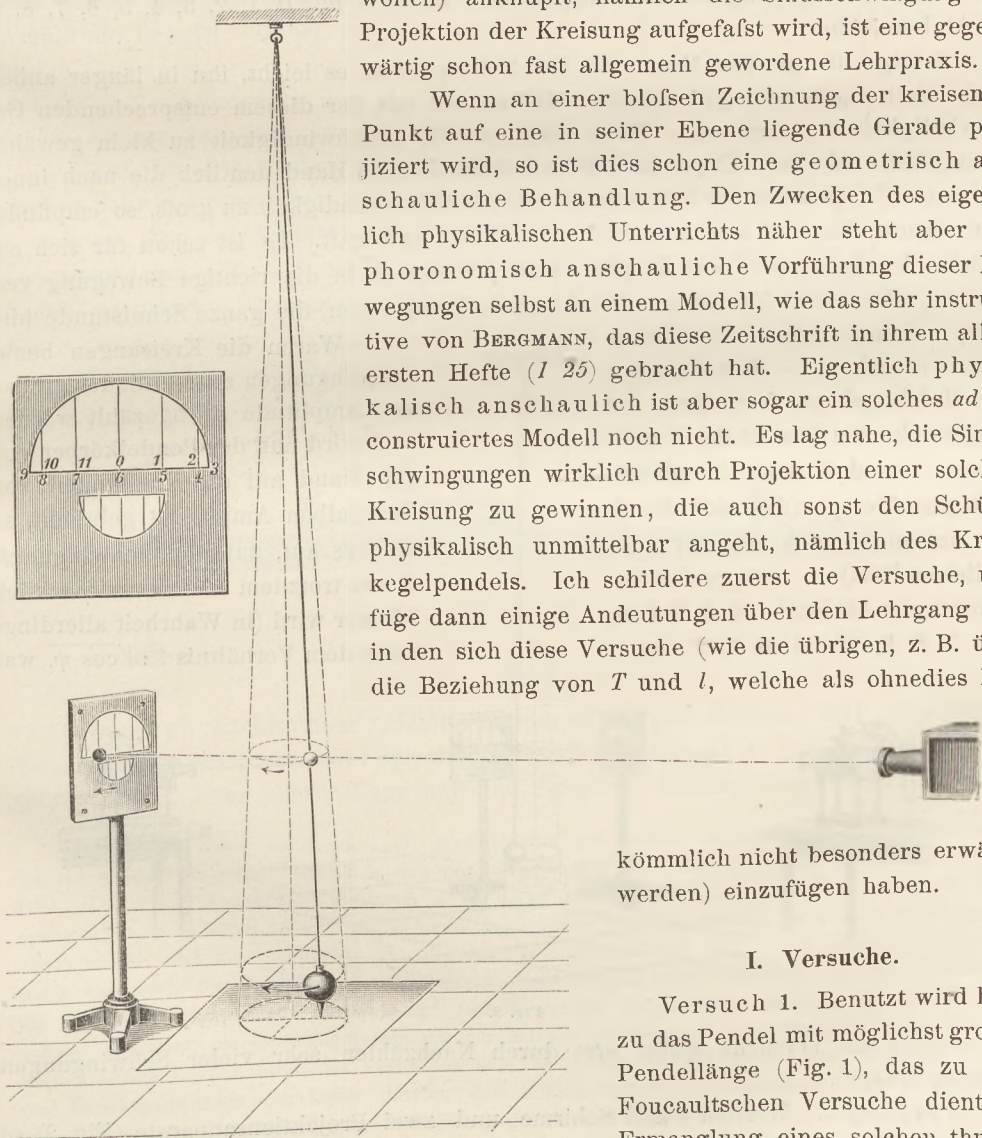


Fig. 1.

kömmlich nicht besonders erwähnt werden) einzufügen haben.

I. Versuche.

Versuch 1. Benutzt wird hierzu das Pendel mit möglichst großer Pendellänge (Fig. 1), das zu dem Foucaultschen Versuche dient (in Ermangelung eines solchen thut es

aber auch ein Stein an einer an der Zimmerdecke befestigten Schnur). In Manneshöhe ist an dem Pendeldraht eine leichte Holzkugel angebracht. Ihr gegenüber, und zwar möglichst weit von ihr entfernt, befindet sich in gleicher Höhe die Projektionslampe. Diese entwirft von der Kugel auf einem Schirme, der von den Strahlen normal getroffen wird, einen Schatten. Wird der Pendelkörper mit der Hand in Kreislagen versetzt (wobei die Bahn auf einem Papierblatt oder auf dem Weinholdschen Teller vorgezeichnet sein kann), so bewegt sich auch die Holzkugel in etwas kleineren Kreisen von wagrechter Ebene, und der Schatten führt also auf dem Schirme Sinusschwingungen aus. Es sind auf dem Schirme zwei Gerade als Bahnen des Schattens vorgezeichnet, die eine als wagrechter Halbmesser eines Halbkreises von 30 cm, die andere entsprechend 15 cm Halbmesser. Der Bogen jedes Viertelkreises ist in drei gleiche Teile geteilt, von den Teilungspunkten sind Normalen gefällt und geben so auf dem Durchmesser Punkte an, die den Elongationen $0, \frac{a}{2}, \frac{a}{2}\sqrt{3}, a$, sowie den gleichen entgegengesetzten, entsprechen. Sie sind mit 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 bezeichnet.

Infolge der grossen Masse des Pendelkörpers ist es leicht, ihn in länger anhaltende Kreislagen vom gewünschten Halbmesser mit der diesem entsprechenden Geschwindigkeit zu versetzen. Denn hat man die Geschwindigkeit zu klein gewählt, so empfindet die den Körper im Kreise herumführende Hand deutlich die nach innen wirkende Komponente der Schwerkraft; ist die Geschwindigkeit zu gross, so empfindet man ebenso die nach auswärts ziehende Centrifugalkraft. Es ist schon für sich ein anziehendes Schauspiel, das Pendel, wenn es einmal in die richtige Bewegung versetzt ist, diese seine Kreislagen (Kreiskegelschwingungen) die ganze Schulstunde hindurch mit majestätischer Ruhe fortsetzen zu sehen. — Der Schatten der Holzkugel passiert dann die vorgezeichneten Punkte des Durchmessers so, dass man in gleichmässigem Tempo (das sich durch das Metronom noch schärfer kontrollieren lässt) in entsprechender Betonung zu zählen hat 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 0, 1, 2 etc.

Waren die Kreislagen bzw.

Schwingungen zuerst mit der grösseren Amplitude nachgezählt worden und wird nun der Pendelkörper von der Hand auf die Kreislagen von der halben Amplitude gebracht, so fällt es auf, dass die Schwingungsdauer trotzdem nicht etwa merklich kleiner wird (in Wahrheit allerdings nach dem Verhältnis $1 : \sqrt{\cos \psi}$, was

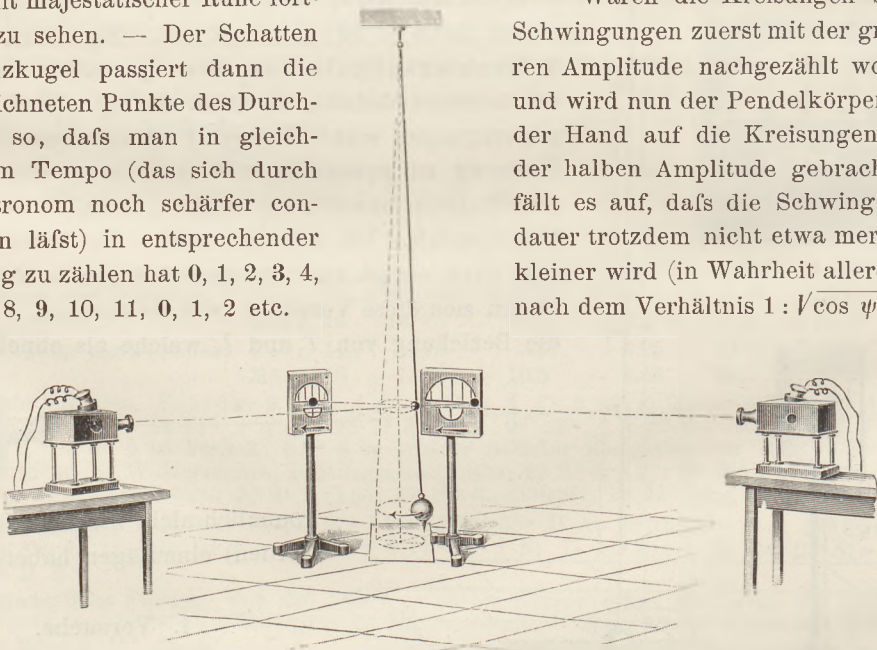


Fig. 2.

sich aber beim Versuche selbst erst durch Nachzählen sehr vieler Schwingungen verraten würde).

Versuch 2. Werden zwei Schirme und zwei Projektionsapparate (Fig. 2) so aufgestellt, dass die Schirmebenen, bzw. Lichtstrahlen, zu einander normal sind, so

wird die Zerlegung einer Kreisung in zwei zu einander normale Sinusschwingungen von gleicher Amplitude und einer Phasendifferenz von $T/4$ veranschaulicht; und eben hiermit auch umgekehrt, daß zwei solche Schwingungen zusammengesetzt wieder eine Kreisung geben. — Dem entspricht analytisch die Herleitung von $x^2 + y^2 = a^2$ aus $x = a \sin at$ und $y = a \cos at$.

Versuch 3. Wird während des vorigen Versuches von den zwei Schwingungen die eine so weit unterdrückt, daß die Amplitude nicht mehr a , sondern $\frac{a}{2}$ (allgemein b) beträgt (wobei man am bequemsten die Strecken $2a$ und $2b$ beobachtet, die von den Schattenflecken auf den zwei Schirmen durchlaufen werden), so führt der Pendelkörper und ebenso die Holzkugel (annähernd) elliptische Schwingungen aus. — Analytisch: Aus $\frac{x}{a} = \sin at$ und $\frac{y}{b} = \cos at$ ergibt sich $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$. — Physikalisch merkwürdig ist auch hier, daß sich diese Ellipse längere Zeit erhält, was wieder den sehr annähernden Isochronismus der Schwingungen von verschiedener Amplitude beweist. Dabei ist aber allerdings die Bahn des Schattens keine wagerechte Gerade mehr, sondern nach unten convex (und dem entsprechend auch die Bahn des Pendelkörpers und der Holzkugel nicht wirklich eine ebene Kurve, wie es die Ellipse wäre, sondern eine doppelt gekrümmte).

Wird die Amplitude b immer kleiner gewählt, so gehen die annähernd elliptischen Schwingungen über in die ebenen Schwingungen des gewöhnlichen Kreispendels. Der Schattenfleck beschreibt dann Kreisbögen, welche denen der Kugel congruent sind. Es hat sich so der Zusammenhang zwischen den in einem Kreisbogen erfolgenden Sinusschwingungen mit den für sie in erster Annäherung einsetzbaren genauen Sinusschwingungen längs der Sehne jenes Kreisbogens verfolgen lassen.

Nicht in unmittelbar experimentellem, wohl aber theoretischem Zusammenhang mit den bisherigen Versuchen steht der folgende

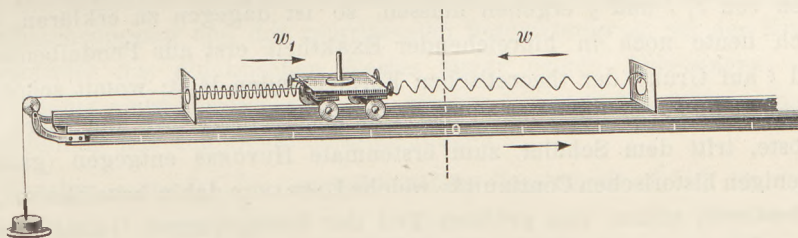


Fig. 3.

Versuch 4 mit dem „Schienenapparat“ (diese Zeitschr. VII 278ff.¹⁾). Das Wägelchen ist zwischen zwei Spiralfedern gespannt (Fig. 3), so daß es in O im Gleichgewicht steht. Aus dieser Lage um eine Strecke a herausgezogen führt es Schwin-

¹⁾ Als Nachtrag zu der a. a. O. geschilderten mehrfachen Verwendung jenes Apparates teile ich bei dieser Gelegenheit mit, daß sich auch das Gegenwirkungs-Prinzip hübsch demonstrieren läßt. Die zwei Wagen werden durch eine Feder verbunden (für Zugspannungen frei, für Druckspannungen in einer Kapsel); sie nehmen dann unter der Einwirkung der einen Kraft Beschleunigungen zu- oder auseinander an, die den Massen proportional sind. — Zu dieser Versuchsanordnung hat mich die Definition des Massenverhältnisses in MACHS Lehrbuch (S. 28) veranlaßt, wo als die eine „dynamische Einwirkung“ (wie FLEISCHL in „Substanz und Bewegung“ MAXWELLS „stress“ übersetzt) die Centrifugalspannung der Massen angenommen und demgemäß das Massenverhältnis zweier Körper durch das Verhältnis $b : a$ der Radien beim Kreisen definiert wird. — Die Zug- und Druckspannungen der Feder dürften dem Schüler als Veranschaulichung der „einen“ Kraft näher liegen. — Über eine Veranschaulichung der MACHschen Definition $m_a : m_b = b : a$ vergl. den in ds. Zeitschr. demnächst erscheinenden Aufsatz „Über die Nachahmung der Planetenbewegungen etc.“

gungen aus, von denen man, wenn die Schwingungsdauer groß genug ist, leicht zeigen kann, daß schon nach $\frac{1}{3}$ der zum Zurücklegen von a erforderlichen Zeit $\frac{a}{2}$ zurückgelegt ist; also wieder ein charakteristisches Merkmal der Sinusschwingungen.

II. Lehrgang.

Alle geschilderten Versuche sind als bloß phoronomische gedacht, d. h. sie können in einem Lehrgang der Mechanik vorgeführt werden, ehe noch die dynamischen Begriffe der Kraft und Masse eingeführt sind. Vielmehr bedürfen ja diese vielumstrittenen Begriffe eines festen Vorrates von Anschauungen zu den selbst wieder phoronomischen Begriffen von Beschleunigung (von gleichmäßiger, wie sie am deutlichsten an der Fallrinne zu sehen ist, und von ungleichmäßiger Beschleunigung, unter denen das für den Elementarunterricht wichtigste, fast allein wichtige Gesetz eben das der Sinusschwingungen ist).

Den Lehrgang nun, in welchen die oben geschilderten Versuche einzufügen wären, denke ich mir etwa so (indem mir als ein vor allem zu vermeidender Mißgriff die einstmals sicher nicht immer vermiedene Manier vorschwebt, das „mathematische“ Pendel als eine rein mathematische Aufgabe hinzustellen).

Ausgegangen kann auch hier ganz wohl von einigen historischen Mitteilungen werden. Von GALILEI'S Leistungen seien etwa die Bewegungen im freien Fall, an der schiefen Ebene und beim Wurf durchgearbeitet. Es wird dann bei unseren siebzehnjährigen Septimanern (Sekundanern) auf Teilnahme stossen, daß GALILEI als Siebzehnjähriger schon den Isochronismus der Pendelschwingungen beobachtet haben soll²⁾. Auch daß er schon eine Pendelformel $T = 8 \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$ angab, giebt zu einer lehrreichen Vorbereitung auf die Tragweite des Pendelproblems Stoff; wenn es nämlich scheint, daß sich statt des Faktors 8 der richtige 2π ³⁾ hätte aus experimentellen Vergleichen von T , l und g ergeben müssen, so ist dagegen zu erklären, daß eben g sich auch heute noch in hinreichender Exaktheit erst aus Pendelbeobachtungen von T und l auf Grund der theoretischen Formel finden läßt; womit schon ein Ziel der nun dem Schüler zu bietenden Theorie aufgezeigt ist. — Als derjenige, der diese Aufgabe löste, tritt dem Schüler zum erstenmale HUYGENS entgegen (ganz entsprechend derjenigen historischen Continuität, welche LAGRANGE dahin bezeichnet: „HUYGENS, der dazu bestimmt schien, den größten Teil der Entdeckungen GALILEI'S zu vervollkommen und zu ergänzen, fügte zur Theorie der beschleunigten Bewegung schwerer Körper die der Pendelbewegungen und der Centrifugalkräfte hinzu und bahnte so den Weg zu der großen Entdeckung der allgemeinen Gravitation⁴⁾“).

Indem nun die Begriffe von Schwingungsdauer, Amplitude u. s. f. nicht nur an dem annähernd mathematischen, sondern an einem Pendel mit möglichst großer

²⁾ Allerdings sagt WOHLWILL in seiner bekannten Monographie über „Die Entdeckung des Beharrungsgesetzes“ (S. 101 des S. A.): „Das älteste Zeugnis für Gs. Beschäftigung mit dem Isochronismus der Pendelschwingungen ist in dem Brief an den Marchese Guidubaldo dal Monte 29. Nov. 1602 enthalten (Opere VI, p. 20). Daß es sich dabei nicht um eine kürzlich entdeckte Thatsache handelt, beweist die Äußerung, daß ihm dieselbe „immer wunderbar erschienen sei“. Vivani's bekannte Erzählung von der Beobachtung des 17jährigen Galilei im Dom zu Pisa wird darum nicht weniger als mythisch angesehen werden müssen“.

³⁾ WARBURG (und mit Berufung auf ihn DRESSEL) empfehlen, als „Schwingungsdauer“ auch beim Pendel die volle, d. i. die Zeit eines Hin- und Herganges, zu bezeichnen. Auch wir schliessen uns diesem in sich berechtigten und mehr und mehr durchdringenden Gebrauche an.

⁴⁾ Vorreden und Einleitungen zu klassischen Werken der Mechanik. Leipzig, Pfeffer 1899, S. 93.

Pendelmasse und langem Pendeldraht vorgeführt werden, haben zunächst für den Schüler die ebenen Schwingungen keinen Vorrang vor den kreisenden. Erst nachdem er an dem wirklichen Anblick von beiderlei Bewegungen dasjenige an physikalisch anschaulichen Vorstellungen von Gleichförmigkeit des Kreisens, Ungleichförmigkeit der Bewegung im vertikalen Kreisbogen u. dergl. gewonnen hat, was überhaupt aus dem bloßen Anblick, ohne Zugrundelegung von „Definitionen“, zu gewinnen ist, werden die physikalischen Aufgaben zu mathematischen zugeschärft. Indem sich als das gesuchte „Weg-Zeit-Gesetz“ (von dem die meistens allein beachtete Schwingungsdauer nur eine spezielle Eigenschaft ist) eines nach dem Gesetze des Sinus, wenn nicht aus dem direkten Anblick eines schwingenden Pendels, so doch aus der Überlegung, daß hier in beliebig kleinen gleichen Zeiten nicht gleiche, sondern nahe den Grenzlagen kleinere Wege zurückgelegt werden u. s. f., einigermaßen voraussehen läßt, wird es dem Schüler auch nicht mehr unmotiviert vorkommen, wenn vor der Schwingung von der Kreisung gesprochen wird, d. h. wenn die Begriffe Umlaufszeit, Bahngeschwindigkeit $c = 2\pi a/T$ cm/sec, Winkelgeschwindigkeit $\alpha = 2\pi/T$ eingeführt werden. In bekannter Weise ergibt sich dann für die abstrakt mathematische Aufgabe: Welches ist das Weg-Zeit-Gesetz für die Projektion des kreisenden Punktes? — die aber jetzt eben nicht willkürlich, sondern im Hinblick auf den Versuch I diese Formulierung bekommen hat — die Gleichung $s = a \sin \alpha t = a \sin \frac{2\pi}{T} \cdot t$.

Es folgt die rechnerische Ermittlung der Geschwindigkeit v und der Beschleunigung w zunächst für diese nunmehr rein mathematisch definierte Bewegung. Dabei wird man natürlich nicht darauf verzichten, das Cosinus-Gesetz für v unmittelbar anschaulich gewinnen zu lassen aus der an sich constant bleibenden, aber immer steiler gegen den Schirm gerichteten Bahngeschwindigkeit. Desgleichen empfiehlt sich für w die bekannte Beziehung⁵⁾ zwischen der Beschleunigung in der Grenzlage bei der Sinusschwingung und der centripetalen Beschleunigung bei der Kreisung.

Unbeschadet des didaktischen Wertes dieser beiden Ableitungen, die untereinander zunächst nicht zusammenhängen, möchte ich aber empfehlen, auch auf die folgende Ableitung aus den Definitionsgleichungen

mittlere Geschw. $v_m = \frac{s' - s}{t' - t}$; augenblickliche Geschw. $v = \frac{s' - s}{t' - t}$ für $t' = t$ und

mittlere Beschl. $w_m = \frac{v' - v}{t' - t}$; augenblickliche Beschl. $w = \frac{v' - v}{t' - t}$ für $t' = t$

nicht zu verzichten; denn es sind ja, wie gesagt, die einzigen Beispiele, welche der Schüler von ungleichmäßigen Beschleunigungen, bezw. von der Handhabung der Ausdrücke $\frac{dv}{dt}$ und $\lim \frac{dv}{dt}$ zu sehen bekommt. Die Rechnung lautet dann:

$$v_m = \frac{a \sin \alpha t' - a \sin \alpha t}{t' - t} = a \cdot \frac{2 \cos \frac{\alpha t' + \alpha t}{2} \cdot \sin \frac{\alpha t' - \alpha t}{2}}{t' - t} = a \cdot a \cos \alpha \frac{t' + t}{2} \cdot \frac{\sin \alpha \frac{t' - t}{2}}{\alpha \frac{t' - t}{2}},$$

⁵⁾ Ist für die centripetale (oder besser: Normal-) Beschleunigung b_1 bei Kreisungen der Wert $b_1 = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot r$ unabhängig von der Schwingungslehre abgeleitet worden, so kann sich diese auf jene berufen. Dann gilt zunächst für den Wert der Beschleunigung w in der Grenzlage der Sinusschwingung $w = b_1$, da hier die allgemeine Richtung MO der Normalbeschleunigung b_1 mit der Schwingungsrichtung AO zusammenfällt. Natürlich kann aber auch umgekehrt diese Gleichheit von b_1 und w auch dazu dienen, aus der Beschleunigung w bei Schwingungen die Normalbeschleunigung b_1 bei Kreisungen abzuleiten.

woraus für $t' = t$ folgt: $v = a \cdot a \cos at$. — Hieraus folgt weiter:

$$w_m = \frac{aa \cos at' - aa \cos at}{t' - t} = aa \cdot \frac{-2 \sin \frac{at' + at}{2} \cdot \sin \frac{at' - at}{2}}{t' - t} = -a^2 a \sin a \frac{t' + t}{2} \cdot \frac{\sin a \frac{t' - t}{2}}{a \frac{t' - t}{2}};$$

worauf für $t' = t$ folgt: $w = -a^2 a \sin at$ oder $w = -a^2 s$.

In dieser letzteren Gleichung, wonach die jeweilige Beschleunigung w der Elongation s direkt proportional, aber ihr entgegengesetzt gerichtet ist, liegt die phoronomische Grundeigenschaft der Sinusschwingungen, auf der zunächst ihre dynamische und weiterhin ihre gesamte, umfassende physikalische Wichtigkeit beruht. Denn durch Umkehrung des Schlusses, durch welchen sich dieser Wert von w aus dem Weg-Zeit-Gesetz ergab, folgt auch dieses aus jenem, sobald die Anfangspunkte der Zählung für Weg und Zeit so gewählt sind, wie es bei $s = a \sin at$ geschehen war. — Auch der Isochronismus⁶⁾ findet nun darin seine Erklärung, dafs gröfseren Amplituden im selben Verhältnis gröfsere Wegstückchen σ , σ' u. s. f. entsprechen.

Wir brauchen also von einer Bewegung nichts anderes zu wissen, als dafs die Beschleunigung w der Elongation s direkt proportional und entgegengesetzt gerichtet sei, so ergibt sich schon aus dem Werte von w_1 , der zu $s = 1$ cm gehört, die Schwingungsdauer $T = 2\pi/\sqrt{w_1}$. (Es wird hier zweckmäfsig sein, als „charakteristische Beschleunigung“ w_1 denjenigen Spezialwert der Beschleunigung w zu definieren, welcher dem schwingenden Punkte im Abstände $s = -1$ cm von der Mittellage zukommt; denn dann fällt das Negativzeichen aus und unter dem Wurzelzeichen steht die in sich positive Gröfse w_1 .)

Sind die hier kurz skizzierten Beziehungen mit dem Schüler gründlich verarbeitet — wobei immerhin schon der Versuch 4 mit dem Wägelchen auf der Schienenbahn (oder der mit dem an Jollys Federwage schwingenden Schälchen) herangezogen werden mag, wiewohl dessen eigentliches Interesse nicht mehr im Phoronomischen, sondern im Dynamischen liegt —, so tritt nun an die Stelle des früher üblichen, gefürchteten „Pendelbeweises“ die folgende kurze phoronomische Ableitung der Formel für die Schwingungsdauer des mathematischen Pendels:

Die Komponente w der Schwerebeschleunigung g ist (Fig. 5)

$$w = -g \cdot \sin \psi = -g \cdot \frac{s}{l} = -\frac{g}{l} \cdot s.$$

Also ist hier a^2 vertreten durch $\frac{g}{l}$; daher $a = \sqrt{\frac{g}{l}}$ und $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$. . . (I)

Dem für das einfache Pendel charakteristischen Quotienten $\frac{g}{l}$ kommt also die Bedeutung der Beschleunigungscomponente w_1 für $s = -1$ cm zu. (Ähnlich dem $Md/\mathcal{M}$ für das zusammengesetzte Pendel).

⁶⁾ Ist die in vorstehender Anmerkung erwähnte Beziehung allseitig verarbeitet, so ergibt sich aus ihr folgende sehr anschauliche Erklärung des Isochronismus: Es seien die beiden Kreise in Fig. 4 die Bahnen der Holzkugel bei grosser und kleiner Winkelöffnung der Kreiskegelschwingung, also die Amplituden $OA = R$ und $Oa = r$ gleich den beiden auf den Schirmen (Fig. 1) vorgezeichneten Kreishalbmessern. Da beiden Kreislängen dasselbe T entspricht, so sind die Normalbeschleunigungen

$$B_1 = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R \quad \text{und} \quad b_1 = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r,$$

und deren Projektionen bei gleicher Elongation s trotz verschiedener Amplituden

$$W = B_1 \cdot \cos MOP = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R \cdot \frac{s}{R} \quad \text{und} \quad w = b_1 \cos mOP = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r \cdot \frac{s}{r},$$

also $W = w$.

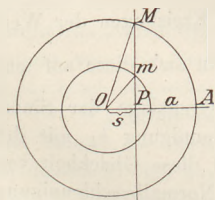


Fig. 4.

Wie diese Ableitung überhaupt das Wesentliche der Beziehung zwischen Pendel und sonstigen Sinusschwingungen möglichst unverhüllt hervortreten läßt, so auch, inwiefern sie nur angenähert gilt: weil nämlich in der Figur 5 die Ableitung s

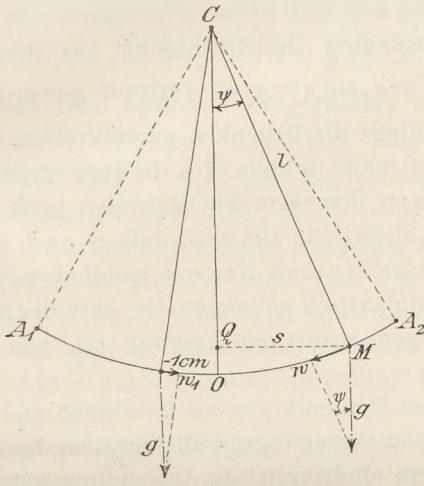


Fig. 5.

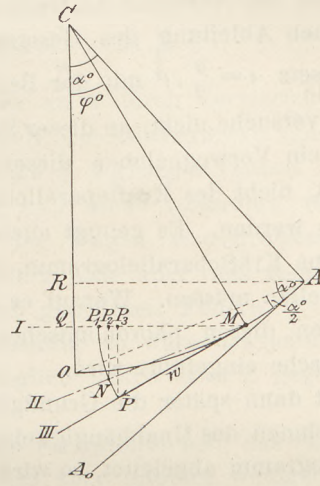


Fig. 6.

die Halbsehne, in $w = -\alpha^2 s$ aber den „Weg“ (die Elongation) bedeutet, welcher „Weg“ vom Pendelpunkt ja nicht in der Sehne, sondern im Bogen durchlaufen wird⁷⁾.

⁷⁾ An die obige Ableitung anknüpfend giebt ED. MAISS in der Zeitschr. f. d. Realschulwesen (1899) eine elementare Begründung des zweiten Gliedes der vollständigen Reihe für T , deren Grundgedanke folgender ist: Bei der Herleitung der Formel I wurde die Beschleunigung im Abstände $MQ = s$ cm (Fig. 6) mit ihrem richtigen Betrage $w = -\frac{g}{l} s$ cm/sec² in Rechnung gesetzt. Aber es wurde fingiert, daß sie statt der wahren (tangentialen) Richtung $M III$ die Richtung MI habe und also darzustellen sei durch MP_1 . Auf diese Richtung entfiel jedoch nur eine Komponente der Beschleunigung im Betrage von $w = -\frac{g}{l} s \cos \varphi$, dargestellt durch MP_3 . Schwingt das Pendel mit der Amplitude α^0 , so ist $\frac{\alpha^0}{2}$ der Mittelwert aller von α^0 bis 0^0 abnehmenden Winkel φ . Diese Richtung kommt der Sehne AO zu, welche die Symmetrale des Winkels $A_0 AR$ ist. Ziehen wir $M II$ parallel zu AO , drehen den Vektor der Beschleunigung w statt bis nach MP_1 nur bis MN und projizieren ihn von hier aus nach MP_2 , so stellt MP_2 eine Beschleunigung im Betrage von $w = -\frac{g}{l} s \cos \frac{\alpha}{2}$ dar, welcher ein Mittelwerth aller durch $w = -\frac{g}{l} s \cos \varphi$ ausgedrückten Werte ist. (Beachte, wie sich die Lagen der Punkte P_1, P_2, P_3 verändern, wenn φ statt größer, als $\frac{\alpha}{2}$ später gleich oder kleiner als $\frac{\alpha}{2}$ wird.)

Wir werden also statt der Gleichung I, welche aus dem Beschleunigungsgesetze $w = -\frac{g}{l} s$ hergeleitet wurde, eine bessere Annäherung bekommen, wenn wir $w = -\frac{g}{l} s \cos \frac{\alpha}{2}$ setzen, wo $w_1 = \frac{g}{l} \cos \frac{\alpha}{2}$ ist und daher

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g \cos \frac{\alpha}{2}}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \cdot \left(1 - \sin^2 \frac{\alpha}{2}\right)^{-1/4} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left(1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\alpha}{2}\right) \quad (II)$$

Vergl. a. a. O. auch numerische Angaben über das Maß der Annäherung der Formeln (I) und (II) an den genauen Wert. —

Vermieden werden sollte jedenfalls der in den Lehrbüchern keineswegs immer vermiedene Schein, als sei die Formel (I) bis 5^0 „ganz genau“ und werde erst von da ab plötzlich ungenau, was, wie ich mich aus meiner eigenen Schulzeit erinnere, auch den in den Continuitätsgedanken noch nicht eingelebten Anfänger stutzig machen muß.

Diese Charakterisierung der gebrauchten Annäherung scheint mir noch durchsichtiger, als wenn nur gesagt wird, man habe „statt des Sinus den Winkel gesetzt“.

Vorausgesetzt ist in vorstehender Ableitung nur, daß der Schüler schon gelegentlich der Versuche an Galileis Fallrinne und der daran geknüpften rein phoronomischen Ableitung des Gesetzes der constanten Beschleunigung aus dem Weg-Zeit-Gesetz $s = \frac{g}{2} \cdot t^2$ mit der Beziehung $g_{\varepsilon} = g \cdot \sin \varepsilon = g \cdot h/l$ vertraut geworden sei.

— Ich versuche nicht, an dieser Stelle neuerdings die Bedenken zu entkräften, welche gegen ein Vorwegnehmen dieser Beziehung bloß mittels des Bewegungsparallelogramms, nicht des Kräfteparallelogramms, von manchem Fachgenossen noch immer erhoben werden. Es genügt auch hier der historische Hinweis, daß ja auch GALILEI sich ohne Kräfteparallelogramm, das erst VARIGNON und NEWTON handhaben lehrten, hat behelfen müssen. Worauf es mir aber didaktisch ankommt, ist, daß der Schüler mit allen diesen phoronomischen Beziehungen sozusagen gesättigt sei, ehe er ins Dynamische eingeführt wird.

Ist dann später die Grundgleichung der Dynamik $f = mw$ gewonnen und durch Hinzunehmen des Unabhängigkeitsprinzips zum Bewegungsparallelogramm das Kräfteparallelogramm abgeleitet, so wird nun dessen eindringlichste Anwendung gerade die Kräftegleichung für die schiefe Ebene $P = Q \cdot \sin \varepsilon$; und durch ihre Übertragung von der Ebene auf die krumme Bahn erhalten wir folgende dynamische Ableitung der Pendelformel:

Die Kraftkomponente ist $f = mw = -mg \sin \psi$, daher wieder $w = -g \sin \psi$ u. s. f. — wie oben in der phoronomischen Ableitung. Sachlich liegt hier alles an der klaren dynamischen Deutung des Eintretens und dann wieder Ausfallens des Faktors m . Didaktisch dürfte die Wiederkehr nahezu derselben Ableitung einmal unter phoronomischen, das anderemal (nach einigen Wochen) unter dynamischen Gesichtspunkten eine willkommene „immanente Wiederholung“ bieten.

Wie endlich dort der Versuch mit dem auf der Schienenbahn zwischen Spiralfedern schwingenden Wägelchen dem Schüler ein Beispiel einer nicht auf einem Kreisbogen nur annähernd, sondern auf einer Geraden genau dem Sinusgesetz folgenden Bewegung darbieten sollte, so wird jetzt, nachdem die dynamische Ableitung der Pendelformel ein Beispiel dargeboten hatte, wo T nur von g (und l), nicht aber von m abhängig ist, jetzt dieser Elasticitätsversuch vielleicht am handgreiflichsten die allgemeine Beziehung $T = 2\pi \cdot \sqrt{m/f_1}$ veranschaulichen. Die Kenntnis der beiden Elasticitätsgesetze (Kraft proportional der Deformation, Gegenkraft gleich der Kraft) soll dabei noch nicht vorausgesetzt sein, sondern gelegentlich dieses Versuchs zum erstenmale zur Sprache kommen, nämlich durch (allerdings noch nicht sehr genaue⁸⁾) Versuche, ebenfalls am Schienenapparate selbst, *ad hoc* festgestellt werden. Wir lassen nämlich das zwischen die Federn gespannte Wägelchen mittels einer wagrechten über das auch sonst benutzte Röllchen (Fig. 3) gelegten Schnur durch Auflegen von Massen auf deren Träger zuerst um 1 dm, dann durch 2-, 3-fache Gewichte um 2, 3 dm verschoben werden; so schloßsen wir dann auch, daß zur Verschiebung um 1, 2 ... s cm Kräfte von $f_1, 2f_1 \dots f_1 s$ Dyn gehören. Halten wir mit der Hand das Wägelchen in je einer dieser Verschiebungen fest und beseitigen dann die verschiebenden Ge-

⁸⁾ Die zusammenhängende Erörterung der Elasticität wie aller „Molekularkräfte“ denke ich mir hinter die Mechanik des Punktes, der „starren“ Systeme, der idealen Flüssigkeit und Gase gestellt, nicht, wie es leider noch immer vielfach üblich ist, vor die ganze Mechanik, ja vor die ganze Physik unter dem Vorwand „allgemeiner Eigenschaften“.

wichte, so empfindet die Hand die der Wirkung gleiche elastische Gegenwirkung. Diese ist es, unter deren Einfluß weiterhin der Wagen seine Schwingungen ausführt. Die Rechnung lautet: $f = mw = -f_1 s$, daher $w = -\frac{f_1}{m} s$, so daß also jetzt

$$\alpha^2 = \frac{f_1}{m}, \quad \alpha = \sqrt{\frac{f_1}{m}} \quad \text{und} \quad T = 2\pi \cdot \frac{1}{\alpha} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{f_1}}.$$

Von den beiden Abhängigkeiten läßt sich die zu m durch Vervierfachen der Wagenmasse bestätigen, indem sich dann T verdoppelt; die Abhängigkeit von f_1 wird versinnlicht durch das Einspannen zwischen je 1, bzw. je 4 gleicher Federn. — Überraschend ist es hier, daß die Schwingungsdauer sich nicht verändert, wenn die Federn von Anfang stärker ausgezogen waren, der Wagen also größeren Zugspannungen ausgesetzt war. Die Thatsache erklärt sich aber aus dem Ansatz $f = f_1 \cdot (l + s) - f_1 (l - s) = 2f_1 s$, wo l die Länge der gedehnten Federn, s die Verschiebung aus der Mittellage bedeutet; da l herausfällt, so wäre das jedem s entsprechende f auch dasselbe gewesen, wenn anfänglich statt l etwa L gegeben gewesen wäre.

Als weitere dynamische Beispiele werden dann vorzuführen sein das Schwingen des Gewichtchens an der Jollyschen Federwaage, das aber insofern weniger einfach ist, wie das an der Schienenbahn, als hier auch die Schwerkraft beschleunigend mitwirkt und zwar teils in gleichem, teils in entgegengesetztem Sinne wie die elastische Kraft. — Ferner der Versuch mit der Kette unter den Trägern der Atwoodschen Fallmaschine (diese Zeitschr. VII 235); der Versuch mit der in Kommunikationsröhren schwingenden Flüssigkeitssäule; und später im Zusammenhang mit der Gravitationslehre die (von GALILEI irrig beantwortete) Frage, wie sich ein in einem Schachte längs eines Erddurchmessers fallender Stein bewegen würde. (Antwort: Er macht Sinusschwingungen mit einer Schwingungsdauer gleich der eines mathematischen Pendels, dessen Länge der Erdradius ist; vergl. d. Zeitschr. II 295.)

Alle angedeuteten Lehren und Aufgaben gehören der Mechanik des Punktes an; die Drehschwingungen an starren Systemen, also namentlich das physische Pendel und die Torsionsschwingungen, über die dem Schüler einiges wegen der elektrischen und magnetischen Meßapparate gesagt werden muß, verlangen nur leichte Übertragungen (vorausgesetzt, daß die Analogie der Begriffe „Masse des Punktes“ und „Trägheitsmoment“ [nach Analogie von „Kraftmoment“ vielleicht besser „Massenmoment“ — oben deshalb mit $\mathfrak{M}$ bezeichnet] des Punktsystemes verstanden worden ist⁹⁾).

Die Ableitung der Formel für das Foucaultsche Pendel.

Von

Dr. F. Körber in Groß-Lichterfelde bei Berlin.

Die Behandlung des Foucaultschen Pendelversuches gehört nicht als ein Anhang zur Lehre vom Pendel in das Pensum der Unterprima (Mechanik), sondern in das letzte Halbjahr unseres Physikunterrichts auf dem Gymnasium (mathematische Geographie). Dementsprechend ist dem betreffenden Paragraphen auch in den meisten und gebräuchlichsten Schulbüchern, wie z. B. im Jochmann-Hermes, sein Platz bei der Lehre von der Achsendrehung der Erde angewiesen worden. Die Art, wie die Formel für die Größe der Ablenkung in der geographischen Breite φ in der Regel abgeleitet wird, scheint mir jedoch

⁹⁾ Einiges hierüber in meiner „Skizze eines Lehrgangs der Mechanik“, Vierteljahresberichte des Wiener Ver. z. Förd. des phys. Unterr. IV, I. Heft.

unnötig gekünstelt, auch pflegt den Schülern der Übergang auf den den Parallelkreis berührenden Kegelmantel Schwierigkeiten zu bereiten.

Ich halte es deshalb für weit anschaulicher, an die scheinbaren täglichen Bewegungen der Gestirne anzuknüpfen, und im unmittelbaren Anschluß an deren Behandlung auf den wichtigsten Beweis für die Unrichtigkeit der durch den Augenschein uns aufgedrängten Vorstellung von der Drehung des Himmelsgewölbes überzugehen. Nachdem zunächst durch Erinnerung an die bekannten, bereits in der Mechanik behandelten Bewegungstäuschungen die Möglichkeit und alsdann die große Wahrscheinlichkeit der Erklärung der scheinbaren Himmelsdrehung durch die Drehung der Erdkugel erkannt worden ist, wird die Frage aufgeworfen, wodurch sich die Richtigkeit dieser Vermutung beweisen lassen müßte. Die Kenntnis des Beharrungsvermögens führt dann leicht auf die These, daß, wenn die Sonne wirklich still stände, ein hinreichend lange schwingendes, freies Pendel dem scheinbaren Laufe der Sonne folgen müßte. Die wirkliche Ausführung des Versuches bestätigt nun zwar im allgemeinen diese Voraussage, aber eine längere Beobachtung läßt doch bald einen Unterschied erkennen, indem nämlich die Drehung der Schwingungsebene des Pendels mit constanter, aber so kleiner Geschwindigkeit erfolgt, daß sie in einem Tage nicht vollendet werden könnte, während doch die Sonne nach 24 Stunden einen vollen Umlauf zurücklegt, dabei aber, wie die Schüler bereits (auf Grund der Besprechung von Gnomon und Sonnenuhr) wissen, eine variable Geschwindigkeit der Azimutänderung zeigt. Der vermutliche Grund für diese Disharmonie wird bald gefunden, wenn man darauf hinweist, daß die Sonne schräg am Himmel emporsteigt, während doch das Pendel beim Passieren der Gleichgewichtslage stets horizontal schwingt, sich also nur nach einem im Horizonte befindlichen Stern, der eine feste Marke darstellen mag, richten kann. Der Schüler findet so mit geringer Nachhülfe selbst, daß wir nur den Betrag der Azimutänderung der den Horizont passierenden Sterne zu untersuchen haben, um die Geschwindigkeit der Drehung der Schwingungsebene des Foucaultschen Pendels richtig zu ermitteln.

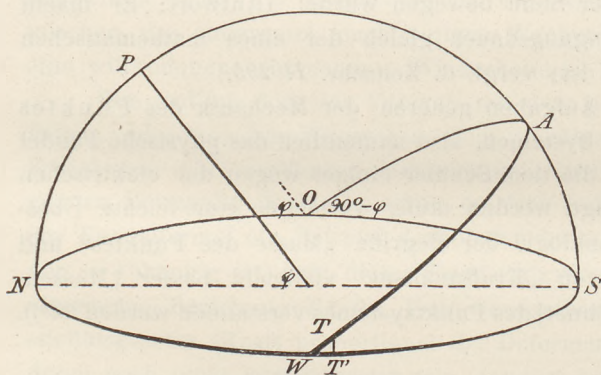


Fig. 1.

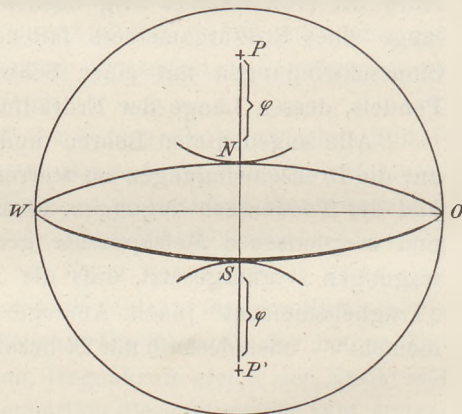


Fig. 2.

Die Erkenntnis der Thatsache, daß diese Azimutänderung am Horizont in allen Himmelsrichtungen dieselbe ist, kann nun zunächst durch Betrachtung der vier Kardinalpunkte vorbereitet werden. Im Osten gehen bekanntlich die Äquatorsterne auf, und da nun der Äquator auf der Weltachse senkrecht steht, schneidet er den Horizont unter dem Neigungswinkel $90^\circ - \varphi$. Während also der Stern selbst in seiner geneigten Bahn in jeder Minute $15'$ fortückt, ist die Änderung seines Azimuts nur die Projektion dieser Strecke, also $15' \cdot \cos(90^\circ - \varphi) = 15' \sin \varphi$. Ebenso verhält es sich am Westpunkte, nur daß hier die Äquatorsterne untergehen. Zeichnet man also eine Figur, wie etwa Fig. 1, an die Tafel, so wird kein Schüler hierbei eine Schwierigkeit finden. Etwas mühsamer gestaltet sich die Betrachtung der meridionalen Hauptpunkte. Hier berühren die von den Sternen mit der Poldistanz φ beschriebenen Parallelkreise den Horizont (Fig. 2). Da nun bekanntlich der Umfang des Parallels von der Deklination δ sich zum Umfang eines Großkreises wie $\cos \delta$

zu 1 verhält, so gilt dies auch für beliebige Bruchteile beider Kreise. Eine Fortbewegung um 15' auf dem den Horizont in N oder S berührenden Parallel entspricht also auf dem Horizont gemessen nur einem Wege von $15' \cdot \cos \delta$. Da nun einer Polistanz q die Deklination $\delta = 90^\circ - q$ entspricht, so erhalten wir für die in jeder Minute stattfindende Azimutänderung am Nord- oder Südpunkte des Horizonts wiederum $15' \sin q$.

Will man nun schliesslich noch für einen beliebigen Punkt des Horizonts den Nachweis führen, daß die Azimutänderung gleich der in Bogen verwandelten Zeit, multipliziert mit dem Sinus der Polhöhe ist, so ist dies mit Hilfe der Fig. 3, die Verf. in einer Vorlesung des Herrn Prof. Galle kennen gelernt hat, ebenfalls unschwer zu erreichen. Bezeichnet man die Deklination des an der Stelle H aufgehenden Sterns mit δ , den Winkel, den sein Deklinationskreis mit dem Horizont bildet, mit β , und den vom Parallel und Horizont eingeschlossenen Winkel mit α , so ist, wenn dt ein Zeitdifferential und dA die zugehörige Azimutänderung bedeuten:

$$HK = dt \cdot \cos \delta,$$

$$dA = HJ = HK \cdot \cos \alpha = dt \cdot \cos \delta \cdot \cos \alpha.$$

Da nun $\beta + 90^\circ + \alpha = 180^\circ$, mithin $\alpha = 90^\circ - \beta$, so ergibt sich jetzt unter Benutzung der einfachsten Formel vom rechtwinklig-sphärischen Dreieck:

$$dA = dt \cdot \cos \delta \cdot \sin \beta$$

$$= dt \cdot \cos \delta \cdot \frac{\sin PN}{\sin PH}$$

$$= dt \cdot \cos \delta \cdot \frac{\sin q}{\cos \delta}, \text{ oder } dA = dt \cdot \sin q,$$

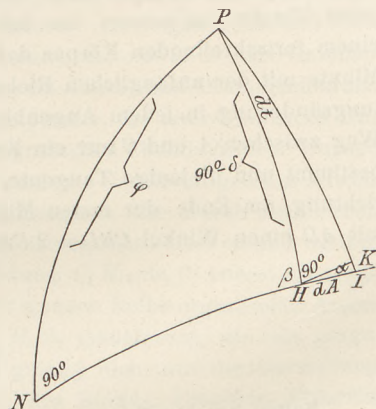


Fig. 3.

also wiederum die Foucaultsche Formel.

Die Lehre von der Ablenkung der Winde und was damit zusammenhängt wird ferner im Zusammenhang mit dem Obigen zu behandeln sein, während die Dovesche, leider noch in vielen Leitfäden der Physik anzutreffende Erklärung der Ablenkung der Passatwinde aus der Veränderung der geographischen Breite gänzlich in Fortfall zu kommen hat. Allerdings ist diese Erklärung in dem speziellen Falle meridionaler Luftströmungen dem Anfänger recht einleuchtend, dafür versagt sie aber gänzlich bei ostwestlichen Winden.

Nun besteht allerdings eine scheinbare Abweichung zwischen der aus unserer Figur für die Azimutänderung eines im Horizont stehenden Sterns abgeleiteten Formel und dem Ergebnis der analytischen Mechanik, daß ein auf horizontaler Ebene sich frei bewegender Körper eine Richtungsänderung vom doppelten Betrage erfährt¹⁾. Dieser Widerspruch ist folgendermaßen zu lösen.

Unter Benutzung der Coriolisschen Kraft wird in der analytischen Mechanik bewiesen, daß ein auf der rotierenden Erde durch einen einmaligen Stofs sich fortbewegender Körper, sofern man von der Krümmung der Erdoberfläche absehen darf, einen Kreis beschreibt, in dem sich der Radius MA (Fig. 4) mit der Winkelgeschwindigkeit $30' \cdot \sin q$ pro Zeitminute dreht. Die neue Lage des Radius nach Ablauf einer Minute sei MC (der Winkel AMC ist der Deutlichkeit wegen in der Figur außerordentlich vergrößert). Alsdann ist natürlich $\angle CBD = \angle AMC$, d. h. die Richtung der Bewegung bildet nach Ablauf der Minute mit der anfänglichen Richtung den Winkel $30' \cdot \sin q$. Denke ich mir aber einen in A zurückgebliebenen Beobachter, so ist der Ort des gestofsenen Körpers nach einer

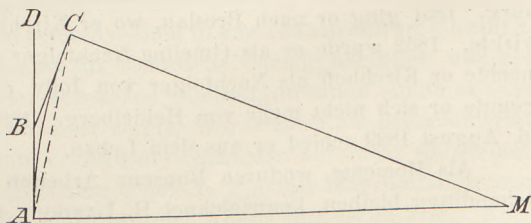


Fig. 4.

¹⁾ Vergl. M. Koppe, diese Zeitschr. X, S. 24.

Minute nicht mehr in der Richtung AD des Stosses, sondern in der Richtung AC zu suchen. Da nun $\angle CAB = \frac{1}{2} CBD$, so scheint also der fortgestossene Körper von A aus um $15' \cdot \sin \varphi$ von seiner Anfangsrichtung abgelenkt, d. h. er scheint dem Stern gefolgt zu sein, der in der Richtung AD im Horizont stand, als der Stoss nach AD erfolgte. Freilich hat sich der Körper nicht längs der Sehne AC , sondern längs des Bogens AC bewegt, da er ja im Anfang den Weg AD einschlug und eine kontinuierliche Richtungsänderung erfuhr, aber für sehr kleine Zeittheilchen kann man Sehne und Bogen als zusammenfallend ansehen. Man kann daher in der Schule die Ablenkung der Winde dadurch erklären, daß die in Bewegung begriffenen Luftmassen ein Richtungs-Beharrungsvermögen besitzen und darum dem scheinbaren Lauf der Sterne folgen. Es mag dann unter Benutzung der Fig. 4 noch darauf hingewiesen werden, daß das Pendel zwar nach jeder halben Schwingung nach A zurückkehrt, also in jeder Minute von neuem um den Winkel $15' \cdot \sin \varphi$ abgelenkt werden muß, daß aber bei einem fortschreitenden Körper der Winkel, den die wirkliche Bewegungsrichtung nach einer Minute mit der anfänglichen Richtung bildet, sich auf $30' \cdot \sin \varphi$ beläuft. Denn da die Richtungsänderung in jedem Augenblick den gleichen Wert haben muß, so kann der wirkliche Weg zwischen A und C nur ein Kreisbogen sein. Dieser Kreis ist durch Sehne und Tangente bestimmt und diejenige Tangente, welche in C den Kreis berührt und daher die Bewegungsrichtung am Ende der ersten Minute darstellt, bildet nach elementargeometrischen Sätzen mit AD einen Winkel $CBD = 2 CAD = 30' \cdot \sin \varphi$.

Robert Bunsen †.

Selten hat ein Forscherleben so reiche Früchte gezeitigt, noch seltener wohl hat die Arbeitskraft eines Einzelnen so weitgreifend auf die verschiedenartigsten Gebiete der Wissenschaft und auch der Technik eingewirkt, wie dies bei Bunsen der Fall ist. Das Vielseitige der Schaffensthätigkeit Bunsens muß am meisten unsere Bewunderung erregen. Er hat nicht nur als genialer Chemiker seine Wissenschaft durch neue Methoden und bedeutsame Entdeckungen bereichert, sondern leistete ebenso Hervorragendes in der Physik und Geologie, in der metallurgischen Technik und in der spezielleren Laboratoriumspraxis. Fast ebenso hoch wie seine wissenschaftlichen Leistungen ist seine Thätigkeit als Lehrer anzuschlagen; er war Meister in der Mitteilung seines reichen Wissensschatzes, seiner umfassenden praktischen Erfahrungen.

Bunsen ist am 31. März 1811 zu Göttingen geboren, wo sein Vater Lehrer der neueren Sprachen und Bibliothekar an der Universität war. Mit 17 Jahren bezog er die Universität und studierte Chemie, Physik und Geologie in Göttingen, Paris, Berlin und Wien. 1831 promovierte er zu Göttingen mit einer Dissertation über Hygrometer, deren Thema er vorher als Preisarbeit behandelt hatte. Mit 22 Jahren habilitierte er sich in Göttingen. Im Herbst 1836 wurde er als Dozent an die Gewerbeschule in Cassel berufen, 1838 als Professor nach Marburg. 1851 ging er nach Breslau, wo er Kirchhoff kennen lernte, der dort als Privatdozent wirkte. 1852 wurde er als Gmelins Nachfolger nach Heidelberg berufen und schon 1854 vermochte er Kirchhoff als Nachfolger von Jolly dorthin zu ziehen. Trotz mehrfacher Rufe trennte er sich nicht mehr von Heidelberg. 1889 zog er sich in den Ruhestand zurück, am 16. August 1899 schied er aus dem Leben.

Als Momente, wodurch Bunsens Arbeiten für immer Muster echt wissenschaftlicher Behandlung bleiben, kennzeichnet H. LANDOLT das Ringen nach vollständig einwandfreien Resultaten, und demgemäß die umsichtigste Überlegung sowie musterhaft genaue Ausführung aller Versuche; hierzu kommt seine wunderbare Geschicklichkeit in der Überwindung experimenteller Hindernisse und die Gabe, neue Methoden und neue Apparate mit äußerst einfachen Mitteln zu construieren¹⁾. Von seiner Persönlichkeit entwirft H. JAHN ein treffliches

¹⁾ Berichte d. d. chem. Ges. 1899 No. 114. S. 2539.

Bild²⁾. Grundzüge von Bunsens Wesen waren große Einfachheit, Bescheidenheit und in der Form stets schonungsvolle, in der Sache unerbittliche Wahrhaftigkeit; dazu paarte sich eine wohlwollende Gutmütigkeit mit schalkhaftem Humor. Das Verhältnis der Schüler, mit denen er sich intensiver beschäftigte, war wie das von Söhnen zu einem väterlichen Freunde. Sein Benehmen war dem Höchsten wie dem Niedrigsten gegenüber stets das gleiche; er blieb auch als Excellenz der selbstlose, schlichte Gelehrte.

Eine ausreichende Würdigung seiner ganzen Thätigkeit verbietet der beschränkte Raum. Es soll nur versucht werden, einen Überblick über seine wichtigsten Arbeiten zu geben, wobei wir mehrfach einem ausführlichen Nachruf von RICHARD MEYER³⁾ folgen, und zwar, so weit dies durchführbar ist, nach Disziplinen geordnet.

Seine chemischen Publikationen beginnen 1834 mit einer Schrift über das Eisenhydroxyd als Gegenmittel bei Vergiftungen mit arseniger Säure. Es folgen 1837 und 1838 Mitteilungen über Verbindungen der Ferrocyanalze mit Ammoniak, sowie — als Habilitationsschrift — über Doppelsalze des Ferrocyanammoniums mit Chlor- und Bromammonium. Gleichzeitig beginnen seine Untersuchungen über die Kakodylreihe, die zuerst Bunsens Ruf begründeten und einen Markstein in der Geschichte der organischen Chemie bilden. Bunsen isolierte — in der Absicht, gewisse, dem Stickstoff analoge organische Verbindungen des Arsens zu finden — aus einer von Cadet schon 1760 entdeckten Flüssigkeit, die durch Destillation essigsaurer Salze mit arseniger Säure entsteht und durch ekelerregenden Geruch und weitere gefährliche Eigenschaften gekennzeichnet war, eine Verbindung $C_4 H_{12} As_2 O$, zuerst Alkarsin, später Kakodyloxyd genannt, die der Ausgangspunkt einer ganzen Reihe organischer Arsenverbindungen wurde. Allen diesen ist die Atomgruppe $C_2 H_6 As$ gemeinsam, die als „organisches Radikal“ den Namen Kakodyl = Kd erhielt. Es gelang nicht nur die Darstellung des erwähnten Oxyds ($Kd_2 O$), der Kakodylsäure ($Kd O_2 H$), des Sulfids, Disulfids, Chlorids, Oxychlorids, Bromids, Jodids und Cyanids ($Kd Cy$), sondern vor allem die des freien Kakodyls = $(C_2 H_6 As)_2$. Sie wurde eine der Hauptstützen der damals lebhaft erörterten Radikaltheorie; von den zumeist rein hypothetisch angenommenen Radikalen waren damals nur zwei direkt nachgewiesen, von Gay-Lussac das freie Cyan (CN), von Liebig und Wöhler die als Benzoyl bezeichnete Atomgruppe $C_7 H_5 O$. — 1848 erschien eine Arbeit über die quantitative Bestimmung des Harnstoffs, 1852 über den explosiven Jodstickstoff. Gleichzeitig teilte er die Methode der Darstellung von Mg durch Elektrolyse des geschmolzenen Chlorids mit, später die elektrolytische Gewinnung von Al , Cr , Mn , Ca , Sr , Ba und Li . Darauf folgte die Einführung der Jodometrie in die Mafsanalyse. Mehr historisches Interesse haben die umfangreichen Untersuchungen zur chemischen Theorie des Schießpulvers. Es folgten Arbeiten über das Cer und über die Trennung von As und Sb . In einer Arbeit über „Lötrohrversuche“ (1859), sowie einer späteren über „Flammenreaktionen“ zeigte er, daß viele Reaktionen, zu denen man sonst des Lötrohrs bedurfte, sich einfacher mit seinem Brenner hervorbringen ließen. Später folgten noch Untersuchungen über das Yttrium und Erbium, sowie (1868) über die Platinmetalle, besonders das Rhodium. Auch an der Ausbildung der organischen Elementaranalyse hat Bunsen erfolgreich mitgewirkt.

Bedeutungsvoll für die Industrie wurden seine Arbeiten in der technischen Chemie. Hatte er sich doch ursprünglich als Privatdozent für technische Chemie habilitiert und als solcher von 1834–36 gewirkt. Im Auftrage der hessischen Oberbergdirektion stellte er 1839 Untersuchungen über die Hochofengase an, wobei er zeigte, wie letztere als Brennmaterial verwendet werden könnten, ebenso untersuchte er 1840 die Gichtgase an einem Mansfelder Kupferschieferofen. 1847 veröffentlichte er gemeinsam mit L. Playfair eine umfangreiche Arbeit über den Prozeß der englischen Roheisenbereitung. Diese zumeist in Pogg. Ann. veröffentlichten Arbeiten wurden der Ausgang zu seinen berühmten „Gasometrischen Methoden“, die 1857 erschienen.

Für seine Leistungen in der Geologie legte eine Reise nach Island, woselbst er sich

²⁾ Deutsche Revue v. R. Fleischer, Nov.-Heft 1899.

³⁾ Naturwiss. Rundschau 1900 Heft 1–3.

mehrere Monate aufhielt, den Grund. Von den reichen wissenschaftlichen Ergebnissen dieser Reise ist am bekanntesten geworden seine Theorie des Geysirphänomens, die davon ausgeht, daß unter dem Druck der Wassersäule im Geysirrohre die Siedetemperatur des Wassers bedeutend höher liegt als bei 100°. Bunsen hatte gemeinsam mit Descloiseaux tatsächlich in der Tiefe des Geysirrohres Temperaturen bis zu 127,5° gemessen. Ferner untersuchte er eingehend die vulkanischen Gesteine Islands und stellte darüber eine eigene Theorie auf. Im Anschluß hieran bearbeitete er eine wichtige physikalische Frage: die Abhängigkeit der Erstarrungstemperatur einer Flüssigkeit vom Druck. Nachdem J. Thomson dieselbe aus der mechanischen Wärmetheorie gefolgert und W. Thomson sie für Wasser zwischen 0 und 16,8 Atm. Druck experimentell bewiesen hatte, bestätigte Bunsen dieses wichtige Naturgesetz durch Versuche mit Walrat und Paraffin bis zu einem Druck von 156 Atm. Seine Folgerungen hieraus für die eruptiven Gesteine, bei denen der Druck bis zu Tausenden von Atmosphären steigen kann, gehören heute zu den festen Grundlagen der Gesteinslehre. Später beschäftigten ihn noch andere geognostische Arbeiten, besonders sehr zahlreiche Mineralanalysen.

Von seinen Arbeiten über Physik und physikalische Chemie seien, abgesehen von seiner Dissertation, zuerst die gemeinsam mit Roscoe ausgeführten photochemischen Untersuchungen erwähnt, die Ostwald als „das klassische Vorbild für alle späteren Arbeiten auf dem Gebiete der physikalischen Chemie“ bezeichnet. Es werden darin die Gesetze für die chemisch wirksamen Strahlen, deren Reflexion, Absorption und „photochemische Extinktion“ näher ausgeführt. Als Versuchsobjekt diente hauptsächlich das Chlorknallgas. In diesen Abhandlungen sind zuerst zwei Apparate beschrieben, die Bunsens Namen besonders populär gemacht haben, der Bunsensche Gasbrenner und das Bunsensche Photometer. — Etwa 1840 veröffentlichte er die Konstruktion des nach ihm benannten constanten galvanischen Elementes. Seiner dadurch ermöglichten elektrochemischen Arbeiten ist schon oben gedacht worden. 1860 erfolgte nun die Entdeckung, die Bunsens Namen zusammen mit dem Kirchhoffs unsterblich gemacht hat, die Spektralanalyse; die erste Abhandlung trägt den Namen „Chemische Analyse durch Spektralbeobachtungen“. Was den Anteil Bunsens betrifft, so war er es, der sich bereits einige Zeit vorher mit der Verwendung der Flammenreaktionen verschiedener Salze zu analytischen Zwecken beschäftigt hatte und so den Anlaß zu der gemeinsamen Untersuchung gab. R. MEYER weist noch darauf hin, daß Bunsen schon 1844 die Linienspektren des mittels seiner Batterie zwischen verschiedenen Metallspitzen erzeugten Lichtbogens beobachtete. Wie Kirchhoff, veranlaßt durch die Untersuchung, sein berühmtes Absorptionsgesetz und die Erklärung der Fraunhoferschen Linien fand, ist hier nicht näher auszuführen. Bunsen fiel die weitere Bearbeitung der durch das neue Hilfsmittel erschlossenen chemischen Probleme zu; er entdeckte in der Mutterlauge des Dürkheimer Soolwassers das Caesium und in dem sächsischen Lepidolith das Rubidium. Das Atomgewicht und etliche Verbindungen dieser seltenen Elemente wurden unter großen Mühen und unter Bearbeitung enormer Mengen der genannten Rohstoffe ermittelt. Die spektralanalytische Untersuchung ergab ferner, daß das für sehr selten gehaltene Lithium einen zwar geringfügigen, aber sehr häufig auftretenden Bestandteil vieler Mineralien bildete. Später wurde auch das Didym und Lanthan genauer untersucht, wie sich denn die spektroskopischen Arbeiten weit in die siebziger Jahre hineinziehen. — 1865 stellte er Untersuchungen über die Thermoelektrizität von Pyrolusit und Kupferkies an. 1868 konstruierte er die Wasserluftpumpe, die in etwas abgeänderter Form heut in keinem Laboratorium fehlt. 1870 erfolgte die Beschreibung seines Eiskalorimeters, das auf dem Prinzip beruht, „die Menge des durch Wärmezuführung geschmolzenen Eises an der Volumenverminderung zu messen, welche dieses Eis bei der Schmelzung erleidet“. Der Apparat wurde von ihm u. a. zur Bestimmung der spezifischen Wärme des nicht lange vorher spektroskopisch entdeckten Indiums verwendet. Zu Anfang der 80er Jahre stellte er noch zeitraubende Versuche über die Adhäsion von Gasen an blanken Glasflächen an, und endlich im Jahre 1887 bringen die Ann. der Ph. u. Ch. die letzte Publikation des großen Forschers, die Abhandlung über das Dampfkalorimeter.

Da Bunsen leider nicht die Zeit gefunden hat, seine in verschiedenen Zeitschriften verstreuten Abhandlungen selbst zu sammeln, etwa wie Helmholtz und Kirchhoff dies thaten, so regt H. JAHN (a. a. O.) an, daß eine Neuherausgabe seiner Werke seitens seiner Schüler in die Hand genommen werde — in ähnlicher Weise, wie Frankreich und Belgien durch die monumentale Ausgabe der Werke Lavoisiers und Stas' vorangegangen sind. „Der Sinnesart des nur der Wissenschaft lebenden Altmeisters wäre dieses Denkmal jedenfalls gemäßer, als irgend ein anderes es jemals sein könnte.“ Es ist im allgemeinen Interesse zu wünschen, daß diese Idee Anklang und baldige Verwirklichung finden möge. *O. Ohmann.*

Über die elektrische Batterie.

Von

Konrad Dunker und Alexander Behm in Hadersleben.

Bei unsern gemeinsamen Versuchen (vergl. Schulprogramm des Königlichen Gymnasiums in Hadersleben, Ostern 1899 und diese Zeitschrift, XII, 272; 1899) kam Behm gelegentlich auf den Gedanken, eine Batterie elektrischer Flaschen aus großen Säureballons herzustellen, die sich wegen ihrer hohen Isolationsfähigkeit zu elektrischen Zwecken gut eignen. Wir verschafften uns zu dem mäßigen Preise von 50—60 Pfg. das Stück elf solcher Ballons, sprengten etwa auf halber Höhe in jeden ein Loch, so daß wir mit dem Arm ins Innere gelangen konnten, belegten sie innen und aussen mit Stanniol und stellten uns so eine Batterie Leydener Flaschen her, deren jede etwa 5000 qcm einseitiger Belegung besaß; wir hatten also im ganzen eine belegte Fläche von etwa 110000 qcm zur Verfügung.

Jede Flasche kam uns auf kaum eine Mark zu stehen. Das Einsprengen der Öffnung geschah am günstigsten, indem längs eines in sich zurücklaufenden Kreidestriches das Glas der Flasche mit der Stichflamme eines Lötrohres stark erhitzt und über die erhitzten Stellen dann plötzlich mit einem nassen Tuche gefahren wurde. Meist sprang das bezeichnete Glasstück dann ziemlich regelmäßig aus. Risse außerhalb der Linie wurden mit Siegellack verkittet. Solche Risse entstanden gelegentlich beim Sprengen, aber auch später infolge durchschlagender Funken.

Zwei solcher Flaschen benutzten wir bereits bei den in dieser Zeitschrift a. a. O. beschriebenen Versuchen mit der Influenzmaschine. Die vorliegende Arbeit soll nun die weiteren Versuche wiedergeben, die wir mit der Batterie anstellten, indem wir sie unter Anwendung eines Induktors constant luden (vergl. Müller-Pouillet, 1881 III, S. 654 Fig. 588). Bevor zur Beschreibung der Versuche selbst übergegangen wird, halten wir es für angebracht, die Vorgänge beim Laden einer Batterie unter verschiedenen Umständen ins Auge zu fassen.

In Fig. 1 ist *C* der Konduktor der Reibungs-Elektriersmaschine. Das Reibzeug und die äußere Belegung sind zur Erde abgeleitet. Dies ist die einfachste Art eine Flasche zu laden. Der Entladungsfunke ist hellglänzend, weil bei nicht großer Schlagweite die Menge der übergehenden Elektrizität eine sehr bedeutende ist; die Bahn dieses intensiv weissen Funkens ist geradlinig.

In Fig. 2 (und im Folgenden) sind *c* und *c*₁ die Konduktoren einer Influenzmaschine. Anstatt wie auch in Fig. 1 die geladene Flasche durch den Auslader mit der Hand zu entladen, kann man in Fig. 2 die Konduktoren auf Schlagweite einstellen. Dann erfolgen in bestimmten Zwischenräumen Selbstentladungen mit den bei Fig. 1 charakterisierten Funken zwischen *c* und *c*₁.

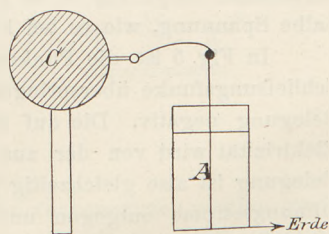


Fig. 1.

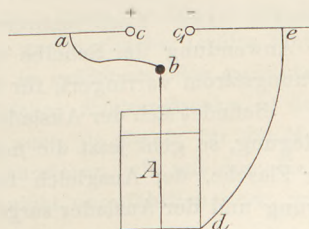


Fig. 2.

die Stromrichtung ist auf den Strecken ab und de bei der Entladung derjenigen bei der Ladung der Flasche entgegengesetzt.

Bei der Anordnung in Fig. 3 wird die Flasche A innen positiv, B negativ geladen, durch Influenz wird dann die äußere Belegung von A negativ, von B positiv; ein Ausgleich der abgestoßenen Elektrizitäten der äußeren Belegung findet im Verbindungsdraht d statt, wobei die Elektrizität von A nach B strömt. Bei den Selbstentladungen zwischen c und c_1 sind im Verbindungsdraht d elektrische Bewegungen in der Richtung von B nach A vorhanden.

Bei gleicher Schlagweite in den Fig. 2 und 3 springen in letzterer die Funken wegen der doppelten Spannung doppelt so schnell, aber mit halber Stromstärke über als in Fig. 2, weil die Maschine in gleicher Zeit in beiden Fällen dieselbe Elektrizitätsmenge liefert. Fehlt in Fig. 3 der Verbindungsdraht d , so sind die Funken zwischen c und c_1 nicht von der bei Fig. 1 beschriebenen Art, sondern violett und büschelförmig, weil die Entladung dann bedeutend verlangsamt ist.

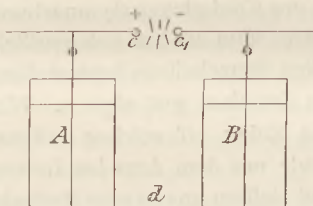


Fig. 3.

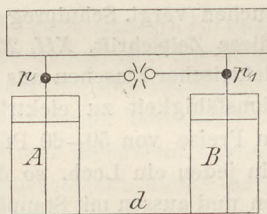


Fig. 4.

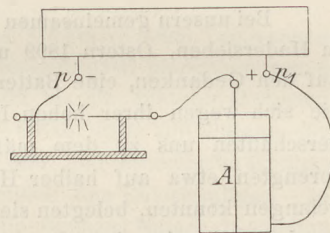


Fig. 5.

In Fig. 4 und im Folgenden sind p und p' die Pole der Sekundärspule eines Induktors. Die Schließungs- und Öffnungsfunken treten kurz, blendendweiß und knallend in der bei Fig. 1 angegebenen Art regelmäßig auf. Lässt man bei dieser Anordnung die Funkenstrecke fort, so findet nicht, wie bei Fig. 2, ein constantes Laden der Flaschen statt, weil sich sowohl die vom Öffnungs- als auch vom Schließungsstrom in die Flaschen geschafften Elektrizitäten nach der Öffnung und auch nach der Schließung sofort in der Sekundärspule wieder ausgleichen, während die Influenzmaschine bei ihrer ununterbrochenen Wirkungsweise in Fig. 2 constant ladet.

Fehlt in Fig. 4 die Flasche B und wird die äußere Belegung von A mit dem Pole p_1 verbunden (vergl. Fig. 2), so gilt das Gesagte auch hier; wir haben dann aber auch nur die halbe Spannung, wie es bei Fig. 3 ausgeführt ist.

In Fig. 5 ist die Funkenstrecke so weit gestellt, daß der Öffnungs-, nicht aber der Schließungsfunke überspringen kann. Der Öffnungsstrom ladet in diesem Falle die innere Belegung negativ. Die auf der äußeren Belegung durch Influenz frei werdende negative Elektrizität wird von der aus dem Pole p_1 strömenden positiven neutralisiert; die äußere Belegung ist also gleichzeitig positiv elektrisch geworden. Der Schließungsstrom wirkt dem Öffnungsstrom entgegen und schwächt daher die Ladung der Flasche. Der als Ladung verbleibende Rest ist aber größer als die Differenz des Öffnungs- und Schließungsstromes, weil für letzteren der Widerstand im Auslader so groß gewählt ist, daß er nicht überspringen kann. Nach mehreren Unterbrechungen ist die Flasche constant geladen. Durch die Anwendung der Scheibe und Spitze wird der Widerstand der Funkenstrecke für den Öffnungsstrom verringert, für den Schließungsstrom noch mehr erhöht.

Befindet sich der Auslader nicht in der Leitung zur inneren, sondern in der zur äußeren Belegung, so geht jetzt die negative Elektrizität ohne Funkenstrecke in die innere Belegung der Flasche, der Ausgleich findet durch die Funkenstrecke statt. Wäre die äußere Belegung und der Auslader sorgfältig isoliert und ein Verlust durch Strahlung nicht vorhanden, so wäre es einerlei, ob der Auslader in der einen oder der andern Zuleitung sich befindet. Weil aber die äußere Belegung abgeleitet ist, so ist der Verlust, welcher durch Strahlung, schlechte Isolation und den Widerstand der Funkenstrecke selbst entsteht, nicht von Nach-

teil: die dann von p zugeführte Elektrizität wird die abgestossene der äußeren Belegung nicht vollständig neutralisieren, sondern es wird ein Teil derselben zur Erde abfließen. Hat der Auslader dagegen die Stellung der Fig. 5, so geht ein Teil der vom Induktor in die innere Belegung gesandten Elektrizität im Auslader thatsächlich verloren. Es ließe sich gegen die Stellung des Ausladers in der Leitung zur äußeren Belegung anführen, daß bei derselben auch der Schließungsstrom in die Flasche gelangt und so mehr schadet als in der Anordnung der Fig. 5. Und doch ist es zweckmäßiger, die Funkenstrecke in der Leitung nach der äußeren Belegung zu haben, weil der Öffnungsstrom an sich weit kräftiger ist als der Schließungsstrom; werden beide in demselben Verhältnis in ihrer Wirkung verstärkt, so ist dabei der Zuwachs des ersteren bedeutender als der des letzteren, also überwiegt, wenn die Funkenstrecke in der Leitung zur äußeren Belegung sich befindet, der Nutzen des in die innere Belegung fließenden verstärkten Öffnungsstroms den Schaden des in diese gelangenden verstärkten Schließungsstroms.

Die Fig. 6 entspricht der Fig. 3, wenn die Ladung nicht durch die Influenzmaschine, sondern durch ein Induktorium mit Funkenstrecke a in der einen Zuleitung geschieht. Mit den Ladungsfunken bei a haben wir gleichzeitig Funken bei c , und zwar ist die Richtung dieser elektrischen Bewegung dieselbe wie bei a . Tritt dann bei b der Entladungsfunke auf, so ist ebenfalls gleichzeitig bei c ein Funke, und zwar ist die Richtung dieser Bewegung dieselbe wie bei b , also entgegengesetzt wie vorher und wie die bei a .

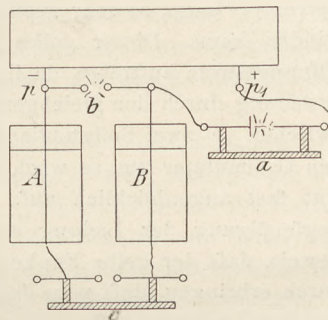


Fig. 6.

Versuche mit der Batterie von 110 000 qcm Belegung.

Nachdem wir im Vorhergehenden die Arten, eine Flasche zu laden, dargestellt haben, können wir jetzt ohne weiteres die Beschreibung der Versuche vornehmen.

In Fig. 7 sind 3 Säureballons parallel geschaltet; sie wirken also wie eine einzige Flasche von 15 000 qcm einseitiger Belegung. s sind mit Stanniol beklebte Pappstücke.

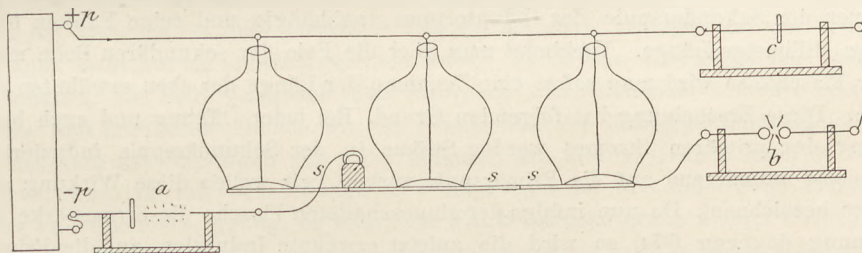


Fig. 7.

Während in Fig. 5 die Entladung mit einem Handauslader vorgenommen werden muß, erfolgt sie in Fig. 7 selbständig im Auslader b (die Spitzen des Ausladers c sind vorläufig zusammengestellt). Diese Anordnung empfiehlt sich auch noch aus folgenden Gründen: Die Flaschen sind mehr gegen das Durchschlagen geschützt. Man kann die Größe der Entladungsfunken nach Belieben regulieren und verschiedene von genau gleicher Größe hintereinander verwenden. Je nach der Länge erfolgen die Funken in größeren oder geringeren Zwischenräumen, wobei die Stärke der Entladungen bei gleicher Funkenstrecke in demselben Auslader stets gleich ist, daher dient die Anordnung auch als Ersatz für die Meßflasche. Man braucht nicht in der Nähe der Belegungen zu hantieren, wie mit dem Handauslader, und ist also vor elektrischen Schlägen, die hier nicht ungefährlich sind, mehr geschützt.

Stellt man die Funkenstrecke b über Schlagweite, so erfolgt die Entladung der Batterie durch die Funkenstrecke a , oder um den Rand einer Flasche herum oder gar durch das

Glas, wenn nicht eine Entladung der Batterie mit einem Auslader vorgenommen wird. Dabei behalten die Funken in den beiden letzten Fällen ihre charakteristischen Eigenschaften, dagegen hat der in *a* auftretende Selbstentladungsfunke ganz andere Eigenschaften. Wird die Funkenstrecke *b* auf Schlagweite gestellt, so ist der Funke in derselben kurz, dick, glänzend weiß und knallend; der Entladungsfunke bei *a* ist bedeutend länger, schmaler und gelb, auch verursacht er nur ein geringes Geräusch. Der Grund für dieses veränderte Aussehen liegt hauptsächlich darin, daß die Ladung der Flasche in diesem Falle gezwungen ist, die sekundäre Spule des Induktoriums zu durchlaufen, wodurch infolge der Selbstinduktion die Spannung, die sich durch die Verteilung der Elektrizität auf die Flasche bedeutend verringert hatte, so sehr gesteigert wird, daß die Elektrizität die Funkenstrecke in *a* überwinden kann. Dieser gelbe Funke wird unter keinen Umständen gleichzeitig mit dem Öffnungsstrom auftreten, da ihre Richtungen entgegengesetzt sind, dagegen wird die Selbstentladung durch den gleichgerichteten Schließungsstrom begünstigt. Zählt man die Sekunden zwischen je zwei Selbstentladungen durch die Strecke *a* und stellt kurz vor einer solchen den Commutator um, so wird die Selbstentladung dadurch beschleunigt und der gelbe Funke tritt fast augenblicklich auf. Die Anwendung der Scheibe und Spitze im Auslader *a* zur Begünstigung der Ladung erschwert gleichzeitig die Selbstentladung durch diese. Der Beweis, daß der gelbe Funke eine Entladung der Batterie herbeiführt, läßt sich leicht dadurch erbringen, daß man den Induktor kurz nach einer solchen abstellt und die Flaschen auf ihre Ladung prüft. Sie werden sich dann meist als nicht oder nur wenig geladen erweisen.

Da der Entladungsstrom der Flasche nach dem Lenzschen Gesetze dem Ladungsstrom des Induktors entgegengesetzt ist, so muß die geladene Flasche dem Induktorium entgegenarbeiten. Dies erkennt man schon daran, daß bei zunehmender Ladung der Flasche die Funken in *a* langsamer überspringen, dagegen nach einer Entladung sofort sichtbar schneller. Auch der Hammer des Quecksilberunterbrechers arbeitet nach der Entladung schneller als vor derselben, was leicht am rasseln des Geräusch desselben zu hören ist.

Bekanntlich besitzt jedes größere Induktorium einen Condensator, um den beim Öffnen der galvanischen Kette entstehenden Extrastrom aufzunehmen, der dann beim Schließen im Unterbrecher wieder ausgeglichen wird. Dieser Extrastrom ist in seiner Entstehung von der Sekundärspule des Induktoriums unabhängig und seine Funken betragen nur einige Millimeter Länge. Verbindet man aber die Pole der sekundären Rolle mit einer Leydener Flasche, so wird man sofort eine Zunahme der Länge der eben erwähnten Funken bemerken. Diese Erscheinung hat folgenden Grund. Bei jeder Öffnung und auch bei jeder Schließung des primären Stromes werden Ströme in der Sekundärspule induziert; diese werden selbst induzierend auf die Primärspule wirken (wir wollen diese Wirkung als eine „tertiäre“ bezeichnen). Da nun infolge der eingeschalteten Flasche die Stromstärke wächst, die Spannung dagegen fällt, so wird die zuletzt erwähnte Induktion auf die Primärrolle einen größeren Wert annehmen. Die Länge des erwähnten Funkens des Tertiärstromes betrug bei 11 großen Flaschen etwa $3\frac{1}{4}$ cm.

Da die Condensatoren der Induktorien zur Aufnahme derartiger Ströme nicht eingerichtet sind, so werden dieselben die Leistung des Induktoriums beeinträchtigen; daß dieses der Fall ist, läßt sich leicht durch einen Versuch zeigen. Stellt man die Funkenstrecke *b* so weit, daß eben Selbstentladung in *a* auftritt, so kann man den Funken im Auslader *b* wieder auftreten lassen, indem man den Condensator (d. h. den einen Pol der Primärspule) zur Erde oder zur Gasleitung ableitet. Die von uns als tertiäre bezeichneten Ströme machten sich, als wir sie noch nicht zur Erde abgeleitet hatten, infolge ihrer bedeutenden Spannung höchst lästig, da man jedesmal beim Ab- und Anstellen des Induktoriums einen recht empfindlichen Schlag erhielt. Legten wir ein Blatt Papier in der Nähe des Induktors auf den Tisch, darauf eine Glasplatte und darüber ein zweites Blatt, so konnte man durch Verbindung der Blätter dieser Franklinschen Tafel Funken erhalten. Stellte sich eine Person in die Nähe der Flaschen, so konnte man kleine Funken aus den Fingerknöcheln ziehen.

War der Condensator an die Gasleitung angeschlossen, so gaben alle möglichen Gegenstände im Zimmer Funken, z. B. die ganze Gasleitung im Zimmer, die galvanischen Elemente, der eiserne Ofen, das eiserne Gestell der Dynamomaschine, sowie Kneifzangen, Feilen und Drähte, die in etwa 2–3 Meter Entfernung auf einem hölzernen Borte lagen.

Es ist schon erwähnt, daß man durch den Auslader *b* der Fig. 7, wie durch die Maßflasche, in den Stand gesetzt wird, bei wiederholten Versuchen jedesmal eine gleiche Ladung zu verwenden und auch die bei ungleichen Ladungen angewandten Elektrizitäten abzumessen, weil die Schlagweite einer Flasche oder Batterie der Dichte der in der inneren Belegung angehäuften Elektrizität proportional ist. Dies gilt aber nur, so lange die Gestalt derjenigen Stellen, zwischen denen die Entladung stattfindet, sich nicht ändert. Es ist also notwendig, daß der Auslader derselbe bleibt, wenn die Funkenstrecke *b* die Meßflasche ersetzen soll, und daß bei Verwendung von Scheibe und Spitze die gegenseitige Stellung beider nicht geändert wird.

Zur Erklärung möge folgender Versuch dienen. Stellten wir den Auslader *b* der Fig. 7, dessen Pole Zinkkugeln von 2 cm Durchmesser waren, so weit, daß gerade noch ein Funke übersprang, so konnten wir bei Kugeln von nur $\frac{3}{4}$ cm Durchmesser die Funkenstrecken im Auslader fast um die Hälfte vergrößern. Wurden Scheibe und Spitze angewandt, so konnte die Entfernung fast doppelt so groß wie im ersten Falle sein, doch mußten dann die Auslader *b* und *a* die umgekehrte Stellung haben, da die Stromrichtungen des Ladungs- und Entladungsstromes entgegengesetzt sind. Es war also die Spitze des Ausladers *a*, dagegen die Scheibe des Ausladers *b* mit der inneren Belegung verbunden.

In allen drei Fällen war die Funkenstrecke *b* auf Maximal-Schlagweite gestellt, d. h. eben vor Eintritt der Selbstentladung durch die Funkenstrecke *a*; daher war die sich im Auslader ausgleichende Elektrizitätsmenge in den drei Fällen dieselbe, weil die Selbstentladungen durch die Funkenstrecke *a*, so lange diese dieselbe bleibt, bei gleicher Batterie-entladung eintreten. Wenn man bei Anwendung verschiedener Auslader für die Strecke *b* eine gleiche Funkenlänge wählt, so springen demnach verschiedene Elektrizitätsmengen über.

Ist das Zimmer verdunkelt, so nimmt man bei einer Entladung in *b* plötzlich einen Strahlenkranz am Rande der Belegungen wahr, der sich über den ganzen Glasrand ausdehnt. (Der Rand der Flaschen war nur 5 cm breit, da es uns nicht auf hohe Spannung ankam, die übrigens bei einer derartigen Batterie mit einem Induktorium von 25 cm Funkenlänge auch nicht gut zu erzielen gewesen wäre.) Es ist dies eine Folge der Oszillation der Elektrizitäten, die beim Ausgleich nicht sofort zur Ruhe kommen, sondern noch eine Zeit lang hin- und herfließen, ähnlich wie ein Pendel über die Ruhelage hinauschießt und erst nach mehreren Schwingungen zur Ruhe kommt. Aus diesem Grunde kann es vorkommen, daß gleichzeitig mit dem Funken in *b* ein Funke um den Rand einer Flasche schlägt. Um das zu verhindern, genügt es meist, die Funkenstrecke etwas kleiner zu nehmen.

In Fig. 7 befindet sich außer der Funkenstrecke *b* noch eine andere, *c*; ihre Pole waren bei den bisherigen Versuchen zusammengestellt, so daß sie nur ein Stück der Leitung bildeten, die Funkenstrecke *c* dient dazu, Gegenstände einzuschalten, durch die ein Entladungsschlag geführt werden soll. Schalteten wir z. B. ein gewöhnliches Galvanometer zwischen die Pole von *c*, so erhielten wir einen Ausschlag von etwa 15° im Augenblicke der Entladung. Ein Wasserzersetzungsgalvanometer (angefertigt nach Müller-Pouillet a. a. O. III 1 S. 200), bei *c* eingeschaltet, zeigte im Augenblicke der Entladung Gasentwicklung. Bei diesen Versuchen, empfiehlt es sich die Funkenstrecke *b* nicht zu groß zu nehmen, da sonst der Apparat durch einen überschlagenden Funken zersprengt werden kann. Auch um verschiedene Metalle auf Glas einzuschmelzen, bedienten wir uns des Ausladers *c*. Wir nahmen beispielsweise einen Streifen echten Blattgoldes und preßten ihn zwischen zwei Glastafeln in einer Schraubzwinge fest. Brachten wir nun die etwas vorstehenden Enden des Streifens mit den Kugeln von *c* in Verbindung und leiteten einen Entladungsschlag durch diese Vorrichtung, so wurde das Gold durch den Funken verflüchtigt und die Dämpfe auf dem Glase als Purpurgold eingeschmolzen. Meist wird dabei jedoch das Glas zertrümmert, daher darf

man die Funken nicht zu groß nehmen und die Schraubzwinge nur mäßig anziehen. Es gelang uns auch, Platin, Eisen, Kupfer, Messing, Blei, Zinn und Zink zu verflüchtigen, doch bedurften wir dabei einer etwas stärkeren Ladung als beim Einschmelzen des Goldes, da die Blättchen, von uns selbst durch Hämmern und Ätzen in Säuren hergestellt, nicht ganz so dünn wie das Blattgold waren. Das im Glase eingeschmolzene Metall zeigte im auffallenden Lichte die charakteristischen Farben der Metalle, im durchfallenden Lichte dagegen erschien Gold purpurrot, Platin grau, Eisen schwarz, Kupfer rotbraun, Messing purpurrot (wie Gold), Blei grauschwarz, Zinn (Stanniol) graubraun und Zink grau. Wir stellten diese Versuche später auch mit 11 Flaschen an, doch wurde dabei meistens das Glas zu Staub zertrümmert; auch war eine Verletzung durch umherfliegende Glassplitter in der Entfernung von einigen Metern nicht ausgeschlossen.

Bevor wir zu weiteren Versuchen mit 11 Flaschen übergehen, mag erst eine Beschreibung der Anordnung Platz finden. Auf dem Experimentiertische standen außer dem Induktorium und der galvanischen Batterie nur die drei Auslader *a*, *b* und *c*. Die Batterie selbst, die einen Raum von etwa 6 qm beansprucht, stand hinter dem Tische in zwei Reihen und zwei Gruppen zu 5 und 6 Flaschen auf der Erde. Die Zuleitungsdrähte vom Induktorium, sowie die Drähte nach den Ausladern waren durch Kautschuk gut isoliert, um einerseits einen Verlust durch Strahlung zu vermeiden, andererseits uns vor elektrischen Schlägen zu schützen. Sämtliche Leitungsdrähte waren ihrer Länge wegen über Glasstäbe, die in Stativen befestigt waren, hinweggeführt. Zur Verbindung der äußeren Belegungen dienten, wie auch Fig. 7 zeigt, mit Stanniol beklebte Pappstücke. Die Zuleitungen zu den inneren Belegungen bildeten stumpfwinklig gebogene Eisendrähte von Telegraphendraht, die an dem aus der Flasche ragenden Ende eine Öse trugen; je zwei standen sich immer so gegenüber, daß ein durch sämtliche Ösen geschobener Draht die inneren Belegungen verband.

Um die Batterie in zwei gleichen Gruppen verwenden zu können, war dieser etwa 3 Meter lange Draht in der Mitte durchschnitten. Da die Belegungen an den Berührungsstellen mit den Drähten infolge überspringender Fünkchen leicht verbrannten, legten wir unter sämtliche Drähte mehrmals zusammengefaltetes Stanniol. Die Leitungsdrähte der äußeren Belegungen waren an Gewichten (20 Pfund) befestigt, die mit Stanniol bekleidet waren und auf den Pappstücken standen. Am stärksten war das Verbrennen des Stanniols an der Stelle, wo das Gewicht stand, welches den Leitungsdraht des Ausladers *b* trug, da sich hier im Augenblicke der Entladung die ganze Elektrizitätsmenge der äußeren Belegungen vereinigte. Wie sich bald herausstellte, erwiesen sich die großen Funken bei weitem nicht so schädlich für die Belegung wie die kleinen, da sich bei diesen wegen der schnelleren Folge die Wärmewirkung summierte.

War die Funkenstrecke *a* auf Maximalschlagweite gestellt, so erhielten wir im Auslader *b* wahrhaft imposante Funken von 3 cm Länge, die von einem pistolenschufsartigen Krachen begleitet waren; die Erschütterung der Luft war so stark, daß ein in 20 cm Entfernung über die Funkenstrecke gehaltenes Blatt Papier in die Höhe flog. Wurden in *b* Scheibe und Spitze verwendet, so entstand ein Lichtkegel von 3 cm Höhe und 3 cm Durchmesser der Basis an der Scheibe. Wie bedeutend die sich ausgleichende Menge der Elektrizität ist, zeigt folgender Versuch. Stellt man die Funkenstrecke *b* etwa 4 cm weit zwischen Scheibe und Spitze und stellt man kurz vor einer Entladung das Induktorium ab, so ist ein lautes Pfeifen überall im Zimmer zu vernehmen, das in fast gleicher Stärke etwa eine Minute andauert und seinen Grund in einer violetten geradlinigen Büschelentladung hat. Führt man aber nach Aufhören des Zischens eine Entladung der Batterie herbei, so erhält man immer noch einen Funken von der Größe einer Haselnuß. Aus diesem Versuche geht gleichzeitig hervor, daß eine Büschelentladung immerhin nur eine unvollkommene Entladung herbeiführt.

Eine Batterie von 11000 qm Belegung ist besonders für Versuche geeignet, bei denen es auf große Stromstärke ankommt, z. B. um Drähte zu schmelzen. So schmolzen Kupferdraht von 2 cm Länge und 0,1 mm Dicke, Stanniolstreifen von 1 cm Breite und 4–5 cm

Länge glatt, letztere wurden auch noch durch den Schlag verflüchtigt und zu Zinnoxid verbrannt, das dann in Gestalt weissen Nebels in der Luft schwebte. Weiter kann man mit Leichtigkeit eine Stricknadel, die in einer mit Draht umwundenen Glasröhre steckte, durch den Entladungsschlag magnetisieren. In ein Blatt Stanniol schmilzt der überschlagende Funke, auch wenn es doppelt zusammengelegt wird, Löcher von der Dicke eines Bleistiftes; die Löcher in einem Blatte Papier sind nur halb so gross und zeigen angekohlte Ränder. Stellt man die Strecken a und b kurz (etwa $2\frac{1}{2}$ cm), so kann der Funke beider Auslader leicht Holzklotze, Papier und so weiter entzünden. Hält man ein Blatt Stanniol, das man aber an einem Glasstab befestigen mufs, in den Funken, so schmilzt es und das herabtropfende Zinn wird zu Oxyd verbrannt.

Infolge der grossen Stromstärke reifsen die Funken grosse Löcher in die Kugeln des Ausladers, auch bedecken sich dieselben sehr bald mit Verbrennungsprodukten des Metalles, daher ist es ratsam, sie öfters abzuschmirgeln.

Will man Versuche anstellen, bei denen neben grosser Stromstärke auch eine grössere Spannung erforderlich ist, so wählt man die Anordnung der Fig. 6. Dabei stellten wir von unseren 11 Flaschen die 6 kleineren und die 5 grösseren zusammen und verbanden die inneren Belegungen untereinander und ebenso die äusseren jeder Gruppe. So erhielten wir jederseits eine Batterie von etwa 55 000 qcm wirksamer Oberfläche.

Diese Anordnung ist besonders geeignet, um die Sprengwirkung eines in einem mit Wasser gefüllten Glasgefässe überspringenden Funkens zu zeigen, wobei allerdings wegen der umherfliegenden Glassplitter einige Vorsicht zu empfehlen ist; weiter durchschlägt der Funke leicht Stanniol, Holz, Pappe und Papier (nicht Glas), wobei in Schreibpapier Löcher von 5 mm Durchmesser eingerissen wurden. Auffallend war dabei, dafs die Ränder der Öffnung zwar beiderseits aufgebogen, dafs aber nur auf einer Seite sowohl Pappe als auch gewöhnliches Schreibpapier in einem Umkreise von etwa 1 cm Durchmesser aufgerissen und abgeblättert war. Auf dieser Seite war das Papier zugleich durch das verflüchtigte Zink der Ausladerkugel geschwärzt und zwar in einem Umkreise von etwa $1\frac{1}{2}$ cm Durchmesser.

Die hier beschriebenen Versuche sind freilich zum Teil ihrem Wesen nach nicht neu, sind aber wegen der bedeutenden Elektrizitätsmengen, die mit den angegebenen, verhältnismässig geringen Mitteln erzielt sind, und weil daher alle Erscheinungen mehr in die Augen springen, sehr unterhaltend, aber auch sehr lehrreich. Obgleich sich auch hier, unter Anwendung des Induktoriums, ein Einflufs der Witterung und der Feuchtigkeitsverhältnisse im Zimmer bemerkbar macht, ist das doch bei weitem nicht in dem Mafse der Fall, wie bei Versuchen mit der Influenzmaschine.

Sicherlich ist unsere elektrische Batterie imstande, bei Anwendung eines grösseren Induktoriums noch grössere Elektrizitätsmengen zu fassen.

Umschalter und Schaltungsskizzen für stromelektrische Versuche.

Von

H. Kuhfahl in Landsberg a. W.

Bei vielen stromelektrischen Versuchen ist das Auswechseln der Verbindungen eine lästige, zeitraubende und die Übersicht störende Operation. In diesen Fällen wird man sich mit Vorteil eines Umschalters bedienen, den man leicht aus dem bekannten Stromwechsler von Dujardin (Weiler, Der praktische Elektriker, 3. Aufl., Fig. 113) herstellen kann, indem man nämlich die Verbindung der beiden Zuleitungsfedern beseitigt, sodafs jede für sich beweglich ist. Des besseren Kontakts wegen und um alle leitenden Teile sichtbar in einer Ebene anbringen zu können, habe ich mir den in Figur A dargestellten Umschalter konstruiert.

In Nuten der Grundplatte, die man am einfachsten aus drei dünnen mit der Laubsäge ausgeschnittenen Brettchen zusammensetzt, bewegen sich zwei Schieber, 1 und 2, als Träger für die gebogenen, starken, elastischen Schleiffedern und die zugehörigen Klemmschrauben.

Die Federn sind am Ende dreiteilig, um einen sicheren Kontakt zu geben, und berühren zurückgezogen den einen Kontaktstreifen a , vorgeschoben den andern b , während bei mittlerer

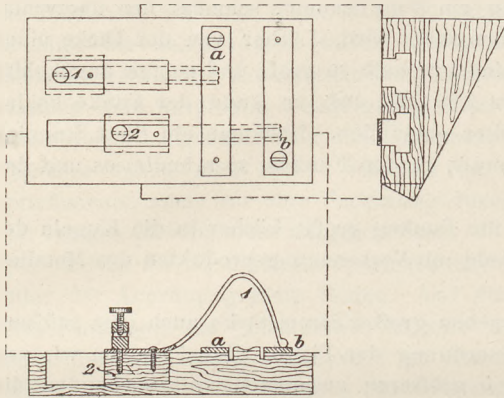


Fig. A.

Stellung die Leitung unterbrochen ist. Für diese Lage giebt eine schwache Auskehlung der Grundplatte den nötigen Halt. Die Bildung eines schädlichen Nebenschlusses zwischen a und b wird durch Rinnen in der Grundplatte verhindert. Als Handgriffe zum Vor- und Rückwärtsschieben können die Federn selbst dienen. Das Grundbrett hat einen schrägen Fuß, sodaß es um etwa 30° geneigt, den Schülern zugewendet aufgestellt, nötigenfalls auch mit einer Schraubenklemme am Tische befestigt werden kann.

Vor jedem Versuche müssen die Schüler sich eine Schaltungsskizze anfertigen und dabei die in Betracht kommenden Verbindungen notieren. $1a$ bedeutet, die Feder 1

berührt den Kontaktstreifen a , das Entsprechende $1b$, $2a$, $2b$; 10 bedeutet, die Feder 1 berührt den nicht leitenden Mittelstreifen. Bei und nach dem Versuche werden dann noch die gegebenen Widerstände, die abgelesenen Stromstärken u. s. w., sowie die Gleichungen und Berechnungen bzw. die abgeleiteten Gesetze hinzugefügt.

Die Verwendung des Apparates als Stromschlüssel und als Stromwechsler braucht nicht weiter erläutert zu werden; für einige der wichtigsten Experimente sind in dem Folgenden Schaltungsskizzen entworfen. Es bedeuten dabei E Element, R Widerstand, G Strommesser (je nach Umständen Tangentenbussole, Ampèremeter, Galvanometer). Die Widerstände der Strommesser sowie der Zuleitungen sollen, wo erforderlich, so klein sein, daß man sie vernachlässigen darf.

1. Ohmsche Methode zur Bestimmung des inneren Widerstandes r und der elektromotorischen Kraft e eines Elementes (Fig. 1). $1a$: Kurzschluss, $1b$: Einschaltung des bekannten Widerstandes R . Es folgt: $e = i_1 \cdot r = i_2 \cdot (r + R)$; daraus berechnen sich e und r .

2. Polarisation in einer elektrolytischen Zelle V (Fig. 2). $1a$: Ladung, $1b$: Entladung; Ausschlag des Galvanometers. Die Zelle V kann auch durch einen kleinen Motor oder durch einen Elektromagneten mit vorgelegtem Anker ersetzt werden. In dem

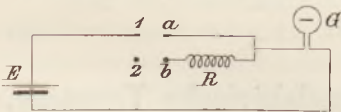


Fig. 1.

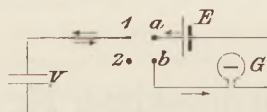


Fig. 2.

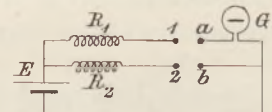


Fig. 3.

letzten Falle erfolgt bei schnellem Wechsel von $1a$ zu $1b$ ein Ausschlag des Galvanometers — Hysteresis, beim Abreißen des Ankers wieder ein Ausschlag in demselben Sinne — remanenter Magnetismus.

3. Gesetze der Stromverzweigung (Fig. 3). R_1 und R_2 sind gegeben:

- $1a$, $2a$: Messung des Hauptstromes i ;
- $(1a)$, $2b$: Zweigstrom durch R_1 gleich i_1 ;
- $1b$, $2a$: Zweigstrom durch R_2 gleich i_2 .

Es müssen dann die Gleichungen $i = i_1 + i_2$ und $i_1 R_1 = i_2 R_2$ erfüllt sein. Man könnte auch noch e und r nach der Ohmschen Methode durch $1a$, 20 und 10 , $2a$ bestimmen aus den Gleichungen $e = (r + R_1) J_1 = (r + R_2) J_2$ und es würde sich dann noch $e = i r + i_1 R_1$ ergeben müssen.

4. Messung des Widerstandes eines Leiters (Fig. 4). R_1 bekannt, R_2 gesucht.

1a, 20: Kurzschluss; Stromstärke i ;

10, 2a: Strom durch R_1 gleich i_1 ;

1b, 20: Strom durch R_2 gleich i_2 .

Man berechnet dann R_2 aus den Gleichungen

$$e = i r = i_1 (r + R_1) = i_2 (r + R_2).$$

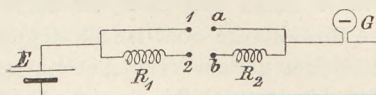


Fig. 4.

(Selbstverständlich erhält man mit der Wheatstoneschen Brücke genauere Werte.)

5. Nebenschaltung zweier Elemente (Fig. 5). (* bedeutet eine Stromkreuzung ohne leitende Verbindung.) 1a, 20 und 1b, (20): Bestimmung von e_1 und r_1 für E_1 nach der Ohmschen Methode. (Man könnte dann durch 10, 2a und (10) 2b auch e_2 und r_2 für E_2 bestimmen, doch wird man zwei gleiche Elemente verwenden, sodass $e_2 = e_1$ und $r_2 = r_1$ ist.) 1a, 2a und 1b, 2b: Bestimmung von e und r für die nebengeschalteten Elemente. Es muß sich ergeben: $e = e_1$ und $r_1 = 2r$.

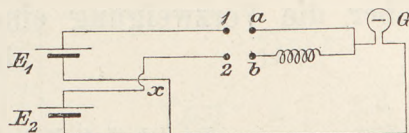


Fig. 5.

6. Reihenschaltung zweier Elemente (Fig. 6). 10, 2a und (10), 2b: Bestimmung von e_2 und r_2 für E_2 wie oben. Vorausgesetzt ist wie bei No. 5, daß $e_1 = e_2$ und $r_1 = r_2$ ist. 1a, 20 und 1b, (20): Bestimmung von e und r für beide Elemente in Reihenschaltung. Es muß sich ergeben: $e = 2e_2$ und $r = 2r_2$.

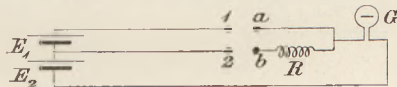


Fig. 6.

7. Theorie der Tangentenbussole (cf. d. Z. X, 183, 2) (Fig. 7). Es ist hier die dort improvisierte Einrichtung fest angenommen. 1a, 20: Einschaltung des großen Stromkreises; Ablenkungswinkel α_1 ; 1b, (20): Einschaltung des kleinen einfachen Stromkreises. Ablenkungswinkel α_2 ; 1a, 2a, a0 (a0 bedeutet, daß der Leitungsdraht aus der Klemme a entfernt wird): Einschaltung der beiden Umläufe des kleinen Kreises; Ablenkungswinkel α_3 . Es muß sich ergeben:

$$4 \operatorname{tg} \alpha_1 = 2 \operatorname{tg} \alpha_2 = \operatorname{tg} \alpha_3$$

oder für die Tangententeilung (d) des oben angeführten Apparates: $4 d_1 = 2 d_2 = d_3$.

8. Wärmewirkung des Stromes (Fig. 8). R_1 und R_2 sind die Widerstände in dem Apparat von Weiler-Foster (d. Z. VI, 86). $R_2 = 2 R_1$.

1a, 20: R_1 und R_2 erhalten denselben Strom, und die Erwärmung bei R_2 ist die doppelte.

1b, 2a: Der Strom in R_2 ist die Hälfte des in R_1 , die Erwärmung ebenfalls die Hälfte von der in R_1 . Daraus folgt dann das Joulesche Gesetz.

Ich habe für meinen Unterricht den Apparat noch etwas abgeändert (Fig. 9). R ist ein frei in der Luft befindlicher Widerstand von 1Ω , $R_1 = 1 \Omega$, R besteht aus 2 Spiralen von je 1Ω , deren Verbindungsstelle eine Ableitung nach aussen hat, die zunächst frei bei c endet; 3 ist eine Klemmschraube. Anfangs sind alle Verbindungsstellen offen.

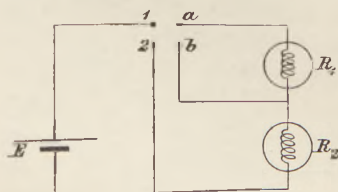


Fig. 8.

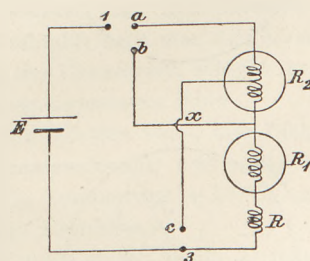


Fig. 9.

1. Versuch: Man schließt 1a und öffnet nach einiger Zeit wieder durch 10. Der gleiche Strom wie bei R_1 geht bei R_2 durch den doppelten Widerstand, die Wärmewirkung ist die doppelte.

2. Versuch: Man verbindet $3c$, schließt dann den Strom durch $1b$ und öffnet endlich wieder durch 10 . In R_2 ist derselbe Widerstand wie in R_1 , nämlich nur $1\ \Omega$ eingeschaltet, die Stromstärke aber ist die doppelte, daher muß sich die 4fache Wärmewirkung ergeben.

Bei diesem Versuche wie bei No. 1 und 2 wird der Schieber 2 gar nicht gebraucht. Man könnte sich hier wie in No. 7 das Verbinden bzw. Lösen von den Klemmschrauben ($3c-a0$) ersparen sowie in No. 6 auch e_1 und r_1 für E_1 bestimmen, wenn man noch einen Umschalter mit einem Schieber oder einen Apparat mit drei Schiebern oder drei Contactstreifen verwendete. Die Versuche würden dadurch aber schwerlich einfacher und übersichtlicher.

Über die Verzweigung eines Wechselstromes und die Entstehung eines Drehfeldes.

Von

Dr. Joh. J. C. Müller, Oberlehrer am Technikum in Bremen.

Der Ring in Fig. 1 ist mit vier gleichen Spulen aus Kupferdraht bewickelt, von denen je zwei einander gegenüberliegende hintereinandergeschaltet sind. Das eine Spulenpaar ist

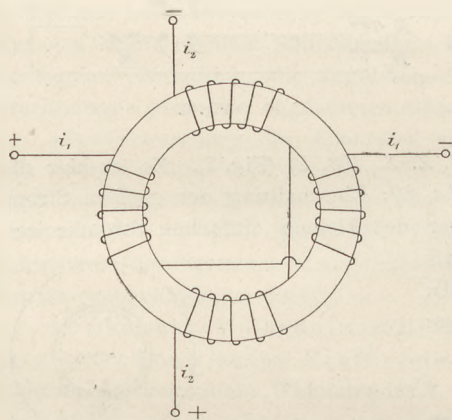


Fig. 1.

mit 1—1, das andere mit 2—2 bezeichnet. Fließt durch jedes Spulenpaar ein Wechselstrom und haben beide Wechselströme eine Phasendifferenz gegeneinander, so entsteht bekanntlich im Innern des Ringes ein magnetisches Drehfeld.

Wir wollen der Einfachheit wegen für die nächsten Betrachtungen annehmen, daß beide Wechselströme gleiche effektive Stärke i_1 und i_2 haben, und daß die Differenz der Phasen derselben 90° beträgt. Das Maximum beider Ströme sei J . Wird dann der zeitliche Verlauf beider Wechselströme in Fig. 2 dargestellt, wobei der Strom i_1 voreilt und i_2 gegen i_1 in der Phase verzögert ist, so dreht sich das magnetische Feld im Innern des Ringes entgegen der Bewegung des

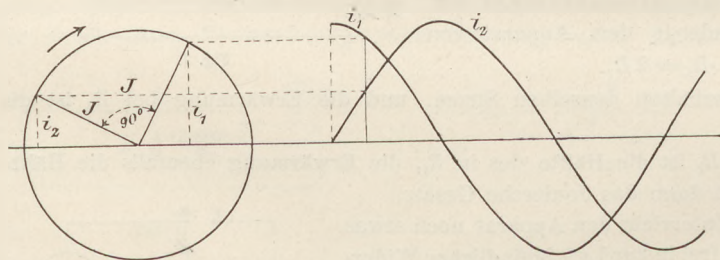


Fig. 2.

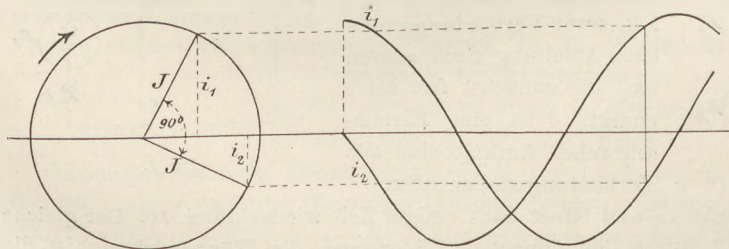


Fig. 3.

Uhrzeigers. Wir nehmen dabei an, daß die Ströme in die mit + bezeichneten Klemmen eintreten, wenn die augenblickliche Stärke derselben durch eine positive Ordinate der Sinuskurve dargestellt wird. Wenn dagegen der Strom i_2 im Spulenpaar 2—2, wie in Fig. 3, eine Voreilung in der Phase um 90° gegen i_1 hat, so dreht sich das magnetische Feld im Innern des Ringes im Sinne der Bewegung des Uhrzeigers.

Im Nachfolgenden sollen Verzweigungen im

Wechselstromkreise benutzt werden, und zwar sollen Kapazität, Selbstinduktion und Widerstand der beiden Zweige so gewählt werden, daß die beiden Zweigströme eine Phasendifferenz gegeneinander haben. Fließt dann der eine Zweigstrom i_1 durch das Spulenpaar 1—1, der andere i_2 durch das Spulenpaar 2—2, so entsteht im Innern des Ringes ein magnetisches Drehfeld.

In Fig. 4 bedeutet W die Wechselstrommaschine. R ist der in Fig. 1 dargestellte Ring mit den beiden Spulenpaaren.

1. An der Stelle A (Fig. 4) findet eine Verzweigung des Wechselstromes statt. Der eine Zweigstrom i_1 fließt durch einen Satz parallel geschalteter Glühlampen (Lampenwiderstand), der andere i_2 durch die Erregungsspulen eines Elektromagneten M , dessen Kern aus Eisenblechen von 0,8 mm Dicke zusammengesetzt ist. Da Selbstinduktion und Kapazität praktisch genommen in den elektrischen Glühlampen gleich Null sind, dagegen die Erregungsspulen einen großen Selbstinduktionskoeffizienten haben, so hat der Strom i_2 eine Phasenverzögerung gegen i_1 ¹⁾. Ein im Innern des Ringes hängender Kupfereylinder, dessen Drehungsachse mit der Achse des Ringes zusammenfällt, wird in Drehung versetzt und rotiert in derselben Richtung wie das Feld. Wir beobachten dabei, daß der Kupfereylinder entgegen der Bewegung des Uhrzeigers umläuft.

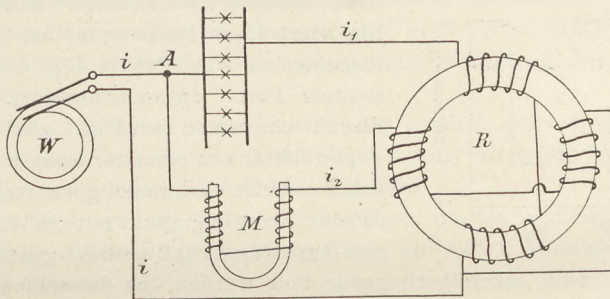


Fig. 4.

2. Wird der Elektromagnet aus dem zweiten Zweige entfernt und an die Stelle desselben ein elektrolytischer Condensator²⁾ gebracht, welcher aus zwei in gesättigte Kaliumalaunlösung getauchten Aluminiumplatten besteht, so hat der Strom i_2 eine Voreilung gegen i_1 . Das Feld rotiert jetzt im Sinne der Bewegung des Uhrzeigers.

3. Schaltet man in dem zweiten Zweige eine Drosselspule D und den elektrolytischen Condensator hintereinander ein, so läßt sich durch Änderung der Selbstinduktion der Drosselspule erreichen, daß entweder 1. i_1 Voreilung gegen i_2 hat, oder daß 2. i_2 Voreilung gegen i_1 hat, oder daß 3. beide Ströme in gleicher Phase sind. Im letzteren Falle wird die durch die Kapazität bedingte Voreilung durch die Selbstinduktion der Drosselspule aufgehoben; es entsteht also kein Drehfeld im Innern des Ringes und der Kupfereylinder wird nicht in Bewegung gesetzt. Als Drosselspule benutze ich hierbei eine aus 2 mm dickem Kupferdrahte hergestellte Spule mit 450 Windungen (6 Lagen von je 75 Windungen, Länge der Spule 25 cm). In das Innere der Spule kann ein Bündel von Drähten aus weichem Eisen geschoben werden (Durchmesser des Eisendrahtbündels 30 mm). Durch Hineinschieben und Herausziehen des Eisenkernes kann die Selbstinduktion der Spule in der für den beschriebenen Versuch erforderlichen Weise geändert werden. Schiebt man den Eisenkern bis zu einer gewissen Tiefe in die Spule, so verschwindet das Drehfeld; hebt man den Eisenkern, so dreht sich der Kupfereylinder im Sinne der Bewegung des Uhrzeigers, schiebt man den Eisenkern weiter hinein, so dreht sich der Cylinder im entgegengesetzten Sinne.

Der elektrolytische Condensator enthält dabei zwei Aluminiumplatten von 1 mm Dicke (21 cm $\times$ 26 cm); beide Platten stehen senkrecht in der Kaliumalaunlösung und einander parallel im Abstände von 1 cm. Die Kaliumalaunlösung hat die Temperatur +15° C. und ist gesättigt. Eisenplatten in Sodalösung geben weniger günstige Resultate.

Der Elektromagnet M hat einen Kern, der aus 40 von einander durch einen Anstrich mit Lack isolierten Eisenblechscheiben (Dicke 0,8 mm) zusammengesetzt ist. Die Dimensionen

¹⁾ Vergl. Bedell und Crehore, Theorie der Wechselströme, deutsche Übersetzung von A. H. Bucherer, S. 36 und 182.

²⁾ Grawinkel und Strecker, Hilfsbuch für die Elektrotechnik. 5. Aufl. S. 26.

der Bleche ergeben sich aus Fig. 5. Auf jedem der beiden Schenkel sitzt eine Erregungsspule mit 150 Windungen aus Kupferdraht (1 mm Durchmesser); beide Spulen sind hintereinandergeschaltet.

Bei den oben beschriebenen Versuchen besteht der Ring aus weichem Eisendraht (Querschnitt des Ringkernes $4\text{ cm} \times 3\text{ cm}$). Der Ring ist in Quadranten geteilt, von denen jeder eine Spule mit 100 Windungen Kupferdraht (1,5 mm Durchmesser) enthält³). Die vier Spulen sind in derselben Weise geschaltet, wie Fig. 1 zeigt.

An Stelle des Ringes läßt sich bei den erwähnten Versuchen auch der folgende Apparat verwenden, der im Prinzip dem Induktionsmotor von Ferraris⁴) entspricht. Ein vierpoliger Feldmagnet ist aus 20 Eisenblechen von der in Fig. 6 dargestellten Form zusammengesetzt. Die Eisenbleche von 1 mm Dicke sind durch Papierblätter von einander isoliert. Über jeden der vier nach innen gekehrten Pole ist eine Erregungsspule mit 80 Windungen Kupferdraht (1,5 m dick) geschoben.

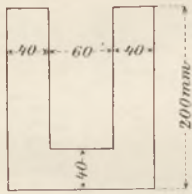


Fig. 5.

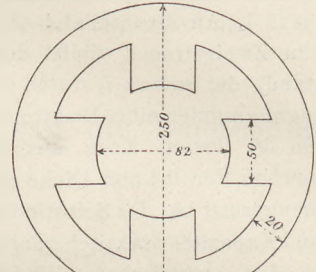


Fig. 6.

Je zwei gegenüberliegende Pole werden von demselben Wechselstrom erregt. Zwischen den Polen ist ein Anker um eine Welle drehbar. Der Kern des Ankers besteht ebenfalls aus Eisenblechen und ist in derselben Weise wie ein Anker für Gleichstrommaschinen konstruiert. Der ganze Anker ist der Einfachheit wegen mit einem Mantel aus Kupferblech umgeben.

Zum Schlusse sei bemerkt, daß die bei dem Versuche 2 entstandene Phasendifferenz nur gering ist. Es ergibt sich dies aus der Messung der Stromstärken i_1 und i_2 , sowie des Gesamtstromes i^5). Die Frequenz des benutzten Wechselstromes war 40. Bei allen Versuchen waren die Ströme i_1 und i_2 einander gleich und zwar 4 Amp.

Kleine Mitteilungen.

Zur Demonstration des Einflusses des ultravioletten Lichtes auf die elektrische Funkenentladung.

Von **Alfonso Sella** in Rom.

Herr Dunker hat neulich in dieser Zeitschrift (XII 273, Sept. 1899) eine experimentelle Anordnung beschrieben, welche den Einfluß des ultravioletten Lichtes auf die Funkenentladung zu demonstrieren erlaubt. Eine Influenzmaschine ladet zwei parallel geschaltete Flaschenpaare, deren äußere Belegungen je durch eine Funkenstrecke verbunden werden. Springt ein Funke im Auslader der Maschine über, so hat man gleichzeitig zwei Funken in den beiden äußeren Funkenstrecken. Alsdann wirkt einer von diesen als der aktive Funke und sendet ultraviolettes Licht auf die andere Funkenstrecke aus, welche als passive die Einwirkung der Beleuchtung zeigen soll.

Nun habe ich vor zwei Jahren in der ersten in Rom stattgefundenen Sitzung der Italienischen physikalischen Gesellschaft eine Anordnung demonstriert (und erst kürzlich im *Nuovo Cimento*, 4, X, S. 176, Sept. 1899 veröffentlicht), welche mir einfacher als die Dunkersche zu sein scheint. Gebraucht wird dabei bloß ein Flaschenpaar, und zwar die gewöhnlichen Verstärkungsflaschen der Influenzmaschine, deren äußere Belegungen durch eine

³) Silvanus P. Thompson, Mehrphasige elektrische Ströme und Wechselstrommotoren, deutsche Übersetzung von A. Strecker 1896. S. 90 und ff.

⁴) ebenda p. 86 und G. Kapp, Elektrische Kraftübertragung. 2. Aufl. S. 227.

⁵) Bedell und Crehore, Theorie der Wechselströme, S. 196.

Funkenstrecke verbunden werden. In dieser tritt der passive Funke auf, während der aktive vom Auslader der Maschine erzeugt wird. Zweckmäßigerweise wird zur passiven Funkenstrecke ein induktiver Widerstand, aus einigen Windungen von metallischem Drahte bestehend, parallel geschaltet. Dadurch, daß die äußeren Belegungen metallisch verbunden sind, ist der Gang der Maschine regelmäßiger, ferner kann man recht intensive Entladungen benutzen, ohne die passive Funkenstrecke allzulang zu erhalten. Und dabei ist der Funke äußerst empfindlich gegen den Einfluß des ultravioletten Lichtes, was sich dadurch zeigt, daß die Natur und der oberflächliche Zustand der Elektroden von geringer Bedeutung sind, so daß man unter Umständen sogar die Erscheinung mit Spitzen erhalten kann.

Schön und sicher läßt sich die Erscheinung demonstrieren, wenn man den passiven Funken zwischen Kugeln von etwa 1 cm Durchmesser im Abstände von etwa 5 mm durchschlagen läßt; die Funkenstrecke stelle ich vertikal auf, damit der Funke leichter von den seitlich stehenden Beobachtern gesehen wird.

Jedoch möchte ich noch bemerken, daß bei dieser Anordnung es recht schwierig scheint, den hemmenden Einfluß des ultravioletten Lichtes durch Beleuchtung der positiven Elektrode zu Stande zu bringen (*Rendiconti Acc. Lincei* 5, V, S. 323, 389, 1896).

Eine der Dunkerschen entsprechende Anordnung ließe sich benutzen, um die Wirkung der X-Strahlen auf die Funkenentladung zu demonstrieren, indem man die aktive Funkenstrecke durch eine Röntgensche Röhre ersetzt.

Ein einfaches Funkenmikrometer.

Von E. Grimsehl in Cuxhaven.

Ein Glasrohr von 15 mm Durchmesser und 30 cm Länge wurde an einem Ende zugeschmolzen. In einer Entfernung von 12 cm vom geschlossenen Ende wurde ein Glasrohr von 8 mm Dicke und 20 cm Länge rechtwinkelig angeschmolzen und in der Mitte rechtwinkelig gebogen. Ein zweites Glasrohr von im ganzen 50 cm Länge und 8 mm Dicke wurde an einem Ende zugeschmolzen und dann zweimal rechtwinkelig gebogen, sodafs das verschlossene Ende 30 cm lang und die beiden anderen Stücke je 10 cm lang waren. Dann wurde das dünnere Glasrohr durch einen in das dickere Glasrohr passenden Korkstopfen streng passend eingesteckt; auf das geschlossene Ende des dünnen Glasrohres war vorher ein kurzes Stück eines Gummischlauches aufgestreift, damit hierdurch das dünne Glasrohr im Innern des dickeren eine gewisse Führung erhielt. Auf diese Weise entstand ein Apparat, der zwei mit ihren offenen Enden einander zugekehrte Glasrohre trug, deren Entfernung beliebig durch Einschieben oder Herausziehen des einen Glasrohres aus dem anderen verändert werden konnte.

Nun wurde an das eine Ende von zwei 6 cm langen und 5 mm dicken Zinkstäben je ein weicher Kupferdraht gelötet. Diese Kupferdrähte wurden in die Glasrohre eingeführt und dann durch je ein Loch, das in die einander gegenüberliegenden parallelen Glasrohrstücke eingeschmolzen war, so weit hindurchgezogen, daß die Zinkstäbe noch je 25 mm aus den Glasrohren herausragten. Die Kupferdrahtenden wurden dann zu Ösen zusammengebogen. Zum Schluß wurden die Zinkstäbe und die Kupferdrahtenden mit Gummikitt festgekittet.

Dieses Funkenmikrometer, das besonders zur Anstellung der Teslaschen Versuche mit Erfolg benutzt wurde, kann in jeder beliebigen Lage in ein Stativ eingeklemmt, oder in das Loch eines dickeren Brettes festgekittet werden.

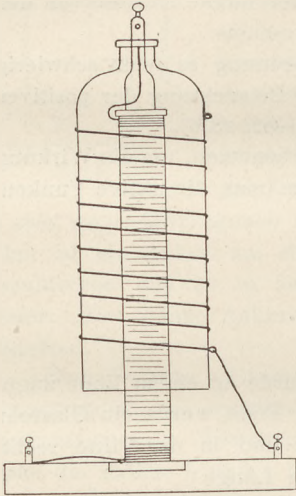
Um das Licht der hell glänzenden Funken bei den Teslaschen Versuchen abzuhalten, wurde, wie in der Figur punktiert angegeben, eine schachtelartige Papphülse, durch welche die einander zugekehrten Glasrohre hindurchgingen, über die Funkenstrecke geklappt.



Hochspannungstransformator.Von **E. Grimsehl** in Cuxhaven.

Um die Teslaschen Versuche mit Hochfrequenzströmen anzustellen, verwandte ich einen Hochspannungstransformator, den ich mit verhältnismässig einfachen Mitteln ohne grosse Kosten selbst herstellte und der bei den Versuchen tadellos funktionierte.

Ein gewöhnlicher Standcylinder von 3 cm äusserem Durchmesser und 30 cm Höhe wurde an seinem oberen und unteren Ende mit mehreren (etwa 6) nebeneinander liegenden Windungen von blankem weichen Kupferdraht von etwa 1 mm Dicke umwickelt. Diese Windungen wurden mit einander verlötet und bildeten so einen einfachen fest anschliessenden Metallring am oberen und unteren Cylinderende. An das eine freie Ende der oberen Win-



dungsgruppe wurde ein mit Seide umspannter Kupferdraht von 0,3 mm Dicke gelötet. Dieser Draht wurde dann in dicht nebeneinander liegenden Windungen in einfacher Lage um den Cylinder gewickelt, bis das eine freie Ende der unteren verlöteten Windungsgruppe erreicht war, mit welchem der umspannte Kupferdraht verlötet wurde. Dann wurde ein in die obere Öffnung des Standcylinders passender Holzstopfen geschnitten oder auf der Drehbank gedreht, der an seinem oberen Ende verjüngt zulief und zwar so, dass der Hals einer Flasche, die als Träger der primären Windungen diente, über das obere Ende passte und auf dem unteren dickeren Ende ruhte. Das freie Ende der oberen Windungsgruppe des Standcylinders wurde nun durch den Holzstopfen hindurchgeführt und endete an der Spitze des Holzstopfens in einer Klemmschraube. Hierauf wurde der Standcylinder in eine passende Vertiefung eines dickeren Brettes mit seinem Fusse festgekittet. Das freie Drahtende der unteren Windungsgruppe wurde dann

in einer in das Fußbrett geschraubten Polklemme befestigt. Dieser so mit ca. 500 Drahtwindungen umwickelte Standcylinder bildete die sekundäre Spule des Transformators.

Zur primären Spule wurde eine gewöhnliche Glasflasche von 30 cm Höhe und 10 cm Durchmesser benutzt, von welcher der Boden abgesprengt war. Aus 4 mm dickem blanken Kupferdraht wurde nun eine Spule hergestellt, die sich auf den Windungen der Flasche durch eigene Federkraft festhielt. 10 Windungen mit je 2 cm Abstand bedeckten die Oberfläche der Flasche, sodass oben und unten noch etwa 4 cm freiblieben. Die Drahtenden wurden zu Ösen zusammengebogen. Diese primäre Spule wurde nun einfach über die sekundäre Spule gesetzt, sodass der Hals der Flasche auf dem Holzstopfen des Standcylinders ruhte. Das untere Ende der primären Spule wurde nun noch mit einer Polklemme auf dem Fußbrette durch einen starken Draht verbunden. Zum Schluss wurde noch sowohl die sekundäre Spule, wie auch die Flasche ausen und innen mit Schellacklösung mehrfach in der Wärme bestrichen. Durch diesen Lacküberzug wurden einerseits die Drahtwindungen noch fester mit einander isoliert verbunden, andererseits diente der Überzug zum Schutze gegen äussere Einflüsse.

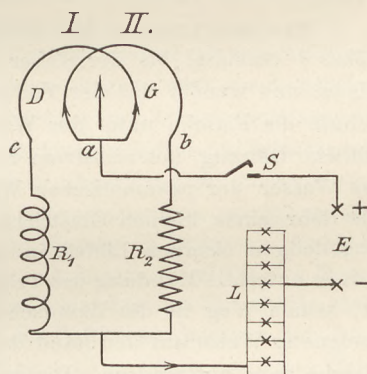
Mit diesem Transformator liessen sich alle Tesla-Versuche mit Hochspannungsströmen vorzüglich ausführen.

Als Quelle zum Laden der Leydener Flaschen wurde ein 20 cm-Funkeninduktor benutzt. Aber auch schon mit Anwendung einer kleinen Influenzelektrisiermaschine liessen sich die meisten Versuche recht gut ausführen. Der Transformator besitzt neben seinem Hauptvorteile der Billigkeit noch die angenehme Eigenschaft, dass die beiden Spulen leicht von einander getrennt werden können und daher gegen andere ähnliche Spulen mit mehr oder weniger Windungen vertauscht werden können.

Zum Nachweis der Selbstinduktion.

Von Dr. **Johs. J. C. Müller** in Bremen.

Der von der Elektrizitätsquelle E herrührende Strom verzweigt sich bei a , und jeder der Zweigströme durchfließt eine der Bewicklungen des Differentialgalvanometer DG . Die Schaltung der beiden Bewicklungen I und II ist so ausgeführt, daß die Wirkungen der Zweigströme auf den Magneten sich aufheben, wenn die Zweigströme einander gleich sind. Haben beide Bewicklungen des Galvanometers gleichen Widerstand und ist ferner $R_1 = R_2$, so wird die Nadel des Galvanometers nicht abgelenkt. L ist ein Glühlampenwiderstand. Zum Nachweis der Extraströme beim Öffnen und Schließen des Stromkreises wählen wir für R_1 einen Widerstand mit Selbstinduktion und für R_2 einen Widerstand ohne Selbstinduktion. Dabei soll R_1 seinem in Ohm gemessenen Betrage nach gleich R_2 sein. Wird durch den Ausschalter S der Stromkreis geschlossen, so entsteht in R_1 eine E.M.K. der Selbstinduktion, welche bewirkt, daß der Strom in I nicht sogleich seinen durch das Ohmsche Gesetz bestimmten Wert annimmt; während einer sehr kurzen Zeit nach dem Schließen des Stromes überwiegt die von der Spule II herrührende Kraft. Daher schlägt die Nadel beim Schließen des Stromes aus und kehrt dann in die Nullage zurück. Beim Öffnen des Stromes entsteht ein Induktionsstrom, der die beiden Spulen von b nach c durchfließt. Die Ablenkungen der Magnetnadel sind beim Öffnen und Schließen des Stromes entgegengesetzt. Ist $R_1 = R_2$ und haben beide gleichen Coëfficienten der Selbstinduktion, so verschwinden die Ablenkungen der Nadel beim Öffnen und Schließen. Als induktionsfreien Widerstand verwendet man einen auf einem Brett ausgespannten und um eine Rolle gelegten Draht, sodaß die beiden Hälften des Drahtes dicht nebeneinander parallel laufen. Durch zwei auf den beiden Drahthälften schleifende Kontakte kann man schnell nach vorausgegangener Prüfung des DG die Nadel in die Nullage zurückführen. Um auch stärkere Ströme bis zu 10 Amp. und mehr verwenden zu können, benutze ich als Differentialgalvanometer, wie bei der Tangentenbussole, eine kreisförmige Spule (mittlerer Durchmesser 20 cm). Dieselbe enthält zwei nebeneinander liegende Drähte; jeder der beiden ist in 20 Windungen aufgewickelt. In der Mitte der Spule ist die Nadel auf einer Spitze drehbar und trägt einen langen Zeiger.



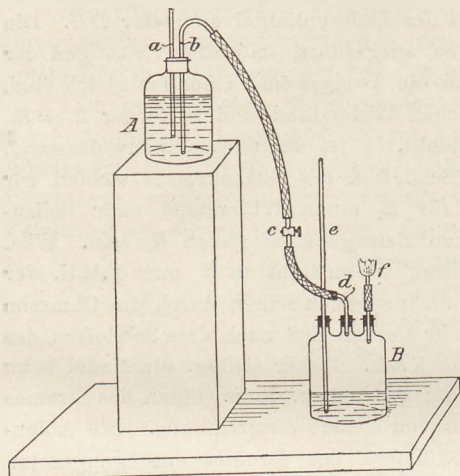
Auch bei jeder Änderung der Zahl der im Glühlampenwiderstand L eingeschalteten Lampen entstehen in R_1 Induktionsströme, die das Gleichgewicht der Nadel stören.

Acetylenlicht im Unterricht.

Von **Gottfried Erckmann** (Bingen a. Rh.).

Die Flamme des Acetylenbrenners zeigt je nach dem Druck, unter dem das Gas ausströmt, eine ganz verschiedene Form und Beschaffenheit. Der günstigste Effekt wird erzielt, wenn der Druck etwa 12 cm beträgt. Dann gleicht die Flamme der Flamme des Leuchtgasschnittbrenners und brennt hell und rufsfrei. Wird der Druck geringer, so verliert die Flamme an Umfang und Leuchtkraft. Wird derselbe dagegen größer als jener günstigste Druck, so streckt sich die Flamme und fängt an zu rufen. Bei noch stärkerem Druck hört das Rufen wieder auf, die Flamme wird wieder breit und sehr hell, ihre Oberfläche liegt jedoch jetzt nicht mehr in einer Ebene, sondern ist wellenförmig gekrümmt infolge von Wirbelbewegungen der beiden aus den zwei Brenneröffnungen austretenden Gasströme. Es ist deshalb für die Demonstration des Acetylenbrenners im Unterrichte von Wert, einen Apparat zu besitzen, der es erlaubt, den Druck jederzeit bequem und rasch zu ändern, und gleichzeitig es ermöglicht, denselben für die Dauer des Versuchs auf einer beliebigen, genau messbaren Höhe constant zu erhalten.

Eine große Flasche *A* (etwa 5 l haltend) wird mit Wasser gefüllt und auf einen erhöhten Standpunkt (eine hohe Kiste) gestellt. Die Flasche wird mit doppeltdurchbohrtem Gummistopfen fest verschlossen, dessen eine Bohrung die gerade Glasröhre *a* trägt, während



durch die andere Bohrung die lange Schenkel eines knieförmig gebogenen Glasrohrs geht. Der kurze Schenkel trägt einen langen Gummischlauch, in dessen Verlauf der Glashahn *c* eingeschaltet ist und dessen unteres Ende in die mittlere Tubulatur der Woulfschen Flasche *B* führt. Von den beiden seitlichen Tubulaturen trägt die eine einen Gummistopfen mit eingesetzter 60–80 cm langer, gerader, als Manometer dienender Glasröhre *e*, die andere einen Gummistopfen mit kurzer Glasröhre, auf die ein kurzer Gummischlauch, der den Acetylenbrenner *f* trägt, aufgesteckt ist. — Flasche *A* stellt eine sogenannte Mariottesche Flasche, die Rohr- und Schlauchverbindung *bcd* einen Heber mit constanter Ausflusgeschwindigkeit, Flasche *B* endlich ein Gasreservoir (Gasometer) dar.

Man füllt zunächst den Heber *bcd*, indem man, bei geöffnetem Hahn *c*, Luft durch die Röhre *a* einbläst, bis der Heber zu fließen beginnt. Hierauf schließt man den Hahn *c* wieder und wendet sich der Füllung der Flasche *B* mit Acetylen gas zu. Man füllt zu diesem Behufe die Flasche unter der Wasserleitung mit Wasser, wobei man die mittlere und eine seitliche Öffnung mit massivem Kork- oder Gummistopfen verschließt. Die verkehrt unter das Wasser der pneumatischen Wanne gebrachte Flasche stellt man auf die Brücke, führt das Rohr eines kleinen Glastrichters in den einen seitlichen Tubulus ein und bringt einen langstieligen eisernen Löffel, in den man einige Stückchen Calciumcarbid eingeworfen hat, gerade unter die Mündung des Trichters, sodas das sich entwickelnde Acetylen gas gezwungen ist, seinen Weg in die Woulfsche Flasche zu nehmen. Legt man den Stiel des Löffels in geeigneter Weise auf den Rand der pneumatischen Wanne, so vollzieht sich die Füllung der Flasche ganz automatisch. Die vollkommen gefüllte Flasche wird unter Wasser wieder verschlossen, aus der Wanne herausgehoben und zum Gebrauch fertig gemacht. Dreht man jetzt den Wasserhahn auf, so strömt das Wasser aus dem oberen Gefäß in die Flasche ein und verdichtet das Gas. Das verdichtete Gas strömt zu den beiden feinen Brenneröffnungen aus und läßt sich daselbst entzünden. Durch Senken und Heben der Flasche läßt sich leicht eine Stellung finden, in der das Gas rußfrei brennt und seine Flamme die bekannte Form der Schnittbrennerflamme besitzt. In dieser Höhe stellt man die Flasche durch untergeschobene Holzklötzchen fest. Das Gas wird dann mit unveränderter Flamme bis zu Ende brennen. Der Druck, unter dem das Gas ausströmt, läßt sich am Manometerrohr mit Hülfe eines daneben gehaltenen Maßstabes abmessen. Dieser Druck ist beträchtlich kleiner als der Druck, unter dem das Wasser aus dem Heber ausströmen würde, wenn der letztere direkt in die Atmosphäre ausmündete. Bei Beginn des Versuches, doch vor Öffnung des Wasserhahnes, steht das eingeschlossene Gas unter Atmosphärendruck. Öffnet man nun den Wasserhahn, so strömt das Wasser im ersten Augenblick mit demselben Druck in die Flasche, mit dem es auch in die Atmosphäre ausströmen würde. Wäre nun die Brenneröffnung so weit als die Hebermündung, so würde in der Flasche keine Verdichtung eintreten, das Gas würde vielmehr unter Atmosphärendruck ausströmen, und der Heber würde seine Ausflusgeschwindigkeit nicht ändern. Da jedoch die Brenneröffnung im Vergleich zur Heberöffnung sehr klein ist, so können in der Zeiteinheit nicht ebensoviel ccm Gas ausströmen, als ccm Wasser in die Flasche einfließen. Das Gas erleidet folglich eine Verdichtung. Diese Verdichtung bewirkt aber erstens ein langsames Fließen des Hebers, da statt des Atmosphärendrucks ja jetzt ein größerer Druck in der Flasche herrscht, zweitens

aber ein rascheres Ausströmen des Gases aus der Brennermündung. Der Druck in der Flasche muß so lange wachsen, bis durch die fortdauernde Verminderung der Ausflußgeschwindigkeit des Wassers und die fortwährende Vergrößerung der Ausströmungsgeschwindigkeit des Gases ein Zustand herbeigeführt wird, bei dem in der Zeiteinheit gerade so viel ccm Gas aus der Flasche ausströmen, als ccm Wasser einfließen. Von da an geschieht der Ausfluß des Gases unter constantem Druck, so lange die Flasche in ihrer Lage verbleibt. Der Druck in der Flasche kann an dem Manometerrohre abgelesen werden. Senkt oder hebt man die Flasche, so stellt sich nach kurzer Zeit ein neuer Gleichgewichtszustand her. Als günstigsten Anfangsheberdruck fand ich bei meinem Apparat einen Druck von 30 cm; dann betrug der Druck in der Flasche (der Manometerdruck) nach dem Eintritt des stationären Zustandes etwa 12 cm. Das Gas strömte unter diesen Umständen unter einem Überdruck von 12 cm Wasserhöhe in die Atmosphäre aus, das Wasser also unter einem Druck von 18 cm in die Woulfscche Flasche ein.

Bei obiger Betrachtung wurde die Absorption des Acetylgases durch das Wasser unberücksichtigt gelassen (Bunsenscher Absorptionskoeffizient für Acetylen gegenüber Wasser = 1). Zieht man diese in Betracht, so wird offenbar eine in der Flasche etwa stattfindende Absorption des Gases durch das einströmende Wasser druckvermindernd wirken, also denselben Erfolg haben wie eine Vergrößerung der Brenneröffnung, im übrigen wird sich aber auch hier ein Gleichgewichts- oder stationärer Zustand herstellen müssen, bei dem allerdings der Druck in der Flasche etwas geringer ausfallen wird.

Es empfiehlt sich für den Unterricht, die Woulfscche Flasche auch einmal mit gewöhnlichem Leuchtgas anstatt mit Acetylen zu füllen, um den Schülern zu zeigen, daß das Leuchtgas bei einem genügend hohen Drucke aus dem Acetylgasbrenner mit blauer, entleuchteter Flamme brennt und um darauf hinzuweisen, daß das verschiedene Verhalten des Leuchtgases und des Acetylgases durch den höheren Kohlenstoffgehalt des Acetylgases bedingt wird.

Um die physikalische Wirkungsweise des Apparates darzuthun, genügt es, eine leere, d. h. mit atmosphärischer Luft gefüllte Woulfscche Flasche zu benutzen. Quetscht man dann den kurzen Gummischlauch unter dem Brenner zusammen, so steigt der Druck im Manometer bis (nahezu) zum Anfangsheberdruck; beim Freigeben des Schlauches stellt sich der stationäre Zustand von oben herab wieder her. Schließt man dagegen den Glashahn, so sinkt der Manometerdruck auf Atmosphärendruck herab; öffnet man den Hahn wieder, so stellt sich der stationäre Zustand von unten herauf wieder her.

Für die Praxis.

Einfache Methode, den Verlauf der Kraftlinien zu zeigen. Von Dr. Bermbach, Münsteriefel.

1. Man magnetisiere eine Stricknadel und befestige sie an einem ca. 1 m langen Faden so, daß die Nadel vertikal hängt und ihr unteres Ende etwas von der Tischplatte entfernt ist. Wenn die Nadel ruhig hängt, halte man sie fest und lege einen Magnetstab so auf den Tisch, daß seine Mittelebene ungetähr durch die Nadel hindurch geht. Nähert man nun das untere Ende der Nadel, das ein Nordpol sei, dem Nordpole des Magneten und läßt dann die Nadel los, so wandert das Ende der Nadel nach dem Südpole des Magneten und beschreibt eine Kraftlinie. Da die Nadel aus leicht ersichtlichen Gründen den Nordpol des Magneten nicht berühren darf, so halte man zwischen die beiden Nordpole ein ca. 1 cm dickes Brettchen. Die Kraftlinie, die der Nordpol der Nadel beschreibt, wird besser sichtbar, wenn die Nadel in der Ruhelage ungefähr 1 bis 2 cm von dem Magnetstabe absteht. Man sieht bei den Versuchen, daß die Pole des Stabmagneten nicht an den Enden liegen (vergl. Müller-Pouillet, 9. Aufl., Band III, S. 25).

2. „Die Kraftlinien eines geraden Stromleiters sind Kreise. Ein freier Pol würde daher um den Stromleiter rotieren.“ Man biege einen dicken Draht so, daß er die Gestalt einer eckigen Klammer $\square$ erhält und befestige ihn so, daß das vertikale Stück des Drahtes der ruhenden magnetischen Nadel parallel läuft und einen kleinen Abstand von ihr hat. Schickt

man durch den Draht einen starken Strom, etwa von 10 Ampère, so sieht man, daß der Nordpol der Nadel das Bestreben hat, einen Kreis zu beschreiben. Kehrt man die Stromrichtung um, so ändert sich der Drehungssinn der Nadel.

Bei Benutzung der Centrifugalmaschine gelingt es leicht, die Nadel einige Male um den vertikalen Stromleiter rotieren zu lassen.

Die Anregung zu den beschriebenen einfachen Versuchen gab die Betrachtung der Fig. 3 in G. Kapp, *Dynamomaschinen für Gleich- und Wechselstrom* (Julius Springer 1899).

Es sei noch der Hinweis gestattet, daß man Kraftlinienpräparate mittels Eisenpulver mit Hilfe von Röntgenstrahlen in einfachster Weise photographieren kann. Es genügt eine kurze Expositionszeit. Stellt man ein Diapositiv her und projiziert man dieses, so erhält man ein Bild, das dem Präparate täuschend ähnlich sieht (vgl. auch d. Zeitschr. XII 317).

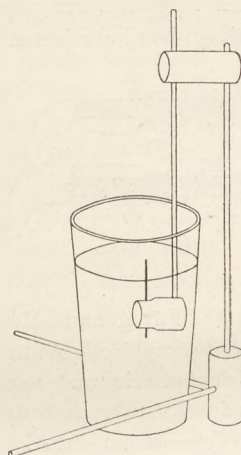
Eine neue Art der Entzündung des Blitzpulvers. Von G. Erckmann in Bingen a. Rh. Blitzlichtaufnahmen lassen sich bekanntlich auch ohne Zuhülfenahme eines besonderen Blitzlichtapparates (Pustlampe oder Blitzlampe) in der Weise ausführen, daß man ein Gemenge von Magnesiumpulver mit einem Sauerstoff abgebenden Körper (chlorsaurem oder übermangansaurem Kalium) auf einem Teller bandförmig ausbreitet und mit Hilfe eines besonderen Zünders zur Verpuffung bringt. Als Zünder benutzt man in der Regel einen mit Salpeter imprägnierten Papierstreifen. Angeregt durch die in dieser Zeitschrift veröffentlichten Versuche Ohmanns über Zündung von pulverförmigen Metallen durch die glühende Stricknadel (ds. Zeitschr. X 169, XI 226), versuchte ich, auch die Zündung des Blitzpulvers mit Hilfe der glühenden Nadel zu bewerkstelligen. Als Sauerstoff abgebende Substanz wählte ich übermangansaures Kali (Chamäleon), das vor dem chlorsauren Kali aus verschiedenen Gründen (leichtere Zündbarkeit des Gemisches und größere Unempfindlichkeit desselben gegen Reibung) den Vorzug verdient. Die Bereitung des Gemenges geschieht durch Mischen von 2g Magnesiumpulver und 1 1/2 g feingepulverten Kaliumpermanganats mit Hilfe einer Federfahne. Man kann sich die Herstellung der Mischung erleichtern, wenn man sich einmal 2g Magnesiumpulver genau abwägt, dann das Pulver in ein trocknes Reagenzrohr einschüttet und mit einem Feilstrich (bezw. einem gummierten Papierstreifen) den Stand des Pulvers markiert. Für spätere Fälle hat man dann nur nötig, das Reagenzröhrchen bis zur Marke mit Magnesiumpulver aufzufüllen. Die zugehörige Menge Permanganatpulver erhält man in einfachster Weise, indem man (nach der Entleerung des Magnesiumpulvers) in dem geachteten Probierrohr gleichfalls bis zur Marke auffüllt. Das in einer Porzellanschale gut durcheinander gerührte Gemisch breitet man auf einem mit einer Asbestplatte bedeckten flachen Porzellanteller in einer schmalen Linie aus. Während nun Magnesium für sich allein sich durch die glühende Stricknadel entzünden läßt, gelingt dies nicht bei dem Gemische. Ich war deshalb gezwungen, mich nach einem passenden Zwischengliede umzusehen, das so beschaffen sein mußte, daß es mit einer verhältnismäßig niedrigen Entzündungstemperatur eine hohe Verbrennungswärme verband. Ich fand, daß der Schwefel die geeignete Substanz sei¹⁾. Ein höchstens linsengroßes Stückchen Schwefel drückt man als Zünder in die Mitte des schmalen Blitzpulverstreifens ein, so daß der Schwefel nur ein klein wenig aus dem Pulver herausragt. Die Stricknadel (die man passend in einen hölzernen Griff einfügt) bringt man zum Glühen, indem man sie in senkrechter Lage mit ihrer Spitze in die Flamme eines Spirituslämpchens oder auch einer Stearinkerze hält. Berührt man mit der schwach rotglühenden Spitze das kleine in die Mischung eingedrückte Schwefelstückchen, so entzündet sich dasselbe und bringt im nächsten Moment durch seine Verbrennungswärme das Blitzpulver zur Explosion. Das übermangansaure Kali wird teils zu Mangansuperoxyd, teils zu (in wenig Wasser mit grüner Farbe löslichem) Kaliummanganat reduziert.

¹⁾ Als sonst brauchbare und momentan wirksame Substanz für Uebertragung der Entzündung mittels der glühenden Nadel hat sich ein Gemisch von Eisenpulver und Kaliumchlorat (vergl. ds. Zeitschr. XI 135) erwiesen. (Anm. der Red.)

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Ausdehnung fester Körper durch die Wärme. In der *Nature* (60, 149; 1899) beschreibt HORACE DARWIN folgende einfache Vorrichtung zum Nachweise der Ausdehnung der Metalle durch die Wärme. Ein Kork ruht auf dem Tische und wird durch zwei wagrecht hineingesteckte Stricknadeln standfest gemacht. Eine dritte Nadel ist lotrecht in den Kork gesteckt und trägt einen zweiten Kork an der Spitze. Eine vierte durch diesen Kork gehaltene Stricknadel taucht lotrecht in ein Glas mit Wasser und trägt an ihrem unteren Ende einen dritten Kork, durch den eine Nähnadel senkrecht nach oben so gesteckt ist, daß die Spitze gerade aus dem Wasserspiegel herausragt. Erwärmt man die in das Wasser tauchende Stricknadel mit einem Streichholz, so verschwindet die Nadelspitze unter den Wasserspiegel, erhitzt man dann die andere lotrechte Stricknadel, so taucht die Nadelspitze wieder empor. Diese kleinen Bewegungen kann man durch Beobachten des Spiegelbildes eines glänzenden Gegenstandes in dem Wasserspiegel leicht erkennen. Die Vorrichtung DARWINS läßt sich leicht so umgestalten, daß man die Erscheinung auch projizieren kann. H.-M.



Gleichzeitig gefrierendes und siedendes Wasser. R. W. QUICK beschreibt in der *Phys. Rev.* 9, 121; 1899 (*Deutsche Mechaniker-Zeitung* 1899, S. 195) folgenden Versuch. Man fülle eine $\frac{1}{2}$ bis 1 Liter fassende Flasche fast ganz mit Wasser und erhitze es längere Zeit, bis die siedende Flüssigkeit ganz luftfrei ist. Dann verschließe man die Flasche schnell mit einem Gummistopfen und kehre sie um. Begießt man sie nun mit kaltem Wasser, so tritt das bekannte Sieden des Wassers unter vermindertem Drucke ein. Gießt man dann über die Flasche Äther, dem man größere Mengen fester Kohlensäure zugesetzt hat, so tritt zum Sieden unter vermindertem Drucke gleichzeitig das Gefrieren des Wassers hinzu. H.-M.

Ein Polarisationsversuch. In der *Nature* (60, 8; 1899) beschreibt J. COOK eine einfache Anordnung, durch die er die Interferenzfarben von Glimmer und Krystallblättchen mit einem einzigen Satz Glasplatten, der zugleich als Polarisator und Analysator dient, untersucht oder auf einem Schirme darstellt. Es läßt einen Lichtstrahl von dem Glassatze so nach unten zurückwerfen, daß er in der Reflexionsebene polarisiert wird, dann durch einen doppelbrechenden Krystall zerlegen und von einem gewöhnlichen Spiegel unterhalb des Krystalles so zurückwerfen, daß er durch den Satz geht, der ihn nun durch Brechung in einer Ebene, die senkrecht zur Ebene der ersten Polarisation steht, polarisiert. Benutzt man Sonnenlicht und schaltet man eine Convexlinse ein, so kann man die Interferenzringe der Krystallblättchen auf einen Schirm projizieren. H.-M.

Objektive Darstellung der Hysteresis-Kurven. F. BRAUN (d. Zeitschr. X 193) hatte zuerst den glücklichen Gedanken, Kathodenstrahlen zur Untersuchung von Wechselströmen und magnetischen Wechselfeldern zu benutzen. Bei der Wiederholung einiger Braunscher Versuche fand KNUT ÅNGSTRÖM (*Öfversigt af Kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar* 1899, No. 4, p. 251) einfache Anordnungen, die die Hysteresis-Kurven bei Eisen und Stahl sehr gut objektiv darzustellen gestatten. Die erste von ihm benutzte Anordnung zeigt Fig. 1. Die vier Spulen S , S_1 , M und M_1 sind um das Diaphragma der Braunschen Röhre befestigt. Die Abmessungen der Spulen sind für S und S_1 : Länge 2 cm, äußerer Durchmesser 1,6 cm, innerer Durchmesser 0,5 cm, Drahtstärke 0,3 mm; für M und M_1 : Länge 20,5 cm, 30 Windungen auf jeden

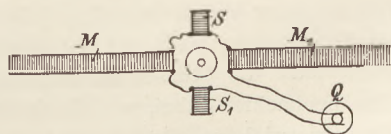


Fig. 1.

cm. S und S_1 sind auf Holz und M und M_1 auf Glasröhren gewickelt. Der aus Q entnommene Strom durchläuft nacheinander diese vier Spulen, und zwar die Indikatorspulen S und S_1 so, daß er deren magnetische Wirkung auf die Diaphragmaöffnung verstärkt, und die Magnetisierungsspulen M und M_1 so, daß er deren Wirkung aufhebt. Die von S und S_1 bewirkten Ablenkungen in wagerechter Richtung sind der Stromstärke und also auch der magnetisierenden Kraft proportional. Führt man einen Eisenstab in eine der Magnetisierungsspulen ein, so wird dadurch der Lichtfleck in lotrechter Richtung mit einer dem induzierten Magnetismus proportionalen Kraft abgelenkt, d. h. der Lichtfleck durch-

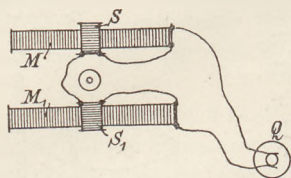


Fig. 2.

läuft eine wahre Hysteresiskurve. Bei der anderen Anordnung schob ÅNGSTRÖM die beiden Indikatorspulen S und S_1 ein wenig nach vorn und nach hinten und stellte die Magnetisierungsspulen M und M_1 parallel und in gleichen Abständen von dem Diaphragma, wie aus Fig. 2 ersichtlich, auf. Die Wirkung des Stromes und des Magnetismus ist ebenso wie bei der ersten Anordnung. Bei ziemlich rasch wechselnden Strömen läßt sich die Bewegung des Lichtflecks leicht mit den Augen verfolgen.

Für genaue Messungen und bei langsam durchlaufenem Magnetisierungszyklus ist die photographische Aufnahme vorteilhaft. Als Stromquelle benutzte ÅNGSTRÖM eine Akkumulatornbatterie und veränderte die Stromstärke und magnetisierende Kraft zwischen den gewünschten Grenzen durch Einschalten von Flüssigkeitswiderständen und Kommutieren. Den Wechselstrom entnahm er einer kleinen Siemensschen Wechselstrommaschine mit Handbetrieb, deren Wechselzahl er zwischen 20 und 60 verändern konnte. Die größte Stromstärke hielt er bei allen diesen Versuchen möglichst unverändert auf etwa 2 A. Die erhaltenen Ergebnisse zeigen eine gute Übereinstimmung mit den Versuchen von Maurain (*Ann. de Ch. et de Ph.* (6) 14, 208; 1898) und Wien (*Wied. Ann.* 66, 859; 1898). Eine sehr beachtenswerte Änderung der oben erwähnten Versuche erhält man, wenn man in die beiden Magnetisierungsspulen Eisen einschiebt. Man bekommt dann Differenzkurven, die abhängig sind von der verschiedenen Permeabilität und Hysteresis der Proben und von der verschiedenen Stärke und Phasendifferenz der darin entstehenden Foucaultschen Ströme. Man hat also ein einfaches und brauchbares Verfahren, die magnetischen Eigenschaften von Eisenproben mit einander zu vergleichen. Schiebt man in die beiden Magnetisierungsspulen zwei ganz ähnliche Stäbe aus Eisen derselben Beschaffenheit, so heben sich ihre Wirkungen gegenseitig auf und der Lichtfleck macht wagerechte und geradlinige Schwingungen, als wenn kein Eisen in den Spulen wäre. Sind die Stäbe von ungleicher Beschaffenheit, so erhält man eine mehr oder weniger ausgeprägte Differenzkurve.

H.-M.

Eine Faltmaschine für geologische Versuche beschreibt G. A. LEBOUR in der *Nature* (60, 411; 1899). Die Maschine besteht aus zwei parallelen Holzwalzen, die etwa 90 cm von einander entfernt sind. Jede ist etwa 30 cm lang und 10 cm dick. Eine Welle, die zu deren Achsen senkrecht steht, dreht die beiden Walzen mittels konischer Zahnräder in entgegengesetzten Richtungen. Ein Schneckenradgetriebe, dessen Schraube mit einer Kurbel bewegt wird, dreht die Welle. Eine Umdrehung der Kurbel bewirkt nur $\frac{1}{48}$ Umdrehung der Welle und der Walzen, so daß man den letzteren eine sehr langsame Bewegung erteilen kann. Ein etwa 8 mm dickes Kautschukblatt ist mit Nute und eingeschraubter Stange fest an jeder Walze befestigt. Die Walzen werden einmal umgedreht und so der Kautschuk straff gespannt, und nun Schichten von Zeug, Thon, Teig u. dergl. darauf gelegt. Dann dreht man die Kurbel in entgegengesetzter Richtung und entspannt so den Kautschuk. Man beobachtet dabei, wie die Falten langsam wachsen; das breite elastische Band ahmt die Zusammenziehung eines Stücks der Erdkruste nach. Setzt man Gewichte auf die Schichten, so sieht man, daß der Druck kleinere und zahlreichere Faltungen hervorruft. Legt man Stein- oder Holzblöcke statt der Gewichte auf die Zeuge, so kann man die Beziehungen zwischen Faltungen und Verwerfungen deutlich zeigen. Benutzt man Thon statt Zeug, so kann man alle Ergebnisse der bekannten Versuche von Favre (*Arch. d. Sciences Phys. et*

Nat. 1878) und viele der von Cadell, Bailey Willis und anderen beschriebenen Versuche erhalten. Durch einfache Abänderungen der Versuche vermag man viele bekannte Faltungsformen nachzuahmen und deren Folgen: Brüche, Verwerfungen u. s. w. zu veranschaulichen. H.-M.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Ein absolutes Maß der Zeit. Bei einer Messung in absolutem Maße ist die Maßeinheit von einer oder mehreren Maßeinheiten anderer Art abhängig und daraus herleitbar; bei einer Messung in willkürlichem Maße dient eine willkürlich gewählte Größe gleicher Art als Maßeinheit. Die gewöhnliche, als Zeiteinheit gebrauchte Sekunde, der 86 400. Teil der Dauer zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kulminationen der Sonne, ist eine willkürliche Maßeinheit, denn sie wird aus einem anderen Zeitbetrag und nicht aus Größen anderer Art hergeleitet. G. LIPPMANN (*C. R.* 128, 1137; 1899. *Journ. de Phys.* (3) 8, 401; 1899. *Zeitschr. f. Instr.* 19, 371; 1899) hat die Gravitation benutzt, um ein absolutes Zeitmaß einzuführen. Bezeichnet man als Masseneinheit die Masse, deren Raum gleich einem Würfel mit der Längeneinheit als Kante und deren Dichte gleich Eins, etwa gleich der Dichte des Wassers bei 4° C. ist, so wählt LIPPMANN als Zeiteinheit die Zeitdauer, die die Masseneinheit gebrauchen würde, um einem Körper in der Entfernung Eins die Beschleunigung Eins, d. h. die der Längeneinheit gleiche Beschleunigung zu erteilen. Nimmt man als Längeneinheit das Centimeter, als Masseneinheit das Gramm, so ist nach dieser Festsetzung die Zeiteinheit gleich 3862 unserer gewöhnlichen Sekunden, also gleich $1^h 4^m 22^s$. Diese Zeiteinheit ist nicht abhängig von der gewählten Längeneinheit. Macht man mit LIPPMANN die Annahme, daß Jemand an einen Punkt des Weltalls versetzt würde, von wo aus er die Umdrehung der Erde nicht zu beobachten vermag, so wird er doch die Dauer einer Sekunde finden können, wenn er so vorsichtig war, sich die Zahl $\frac{1}{3862}$ zu merken und eine Flasche Wasser mitzunehmen. Vergiftet er aber die Zahl, so kann er nur die absolute Zeiteinheit finden. H.-M.

Becquerelstrahlen. (Vgl. d. *Zeitschr.* XII 295). Besonders stark wirksamer radioaktive Substanzen hat E. DE HAEN aus Uranerzen gewonnen (*Wied. Ann.* 68, 902, 1899). Die Substanzen wurden von F. GIESEL einer genaueren Prüfung unterzogen (*Wied. Ann.* 69, 92; 1899). Die radiumhaltigen Barytsalze zeigten, wenn sie frisch aus Wasser krystallisiert waren, anfangs nur geringe Aktivität, die aber im Laufe von Tagen und Wochen bis zu einem Maximum zunahm. Eine Lösung des aktiven Chlorids in Wasser giebt anfangs dieselbe Strahlung wie das feste Salz, diese nimmt aber immer mehr ab und verschwindet schließlich vollständig. Die aus der Lösung erhaltenen Krystalle gewinnen ihre Aktivität bald wieder. Die ersten Krystallisationen aller radiumhaltigen Salze, die aus möglichst konzentrierter Mutterlauge erhalten werden, sind am wirksamsten. Die Phosphoreszenz tritt besonders stark bei dem Bromid auf, aber nur in der Kälte, während sie in der Hitze verschwindet. In feuchter Luft hört sie ebenfalls auf. Je stärker die Phosphoreszenz eines Präparats, um so geringer scheint die Becquerelstrahlung zu sein. Das grüne Doppelsalz von Baryumplatincyanoür geht durch Einwirkung der eigenen Phosphoreszenzstrahlen in die gelbe und braune Modifikation über und ist dann nur durch erneute Krystallisation wieder herstellbar.

Auch die poloniumhaltigen Substanzen hat F. GIESEL untersucht; er erhielt durch Schwefelwasserstoff einen Niederschlag, der an Wirksamkeit das beste Baryumpräparat übertrifft. Ebenso wirksam ist das aus jener Verbindung dargestellte Chlorid, sowie das aus letzterem gewonnene freie Metall. Die Art der Wirkung der Radiumstrahlen und der Poloniumstrahlen ist sehr verschieden. Die ersteren durchdringen z. B. einen Silberthaler, die letzteren werden, obwohl sie intensiver sind, schon von viel dünneren Metallplatten zurückgehalten. Das Schattenbild der Hand erscheint daher durch Poloniumstrahlen viel contrastreicher. — Die Beobachtungen von Herrn und Frau Curie über die beiden Substanzen konnte Verf. nur bestätigen.

Den Einfluß der Temperatur auf die Strahlungsintensität untersuchte O. BEHRENDSEN (*Wied. Ann.* 69, 220; 1899). Derselbe stellte zuerst fest, daß die von der Pechblende ausgehenden Strahlen ebenso wie die Röntgenstrahlen auf einer Flußspatplatte Fluoreszenz zu erregen vermögen. Zu den thermischen Versuchen benutzte er außer einigen Stücken Joachimsthaler Pechblende eine Substanz, die sich beim Glühen von gepulvertem Uranpecherz an dem Deckel des Gefäßes niederschlägt und die er mit X-Sublimat bezeichnet. Diese sehr wirksame Substanz enthielt wohl beide Curieschen Stoffe, Radium und Polonium. Die Strahlungsintensitäten von Uranmetall, Pechblende und X-Sublimat verhielten sich wie 1:8,47:52,24.

Zur Untersuchung der Intensität der Strahlung bei verschiedenen Temperaturen benutzte der Verf. ihre entladende Wirkung, indem er die Zeit maß, welche verfloß, bis die Blättchen eines Elektroskops um einen Teilstrich einer Skala unter dem Einflusse der Strahlung zusammengingen. Das Elektroskop stand in einem Kasten, in dessen Deckel eine kleine Öffnung war; auf dieser Öffnung lag die radioaktive Substanz, die durch besondere Einrichtungen erwärmt und abgekühlt werden konnte. Die Wirkung der Konvektion der Luft auf die Entladung war bei dieser Anordnung nur gering. Als Resultat seiner Untersuchungen fand der Verf., daß bei Uranpecherz und bei X-Sublimat ein Einfluß der Temperatur auf die Strahlung sehr deutlich hervortritt: bei Abkühlung auf -50° bis -60° Verminderung, bei Erwärmung auf 100° bis 130° Erhöhung der Intensität. Beim Rotglühen geht die Strahlung wieder zurück. Uranmetall zeigte auch eine Abnahme der Strahlung bei tiefen Temperaturen, während eine Erhöhung bei Erwärmung wegen der hier auftretenden Konvektionswirkungen sich nicht sicher beobachten liefs.

Daß unter dem Einfluß der Becquerelstrahlen auch andere Körper die gleiche Strahlungsfähigkeit erhalten können, fanden Herr und Frau CURIE (*C. R. CXXIX*, 714; 1899). Auf einer horizontalen Fläche befindet sich in Pulverform die strahlengibende Substanz (Radium oder Polonium); darüber wird in einigen Millimetern Entfernung die zu prüfende Platte (irgend ein Metall, Papier etc.) befestigt. Von Zeit zu Zeit hebt man diese Platte ab und bestimmt ihr Strahlungsvermögen durch die Leitungsfähigkeit, die sie der Luft mitteilt. Man findet so, daß die Platte ein Strahlungsvermögen erworben hat, das mit der Zeit der Exposition zunimmt, sich aber einer Grenze nähert. Wird die Platte aus dem Bereich der strahlenden Substanz entfernt, so bleibt ihre Fähigkeit mehrere Tage hindurch bestehen, nimmt dann aber, zuerst sehr rasch, dann langsamer ab.

Um die Erscheinung wahrzunehmen, muß man sehr strahlungsfähige Substanzen anwenden. Die Verff. benutzten solche, die 5000 bis 50 000 mal wirksamer waren als das Uran; das unmittelbar nach der Exposition beobachtete „induzierte“ Strahlungsvermögen variierte zwischen dem 1- und dem 50-fachen des Urans, fiel aber in zwei bis drei Stunden auf den zehnten Teil des ursprünglichen Wertes. Die auf diese Weise geprüften Substanzen waren Zink, Aluminium, Messing, Blei, Platin, Wismuth, Nickel, Papier, Baryumkarbonat, Schwefelwismuth. Eine wesentliche Verschiedenheit unter ihnen war nicht festzustellen.

Die Verff. untersuchten ferner, ob nicht Spuren strahlungsfähiger Materie in Form von Dampf oder Staub sich auf der exponierten Platte niederschlagen. Wurden letztere mit Wasser abgewaschen, so behielten sie ihr Strahlungsvermögen. Brachte man ferner eine Menge kräftig strahlender Substanz in ein vollständig verschlossenes Metallgefäß, dessen Boden aus einer sehr dünnen Aluminiumplatte bestand, so erhielten Platten, die diesen Boden von außen berührten, ein Strahlungsvermögen, das 10 bis 17 mal so groß war wie das des Urans. Hier kann offenbar von einer materiellen Übertragung der Strahlungsfähigkeit nicht die Rede sein. Die kräftigsten Wirkungen des induzierten Strahlungsvermögens — mehrere Hundertmal so groß wie das des Urans — erhält man, wenn man die stark strahlende Substanz direkt auf die induzierende Platte legt. Zwischen den induzierten Becquerelstrahlen und den sekundären Röntgenstrahlen besteht der Unterschied, daß diese nach Entfernung der primären Strahlung sofort aufhören, jene fortauern.

In einer anderen Arbeit bestimmte Frau S. CURIE das Atomgewicht des in dem strahlenden Baryumchlorür enthaltenen Metalls. Dabei stellte sich heraus, daßs dieses Atomgewicht größer ist als das des gewöhnlichen Baryums und daßs der Unterschied beider mit der Strahlungsfähigkeit a der Substanz zunimmt. War $a = 3000$ (die Strahlungsfähigkeit des Urans $= 1$ gesetzt), so war das Atomgewicht $m = 140$ ($Ba = 138,1$); für $a = 4700$ wurde $m = 140,9$; für $a = 7500$ war $m = 145,8$. Für kleinere Werte von a war noch kein Unterschied zwischen m und Ba zu bemerken.

Daßs die Becquerelstrahlen auch chemische Wirkungen hervorrufen, wird von Herrn und Frau CURIE ebenfalls gezeigt (*C. R. CXXIX, 823*). Wenn man die strahlende Substanz in einem verschlossenen Fläschchen aufbewahrt, so bemerkt man beim Öffnen einen deutlichen Ozongeruch. Ein mit Jodkaliumkleister bestrichenes Papier wird leicht gefärbt. Die Färbung wird dunkler, wenn man das strahlende Chlorbaryum mit dem Papier in Berührung bringt; gewöhnliches Chlorbaryum zeigt nicht die mindeste Wirkung. Die Strahlen verwandeln also den Sauerstoff in Ozon. Die hierfür zu benutzende Substanz mußs eine große Strahlungsfähigkeit besitzen. Die Verff. bemerkten auch eine färbende Wirkung der Becquerelstrahlen auf Glas. Ein Glasfläschchen, in dem ein Radiumsalz 10 Tage lang aufbewahrt wurde, zeigte eine violette Färbung, die sich sogar in das Innere des Glases fortzusetzen schien. Bei einer sehr aktiven Substanz erschien das Glas an der von ihr berührten Stelle, von der Seite gesehen, fast schwarz; nach dem Innern zu nahm die Färbung an Intensität ab und erschien in einigen Millimetern Tiefe violett. Das Baryumplatincyaniür wird unter dem Einfluß der Radiumstrahlen gelb, zuletzt braun und fluoresziert dann weniger leicht; im Sonnenlicht erhält es die ursprünglichen Eigenschaften wieder. Dieselbe Einwirkung zeigen nach den Beobachtungen Villards die Röntgenstrahlen.

Läßt man Baryum- und Radiumchlorür aus einer gesättigten Lösung auskrystallisieren, so sind die Krystalle zuerst farblos, erhalten aber bald eine rosa Färbung, die um so rascher entsteht und um so intensiver ist, je mehr Radium das Salz enthält. Die Zunahme der Strahlung ist von einer Zunahme der Färbung begleitet. Trockenes Baryum- und Radiumchlorür ist zuerst weiß, wird aber allmählich gelb. Wahrscheinlich werden diese Färbungen durch die Wirkung der Radiumstrahlen auf die Baryumsalze hervorgerufen. Da die Umwandlung von Sauerstoff in Ozon Energie erfordert, so ist sie ein Beweis dafür, daßs die Strahlung einen kontinuierlichen Verbrauch von Energie darstellt.

Wie GIESEL mitteilt (*Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. 1900, S. 9*), ist die braune Färbung des Baryumplatincyaniürs nur an einem Haufen von Krystallen zu beobachten. Der einzelne Krystall bleibt hellgelb, zeigt aber im durchgehenden Licht mit dem Nicol betrachtet in einer Lage citronengelbe, bei Drehung des Nicols um 90° blutrote Farbe. Bei Kreuzung zweier Krystalle wird daher nur braunrotes Licht durchgelassen. — Steinsalz oder Bromkalium nehmen unter dem Einfluß der Radiumstrahlen dieselben Färbungen an wie durch Kathodenstrahlen.

Das Spektrum des Radiums ist von DEMARÇAY genauer untersucht worden (*C. R. CXXIX, 716; 1899*). Die dazu benutzte Probe hatte ein 70 000 mal so großes Strahlungsvermögen als Uran. In dem Spektrum bemerkte man außer den sehr sehr deutlich auftretenden Baryumlinien und einigen von den Elektroden und schwachen Verunreinigungen herrührenden Linien eine Reihe ganz neuer Linien, von denen mehrere ebenso hell wie die hellsten des Baryums sind. 15 dieser Linien zwischen $\lambda = 5000$ und $\lambda = 3500$ wurden nach ihrer Lage und Helligkeit genau bestimmt; zu ihnen kommen noch etwa 10 schwächere, deren Bestimmung unsicher blieb. Die helleren Linien erinnern in ihrem Aussehen an die Linien des Baryums.

Eine Einwirkung der Becquerelstrahlen auf elektrische Funken und Büschel beobachteten ELSTER und GEITEL (*Wied. Ann. 69, 673; 1899*). Die zwischen der kugelförmigen Anode und der scheibenförmigen Kathode einer Influenzmaschine übergehenden Funken und Büschel verschwinden sofort, sobald man ihnen ein Radiumpräparat nähert; im Dunkeln sieht man, daßs durch die Einwirkung der Strahlen die Funken- oder Büschelent-

ladung in eine Glimmentladung übergeht. Durch Vorsetzen eines Bleischirms kann die erste Entladungsform wiederhergestellt werden. Nimmt man als Kathode eine Kartonscheibe von 25—30 cm Durchmesser, so wirkt die Strahlung schon in mehr als 1 Meter Entfernung und auch dann, wenn das Radiumpräparat sich hinter der Kartonscheibe befindet, da diese für Becquerelstrahlen fast völlig durchlässig ist. Das Material der Kathodenscheibe ist ganz beliebig. Doch gelingt der Versuch nicht, wenn die Scheibe Anode, die Kugel Kathode ist. Ersetzt man die Becquerelstrahlen durch Röntgenstrahlen, so bleibt jede Wirkung aus. Das dürfte an der Intermittenz der Strahlungsquelle liegen, wie denn auch eine intermittierende Quelle ultraviolett Lichts unwirksam bleibt.

Auf die Schlagweite der Induktionsfunken wirken die Becquerelstrahlen ebenfalls ein. Eine empfindlich eingestellte passive Funkenstrecke, die von dem Radiumpräparat durch einen Bleischirm getrennt ist, beginnt sofort mit dem Funkenspiel, wenn man den Bleischirm fortzieht. Hier braucht nur die zwischen den Elektroden liegende Luftschicht von den Strahlen durchsetzt zu werden, während das Material der Elektroden gleichgiltig ist.

Die durch Strahlen des Radiums erzeugten Phosphoreszenzerscheinungen wurden von BECQUEREL untersucht (*C. R. CXXIX, 912; 1899*). Die phosphoreszierenden Stoffe befanden sich in Pulverform auf Glimmerblättchen befestigt. Nähert man ihnen auf einige Millimeter Entfernung den strahlenden Körper, so leuchten die Substanzen, die auch unter dem Einfluß ultravioletter oder Röntgenstrahlen phosphoreszieren; dagegen wurden die nur im gewöhnlichen Licht phosphoreszierenden durch die Radiumstrahlen nicht beeinflusst. Indessen war die Einwirkung der letzteren auf viele Stoffe doch auch wieder von der Einwirkung der Röntgenstrahlen verschieden. Eine photometrische Messung des von den Radiumstrahlen erzeugten Phosphoreszenzlichtes ergab, daß die Intensität etwas rascher abnimmt als das umgekehrte Quadrat der Entfernung, was auf eine Absorption durch die Luft schließen läßt. Diese Absorption ist verschieden für die besondere Strahlung jeder einzelnen Substanz. Auch Schirme, die zwischen den strahlenden und den phosphoreszierenden Körper gestellt wurden, schwächten die Phosphoreszenz in sehr verschiedener Weise. Zur Erklärung dieser Erscheinung muß man annehmen, daß die Phosphoreszenz jedes Körpers durch eine besondere Strahlung erregt wird, daß also die Strahlung der radioaktiven Substanzen zusammengesetzt ist aus Strahlungen verschiedener Natur, die — analog den Lichtstrahlen von verschiedener Wellenlänge — durch ihre Absorption charakterisiert sind.

Bei einigen Mineralien dauert die durch das Radium erregte Phosphoreszenz längere Zeit an; so bleibt diese bei Flußspat noch 24 Stunden nach Entfernung der Erregungsquelle sichtbar. Der natürliche Flußspat wird beim Erwärmen phosphoreszierend, verliert nach einmaliger Erwärmung diese Eigenschaft, erhält sie aber durch Einwirkung ultraviolett Lichtes und des elektrischen Funkens wieder. Dasselbe bewirken auch die Strahlen des Radiums. Stücke inaktiv gemachten Flußspats werden durch diese Bestrahlung sofort fähig, bei Erwärmung zu leuchten, und zwar mit einem Licht, dessen Spektrum mit dem durch den elektrischen Funken hervorgerufenen durchaus übereinstimmt. Der Flußspat ist nach der Einwirkung des Radiums auch sehr befähigt, die Luft leitend zu machen; in einem Wasserbade verschwindet diese Fähigkeit, während die durch das Radium erworbene Phosphoreszenz dadurch nicht merklich geändert wird.

Die Ablenkbarkeit der Becquerelstrahlen durch den Magneten wurde zuerst von F. GIESEL nachgewiesen (*Wied. Ann. 69, 834; 1899*). Auf die Pole eines Hufeisenmagneten wurde ein Leuchtschirm gelegt; unter diesem befand sich in 1 cm Entfernung zwischen den Polen das Poloniumpräparat. Bei Erregung des Magneten wich der Lichtschein in einer zur Verbindungslinie der Pole senkrechten Richtung aus und zeichnete auf dem Schirm eine kometenschweifartige Figur, die bei Polwechsel auf die andere Seite übersprang. Brachte man das Präparat in gleiche Lage über den Schirm, so erfolgte die Verschiebung in entgegengesetztem Sinne. — Ein Radiumpräparat verhielt sich ähnlich, doch war die Erscheinung weniger deutlich. Auf einer photographischen Platte liefs sich die Erscheinung fixieren; die strahlende Substanz wurde dabei in unmittelbare Nähe der mit schwarzem Papier

umhüllten Platte gebracht. Hierbei zeigte sich noch die Eigentümlichkeit, daß die Strahlen in der Nähe der Substanz in der Ablenkungsrichtung wellig in S-förmig gewundenen Linien verliefen; es erinnert das an die Form der Aureole eines Induktionsfunken zwischen Magnetpolen.

Die Einwirkung des Magnetfeldes auf die Strahlen des Poloniums und Radiums wurde auch von St. MEYER und E. R. v. SCHWEIDLER beobachtet (*Physikalische Zeitschrift* No. 9 S. 90; No. 10 S. 113; 1899). Die Verff. benutzten zu ihren Versuchen sowohl ein Präparat Giesels (Baryumradiumchlorid), als auch Radium- und Poloniumpräparate von Curie in Paris. Die entladende Wirkung der Strahlen erwies sich im magnetischen Felde als sehr geschwächt. Bei Erregung des Magneten stieg die Dauer der Entladung, je nachdem das Präparat unter oder zwischen den Polen sich befand, auf das 6 fache, oder auf das 20 fache der Zeit, die ohne Feld für die Entladung nötig war. Diese Zahlen gelten für das Gieselsche Präparat, während die Curieschen Präparate nur teilweise eine sehr geringe Entladungsverzögerung im Magnetfelde zeigten.

Aus weiteren Versuchen ging hervor, daß das Magnetfeld nicht etwa das Emissionsvermögen des Radiums verändert, sondern daß es die Strahlen ablenkt und dadurch ihre entladende Wirkung beeinflusst. Das radioaktive Präparat, das die Form eines Rechtecks hatte, wurde auf der Rückseite eines Baryumplatincyanschirms befestigt und dieser so zwischen die Pole eines Magneten gebracht, daß die Schirmebene den Kraftlinien parallel war. Fig. 1 giebt einen Schnitt senkrecht zur Feldrichtung; die nach A und B gehenden Strahlen werden bei Erregung des Magneten nach A₁ und B₁ umgebogen. Auf dem Schirm zeigte sich das in der Weise, daß zu beiden Seiten des die Conturen des Präparats zeigenden Lichtflecks in einiger Entfernung helle Streifen auftraten, von denen der eine (bei A₁) durch einen oben hingeleghen Bleiklotz, der andere (bei B₁) durch einen unter den Schirm gebrachten Bleiklotz beschattet werden konnte. Der Sinn der Krümmung ist derselbe wie der eines biegsamen Stromleiters, in dem ein negativer Strom im Sinne der Strahlen fließt; die Strahlen verhalten sich also ganz analog den Kathodenstrahlen.

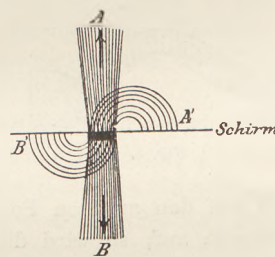


Fig. 1.

Bringt man das Präparat so an den einen Pol, daß die Strahlen den Kraftlinien nahezu parallel gehen, so zeigt ohne Feld der auf dem andern Pol befindliche Schirm eine schwache gleichmäßige Fluoreszenz. Wird das Feld erregt, so bildet sich das Präparat ziemlich scharf auf dem Schirme ab; die Verbindungslinie von Objekt und Bild ist die Richtung der Kraftlinien. Die Verff. erklären das aus dem vorigen Versuch in der Weise, daß die parallel den Kraftlinien gehenden Strahlen vom Magneten unbeeinflusst bleiben, die sie schneidenden dagegen zu Schraubenlinien um sie herumgewickelt werden.

Ähnliche Beobachtungen machte BECQUEREL (*C. R. CXXIX. 996: 1899*). Für Strahlen parallel zur Feldrichtung kam er zu denselben Ergebnissen; für Strahlen senkrecht dazu zeigte sich bei Benutzung einer photographischen Platte an Stelle des Leuchtschirms, daß Meyer und Schweidler nur einen Teil der Erscheinung beobachtet hatten. Fig. 2 zeigt das auf der horizontalen Platte entstehende Bild, wenn diese sich zwischen den Polen + und - befindet und das radioaktive Präparat in der Mitte oben aufliegt. Man erblickt bei A den Platz der Strahlungsquelle, auf der einen Seite völlig getrennt davon einen dunkeln Streifen, dessen Maximum (bei B) in einer durch die Quelle senkrecht zu den Kraftlinien gezogenen Linie liegt; zu beiden Seiten dieses Maximums biegt der Streifen um und trifft die Pole beinahe normal zu deren Oberflächen. Meyer und Schweidler haben nur das Maximum des Streifens (bei B) beobachtet; doch ist die Erklärung dieser Verff., daß der Eindruck von Strahlen herrührt, die oberhalb der Platte von dem Präparat ausgehen und durch

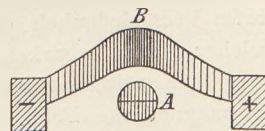


Fig. 2.

den Magneten zu ihr zurückgeführt werden, auch für den BECQUERELschen Versuch zutreffend. Die unterhalb der Platte austretenden Strahlen müßten auf der andern Seite der Strahlungsquelle einen symmetrischen Streifen erzeugen; doch werden diese Strahlen hier von dem zweimal zu durchdringenden Glase absorbiert und geben daher auf der Platte keinen Eindruck. BECQUEREL folgert aus seinem Versuch, daß — bei Annahme einer punktförmigen Strahlungsquelle inmitten des Feldes — der Ort der größten Wirkung der Strahlen auf einer Rotationsfläche liegt, deren Achse die durch die Quelle gehende Kraftlinie ist und deren Meridiankurve durch den oben beschriebenen Streifen bestimmt wird. Auf dieser Oberfläche findet die Fortpflanzung der Strahlung in Schraubenlinien statt, die sich drehen in der Richtung eines Kreisstromes, der selbst ein Magnetfeld der gleichen Art erzeugen würde. Je nachdem ein Fluoreszenzschirm diese Fläche schneidet, berührt oder garnicht trifft, ändert sich das auf dem Schirm sichtbare Bild, dessen scheinbare Anomalieen sich hierdurch leicht erklären lassen.

Bei einem zweiten Versuch brachte BECQUEREL die strahlende Substanz unmittelbar neben den einen Pol (in Fig. 3 neben den + Pol), während die photographische Platte ihre Lage behielt. Auch hier hat der Eindruck die gleiche Krümmung wie vorhin. Neben dem Fleck, der den Platz der Strahlungsquelle angiebt, befindet sich ein Fleck, der fast ebenso intensiv ist und sich mit dem ersten unmittelbar vereinigt; der Eindruck geht dann mit veringelter Intensität die Kurve entlang, erreicht oben in der Mitte des Feldes sein Minimum,

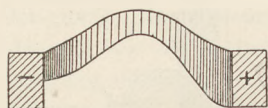


Fig. 3.

wird gegen den anderen Pol hin wieder stärker und ist in unmittelbarer Nähe desselben so intensiv, daß er hier gleichsam eine Art Bild der aktiven Substanz erzeugt. Aus dieser krummlinigen Fortpflanzung der Strahlen im Magnetfelde geht hervor, daß man in die Mitte des Feldes einen kleinen undurchsichtigen Schirm, etwa eine Münze bringen kann, ohne daß die Strahlung

sich auf den anderen Pol zu konzentrieren aufhört. Stellt man dagegen den Schirm exzentrisch auf, so wird die Wirkung auf den Pol erheblich geschwächt. Die verschiedene Intensität des Streifens in Fig. 3 zeigt ferner, daß, wenn man gegenüber der Quelle nahe dem andern Pol einen Fluoreszenzschirm hinbringt und diesen nach der Mitte zu rückt, die erhaltene Fläche einen größeren Umfang, aber eine geringere Intensität als an dem Pol besitzen muß, obwohl man sich der Quelle nähert.

Von besonderem Interesse ist noch der folgende Versuch. Ein Bleischirm, der die direkte Strahlung der Quelle auf eine fluoreszierende Fläche aufhält, hält nicht die krummlinige Strahlung im Magnetfelde auf, wenn sie sich um das Hindernis herumwinden kann; der Punkt, an dem diese krummlinige Strahlung den Schirm trifft, ändert sich mit der Feldrichtung. — Alle diese Beobachtungen zeigen, daß die Strahlen des Radiums sich sehr den Kathodenstrahlen nähern.

In einer späteren Arbeit (*C. R. CXXIX, 1205; 1899*) teilt BECQUEREL mit, daß er mit den Strahlen des Poloniums nicht die geringste Ablenkung durch den Magneten erhalten hat. Das von Giesel (s. o.) unter dem Namen „Polonium“ benutzte Präparat müsse daher wesentlich anderer Natur gewesen sein, wie das ihm von Curie gelieferte. Auch die Strahlen des Urans selbst wurden von dem Magneten nicht beeinflusst. Das Magnetfeld enthüllt also eine große Verschiedenheit der Strahlen der einzelnen Präparate, die sich auch sonst in ungleicher Absorbierbarkeit durch verschiedene Substanzen bemerkbar macht.

In Erweiterung seiner Versuche über die Strahlen des Radiums setzte BECQUEREL in das magnetische Feld eine zweite photographische Platte vertikal zu den Kraftlinien und der ersten Platte. Das Radiumpräparat befand sich wieder in der Mitte des Feldes. Nach der Entwicklung zeigte die vertikale Platte einen intensiven Eindruck, dessen Grenze von einer Spirale gebildet wurde; die Richtung der letzteren ist die des Stromes, der das Feld erzeugt. Der Anfang der Spirale ist der Schnittpunkt der durch die Strahlungsquelle gehenden Kraftlinie mit der Platte und zeigt, daß die parallel den Kraftlinien gehenden Strahlen nicht abgelenkt werden. Aus Messungen, die Verf. an den Kurven angestellt hat, folgert

er, daß die Geschwindigkeit der Strahlen des Radiums dieselbe Größenordnung besitzt wie die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen. Elektrostatische Ablenkungen der Radiumstrahlen konnten bisher nicht wahrgenommen werden.

In der Sitzung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft vom 5. Januar 1900 demonstrierte ELSTER mit den Gieselschen Präparaten die wichtigsten Eigenschaften der Becquerelstrahlen und zeigte auch ihre Ablenkung durch den Magneten (*Verhdl. d. D. Ph. G. 1900, S. 5*). ELSTER fand auch letzteren Versuch bei Polonium deutlicher als bei Radium, namentlich als er ihn im Vakuum anstellte. Radiumpräparate scheinen einen aktiven flüchtigen Bestandteil zu enthalten. Wenn man etwas aktives Brombaryum im Vakuum entwässert, so beschlägt ein dort hinein gebrachtes gekühltes Gläschen mit einem kaum sichtbaren Befuge, der den Fluoreszenzschirm zum Leuchten bringt. Nach einigen Tagen verschwindet diese Fähigkeit wieder, auch wird sie durch Abwaschen vernichtet. Die Gieselschen Poloniumpräparate zeigen ebenfalls sehr schnell eine Abnahme ihrer Radioaktivität. Baryumbromid behielt dieselbe auch nach andauerndem Erhitzen. Verdampft man nur eine Spur einer radioaktiven Substanz in einer Bunsenflamme, so erhöht sich die elektrische Zerstreuung der Luft im Beobachtungsraume beträchtlich.

Wie an derselben Stelle mitgeteilt wird, gelang es WARBURG, bei dem Gieselschen Brombaryumpräparat mittels Bleibenden einen wohldefinierten Strahl von 10 bis 15 cm Länge zu erzeugen und dessen Ablenkung im Magnetfelde festzustellen. Dieselbe erfolgte in der That im Sinne einer negativen Elektrizitätsbewegung im Strahle. Ebenso fand WARBURG, daß die von ihm genauer untersuchte „Verspätung“ der Funkenentladung unter dem Einfluß der Becquerelstrahlen nicht zustande kommt.

Auch Herr P. CURIE studierte die Ablenkung der Becquerelstrahlen durch den Magneten und fand dabei, daß die Strahlen des Radiums aus zwei wohl unterschiedenen Strahlenarten bestehen, von denen nur die eine durch den Magneten beeinflusst wird. (*C. R. CXXX, 73; 1900.*) Zur Untersuchung diente der Strom, der von den Strahlen zwischen geladenen Condensatorplatten erzeugt wird. Das Ergebnis war abhängig von der Entfernung des Radiumpräparats von den Condensatorplatten. War diese 7 cm und darüber, so wurden alle Strahlen, die den Condensator erreichten, abgelenkt; bei geringerer Entfernung wurde nur ein Teil abgelenkt, und zwar nahm dieser Teil zu, je mehr die Entfernung abnahm. Die ablenkbaren Strahlen sind die durchdringendsten. Filtriert man daher die Strahlen durch Aluminium oder schwarzes Papier, so werden die hier noch durchgehenden Strahlen sämtlich vom Magneten abgelenkt. Die Entfernung, bis zu welcher die nicht ablenkbaren Strahlen in Luft sich ausbreiten, betrug für vier verschiedene Radiumpräparate 6,7 cm. Die durchdringenden ablenkbaren Strahlen bilden aber einen geringen Teil der Gesamtstrahlung. Die von Poloniumpräparaten ausgehenden Strahlen fand Verf. ebenso wie Becquerel nicht ablenkbar. Daß das Gieselsche Präparat Ablenkung zeigte, glaubt Verf. nicht mit einer Verschiedenheit des Präparats, sondern damit erklären zu müssen, daß die ablenkbaren Strahlen mit verringerter Aktivität der Substanz zuerst verschwinden.

Eine genauere Untersuchung der beiden Strahlenarten stellte Frau S. CURIE an (*C. R. CXXX, 76; 1900*). Es zeigte sich dabei, daß, während die ablenkbaren Strahlen den Röntgenstrahlen gleichen und durch fortgesetzte Filtration immer durchdringender werden, die nicht ablenkbaren Strahlen sich gerade umgekehrt verhalten. Diese werden mit der Dicke der schon von ihnen durchdrungenen Substanz immer stärker absorbierbar und gleichen einem Projektil, das beim Durchdringen von Hindernissen einen Teil seiner lebendigen Kraft einbüßt. Die Versuche wurden auch mit der elektrischen Methode ausgeführt. Es eigneten sich dazu besonders die gar nicht ablenkbaren Strahlen des Poloniums; für das Radium wurden die ablenkbaren Strahlen durch einen Magneten zur Seite geschafft. Die Absorption der Strahlen durch eine Aluminiumplatte war um so größer, je weiter der Strahl von seiner Ursprungsstelle entfernt war. Bei zwei hinter einander gestellten Aluminiumplatten absorbierte die zweite einen größeren Bruchteil der Strahlung als die erste. Unter-

sucht man die beiden Strahlenarten des Radiums zusammen, so vermischen sich ihre beiden entgegengesetzten Eigenschaften, und man erhält für eine bestimmte Entfernung ein Maximum der Absorption und ein Minimum des Durchdringungsvermögens.

Dieselbe Methode, mit der Rutherford die Uranstrahlen näher untersuchte (*diese Ztschr.* XII 298), wandte OWENS auf die Thorstrahlen an (*Phil. Mag.* 48, 360; 1899). Die mit dem Thorsalz bestrichene Platte wurde auf 95 Volt geladen und machte die umgebende Luft leitend, so daß das mit einer darüber stehenden Platte verbundene Elektrometer einen Ausschlag gab. Dieser Ausschlag nahm allmählich zu und erreichte nach einiger Zeit einen constanten Wert. Dabei zeigte sich Thoroxyd am wirksamsten: ist der von Thoroxyd erzeugte Leitungsstrom 100, so war der entsprechende für Thornitrat 18,5, für Thorsulfat 17,5. Wurde ein Luftstrom durch den Raum zwischen beiden Platten geblasen, so fiel der Leitungsstrom auf etwa 33 Prozent des Wertes, den er bei ruhiger Luft besaß; war die Schicht Thoroxyd dünn, so fiel der Strom nur bis 80 Prozent. Zwischengelegte Aluminiumplatten verringerten ebenfalls den Unterschied der bei ruhiger und bewegter Luft auftretenden Ausschläge. Sauerstoff- und Leuchtgasströme hatten ähnliche Wirkungen.

Der Verf. maß ferner die Abhängigkeit des Stromes von der Spannung der unteren Platte und von der gegenseitigen Entfernung beider Platten. Legt man 1 bis 10 Aluminiumblätter zwischen beide Platten, so wird der Strom von den ersten rasch, von den folgenden immer weniger stark absorbiert; dies deutet auf zwei Strahlenarten von verschiedener Absorbierbarkeit hin, wie sie Rutherford bei der Uranstrahlung auch fand. Legte man auf die strahlende Platte zwei Schirme von verschiedenem Stoff, z. B. Aluminium auf Papier, so hatte der Strom eine bestimmte Stärke; wurde dann umgekehrt das Papier auf das Aluminium gelegt, so war der Strom nur halb so stark. Diese Abhängigkeit der Wirkung von der Reihenfolge der in den Weg der Strahlen gestellten Schirme hatte auch Sagnac für die sekundären Röntgenstrahlen gefunden (*d. Ztschr.* XI 182).

Der Einfluß des Gasdruckes auf den Leitungsstrom zeigte sich in der Weise, daß dieser bei Thoroxyd bis zu 300 mm Quecksilberdruck proportional dem Druck zunahm, bei etwa 600 mm ein Maximum erreichte und dann allmählich kleiner wurde, so daß er bei 2786 mm etwa ein Drittel des maximalen Wertes besaß. Uranoxyd zeigte eine ganz ähnliche Kurve. Die Absorption der Strahlen durch Luft ergab sich als nahezu dem Drucke proportional.

Auch RUTHERFORD untersuchte mit seiner Methode die Thorstrahlung und wurde durch verschiedene Eigentümlichkeiten derselben zu der Annahme einer „Emanation“ radioaktiver Teilchen geführt, die ihr Strahlungsvermögen einige Minuten lang behalten. (*Phil. Mag.* 49, 1; 1900.) Die Hauptbestätigung dieser Annahme fand er in einem Versuch, wonach ein von dem Thorpräparat aus zwischen zwei geladene Condensatorplatten hindurch geblasener Luftstrom den Raum zwischen den Platten ebenso leitend macht, wie es durch direkte Bestrahlung geschieht. Auch sonst wird die entladende Wirkung der Strahlen sehr durch Luftströmungen selbst und solche, wie sie im Zimmer durch Öffnen und Schließen einer Thür entstehen, beeinflusst. Die Emanationstheorie lasse diese Erscheinungen leicht erklären. Die ausgesandten Teilchen ionisieren das Gas zwischen den Platten. Die „Emanation“ geht ohne Änderung ihrer Wirkungen durch Watte, Wasser und Schwefelsäure hindurch, durchsetzt dünne Metalle und diffundiert langsam durch Papierschieben. Die Emanation wächst mit der Dicke des Thorpräparats, von dem sie ausgeht; möglicherweise besteht sie aus Thorampf. Die Emanation beeinflusst auch eine photographische Platte; leider macht der Verf. hierüber, sowie über etwaige Fluoreszenzwirkungen keine weiteren Angaben. Andere radioaktiven Stoffe besitzen die Fähigkeit der Emanation nicht; dagegen fand der Verf. sie bei allen Thorverbindungen in erheblichem Grade. Bei Beendigung der Untersuchungen ergab sich noch eine bemerkenswerte Erscheinung. Der Verf. fand, daß das in einem Gase durch die Emanation erzeugte positive Ion die Fähigkeit hat, allen Stoffen, auf die es fällt, Radioaktivität zu verleihen. Diese neue Strahlung hat größere Durchdringungskraft wie die von

Uran und Thor selbst. — Ob die letzte Erscheinung vielleicht mit dem „induzierten Strahlungsvermögen“ von Herrn und Frau Curie identisch ist, dürfte erst aus weiteren Untersuchungen hervorgehen. *Schk.*

Die Frage der elektrolytischen Leitfähigkeit verdünnter Gase untersucht E. BOUTY (*C. R. CXXIX, 152; 1899*). Unter den Physikern besteht seit einigen Jahren die Tendenz, den Gasen elektrolytische Leitfähigkeit zuzusprechen, die J. J. Thomson sogar als von derselben Ordnung wie die von 25 prozentiger Schwefelsäure bestimmt hat. Der Verf. benutzt hierzu die Erscheinung, daß ein isolierter Leiter, der zwischen die Platten eines geladenen Condensators gebracht wird, die Kapazität desselben vergrößert. Diese Vergrößerung ist ganz unabhängig von der Natur des Leiters, mag er metallisch oder elektrolytisch sein. Ein mit Salzlösung gefüllter Ballon verhält sich ebenso wie ein mit Quecksilber gefüllter; auch läßt sich die Salzlösung durch destilliertes Wasser, Alkohol oder Terpentinöl ersetzen. Ist die Dauer der Entladung nicht zu kurz, so verhalten sich alle diese Dielektrika wie vollkommene Leiter. Die Vergrößerung der Kapazität ist auch völlig unabhängig von der angewandten Potentialdifferenz, wie schwach diese auch sei. Diese Unabhängigkeit stellt ein wesentliches Merkmal der metallischen und der elektrolytischen Leitfähigkeit dar. Bringt man hingegen zwischen die Platten eines Condensators einen Ballon mit Luft von Atmosphärendruck, so ergibt dieser, wenn seine Wände innerlich und äußerlich sorgfältig mit Paraffin überzogen sind, nur eine unbedeutende Vergrößerung der Kapazität (2–3 %), wie groß auch die angewandte Potentialdifferenz ist. Es ist also leicht zu entscheiden, ob der Inhalt des Ballons leitend oder nichtleitend ist.

BOUTY brachte nun zwischen die Platten seines Condensators verschiedene mit verdünnten Gasen gefüllte Röhren, Glühlampen, Crookesche Röhren, ein Radiometer, elektrodenlose Röhren. Bei allen war die Außenseite sorgfältig mit Paraffin überzogen. Sie verhielten sich sämtlich wie der mit Luft gefüllte Ballon, d. h. gaben nur eine Kapazitätzunahme von 3 %. Ließ man aber in eine der Röhren feuchte Luft einströmen, so wurden die Wände leitend, und die Kapazitätzunahme stieg auf 30 %. Sie behielt diese Größe, wenn Flußwasser oder Salzlösung hineingegossen wurde. Das Crookesche Vakuum zeigte sich also als absoluter Nichtleiter, selbst bei einem Abstand der Platten von nur 3 cm und einer Potentialdifferenz von 2000 Volt.

In den angewandten Crookeschen Röhren betrug der Druck zwischen 0,01 und 0,001 mm. Geißlersche Röhren (mit einem Druck von 1–5 mm) verhielten sich bei geringen Werten des elektrostatischen Feldes wie mit Luft von Atmosphärendruck gefüllte Ballons, was jede Idee einer elektrolytischen Leitfähigkeit des Gases ausschloß. Bei einer hinreichend hohen Spannung jedoch scheint die Röhre leitend zu werden und vergrößert die Kapazität um 50 %. Im Dunkeln leuchtet hierbei die Röhre auf, sowohl bei der Ladung wie bei der Entladung. Für einen bestimmten kritischen Wert des Feldes beobachtet man bei mehreren auf einander folgenden Versuchen, daß die Kapazität sich — je nach den begleitenden Umständen — bald um 2 %, bald um 50 % vergrößert. In dem Wesen eines Gases ergibt sich hier, wie es scheint, eine merkwürdige Discontinuität. Bei einem gegebenen Druck p , solange das Feld unter einem kritischen Wert f bleibt, ist die Röhre dunkel und vergrößert die Kapazität nicht merklich; das verdünnte Gas ist ein vollkommenes Dielektrikum. Bei höherer Feldstärke als f entsteht in der ganzen Masse des Gases ein Durchbruch der Elektrizität und die Röhre wird leuchtend. Es ist so, als wenn eine Grenze der elektrischen Elastizität besteht, oberhalb welcher das Gas fähig wird, den Wänden positive und negative Ladungen zu liefern, die das Feld im Innern aufheben. Der Verf. zieht aus seinen Versuchen den Schluß, daß man in einem verdünnten Gase unter normalen Bedingungen keine freien Ionen annehmen kann, die elektrischen Eigenschaften eines Gases also nicht mit denen eines bekannten Elektrolyten verglichen werden können.

In einer späteren Arbeit (*C. R. CXXIX 204*) untersucht derselbe Verf. den Widerstand genauer, den das Gas der Aufhebung des dielektrischen Gleichgewichts entgegenstellt, d. h. die dielektrische Kohäsion des Gases. Diese ist sehr groß im Crookeschen Vakuum, nimmt

zuerst mit Vermehrung des Druckes ab, passiert ein Minimum und wird wieder sehr groß für Drucke, die dem Atmosphärendruck nahe stehen. Es ist wahrscheinlich, daß die Gasmoleküle die dielektrische Kohäsion des Aethers, die unendlich ist, auf zwei verschiedene Arten beeinflussen. Sind die Gasmoleküle sehr entfernt, so zu sagen isoliert, so durchbrechen sie nur die Continuität des Aethers und führen ebenso viele schwache Punkte ein. Sind die Moleküle einander ziemlich nahe, so scheint sich ihre gegenseitige Wirkung in der Weise zu äußern, daß die resultierende Kohäsion proportional ihrer Zahl verstärkt wird.

Schk.

Zur Atomgewichts-Tabelle. Von der Atomgewichts-Kommission der Deutschen Chemischen Gesellschaft wird soeben eine neue Atomgewichtstabelle veröffentlicht (*Berichte XXXIII, 1900, Heft 1*), die von der früheren, auch in dieser Zeitschr. (*XII 186*) wiedergegebenen ein wenig abweicht. Danach erhielt Kadmium das Atomgewicht 112,4 (statt 112), Kobalt 59,0, Neodym 143,6, Praseodym 140,5, Thorium 232,5, Zirkon 90,7. Ferner sind bei Argon, Helium, Praseodym und Samarium die Fragezeichen, die die Elementarnatur dieser Körper in Zweifel setzten, weggefallen. Es empfiehlt sich, diese Änderungen in der früheren Tabelle zu vermerken.

O.

3. Geschichte.

Leonardo da Vinci. Die Bedeutung Leonardo da Vincis für die exakten Naturwissenschaften hat W. ELSÄSSER in den *Preufs. Jahrb. (August 1899)* behandelt. Er stützt sich dabei auf die neueren Veröffentlichungen der Manuskripte (1881—93 die 13 Bände des Institut de France durch Ravaisson-Mollien, 1891 des Codex atlanticus durch Govi, 1893 und 1895 die Manuskripte des British- und S. Kensington-Museums durch Sabachnikoff). Durch dies Material erfahren die früheren Darstellungen der wissenschaftlichen Leistungen Leonardos mehrfache Berichtigung und Ergänzung. Schon Venturi hat (1797) hervorgehoben, daß Leonardo bereits die echte Methode der induktiven Forschung gekannt und ihre Wichtigkeit betont hat. Von einzelnen Entdeckungen wird zunächst aus der Mechanik das verallgemeinerte Hebelgesetz genannt. L. hat das vom Drehungspunkt auf die Krafrichtung gefällte Lot als potentiellen Hebelarm eingeführt und mit Hülfe dieses Begriffs die Wirkungen des Winkelhebels erklärt, ferner auch bereits die Gesetze von Rolle, Flaschenzug, Rad an der Welle auf den Hebel zurückgeführt, was gewöhnlich dem Ubaldi (XVI. Jahrhundert) zugeschrieben wird. Auch das Eigengewicht des Hebels wird von ihm in Rechnung gezogen. [Dem bisher als Entdecker des allgemeinen Hebelgesetzes anerkannten Benedetti, der hundert Jahr später lebte, würde man deswegen die geistige Urheberschaft nur dann absprechen dürfen, wenn sich eine Abhängigkeit von L. nachweisen oder wahrscheinlich machen ließe.] Auch über die Festigkeit hat L. Untersuchungen angestellt, deren Ergebnisse freilich unzulänglich sind, die aber durch den Weg, der zu ihrer Erlangung eingeschlagen ist, ebenso wichtig sind, wie durch die eindringliche Betonung des Wertes mathematischer Kenntnisse für die Feststellung der Naturgesetze. — Daß L. nicht, wie man früher glaubte, das Beharrungsgesetz gekannt hat, ist bereits von Wohlwill 1889 nachgewiesen worden. — Ähnlich verhält es sich nach dem Urteil ELSÄSSERS mit dem Gesetz von der schiefen Ebene; L. setzt hier irrtümlich bei Untersuchung der Gleichgewichtsbedingung die Grundlinie statt der Länge der schiefen Ebene ein, und nimmt ebenso irrtümlich den Druck normal zur Ebene dem Neigungswinkel (statt dem Sinus desselben) proportional. Man wird also auch fernerhin Stevin als den Entdecker dieses Gesetzes ansehen müssen. Dagegen giebt L. die Zeit für den Fall eines Körpers auf der schiefen Ebene im Vergleich zum freien Fall durch gleiche Höhe richtig an, und zeigt, wie später Galilei, daß der Kreisbogen in kürzerer Zeit durchfallen wird als die zugehörige Sehne. — Auffallend ist, daß L. in Bezug auf den freien Fall und den Wurf noch fast ganz in dem aristotelisch-scholastischen Gedankenkreise befangen bleibt und an der Vorstellung von einer sich allmählich aufzehrenden *vis impressa* festhält. Der Weg eines geworfenen Körpers wird von ihm als anfänglich geradlinig, dann kreisförmig

bez. schliesslich wieder geradlinig angesehen. In Bezug auf den freien Fall findet sich bei ihm die an Galilei anklingende Bemerkung, daß „ein schwerer fallender Körper in jedem Zeitgrade einen Bewegungsgrad, und in jedem Bewegungsgrad einen Geschwindigkeitsgrad erhält“. Doch fehlt ihm die später von Galilei gegebene scharfe Begriffsbestimmung von Geschwindigkeit und Beschleunigung, und nicht zu rechtfertigen ist die auch in die Geschichtswerke übergegangene Behauptung, daß L. die Proportionalität von Zeit und Geschwindigkeit beim freien Fall gekannt habe. Es mangelt bei L. überdies auch an der experimentellen Durcharbeitung. — Über den Stofs dagegen hat L. eingehende und erfolgreiche Versuche angestellt, und insbesondere festgestellt, daß die Stoswirkung abhängt von den Massen der Körper, ihren Geschwindigkeiten, der Bewegungs- und Stofsrichtung. Dem schiefen Stofs widmet er eine genaue, durch Zeichnungen unterstützte Betrachtung.

In der Hydrostatik hat L. zuerst das Gesetz der kommunizierenden Röhren in voller Allgemeinheit unter Berücksichtigung der Form und Weite der Röhren und des verschiedenen spezifischen Gewichts der Flüssigkeiten aufgestellt. Ferner gilt er mit Recht als der Begründer der Hydraulik, wennschon er, wie später Castelli, noch darin irrt, daß er die Ausflußgeschwindigkeit der Höhe des Wasserspiegels proportional setzt. Richtige Vorstellungen hat er auch über die Wellenbewegung des Wassers, über die hierbei stattfindende Bewegung der einzelnen Wasserteile, über die Reflexion der Wellen, über den Einfluß des Windes. Er vergleicht die Schallfortpflanzung in der Luft mit der Bewegung der Wasserwellen (wie schon Aristoteles und Vitruv) und weist darauf hin, daß dort wie hier zwei Wellenzüge, ohne sich zu stören, durch einander hindurchgehen können. — Die Reflexion des Schalls vergleicht er mit der Reflexion des Lichts und weiß Nachhall und Echo richtig zu deuten. Er wirft das Problem der Bestimmung der Schallgeschwindigkeit auf, ohne es lösen zu können. Über die Fortpflanzung des Schalls in Wasser findet sich folgende charakteristische Beobachtung: „Wenn du dein Schiff anhältst und das eine Ende eines Rohres in das Wasser tauchst, während das andere Ende an das Ohr gelegt ist, wirst du das Geräusch von Schiffen hören, die sehr weit von dir entfernt sind“. L. kennt ferner das Mittönen von Saiten oder Glocken und die Bedingungen, unter denen es auftritt; von den Reibungstönen weiß er, daß ihre Höhe von der Geschwindigkeit der bewegten Luft abhängt.

In der Optik hat er sich namentlich mit dem Vorgang des Sehens beschäftigt, den er am ausführlichsten in einem Abschnitt der Pariser Handschrift auseinandersetzt. Bekannt ist, daß ihm die Erfindung der Camera obscura zugeschrieben werden muß (d. Zeitschr. *XII* 167), und daß er sich in seiner Theorie des Sehens darauf bezieht. Bei ihm findet sich zuerst der später von Scheiner angegebene Versuch: Wenn man zwischen Auge und Gegenstand ein mit einer feinen Öffnung versehenes Papierblatt bringt und zwischen Auge und Papier einen Stift bewegt, so beschattet dieser zunächst die ihm entgegengesetzte Seite des Gegenstandes. Wenn ihm sonach die Kreuzung der vom Gegenstand kommenden Lichtstrahlen bekannt ist, so glaubt er irrthümlich im Auge noch eine zweite Kreuzung annehmen zu müssen, damit das Bild auf der Rückseite der Krystalllinse wieder aufrecht erscheine. Eine eingehende Darstellung über die Funktion des Auges bei L. da Vinci giebt ELsäSSER in der Zeitschrift f. Math. und Physik, Jahrg. 45, S. 1 (historisch litt. Abteilung). Jedenfalls hat L. das Verdienst, eine geometrische Konstruktion des Bildes im Auge versucht zu haben. [Doch bliebe festzustellen, wie weit hierin Alhazen und Vitello seine Vorläufer gewesen sind.] — Bemerkenswerth ist auch eine Notiz über den Zusammenhang von Lichtstärke und Entfernung; L. vergleicht zwei Lichtstärken, indem er die von beiden Lichtquellen herrührenden Schatten eines Körpers nebeneinander auf eine Wand wirft, und schreibt vor, die eine Lichtquelle so weit zu verschieben, bis beide Schatten gleich erscheinen. Er findet damit das Prinzip des Photometers, obschon er das physikalische Gesetz für den Zusammenhang von Lichtstärke und Entfernung nicht richtig angiebt. — Auch den Strahlenkranz, den man an fernen leuchtenden Gegenständen bemerkt, suchte L. zu deuten; er zeigte durch Versuche, daß derselbe von der Reflexion an den oberen und unteren Augen-

wimpern herrühre, eine Ansicht, die noch im Anfange unsres Jahrhunderts vorkommt. — Andere optische Bemerkungen gehören mehr in das Gebiet der Malerei.

Nach dem allen muß Leonardo als der hervorragendste Physiker seines Zeitalters angesehen werden; keiner hat so überzeugt wie er auf die Natur selbst als Quelle der Erfahrung hingewiesen, keiner so deutlich wie er die Wege überblickt, die die Forschung in der Folge gegangen ist.

P.

4. Unterricht und Methode.

Aus einer Jahrhundertsrede. In der Rede, die U. VON WILAMOWITZ-MÖLLENDORFF zur Feier des Jahrhundertwechsels an der Universität zu Berlin am 13. Januar d. J. gehalten hat, kommt er zum Schlusse auf Methode und Ziel wissenschaftlicher Forschung zu sprechen. — Wir führen die Stelle hier an, weil wir darin eine Übereinstimmung mit der Auffassung erkennen, die von unserer Zeitschrift von Anfang an vertreten worden ist. Nachdem der Redner darauf hingewiesen, wie es gelungen sei, selbst in das Seelenleben des Menschen der Urzeit hineinzublicken und so tiefe Probleme wie die Genesis der Religion aufzuwerfen, fährt er fort:

„Dazu leihen sich was man als Natur- und Geisteswissenschaft unterscheidet, einträchtig die Hand. So zeigt sich an einem Beispiel, das sich zufällig bietet, daß die beliebte Zerspaltung der Wissenschaft unhaltbar ist. Die Verschiedenheit der grade angepackten Objekte macht für die wissenschaftliche Methode nichts aus. Auf das Erste, die Gewinnung des Materiales, muß immer die Analysis folgen. Wir ver hören das einzelne Objekt und entlocken ihm mit allen Mitteln, was es uns irgend aussagen kann. Zu diesen Mitteln gehört die experimentelle Untersuchung so gut wie die philologisch-historische Kritik. Dann kommt die Synthesis der an den Einzelobjekten gewonnenen Erkenntnisse. Da wird das Ergebnis sich bald als ein Gesetz darstellen: das kann so gut ein Naturgesetz sein, wie das, nach dem der Dichter seine Verse gebaut hat; bald wird sich die Reihe der geordneten Objekte durch die nachschaffende Phantasie als ein vergangener Werdeproceß darstellen. Dieselbe Thätigkeit des Geistes liest die Entstehung der Erdrinde in der Lagerung und den Gesteinen ihrer Schichten, und in den sachlichen und sprachlichen Differenzen ihrer Schichten die Entstehung der Ilias. Man hat wohl gesagt, daß die Sprachwissenschaft durch die Entdeckung der Gesetze des Lautwandels eine Naturwissenschaft geworden wäre; man könnte mit gleichem Rechte sagen, daß Darwin die Naturwissenschaft historisiert hätte. Beides ist im Grunde ein leeres Gerede, weil die Wissenschaft eine Einheit ist.“

„Das ist sie, weil ihr Objekt im Grunde eins ist, das einige, anfangs- und endlose Leben, das Ewigganze, das nur unsrer Endlichkeit zum Vielen wird. Weil sie eine Einheit ist, weckt sie auch in allen Seelen, in die ein Strahl von ihr fällt, denselben gesteigerten Menschensinn, erhebend vom Vielen zum Ganzen. Die Summe dessen, was wir verstehen, bleibt immer verschwindend gegenüber dem, was wir zu verstehen uns vergeblich sehnen ... Aber das Gefühl der Bescheidung, das freilich jeden einzelnen übermannt, und auch dem Volke und der Generation und dem Jahrhundert das dünnelhafte „Wie wir's so herrlich weit gebracht“ verwehrt, drückt nicht nieder, sondern erhebt. Denn an dem Anschauen des ewigen Seins, wenn auch das göttliche Licht dem irdischen Auge nur im farbigen Abglanze des Werdens wahrnehmbar ist, hat der Mensch das wahrhaft menschliche Leben. In der Quelle, die ihn tränkte, dem Baume, dessen Früchte ihn nährten, im Sturm, der ihn umbrauste, der Sonne, die ihn wärmte, empfand der Mensch der Urzeit die wirkende übermenschliche Kraft, offenbarte sich ihm die Gottheit ... Und wie erhaben der Mensch der Gegenwart sich dünke, weil er die Kraft des Stroms zwingen kann, daß sie ihm frohne als Licht, oder Wärme, oder Bewegung, desselben Stroms, dem sein Urahn mit furchtsamen Gebeten ein Füllen opferte, die Gottheit gnädig zu stimmen: dasselbe Gefühl irdischer Ohnmacht bindet sie beide. Geschwunden ist nur die Furcht, seit dem Auge der Seele der ewige Kosmos aufgegangen ist, ihrem Ohre vernehmlich geworden die heilige Harmonie

Geblieden und gewachsen sind Andacht und Ehrfurcht, und an jedem Erdentage lehrt die Wissenschaft einzustimmen in den Sang der Erzengel vor dem Angesichte des Unsichtbaren: Dein Anblick giebt den Engeln Stärke, — weil keiner dich ergründen mag, — und alle deine hohen Werke — sind herrlich wie am ersten Tag.“
P.

Das Foucaultsche Pendel hat in dieser Zeitschrift zuerst (I 14) von Herrn Koppe eine ausführliche Behandlung erfahren, der noch kleinere Mitteilungen gefolgt sind. Durch alle diese Angaben ist in Bezug auf das Experiment festgestellt, dafs man bei der Beobachtung aller Vorsichtsmafsregeln in jedem Zimmer den Versuch mit Erfolg anstellen kann. Zur Theorie, soweit sie sich in der Schule darstellen läfst, finden sich in dem genannten Aufsatz auch die beiden gangbaren Wege angegeben: die Beziehung der Pendellage zum Meridian oder zu einem aufgehenden Stern.

Mit der Theorie des Foucaultschen Pendels beschäftigt sich auch die Beilage zu dem Programm des kgl. Gymnasiums in Graudenz (*Foucaults Pendelversuch*, von Prof. Dr. REHDANS, Graudenz 1899, Progr.-No. 31). Der Verfasser betont (was in den gebräuchlichen Darstellungen meist verschwiegen wird), dafs die übliche Herleitung der Formel $\beta = \alpha \sin \varphi$ nur für unendlich kleine Zeiten gilt. Die Darstellungen der Lehrbücher (Jochmann, Wüllner, Martus, Mach, Müller-Pfaundler) unterzieht er von diesem Gesichtspunkte aus einer eingehenden Kritik. Da die sonst recht verdienstliche Arbeit nicht gerade leicht zu lesen und auch von Fehlern nicht frei ist¹⁾, so dürfte eine Übersicht über ihren Inhalt an dieser Stelle angebracht sein.

Die Drehung des Foucaultschen Pendels wird gewöhnlich damit begründet, dafs entweder die Ebene, in der das Pendel schwingt, oder die Schwingungstangente, d. i. die Tangente an dem Schwingungskreis in seinem tiefsten Punkt, dauernd sich selbst parallel bleibt. Dafs die Behauptung der Parallelität der Schwingungsebene falsch ist, läfst sich leicht dadurch erweisen, dafs diese Ebene stets vertikal bleiben, also durch den Erdmittelpunkt gehen mufs. Thatsächlich kommt auch die Parallelität der Schwingungsebene für den Beweis garnicht in Frage, auch da nicht, wo sie, wie z. B. bei Jochmann, behauptet wird; der Beweis wird immer mit der Parallelität der Schwingungstangente geführt. Damit aber ist es nicht besser bestellt. Wenn das Foucaultsche Pendel schwingt, so liegt die Schwingungstangente stets horizontal. Alle Horizontalebenen in Punkten desselben Parallelkreises (Tangentialebenen zur Erdkugel) schneiden die Erdachse in demselben Punkt (C, Fig. 1). Wenn nun in zwei Punkten (A) und (B) desselben Parallelkreises die Schwingungstangenten parallel sein sollen, so können sie nur der durch C gehenden Schnittlinie der beiden zugehörigen Horizontalebenen parallel sein. Da es aber zu jeder solchen Geraden, die durch C geht, höchstens zwei zugehörige Tangentialebenen giebt, so können auch die Schwingungstangenten höchstens in zwei Punkten desselben Parallelkreises parallel sein. Also kann beim Foucaultschen Pendel die Schwingungstangente nicht fortwährend sich selbst parallel bleiben²⁾.

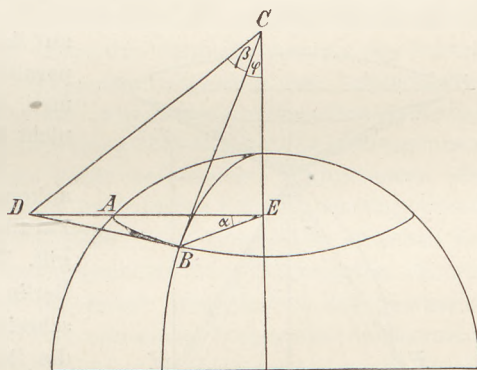


Fig. 1.

¹⁾ An Druckfehlern, die bei dem absoluten Mangel an Figuren stören, seien bemerkt: S. 5 Z. 2 *ACB* statt *BAC*, S. 17 Z. 6 *C (SBZ)* statt *C (SAZ)*, S. 14 Z. 3 v. u. $\sin \varphi$ statt $\sin \alpha$, S. 15 Z. 4 v. u. $\lg^2 \alpha$ statt $\lg 2 \alpha$.

²⁾ Dieser Satz ist bei Rehdans falsch; er bestreitet die Möglichkeit, durch zwei Punkte A und B eines Parallelkreises parallele Schwingungstangenten zu legen. Auf S. 14 seiner Arbeit ist der Fehler untergelaufen, dafs der Endpunkt D der Geraden CD, die auf der Ebene AOB eines grössten Kreises senkrecht steht, in diese Ebene verlegt wird, was nach den Angaben über D auf S. 13 unmöglich ist.

Nur eine Art von dauernder Parallelität wäre möglich: die Schwingungstangente könnte stets einer festen Ebene parallel bleiben. Beginnt z. B. die Bewegung des Pendels in der Meridianebene, so schneidet jede spätere Horizontalebene (Tangentialebene an einem andern Punkt des Parallelkreises) die erste Meridianebene. Die Schwingungstangente könnte darum stets einer Schnittlinie parallel sein, die in der ersten Meridianebene liegt. In Fig. 1 sei der Kreis die erste Meridianebene, A und B zwei Punkte desselben Parallelkreises, CBD die Horizontalebene zu B ; $AEB = \alpha$ giebt die Zeit an, in der A nach B kommt, $BCE = \varphi$ ist gleich der geographischen Breite von A , BC ist die Meridiantangente zu B . Wenn nun die Schwingungstangente stets der Anfangsebene parallel bliebe, so müßte sie in B der Geraden CD parallel sein, sich also um β ($\angle BCD$) gegen den Meridian gedreht haben. Aus den 3 Gleichungen

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{BD}{BE}, \quad \sin \varphi = \frac{BE}{BC}, \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{BD}{BC}$$

folgt aber die Gleichung: $\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \alpha \sin \varphi$.

Daraus ergibt sich, daß für $\alpha = 90^\circ$ stets auch $\beta = 90^\circ$ sein muß, wenn $\varphi \geq 0$ ist, zu $\alpha = 180^\circ$ gehört $\beta = 180$ etc. Wenn also an irgend einem Punkt der Erde, der nicht auf dem Äquator liegt, ein Foucaultsches Pendel schwingt, so würde sich hiernach seine Schwingungstangente in 6 Stunden um 90° (zuerst langsam, dann schneller) von W nach N, von N nach O u. s. f. drehen. Da dieses Resultat aber allen Beobachtungen widerspricht, so bleibt nur der Schluß übrig, daß weder die Schwingungsebene, noch die Schwingungstangente fortwährend sich selbst oder auch einer festen Ebene parallel bleibt.

In der That machen auch die Lehrbücher, die die Parallelität behaupten, einen Fehler in der Voraussetzung. Es heißt dort: Die Schwingungsebene oder -richtung eines Pendels, auf das keine andere Kraft wirkt als die Schwere, muß parallel bleiben. Dabei wird stillschweigend angenommen, daß die Richtung, in der die Schwere wirkt, sich nicht ändert. Das ist aber falsch.

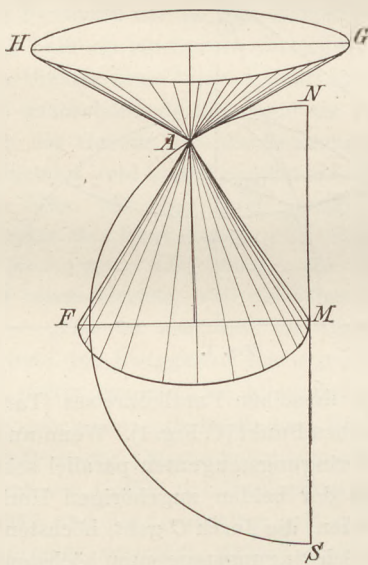


Fig. 2.

Für die Drehung der Erde, auf die es hierbei ankommt, ist es gleichgültig, ob die Erdachse oder die Parallele zu ihr durch den Beobachtungspunkt für fest gilt. Wir können die Bewegung so auffassen, daß z. B. Berlin fest bleibt und die Erdachse einen Cylinder beschreibt, auf dessen Achse Berlin liegt. Dann aber wirkt die Schwere so, als ob das Pendel (Fig. 2) auf der Spitze A eines Kegels befestigt wäre und die Schwere es auf einer Seitenlinie desselben herabzöge. In 24 Stunden dreht sich diese Seitenlinie einmal auf dem Kegel herum. Wenn der Beobachtungsort nördlich von Berlin gewählt wird, so wird der Kegel spitzer, wenn südlich, flacher; liegt er auf dem Äquator, so wird der Kegel zum Kreis. Die Vertikale (Erdradius AM) ist eine Seitenlinie dieses Kegels, die Horizontalebene also eine Tangentialebene zum Polarkegel (AGH). Daraus geht klar hervor, daß hierbei eine Kraft wirkt, die die Schwingungsebene des Pendels um die Schwingungstangente zu drehen strebt, so daß also in der That die Voraussetzung für die oben behauptete Parallelität unrichtig ist.

Da nun aber die übliche Erklärung der ganzen Erscheinung am Foucaultschen Pendel von der Parallelität der Schwingungstangente abhängt, so muß man sich bei der Herleitung der Formel $\beta = \alpha \sin \varphi$ auf unendlich kleine Zeiten beschränken. Diese Einschränkung aber muß ausdrücklich beim Beweis hervorgehoben werden. Einige weitere Ausführungen über den Gegenstand wird Ref. an einer andern Stelle dieser Zeitschrift veröffentlichen.

A. Schmidt, Friedenau.

Die Behandlung der Geologie und Mineralogie im naturwissenschaftlichen und geographischen Unterricht bildet das Thema zweier Programmabhandlungen von J. PETERSEN (*Realschule in Einsbüttel zu Hamburg 1898, Progr.-No. 776; 1899, Progr.-No. 783*). Die erste Abhandlung stellt sich die Aufgabe, die Umgrenzung des aus der Geologie und Mineralogie darzubietenden Lehrstoffes und die Unterbringung desselben in den gegebenen Rahmen der Lehrpläne näher darzulegen. Da aus verschiedenen Gründen hauptsächlich dem geographischen Unterricht die Aufgabe zufallen muß, die Geologie zu behandeln, so wünscht der Verfasser auch den vorzugsweise historisch vorgebildeten Collegen sowie überhaupt den jüngeren Lehrkräften Anhaltspunkte zur Behandlung des Stoffes zu bieten. Zur weiteren Belehrung wird besonders auf die Erdgeschichte von Melchior Neumayr verwiesen. Gegenüber den Bestrebungen, durch stärkere Betonung der Ethnographie die Erdkunde zu beleben, sucht der Verfasser den Nachweis zu führen, daß es wichtiger sei, die Geologie und Mineralogie heranzuziehen, da die Völkerkunde kaum anders als rein dogmatisch behandelt werden könne. Dies führt den Verfasser zu beachtenswerten Ausführungen über den Wert der Naturwissenschaft als Unterrichtsmittel. Wenn auch die Anerkennung der Naturwissenschaft als eines den anderen Unterrichtsfächern gleichberechtigten Gegenstandes wesentlich mit erfochten wurde durch den Nachweis, daß ihm ein formaler Bildungswert zukomme, so ist doch andererseits der naturwissenschaftliche Unterricht um seiner selbst willen zu betreiben, d. h. der Stoff an sich ist wertvoll genug, um für sich behandelt zu werden. Verfasser stellt ferner als eine wesentliche Wirkung dieses Unterrichts die Weckung des Causalitätsbedürfnisses hin und kommt bezüglich der Notwendigkeit, die Hypothese in den Unterricht einzubeziehen, zu ähnlichen Ansichten wie Tümpel (diese Zeitschr. VIII 102). Mit Recht verlangt auch Verfasser, daß den Grenzen des Naturerkennens im Unterricht mehr Beachtung geschenkt werde. — Hinsichtlich der Abgrenzung des geologischen Stoffes im allgemeinen wird die Ansicht vertreten, daß die historische Geologie mitsamt der Paläontologie fast ganz auszuschneiden oder nur bei geeigneter Umgebung des Schulortes zu berücksichtigen sei. Im einzelnen wird dann in der „Physischen Geographie“ (I) Gestalt und Größe der Erde erörtert, wobei auch die Bedeutung des Reliefs des Meeresgrundes hervorgehoben wird (hier konnte vielleicht für die Berlin besuchenden Fachgenossen oder Schüler auf den im Berliner Postmuseum aufgestellten instruktiven Reliefglobus hingewiesen werden); dagegen wird den „geographischen Homologieen“, den Vergleichen zwischen den Umrissformen verschiedener Weltteile, nur ein untergeordneter Wert beigemessen. Hieran schließt sich noch ein Abschnitt über „Das Innere der Erde“. Bei der von den geothermischen Tiefenstufen ausgehenden Betrachtung wird als notwendig hingestellt, die Resultate des physikalischen Unterrichts, besonders die Abhängigkeit des Aggregatzustandes vom Druck, zu berücksichtigen. Anstatt hier sogar die Hypothese vom gasförmigen Zustand des Erdinnern in den Bereich der Betrachtung zu ziehen, könnte eher auf die Bedeutung des spez. Gewichtes der Erde hingewiesen werden. Übrigens beträgt die geothermische Tiefenstufe für 1° C. nicht 30 m, sondern nach den Beobachtungen Köbrichs am tiefsten Bohrloch bei Rybnik i. Schl. 34,14 m; auch die übrigen Beobachtungen von Sperenberg, Schladebach u. s. w. schwanken nur zwischen 32 und 36,6 (vergl. *Berg- und Hüttenmänn. Wochenschrift Glückauf* No. 70, 1895). In der „Gesteinslehre“ (II) empfiehlt der Verfasser weitgehende Beschränkung; hauptsächlich würden Granit, Porphyr, Basalt, Obsidian, Bimstein, Gyps, Steinsalz, Sandstein, Sand, Thon, Thonschiefer, Steinkohle und Kalkstein zu behandeln sein, deren Besprechung dem chemischen Unterricht zugewiesen wird. In der „Tektonischen Geologie“ (III) sind die Faltung und Verwerfung, der Vulkanismus in seinen einzelnen Erscheinungen wie Eruptionen, Erdbeben und heiße Quellen, ferner die säkularen Hebungen und Senkungen zu berücksichtigen. In Kapitel IV „Geologische Bedeutung des Wassers“ werden zuerst die mechanischen Wirkungen erörtert und dann dem chemischen Unterricht die Aufgabe zugewiesen, zu zeigen, wie die mechanische Thätigkeit des Wassers durch die chemische ergänzt wird; für die Bedeutung des Eises werden besonders die Alpen herangezogen. Hinsichtlich der „Historischen Geologie“ (V) wird für Schulen, die im Glacialgebiet liegen, die

Beschränkung auf die Carbonformation und das Diluvium empfohlen. Schieflich gelangt der Verfasser zu folgender Stoffverteilung: U III (3. Kl. der Realschulen): Gebirgsbildung in ihren Grundzügen, mechanische Thätigkeit des Wassers, Erosion, Thalbildung, Deltabildung, Meeresablagerungen, Korallenriffe. Aus der Gesteinslehre kurze Behandlung des Kalksteins, Sandsteins, Thon. — O III (2. Kl.): Erweiterte und vertiefte Wiederholung der Gebirgsbildungsvorgänge und Thalbildung, Erdbeben und Vulkanismus, geologische Bedeutung des Eises, Diluvium in Norddeutschland und den Alpen. — U II bis I (1. Kl.) Zustand des Erdinneren, Petrographie, Vulkanismus, Geysererscheinungen, chemische Thätigkeit des Wassers, Kohlenformation.

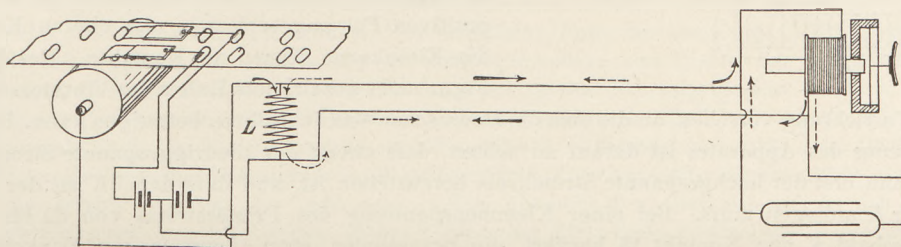
In dem zweiten, 1899 erschienenen Teil wird der mineralogische Lehrstoff näher behandelt. Es wird auf die Notwendigkeit der Verknüpfung von Mineralogie und Chemie hingewiesen und der Krystallographie ein besonderer Abschnitt gewidmet, wobei der Symmetrieebene eine vorwiegende Bedeutung für die Einteilung der Krystalsysteme eingeräumt wird (vergl. die Programmabhandlung von W. Anders, diese Zeitschr. V 164). Hiernach werden die für den Cursus der Realschulen notwendig erachteten Mineralspezies einzeln ihrer Bedeutung nach behandelt. Auch hier wird Beschränkung auf das Notwendigste empfohlen und dagegen aufgetreten, daß vielfach in den Lehrbüchern Mineralspezies ohne nähere Charakterisierung angeführt werden. Verfasser wendet sich dabei namentlich gegen das auch schon anderwärts gerügte Verfahren in R. Arendts Leitfaden (für einjährigen Cursus), woselbst in der ersten Lektion mehr als dreißig Mineralnamen angeführt werden.

Den Schlufs bilden „Bemerkungen zum propädeutischen Unterricht in der Chemie und Mineralogie“, worin sich der Verfasser zunächst mit der Arendtschen Abhandlung über die chemischen Unterrichtsmethoden in Baumeisters Erziehungs- und Unterrichtslehre auseinandersetzt (vergl. diese Zeitschr. X 42). Unter Darlegung verschiedener Schwächen des Arendtschen Lehrganges wird dann der Gliederung des Stoffes nach dem althergebrachten System der Elemente der Vorzug erteilt. Auf eine Diskussion dieser ganzen Ansichten müssen wir hier verzichten, In einem näher skizzierten Plan sucht Verfasser zu zeigen, wie man auch bei systematischem Unterrichtsverfahren entwickelnd vorgehen könne. Hinsichtlich der Einzelheiten verweisen wir auf die Arbeit selbst und fügen nur hinzu, daß wir den dort gewählten Anfang mit der sogenannten Elektrolyse des Wassers nicht billigen können, wie es denn auch wenig zweckmäfsig erscheint, den Begriff des Elements zuerst an unsichtbaren Gasen zu gewinnen. Abgesehen hiervon enthält aber auch dieser skizzierte Lehrgang ebenso wie die ganze Abhandlung beachtenswerte Ausführungen. O.

5. Technik und mechanische Praxis.

Schnelltelegraph von Pollack und Virág. (*Elektrotechn. Zeitschr.* 1899 Heft 27.) Der Zeichengeber ist eine Metallwalze, auf der zwei Metallbürsten schleifen. Zwischen der Walze und den Bürsten wird ein in zwei Reihen perforierter Papierstreifen hindurchgezogen, durch dessen Löcher hindurch die Bürsten die Walze berühren. Zwei Battereien senden ihren Strom, die eine den positiven, die andere den negativen, in die Bürsten, von da in die Walze und die Leitung; die Rückleitung ist gemeinsam. Den Durchbohrungen des Papierstreifens entsprechen positive und negative Stromstöße, aus denen ein Alphabet ähnlich wie in der Kabeltelegraphie zusammengesetzt ist. Empfänger ist ein Telephon, dessen Membran den Stromstößen entsprechend gehoben und gesenkt wird. Durch ein Stäbchen wird diese Bewegung auf einen kleinen Hohlspiegel übertragen, der das zum Punkt zusammengezogene Licht einer Glühlampe auf eine mit photographischem Papier bekleidete Walze wirft. Bei der Bewegung der Walze beschreibt der Lichtpunkt eine Schraubenlinie rund um sie herum, also schräg laufende Linien auf dem abgenommenen Papierblatt. Eine Hebung des Spiegels giebt eine Bogenlinie nach oben (Strich bei Morse), eine Senkung eine solche nach unten (Punkt bei Morse).

Nun treten bei diesem System zweierlei Störungen auf, die die Erfinder zu beseitigen hatten. Die Membran kommt erstens nach einem Stromstofs nicht unmittelbar zur Ruhe, sondern führt pendelnde Bewegungen aus, die von den durch einen neuen Stromstofs hervorgerufenen überdeckt werden. Um diese Nachschwingungen zu beseitigen, ist parallel zum Telephon ein Condensator eingeschaltet, der beim Stromstofs geladen wird und sich nachher in das Telephon entlädt. Durch geeignete Wahl des Condensators können damit die Eigenschwingungen der Membran gedämpft werden. Ferner hat eine Telegraphenleitung Widerstand, Capazität und Selbstinduktion, die den Strom am Empfänger nicht so momentan erlöschen lassen, wie es am Geber geschieht.



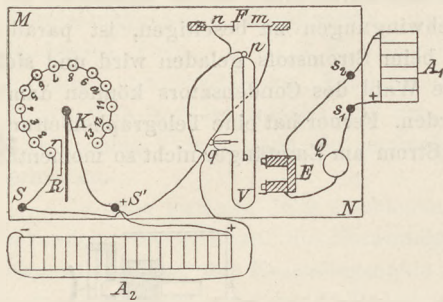
Um diese Wirkung zu eliminieren, wird in einen Nebenschluss zur Leitung dicht am Geber eine Spule gelegt, deren Widerstand, Capazität und Selbstinduktion so abgemessen werden, daß sie die schädliche Wirkung der Leitung aufheben. Während ein ohne Spule und Condensator aufgenommenes Telegramm unregelmäßige und verzerrte Bogen zeigt, ein ohne den Condensator allein aufgenommenes durch die Fülle der kleinen Nachschwingungen unleserlich ist, zeigen die mit den beiden Korrektionsapparaten aufgenommenen klare Zeichen, die ohne Mühe zu lesen sind.

Bei Versuchen zwischen Budapest—Temesvár und zurück wurden 70000 bis 100000 Worte in der Stunde telegraphiert. Der Gewinn gegenüber dem Hughes'schen Drucktelegraphen ist so groß, daß die bisher erforderliche Zahl von Stunden in dieselbe Zahl von Minuten umgewandelt wird. Dabei hat man z. B. eine Zeitungsdepesche von 500 Worten in 18 Zeilen auf einem Blatt von 65 cm Länge und 9 cm Breite, während sonst ein Papierstreifen von ca. 70 m Länge nötig war.

A. S.

Eine zweckmäßige Anordnung des Vakuumvibrators von Mac Farlan-Moore. Bei dem Arbeiten mit diesem Vibrator, der im wesentlichen ein im Vakuum schwingender Hammer ist (*E. T. Z.* 17, 637; 1896; *diese Zeitschr.* X 45), empfanden es J. ELSTER und H. GEITEL als einen Übelstand, der eine andauernde Verwendung der Vorrichtung unmöglich macht, daß, wenn die schwingende Feder an dem Unterbrecherstifte kleben bleibt, die Spitze abschmilzt, die Feder ins Glühen gerät und das Glas an den Einschmelzungsstellen springt. Um die Haltbarkeit des Vibrators zu erhöhen, wenden sie daher zwei Stromkreise an, einen niedrig- und einen hochgespannten. Den ersteren benutzen sie, um den Vibrator in Schwingung zu erhalten und dadurch den anderen zu unterbrechen; außerdem schalten sie, um eine gefährliche Erhitzung des Vibrators zu verhindern, als Widerstände eine Reihe von Induktionsrollen ein, die zugleich die Spannung des Extrastromes erhöhen. Diese Verbesserungen sind an dem folgenden, von Müller-Unkel zu Braunschweig nach den Angaben Elsters und Geitels ausgeführten Apparate angebracht (*Wied. Ann.* 69, 483, 1899). Auf einem starken, 48 cm langen und 33 cm breiten Grundbrett *MN* (vgl. die umstehende schematische Zeichnung) sind angeordnet: der Quecksilberunterbrecher *Q*, der Vibrator *V*, der kleine verschiebbare Elektromagnet *E*, 13 Drahtspulen (Drahtstärke etwa 1 mm), 8 cm hoch und 4 cm dick (Gesamtwiderstand 8 Ohm), die auf 1 cm starken, vernickelten, weichen Eisenkernen stecken, ferner die Schaltkurbel *K* und der mit Spitze *m* und Platte *n* ausgestattete Funkenzieher *F*. Der Strom, der die Feder des Vibrators in unausgesetzten Schwingungen erhält, wird unter Einschaltung eines Regulierwiderstandes der Akkumulatorenbatterie *A*₁ entnommen.

Der Quecksilberunterbrecher ist nach dem Muster der Rogetschen Spirale gebaut: eine elastische Kupferdrahtspirale umgibt frei schwebend einen von einer Glasröhre umhüllten



weichen Eisenstab. Das untere Ende der Spirale taucht in ein Gläschen mit Quecksilber ein, auf das eine mehrere cm hohe Schicht destillierten Wassers gegossen ist. Wichtig ist, daß die Spirale und die Feder des Vibrators möglichst synchron schwingen. Den hochgespannten Strom entnimmt man der Akkumulatorenbatterie A_2 , die 32 Elemente enthält. Die Kurbel K ist an den positiven Pol angeschlossen, die oberen Kuppen der Eisenkerne dienen als Kontakte. Der in der Figur nicht gezeichnete Halter des Vibrators ist mit

einer Vorrichtung versehen, an die man die Mooreschen Vakuumröhren befestigen kann. Bei der Benutzung des Apparates ist darauf zu achten, daß zuerst der niedriggespannte Stromkreis und dann erst der hochgespannte Stromkreis herzustellen ist, und daß dabei K an der Arretierung R anliegen muß. Bei einer Klemmenspannung des Primärstroms von 60 bis 70 V. geht, sobald K den Kontakt 13 berührt, ein prasselnder, etwa 12 mm langer, Funkenstrom zwischen Spitze und Platte des Funkenziehers über. Dem Vorteil des dauernden Betriebes, den diese neue Anordnung bietet, steht der Nachteil gegenüber, daß bei unvollkommenem Synchronismus der beiden Unterbrecher das Licht in den Vakuumröhren stärker als bei der Mooreschen Schaltung flackert.

H.-M.

Auftauen eingefrorener Wasserröhren auf elektrischem Wege. Die Zuleitungsröhren zu den Häusern frieren bei außergewöhnlich kaltem Wetter zuweilen ein. Um sie aufzutauen, mußte man bisher zunächst das Erdreich durch darauf angemachte Feuer auftauen, dann einen Graben ausheben und das Rohr durch Feuer, heißes Wasser oder Wasserdampf so lange erwärmen, bis das Eis darin geschmolzen war. Das war kostspielig, zeitraubend und störte den Straßenverkehr erheblich. F. H. SODEN zu Chicago (*E. T. Z.* 20, 245; 1899) hatte den glücklichen Gedanken, dem Rohre die erforderliche Wärmemenge durch einen elektrischen Strom zuzuführen. Als Anschlußpunkte benutzte er die nächste zugängliche Stelle des Hauptstranges und eine im Innern des Gebäudes liegende Stelle des Zuleitungsrohrs. Die Stromquelle war ein kleiner Transformator, dessen sekundäre Wicklung in Abteilungen zerlegt und so mit einem Mehrfachumschalter verbunden werden konnte, daß man die Spannung in 5 V-Stufen ändern konnte. Zur feineren Einstellung diente eine Drosselspule mit beweglichem Kern, die in die von der Lichtleitung abgezweigte 100 V-Primärleitung eingeschaltet war. Um Feuergefahr durch Stromentweichung zu vermeiden, war das Wasserrohr jenseits der Anschlußstelle so abgetrennt, daß nur der eingefrorene Teil im Stromkreise lag. Den Schalter stellte man so ein, daß das Rohr nur handwarm wurde. Bei zu starkem Strome läuft man leicht in die Gefahr, Bleirohre abzuschmelzen. Das Auftauen geht auch bei mäßiger Erwärmung rasch vor sich. In einem Falle war ein bleiernes 25 mm weites Zuleitungsrohr eingefroren. Man schaltete 24 m dieses Rohres, 14 m eines 150 mm weiten gußeisernen Rohres und außerdem 9 m eines 2,5 mm starken Bleirohres ein. Die Zuführungen hatten 0,01 Ohm Widerstand. Man stellte den Schalter so ein, daß der Strom 150 A und die Spannung zwischen den Anschlußpunkten 25 V betrug und setzte also 3775 Watt in Stromwärme um. Nach 7 Minuten begann das Wasser zu fließen, und nach weiteren 5 Minuten waren alle Rohre eisfrei. In Plymouth mußte man einen ähnlichen Versuch wegen Störung des Telephondienstes einstellen. Dort hat man bei den Telephonleitungen die Wasserrohre als Erde benutzt, es wurden daher bei der Einschaltung des Starkstromes sämtliche Teilnehmer angerufen.

H.-M.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Physikalische Demonstrationen. Anleitung zum Experimentieren im Unterricht an Gymnasien, Realgymnasien, Realschulen und Gewerbeschulen. Von Adolf F. Weinhold. 3. verm. und verb. Auflage, mit 4 lithogr. Tafeln und gegen 550 Holzschnitten. Leipzig, Quandt u. Handel. XIII u. 879 S. M. 24.—.

Die seit Erscheinen der 2. Auflage dieses Werkes verflossene Zeit fällt nahezu mit der Dauer des Bestehens unserer Zeitschrift zusammen. Der Aufschwung, den in dieser Zeit der physikalische Unterricht genommen, kommt in dieser neuen Auflage allenthalben zum Ausdruck, namentlich auch in zahlreichen Hinweisen auf die Zeitschrift, in denen der Verfasser sich mit den dort gemachten Vorschlägen teils zustimmend, hier und da auch ablehnend auseinandersetzt; in beiden Fällen wird das Wort des erfahrenen Lehrers und gewiegten Experimentators auf Beachtung rechnen können. Von Neuerungen, die dem Verfasser selbst zu danken sind, seien erwähnt: eine vereinfachte Form des von Koppe (I 18) empfohlenen Eisenlohrschen Apparats für die Erhaltung der Schwingungsebene, eine Modifikation des Ritchieschen Photometers, eine neue Form des Apparats für Verdunstungskälte. Neu aufgenommen sind u. a. Uppenborns Apparat für Diffusion, Szymanskis akustisches Ventil und optische Scheibe, Loosers Doppelthermoskop (auch als Ersatz für das jetzt weggelassene Weinholdsche Differentialthermoskop), der Harmonikaapparat von Mach für die Abhängigkeit der elektrischen Dichte von der GröÙe der Oberfläche u. a. mehr.

Am erheblichsten sind die Änderungen in dem Abschnitt über Galvanismus. An den Anfang sind, an Stelle der Apparate für den Nachweis schwacher Elektrizität, ausführliche Vorschriften für Dynamoanlagen mit Akkumulatorenbatterie (S. 662—671) getreten; in Zusammenhang damit stehen Angaben über Regulierwiderstände (S. 680—84), für die als zweckmäßiges Material Kruppin (71,3 Eisen, 27,5 Nickel, 1,2 Mangan) empfohlen wird. Von Galvanometern wird das von Hartmann und Braun eingeführte mit beweglicher Spule (X 326) besonders genannt. Für das Ohmsche Gesetz hatte der Verfasser früher einen strengen experimentellen Nachweis als kaum möglich bezeichnet; er giebt jetzt eine ausführliche Darstellung der damals nur kurz angedeuteten Verifikationsmethode und kommt damit einem inzwischen immer lebhafter empfundenen Bedürfnis entgegen, ohne sich indessen auf die sonstigen methodischen Vorschläge, die in der Zwischenzeit gemacht sind, näher einzulassen. Statt Potential behält er noch die Bezeichnung Spannung bei, aber er paßt sich den neueren Bestrebungen doch insoweit an, daß er darunter den durch das Elektroskop (oder Elektrometer) gemessenen Zustand des elektrischen Leiters verstanden wissen will. Ein im Nachtrag beschriebener Versuch über den Potentialabfall längs eines Schließungsdrahts, unter Benutzung des Quadranten elektrometers, liefse sich auch wohl ausreichend genau mit dem Kolbeschen Elektrometer ausführen. Im letzten Teil des Buches (S. 811—58) sind die neueren Entdeckungen — Röntgenstrahlen, Teslaströme, Hertzsche Wellen, Funkentelegraphie — hinsichtlich ihrer experimentellen Vorführung behandelt, obwohl sie sich nach Meinung des Verfassers für eingehende Behandlung im elementaren Unterricht nicht eignen. Man wird ihm gleichwohl Dank wissen für die Mitteilungen über die Anordnung, die er als die zweckmäßigste befunden hat.

Wir begrüßen nach dem Gesagten diese neue Auflage des verdienstvollen Werkes als ein wertvolles Hilfsmittel für die Praxis des physikalischen Unterrichtes. P.

Vorreden und Einleitungen zu klassischen Werken der Mechanik: Galilei, Newton, d'Alembert, Lagrange, Kirchhoff, Hertz, Helmholtz. Übersetzt und herausgegeben von Mitgliedern der philosophischen Gesellschaft an der Universität zu Wien. Leipzig, C. M. Pfeffer. 1899. 258 S. M. 5.—.

Wie der Titel erkennen läßt, ist das Werk zunächst durch das Bedürfnis eines philosophischen Kreises veranlaßt worden; aber auch den Physikern ist damit ein Dienst erwiesen, da wohl nicht Jeder alle hier berücksichtigten Werke zur Hand hat und andererseits doch das Interesse für die Erörterung der Prinzipien von Jahr zu Jahr reger geworden ist. Allein die Aufnahme der „wunderbaren“ Einleitungen von Lagrange rechtfertigt die Herausgabe des Bandes. Von Galilei ist leider nur wenig aufgenommen, man hätte den größeren Teil des dritten „Tages“ wiedergeben müssen, um ein volles Urteil über diese Grundlegung der Mechanik zu ermöglichen (die Übersetzung in Ostwalds Klassikern erweist sich leider grade an entscheidenden Stellen als unzuverlässig). Überaus wichtig ist, daß die Herausgeber sich entschlossen haben, auch die Originaltexte mit abzudrucken; erst dadurch wird die Ausgabe für den wissenschaftlichen Gebrauch verwertbar. P.

Theoretische Physik von Dr. Gustav Jäger. Bd. I. Mechanik und Akustik. II. Licht und Wärme. III. Elektrizität und Magnetismus. Leipzig 1898 u. 99. G. J. Göschen'sche Verlags-handlung. Sammlung Göschen 76/78.

Das Bedürfnis nach einem kurzen Lehrbuch der theoretischen Physik wird um so größer, je mehr in den neueren für Hochschulen bestimmten Lehrbüchern der Experimentalphysik das Bestreben

hervortritt, alle ausgedehnten mathematischen Deduktionen zu unterdrücken und nur ihre Resultate historisch anzuführen, um so mehr Raum für die Entwicklung der physikalischen Wahrheiten und Methoden zu gewinnen. Das Bedürfnis nach einer Ergänzung durch die Theorie wird natürlich am meisten von denen empfunden, die die Physik nur als Hilfswissenschaft studieren und deshalb sich eingehender mit theoretischer Physik nicht beschäftigen können. Aber auch dem eigentlichen Studierenden der Physik ist ein kurze, leichtverständliche Darstellung der theoretischen Physik zur Einführung oft erwünscht. Dies Bedürfnis soll das vorliegende Werkchen befriedigen und es wird ihm das sicher durch die zweckmäßige Auswahl und Abgrenzung des Stoffes, wie auch durch die geschickte Darstellung gelingen. Klar und einfach werden die Prinzipien, Methoden und Hauptsätze der theoretischen Physik entwickelt und durch Anwendung auf wertvolle Beispiele erläutert. Das ist natürlich bei dem sehr beschränkten Raume, der dem Verfasser zur Verfügung steht, oft recht schwer. So erklären sich wohl manche Ungleichheiten in der Darstellung, z. B. daß manchmal die physikalische Deutung der Resultate etwas kurz, die Ableitungen auch zuweilen nicht vollständig streng sind, wie die Ableitung und Fassung des Prinzips der virtuellen Verschiebungen, oder daß einzelne Begriffe bei der Einführung nicht genügend vorbereitet sind, wie der Begriff der potentiellen Energie (I § 14), die Dimensionen in der Elektrizitätslehre und die Lichtstärke in der Optik.

Die Darstellung der Optik befriedigt wohl am wenigsten. In der geometrischen Optik könnte manches kürzer und doch genauer dargestellt sein. Vor allen Dingen aber wäre Gewicht auf möglichst scharfe Trennung von Hypothesen und Thatsachen zu legen gewesen, da sonst dem Anfänger, für den doch das Buch bestimmt ist, die Beziehung zwischen der Hypothese der elastischen Ätherschwingungen, die hier allein betrachtet wird, und der elektromagnetischen Theorie, die erst am Schluss des dritten Teiles mit wenigen Worten erwähnt wird, ganz unklar bleiben muß. Auf Grund der Gesetze der geradlinigen Fortpflanzung, Reflexion und Brechung „müssen“ wir nicht „das Licht als eine schwingende Bewegung des Äthers auffassen“ und sind gar nicht „sicher, daß die Äthertheilchen eine zyklische Bewegung machen werden“. (§ 14). Erst aus der Interferenz und Beugung folgt der oscillatorische Charakter der Zustände im Lichtstrahl und aus der Polarisation die transversale Lage des Schwingungsvektors. Was aber schwingt, ob der elastische Äther oder elektrische und magnetische Kräfte, das erst ist Hypothese. Daß das in der vorliegenden Darstellung gar nicht klar hervortritt, das ist ein recht fühlbarer Mangel.

Doch hindern diese Ausstellungen an einzelnen Teilen nicht, den Wert des Werkchens im ganzen voll anzuerkennen und es als recht brauchbar den Studierenden zu empfehlen. Für eine spätere Auflage wäre noch zu wünschen, daß die sehr zahlreichen störenden Druckfehler beseitigt würden, die auch in dem langen Verzeichnis am Schlusse des letzten Teiles noch lange nicht alle corrigiert sind, und daß auch den beiden letzten Teilen wie dem ersten ein Verzeichnis der Litteratur beigefügt würde, die zur Weiterbildung dienen kann.

Götting.

Luft, Wasser, Licht und Wärme. Acht Vorträge aus dem Gebiete der Experimentalchemie von Prof. Dr. R. Blochmann. Mit zahlreichen Abbildungen. 137 S. — **Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Elektrizität.** Von Prof. Dr. F. Richarz. Mit 94 Abbildungen. 139 S. (Aus Natur und Geisteswelt, 5. bez. 9. Bändchen, à M. 0,90, geb. M. 1,15.) Leipzig, B. G. Teubner, 1899.

Das erste dieser Bändchen bietet im wesentlichen die bekannten Versuche zur Einführung in die Chemie in allgemein verständlicher Darstellung, die durch zahlreiche anschauliche Abbildungen unterstützt wird. Etwas gewagt ist ein Excurs auf das Gebiet der Physik, der gelegentlich des Auerschen Glühlichtes in einer Vorlesung die Thermometer, die Wärmeeinheit, das mechanische Wärmeäquivalent, Wärme- und Lichtstrahlen, Spektralanalyse und Nachweis irdischer Stoffe auf der Sonne zusammenfaßt.

In dem zweiten Bändchen giebt F. Richarz eine höchst klare und auch für den Kenner des Gebiets anziehende Darstellung der magnetischen und elektrischen absoluten Maßeinheiten, der Hertzschcn Schwingungen und der stehenden Wellen auf Drähten, der Hertzschcn Wellen in freier Luft und der Telegraphie ohne Draht, der Kraftlinientheorie Faradays und der Teslaströme, endlich der Kathoden- und Röntgenstrahlen. Eine Reihe von Einschaltungen, die näher auf das Theoretische eingehen, wird den Lesern dieser Zeitschrift besonders willkommen sein. Aktuelles Interesse bietet u. a. eine Darlegung über das Verhältnis der elektrostatischen zur elektromagnetischen Einheit und eine Bemerkung über das Verhältnis der Faraday-Maxwellschen Theorie zu der Beibehaltung der Theorie der elektrischen Fluida (S. 104). Wir empfehlen die Schrift, die auf gründlichster Kenntnis des Gegenstandes beruht und zum größeren Teil aus Ferienkursvorträgen hervorgegangen ist, aufs angelegentlichste.

P.

Geschichte der physikalischen Experimentierkunst. Von Dr. E. Gerland, Prof. a. d. K. Bergakademie in Clausthal und Dr. F. Traumüller, Prof. am Nikolaigymnasium in Leipzig. Mit 425 Abbildungen, zum größten Teil in Wiedergabe nach den Originalwerken. Leipzig, W. Engelmann, 1899. XVI u. 442 S. M. 14, geb. M. 17.

In diesem bahnbrechenden Werke werden zum ersten Male in zusammenhängender Darstellung die Wege beschrieben, auf denen Forscher und Erfinder allmählich zu der gegenwärtigen Höhe physikalischer Erkenntnis emporgestiegen sind, und insbesondere die Werkzeuge und Arbeiten geschildert, durch die jene Geisteshelden die gewaltigen Schwierigkeiten des Aufstiegs siegreich überwunden haben. Waren auch die Ergebnisse mühevollen Aufsuchens, Entzifferns und Edierens von alten Handschriften und umfassende Studien alter Druckwerke bereits in zahlreichen Vorarbeiten niedergelegt, so hatten doch die Verfasser erst diese Einzeluntersuchungen zu sammeln, kritisch zu sichten, durch Neubearbeitung zu berichtigen und durch eigene Forschungen zu ergänzen. Eine der Hauptschwierigkeiten bei der Darstellung des so gesammelten Stoffes bildete dessen Einteilung, die Herstellung von Abschnitten, die in Wirklichkeit nicht bestehen. Die Verfasser haben mit großem Geschick den Stoff so angeordnet, daß Zusammengehöriges nicht getrennt, Wiederholungen möglichst vermieden werden, der Verlauf der Entwicklungen klar hervortritt, und die Darstellung nur bis dahin geführt, wo die Lehrbücher unserer Zeit einsetzen. Der Schwerpunkt des Werkes liegt in der Schilderung der Apparate und Maschinen in Wort und Bild. Es verdient die größte Anerkennung, daß die Verfasser überall, wo dies möglich, Abbildungen der Originalapparate und deren Beschreibungen, wo dies ausführbar, im Urtext oder in dessen Übersetzung gegeben haben. Ein Figurenverzeichnis mit Angabe der Quellen, doch leider ohne Anführung der Seiten und Tafeln, ein Sach- und ein Namenverzeichnis ermöglichen eine bequeme Benutzung des Werkes. Die Verfasser würden den Dank der Leser noch vergrößern, wenn sie den künftigen Auflagen noch Tafeln beifügen wollten, in denen die in dem Buche vorkommenden alten Maße auf unser Maßsystem zurückgeführt werden. Mit der Geschichte der Experimentierkunst sind die Entwicklung der physikalischen Lehren und die Entwicklung der mechanischen Technologie eng verbunden. Während wir eine Reihe Geschichten der Physik besitzen, fehlt meines Wissens eine Geschichte der Technologie, die auch das Mittelalter eingehend behandelt. Zwar hat man in neuester Zeit begonnen, das mittelalterliche Gewerbewesen in politischer und wirtschaftlicher Hinsicht zu erforschen; doch, wenn man von den Gewerben absieht, die Gegenstand der Kunstgeschichte sind, bis jetzt verabsäumt, die Entwicklung des Gewerbebetriebs in den italienischen, französischen und deutschen Städten eingehender zu erforschen. Solche Untersuchungen werden aber erst klar erkennen lassen, wie sich im Mittelalter die mechanische Kunst in den Städten so weit entwickelt hat, daß sie den bahnbrechenden Geistern der neueren Zeit gestattete, die ersonnenen Experimente wirklich auszuführen. Den Verfassern ist dieser Sachverhalt durchaus nicht entgangen, doch reichen die wenigen und dürftigen Einzeluntersuchungen nicht aus, diese Entwicklung und deren Einwirkung auf die Experimentierkunst im einzelnen scharf darzustellen. Es wäre aber unbillig, von den Verfassern die Ausführung solcher überaus schwierigen und zeitraubenden Untersuchungen auf einem Grenzgebiete zu fordern.

Eine eingehende Kenntnis der Geschichte der Physik läßt den Lehrer erst den wahren Wert der einzelnen Thatfachen, Begriffe und Theorien erkennen, liefert ihm überaus dankbare Mittel, den Unterricht kräftig zu beleben, und macht ihn auf die Schwierigkeiten aufmerksam, die der menschliche Geist bei dem ersten Eindringen in die einzelnen Gebiete der Physik zu überwinden hat. Das vorliegende Werk erschließt in trefflicher Weise ein neues und wichtiges Gebiet der Geschichte der Physik; es darf in der Hausbibliothek keines Lehrers fehlen, dem sein Unterricht und die ihm anvertraute wissensdurstige Jugend am Herzen liegt.

Hahn-Machenheimer.

Handbuch der astronomischen Instrumentenkunde. Von Dr. L. Ambronn, Professor und Observator an der k. Sternwarte zu Göttingen. Zwei Bände. Mit 1185 in den Text gedruckten Figuren. Geb. M. 60.—.

Dieses Werk legt Zeugnis ab ebenso von der Arbeitskraft und dem reichen Wissen eines deutschen Gelehrten, wie von der Uneigennützigkeit der Verlagsbuchhandlung. Es behandelt in 7 Abschnitten, von denen der letzte, den Bau von Sternwarten betreffend, jedoch nur als Anhang betrachtet werden kann, das ganze große Gebiet der astronomischen Instrumentenkunde und ist mit über elfhundert sehr sorgsam ausgeführten Figuren ausgestattet. Der erste Abschnitt behandelt die astronomischen Hilfsapparate, Schraube, Libelle, Collimator, Nonius, der zweite die Uhren und insbesondere die verschiedenen Methoden zur Compensation des Pendels und der Unruhe. Ebenfalls als Hilfsapparate der astronomischen Instrumente sind dann im dritten Abschnitt die rein optischen Teile, Spiegel, Objektiv- und Okularkonstruktionen behandelt. Im 4. Abschnitt „Mikrometer“ finden

wir eine Zusammenstellung und Beschreibung wohl sämtlicher Formen von Mikrometern, die in der Astronomie verwandt sind oder noch verwendet werden.

Der fünfte Abschnitt enthält die Beschreibung der Apparate, welche für die moderne Astronomie besonders charakteristisch sind: Photographische Objektive, Photometer, Spektralapparate. Der Verfasser beschränkt sich hier seinem Plane gemäß auf eine Beschreibung der Apparate und ihrer Verwendungsarten, während die Lehrbücher von Scheiner und Müller das Hauptgewicht auf die Resultate der astrophysikalischen Forschung legen: die Instrumente dieses Abschnittes stehen im Mittelpunkt des gegenwärtigen Interesses. Die Errungenschaften der Astrophysik sind doch wesentlich gewonnen durch die Konstruktion und Verwendung besonders dazu geeigneter Apparate. Wir erfahren u. a., mit welchen Mitteln, nach welchen Methoden in Potsdam, Paris, Moskau die Gestirne photographiert werden, wie die berühmten „photometrischen Durchmusterungen“ am Harvard-College und zu Potsdam angestellt worden sind und noch angestellt werden, mittels welcher Einrichtung ein Sonnenspektrum entworfen wird von einer Ausdehnung, daß zwischen den beiden die Natriumlinie zusammensetzenden Einzellinien fast so viel Fraunhofersche Linien gesehen worden, als Fraunhofer im ganzen Spektrum entdeckt hat.

Der sechste und letzte Hauptabschnitt behandelt auf ca. 500 Seiten die ganzen Instrumente im Gegensatz zur Beschreibung der einzelnen Teile, wie wir sie in den ersten Abschnitten finden. Diese Instrumente sind unter den Händen und Augen berühmter und unermüdlicher Forscher zu Individuen geworden. Erst nachdem durch zahlreiche Prüfungen alle Eigentümlichkeiten und die kleinsten nie ganz ausbleibenden Mängel eines jeden derselben erkannt, ihrer Größe nach festgestellt, ihren zeitlichen Änderungen nach sorgsam bestimmt sind, kann es im Dienste der Wissenschaft das seinige leisten. Die außerordentlich sorgfältige und vollständige Beschreibung dieser „Fernrohrindividuen“, wie sie in dem Ambronn'schen Werke gegeben ist, füllt auch von einem allgemeineren Gesichtspunkt eine Lücke unserer modernen wissenschaftlichen Litteratur aus.

A. Gleichen.

Lehrbuch der Mechanik (Cours de Mécanique) von Ch. Sturm. Übersetzt von Dr. Th. Grofs. Erster Band. Berlin, S. Calvary & Co. 1899. IX u. 258 S. M. 6, in Leinenband M. 7.

Das Buch behandelt als ersten Teil der Statik das Gleichgewicht von zwei und mehr an einem Punkte und von parallel wirkenden Kräften, die Lage des Schwerpunktes von Linien, Flächen und Körpern und die Anziehung der Körper und als sich anschließenden ersten Teil der Dynamik die dahin gehörigen Grundbegriffe, den Fall der Körper, krummlinige Bewegungen, lebendige Kraft und Arbeit, das Pendel und die Centralkräfte. Zum Teil in Zusammenhang mit dieser Einteilung stehen einige Verkehrtheiten der Anordnung. Z. B. kommt bei der ersten Besprechung der Anziehung schon die Masse vor, während ihr Begriff erst viel später definiert wird. Ebenso unangemessen ist die Auseinanderreißung der Besprechungen des Schwerpunktes und des Massenmittelpunktes. Noch weniger zulässig ist es, das Newton'sche Anziehungsgesetz in der Statik vorzubringen. Man sieht, der Übersetzer hat von dem Veralteten des Sturm'schen Werkes nicht so viel beseitigt und geändert, wie er es dem Vorworte nach gethan zu haben glaubt. Die Übersetzung an sich ist gut, und das Buch kann zur ersten Einführung in die Mechanik allenfalls gebraucht werden.

Paul Gerber, Stargard.

Jahrbuch der Chemie, herausgegeben von Richard Meyer. VIII. Jahrgang 1898, 546 S. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1899.

Dieser Bericht über die wichtigsten Fortschritte der reinen und angewandten Chemie ist schon mehrmals Gegenstand der Besprechung in dieser Zeitschrift gewesen. Es ist auf die Stellung desselben zu den größeren Jahresberichten (Fittica), den laufenden Referaten (Chemisches Centralblatt) und auf seine Verwendbarkeit für die Lehrer der Chemie hingewiesen. Auch dieser achte Jahrgang schließt sich nach Form und Inhalt den früheren Bänden an. Die XIV Kapitel und ihre Bearbeiter sind: I. Physikalische Chemie: F. W. Küster. II. Anorganische Chemie: K. Seubert. III. Organische Chemie: C. A. Bischoff. IV. Physiologische Chemie: F. Röhmman. V. Pharmaceutische Chemie: H. Beckurts. VI. Chemie der Nahrungs- und Genußmittel: H. Beckurts. VII. Agrikulturchemie: M. Märcker und W. Naumann. VIII. Metallurgie: E. P. Dürre. IX. Brenn- und Explosivstoffe, anorganisch-chemische Technik: H. C. Häussermann. X. Technologie der Kohlehydrate und Gährungsgewerbe: M. Märcker, W. Naumann und L. Bühring. XI. Technologie der Fette und Erdöle: J. Lewkowitsch. XII. Theer und Farbenchemie: R. Meyer. XIII. Chemische Technologie der Spinnfasern: P. Friedländer. XIV. Photographie: J. M. Eder und E. Valenta.

Sach- und Autorenregister vervollständigen die Brauchbarkeit, und es bedarf nach den früheren Darlegungen nur des Hinweises auf diesen praktischen und vortrefflichen Jahresbericht.

B. Schwalbe.

Schödlers Buch der Natur. 23. vollständig neu bearbeitete Aufl. von Prof. Dr. B. Schwalbe und Prof. Dr. O. W. Thomé. In drei Teilen. Zweiter Teil: Chemie, Mineralogie und Geologie. Erste Abteilung: Chemie von Prof. Dr. H. Böttger. Mit 85 Abbild. in Holzstich u. 1 Taf. Braunschweig, Fr. Vieweg u. Sohn, 1899. XVI u. 694 S.

Die neue Ausgabe des seiner Zeit sehr populären, aber seit 1884 nicht mehr aufgelegten Buches verspricht eine entschieden interessante litterarische Erscheinung zu werden. Die Gesamtidée derselben wird zwar erst im Vorwort zu dem Teil „Astronomie und Physik“ dargelegt werden, doch läßt sich an dem vorliegenden Teile bereits erkennen, worauf das Ganze hinsteuert. In Anbetracht, daß die vorliegende „Chemie“ — die nur die erste Abteilung des zweiten Teiles bildet — bereits auf das Vierfache des früheren Umfanges ausgedehnt worden ist, wird aus dem ursprünglichen „Buch“ eine stattliche Reihe von mehr oder weniger ganz neuen Büchern werden, eine neue Encyclopädie der Naturwissenschaften, deren Daseinsberechtigung bei dem rapiden Vorwärtsschreiten der einzelnen Disziplinen und dem vielfachen Wechsel der darin gültigen Anschauungen gewiss nicht zu bezweifeln ist. Über das Ganze wird man erst urteilen können, wenn auch die übrigen Teile vorliegen; sein litterarischer Wert wird sich zum großen Teil danach richten, wie weit es gelingt, gewisse durchgreifende Prinzipien in der Behandlungsweise, der Stoffumgrenzung, der gegenseitigen Beziehung u. a. zur Geltung zu bringen, was allerdings bei den ziemlich heterogenen Wissensgebieten mit nicht geringen Schwierigkeiten verknüpft sein wird. Aber selbst wenn diese Momente nicht zur Durchführung gelangen sollten, wird dennoch das Ganze als ein Sammelwerk von Handbüchern auf Anerkennung rechnen können, sofern in jeder einzelnen Disziplin die wirklich modernen Anschauungen in geeignetem Umfange und als Wesentlichstes zum Ausdruck kommen. Daß dies in der vorliegenden „Chemie“ geschehen, kann hier ohne Einschränkung zugegeben werden. Besondere Sorgfalt ist der chemischen Technologie gewidmet, und zumal nach dieser Richtung hin wird die Darstellung durch vorzügliche Abbildungen unterstützt. Dagegen ist auf die Beschreibung der Vorlesungsversuche, die in der früheren Ausgabe einen ziemlich breiten Raum einnahmen, nahezu ganz verzichtet worden. Auf die Art der Darstellung war im übrigen von maßgebendem Einfluß, daß das Buch gleichsam aus den Vorlesungen entstanden ist, welche der Verfasser seit einer Reihe von Jahren in Vertretung von Prof. B. Schwalbe verschiedenenorts gehalten hat. Der Gang im anorganischen Teile ist systematisch: die Elemente werden in zweckmäßigen natürlichen Gruppen abgehandelt; eine allgemeine Einleitung (S. 1—22) geht voraus. Ob es dem Zweck des Ganzen nicht besser entsprochen hätte, statt dieser allgemeinen Einleitung einen methodisch gehaltenen, induktiven Kursus zu geben, möchte Ref. dahingestellt sein lassen. Hiermit hängt wohl zusammen, daß z. B. von den umkehrbaren Reaktionen (S. 7) die Rede ist, ohne daß ihre Erklärung, die Dissoziation, angegeben ist; die Dissoziation an sich gelangt indessen später, im speziellen Teil, verschiedentlich zur Darstellung. S. 610 beim Caffeïn kommt die künstliche Darstellbarkeit nicht zur genügenden Klarheit. Die organischen Farbstoffe, die nur gelegentlich angeschlossen sind, hätten vielleicht eine kurze Zusammenfassung erfahren können. Die Angabe, daß man das Helium bei -260° noch nicht hat verflüssigen können (S. 64), beruht wohl auf einem Druckfehler in der Zahl, wenn auch die Verflüssigung selbst, die erst im Frühjahr 1898 durch J. Dewar erfolgte, bei der Drucklegung wohl nicht berücksichtigt werden konnte. Im übrigen möchte Ref. bestätigen, daß, soweit beobachtet wurde, alle Fortschritte bis in die neueste Zeit hinein berücksichtigt sind, und daß die Arbeit sich durch Wissenschaftlichkeit und Gründlichkeit auszeichnet.

Es ist ein erfreuliches Zeichen für das Interesse, das den Naturwissenschaften immer mehr entgegengebracht wird, daß die Verlagshandlung sich zu einer solchen umfangreichen Ausgabe entschlossen hat; wir wünschen dem Unternehmen den besten Erfolg.

O. Ohmann.

Das Mikroskop und seine Anwendung. Von Dr. H. Hager, umgearbeitet von Dr. Carl Mez, Prof. a. d. Univ. Breslau. 8. stark verm. Aufl. Mit 326 Fig. Berlin, J. Springer, 1899. VIII u. 335 S. Geb. M. 7.

Das Buch unterscheidet sich von den zahlreichen das Mikroskop behandelnden Werken dadurch, daß es vornehmlich den Bedürfnissen der im praktischen Leben stehenden Untersucher, des Pharmaceuten, des Gewerbetreibenden u. s. w. angepaßt ist. In der ursprünglichen Form, die ihm der seiner Zeit in der pharmaceutischen Litteratur hervorragend thätige Verfasser gegeben hat, erlebte es 7 Auflagen. In der neuen Ausgabe hat es unter Beibehaltung der bewährten Anlage eine wesentliche Umarbeitung und Erweiterung erfahren. Hervorzuheben ist die instruktive Einführung in das Wesen und den Gebrauch des Mikroskops, wobei auch die Anfertigung der verschiedenartigen Präparate eingehend erläutert wird. Der zweite Hauptteil giebt eine umfangreiche Übersicht über die mikroskopischen Objekte selbst, in der nicht nur die wesentlichsten anatomischen Verhältnisse aus dem Pflanzenreich und Histologisches aus dem Tierreich erörtert werden, sondern auch in einem beson-

deren Abschnitt alle für den Pharmaceuten, Gewerbetreibenden u. s. w. wichtigen Objekte — z. B. die Mehlarthen, Gewebe, Papier — ferner die für die medizinische Untersuchung wichtigen Objekte, Blut, Harn u. s. w. in ihren charakteristischen mikroskopischen Eigenschaften unter Beifügung zweckentsprechender Abbildungen behandelt werden. Besonders dieses praktischen Theiles wegen eignet sich das Buch auch vorzüglich zur Verwendung in solchen höheren Schulen, denen für Fragen aus dem praktischen Leben einiger Raum zur Verfügung steht. O.

Der Kautschuk und seine Quellen. Von Dr. R. Henriques. Dresden 1899. Steinkopf und Springer. Mit 5 Tabellen und 4 Karten. 31 S. M. 1,25.

Die kleine Monographie ist vorzüglich geeignet, über alles, was vom Kautschuk interessiert, über den Ursprung, die Verarbeitung, die Eigenschaften der verschiedenen in den Handel kommenden Arten u. s. w. den gewünschten Aufschluss zu erteilen. Besonders sorgfältig ist die statistische Seite bearbeitet. In historischer Hinsicht ist die Bemerkung interessant, daß wir den Gebrauch des Kautschuks, obgleich diesen die Natur auch in Afrika dicht an den Thoren alter Kulturcentren aufgestapelt hat, doch erst von den Indianern kennen gelernt haben, die schon zu den Zeiten der ersten Entdecker Gummibälle, Gummischuhe und wasserdichte Kleider kannten. Bei der Bedeutung, die der Kautschuk in den letzten Dezennien z. B. auch in der Elektrotechnik erlangt hat, kann die kleine, aber inhaltreiche Schrift zur Verwertung in der chemischen und physikalischen Praxis durchaus empfohlen werden. O.

Grundrifs der Naturlehre für Lehrer- und Lehrerinnen-Bildungsanstalten. Von K. Kraus, Professor an der K. K. Lehrerbildungsanstalt in Wien. — I. Teil mit 139 Holzschnitten. Wien 1896. Preis 90 kr. II. Teil mit 64 Holzschnitten. Wien 1897. Preis 90 kr. III. Teil mit 200 Holzschnitten. Wien 1898. Preis 1 fl.

Der durch verschiedene methodische Arbeiten vorteilhaft bekannte Verfasser hat speziell die Bedürfnisse der Seminarien ins Auge gefaßt. Im I. Teil des Buches sind nach den einleitenden Kapiteln die Wirkungen der Molekularkräfte, Wärmelehre, magnetische und elektrische Erscheinungen behandelt; der II. Teil enthält die Chemie, der III. Teil Mechanik, Akustik und Optik. Diese Anordnung entspricht den österreichischen Bestimmungen, die auch für die Auswahl des Lehrstoffes maßgebend gewesen sind. In Bezug auf letztere möchten wir geltend machen, daß der Charakter des Seminarunterrichts eine weitgehende Berücksichtigung derjenigen Kapitel der Physik fordert, die für das praktische Leben von Bedeutung sind, daß also nicht nur die Naturerscheinungen, sondern auch die Errungenschaften der Technik thunlichst berücksichtigt werden sollten. Es erscheint uns fraglich, ob im vorliegenden Buche z. B. die Behandlung der Dampfmaschine und der Dynamomaschine in dieser Beziehung genügen; auch die Erläuterung der Akkumulatoren und der elektrischen Mefsapparate würden wir ausführlicher wünschen und ebenso in anderen Kapiteln (z. B. bei der Spektralanalyse) entsprechende Ergänzungen für angebracht halten. Der Raum für diese Erweiterungen ließe sich durch Kürzungen an anderen Stellen wohl gewinnen.

Die methodische Behandlung verdient volle Anerkennung und zeigt, daß der Verfasser die methodischen Errungenschaften der neuern Zeit mit Geschick und sachverständigem Urtheil für sein Buch verwertet hat. Die Versuche sind sorgfältig und auch so ausgewählt, daß sie mit verhältnismäßig einfachen Hilfsmitteln ausgeführt werden können, was für Lehrerbildungsanstalten mehr noch wie für andere Schulen ein Vorzug ist; ganz besonders zu rühmen ist der jedem Abschnitte beigegebene reichhaltige und namentlich auch die Erfahrungen des täglichen Lebens berücksichtigende Übungsstoff, bei dessen Zusammenstellung der Verfasser sich vielfach an andere, ältere Lehrbücher angelehnt hat. Auch in der Berücksichtigung des geschichtlichen Momentes, sowie in der Erklärung der aus fremden Sprachen stammenden Ausdrücke sehen wir beachtenswerte Vorzüge des Buches.

In sachlicher Hinsicht sind uns nur geringfügige Ungenauigkeiten aufgefallen, wie z. B. die schon öfter gerügte Bezeichnung des Astronomen: Tycho *de* Brahe und die Benennung des Schattenphotometers nach Rumford (statt nach Lambert). Zu wünschen wäre aber, daß ein neues Buch ältere Abbildungen nur dann aufnimmt, wenn sie wirklich mustergültig sind, was hier nicht bei allen Figuren der Fall ist (Fig. 117 z. B. zeigt einen in dieser Zeitschrift schon wiederholt erwähnten Fehler; auch die Abbildungen der elektrischen Maschinen befriedigen nicht). Der wohl aus einer älteren Auflage von Sumpfs „Schulphysik“ übernommene, durch Fig. 29 im I. Teile dargestellte Versuch über das Dichtigkeitsmaximum des Wassers wäre besser durch einen anderen Versuch ersetzt worden, wie dies auch in der neuern Auflage des genannten Buches geschehen ist. Durch diese Bemerkungen soll indes die Brauchbarkeit des mit ebensoviel Fleiß als Geschick und Sachkenntnis bearbeiteten Buches nicht in Frage gestellt werden.

A. Pabst, Leipzig.

Repetitorium der Chemie. Von C. Arnold, Prof. d. Ch. an d. Königl. Tierärztlichen Hochschule zu Hannover. 9. Aufl. Hamburg u. Leipzig, L. Voss, 1899. XII u. 611 S. Geb. M. 7.

Die neue Ausgabe des trefflichen Repetitionsbuches hat besonders im ersten Teile wegen der schnellen Entwicklung der allgemeinen Chemie Verbesserungen und Ergänzungen erfahren; so ist z. B. das Kapitel Elektrochemie (S. 42–44) neu aufgenommen. Diese gedrängte erste Abteilung des Buches ist durch ihre Übersichtlichkeit und Klarheit auch in didaktischer Hinsicht wertvoll und erreicht dem Werke zur besonderen Empfehlung. Es sei noch erwähnt, daß das Buch jetzt in festerem Einbände erscheint, womit jedoch eine Preiserhöhung verbunden ist. O.

Grundzüge der Physik für die mittleren Klassen der höheren Lehranstalten. Von H. Pünning. 3. Aufl. Münster i. W., 1898, Aschendorff. 208 S. M. 2.

Der Leitfaden ist bei seinem ersten Erscheinen in dieser Zeitschrift (VI 315, 1893) so eingehend besprochen worden, daß wir nur auf die neue Auflage, die einige Zusätze und Verbesserungen erfahren hat, hinzuweisen brauchen. Ein Teil der in der erwähnten Besprechung angegebenen Mängel ist abgestellt worden, ein anderer Teil nicht. Beispielsweise wird das Hebelgesetz noch immer rein dogmatisch aufgestellt, ohne aus bestimmten Beispielen abgeleitet zu werden. Im übrigen ist unser Urteil über den Wert des Leitfadens das frühere. O.

Programm-Abhandlungen.

Die Reflexion des Lichtes an den Metallen. Erster Teil. Von Arthur Nobbe. Königl. Kaiser-Wilhelms-R.-G. zu Berlin. Ostern 1899. Pr. No. 95. 40 S.

Die Abhandlung enthält einen ausführlichen und sorgfältigen Bericht über die durch den Titel bezeichneten Forschungen bis zur Gegenwart. Nach einer orientierenden historischen Übersicht, die von Malus bis Kundt, Wiener und Rubens reicht, werden die Theorien der Metallreflexion nach Fresnel-MacCullagh und nach Cauchy dargestellt und verglichen. Dann kommen zur Behandlung: die durch Metalle hervorgebrachte elliptische Polarisierung des Lichtes, die Intensitätsänderungen durch Metallreflexion und die Phasenänderung durch Metallreflexion. P.

Die Ausbreitung einer Erschütterung an der Wellenmaschine, darstellbar durch einen neuen Grenzfall der Besselschen Funktionen. Von Max Koppe. Andreas-R.-G. zu Berlin, Ostern 1899, Pr. No. 96. 28 S. und 1 Tafel.

Der Titel der Abhandlung verrät, daß der Ursprung der behandelten Frage im Unterricht zu suchen ist. Ein altes Problem der mathematischen Physik, die Fortpflanzung einer Erschütterung durch eine elastische Punktreihe, findet eine eigenartige, der Berechnung wie der graphischen Konstruktion leicht zugängliche Lösung, indem die Verschiebungen jedes Punktes einer unendlichen Punktreihe durch eine unendliche Reihe von Besselschen Funktionen dargestellt werden, die sich praktisch durch sehr wenige Anfangsglieder ersetzen lassen. Auch die Wirkungen, die durch einen Stoß gegen einen Punkt der Punktreihe erzeugt werden, lassen sich nach dieser Methode behandeln. Schließlich wird eine beim Huygensschen Prinzip auftretende Schwierigkeit, das Nichtumkehren der Bewegung, für die Punktreihe in befriedigender Weise gehoben. Auch die periodischen Schwankungen der aktuellen und potentiellen Energie können mit Hilfe der genannten Funktionen dargestellt werden. P.

Über die Anwendung der zeichnenden Methode im naturwissenschaftlichen Unterricht des Gymnasiums.

Von Otto Ohmann. Humboldt-G. zu Berlin, Ostern 1899. Pr. No. 56.

Auf die hauptsächlich der Naturbeschreibung gewidmete Abhandlung sei kurz hingewiesen, da sie auch einige aphoristische Bemerkungen zum Zeichnen in der Physik und Chemie enthält. P.

Versuche zur Erforschung der höheren Luftschichten. Von Oscar Beyer. Luisenstädtisches R.-G. zu Berlin, Ostern 1899. Pr. No. 63. 21 S. und 2 Figuren.

Die Abhandlung giebt eine Darstellung der Einrichtungen für meteorologische Höhenbeobachtungen und geht besonders in dankenswerter Weise auf die Drachenballons der Herren v. Parseval und v. Siegsfeld ein, die nicht unzutreffend als Bojen des Luftmeeres bezeichnet worden sind. Auch die Beobachtungsdrachen von Archibald und die neuesten Hargrave-Drachen werden besprochen. P.

Über graphische Darstellungen in den Naturwissenschaften. Von Dr. E. Nickel. R.G. Frankfurt a. O. 1899. Ohne Progr.-No.

Der Wert graphischer Darstellungen mit Hilfe des rechtwinkligen Koordinatensystems wird für die Krystallographie und gewisse Teile der Chemie näher dargelegt. Man wird dem Verfasser ohne weiteres beistimmen, wenn er sagt, daß durch die graphischen Darstellungen das Maximum an Klarheit erreicht werden kann. Nach einer kurzen mathematischen Einleitung weist der Verfasser im

ersten Abschnitt „Die kristallographische Linienprojektion in algebraischer Behandlung“ darauf hin, wie die räumliche Gestaltung der Krystalle auf Figuren in der Ebene zurückgeführt werden könne. Er zeigt, welchen Nutzen bei diesem besonders von Websky und Goldschmidt ausgebildete Verfahren die graphische Methode bei algebraischer Behandlung ergibt. Die weiteren Abschnitte behandeln „das System der Grundstoffe mit besonderem Bezug auf die Zahlenbeziehungen in der Atomgewichtsreihe und seine graphische Darstellung“, „die Eigenschaften der Grundstoffe und ihre graphische Behandlung“, „Graphochemisches Rechnen“. Es werden u. a. die wichtigsten graphischen Darstellungen des Systems der chemischen Elemente z. B. von Baumhauer, der zuerst die Spirale anwandte, von Lothar Meyer, Seubert, Crookes, ferner dieselben Darstellungen auf analytischer Grundlage nach Reed und Löw erörtert. Die anderweitigen, dasselbe Thema behandelnden Publikationen des Verfassers in Fachzeitschriften werden mehrfach herangezogen. Es ist zu bedauern, daß aus äußeren Gründen von der Beigabe der eigentlich unentbehrlichen größeren Zeichnungen abgesehen werden mußte. Obgleich der Wert der Darlegungen mehr auf wissenschaftlichem Gebiet liegt, wird sich doch manches davon im Unterricht, etwa der Prima der Oberrealschulen und Realgymnasien, verwerten lassen. *O. Ohmann.*

Versammlungen und Vereine.

Direktoren-Conferenz der Provinz Schleswig-Holstein

am 11. Oktober 1899.

Es kam die Frage zur Verhandlung: Wie ist der mathematische Unterricht zu gestalten, damit die Schüler mehr lernen, das Mathematische in den sich im Leben darbietenden Erscheinungen zu erkennen? Die Fragestellung knüpfte an den Braunschweiger Beschluß von 1891 (d. Zeitschr. V 107) an, der bereits in der Wiesbadener Vereinsversammlung von 1894 eine präzisere Fassung dadurch erlangt hat, daß eine größere Berücksichtigung der Verhältnisse des wirklichen Lebens in den mathematischen Aufgabensammlungen gefordert wurde. Die Braunschweiger Fassung wird auch in den Referaten, auf die sich der vorliegende Konferenzbericht bezieht, als zu weitgehend und einseitig bezeichnet, dagegen erstreckt sich die Verhandlung vorwiegend auf die dem Wiesbadener Beschluß entsprechende Forderung, daß der mathematische Unterricht mehr sachlichen Rückhalt gewinnen solle. Von der größeren Zahl der Teilfragen, die sich hieraus ergeben, ist für unsere Zeitschrift vornehmlich die Beziehung der Physik zur Mathematik von Interesse. Diese Beziehung kommt zur Sprache in folgenden, von der Konferenz angenommenen Thesen des Berichterstatters, Prof. Dr. KARRASS (Kiel): (3). „Dem (mathematischen) System angegliedert und nach mathematischen Gesichtspunkten geordnet sind zur Belebung des Unterrichtes Aufgaben aus dem Leben, der Industrie, Technik und Wissenschaft heranzuziehen, welche dem jeweiligen Verständnis und Auffassungsvermögen der Schüler entsprechen. In den Sammlungen sind die Aufgaben nach mathematischen Gesichtspunkten zu ordnen.“ — (5). „Auf allen Stufen ist eine größere Concentration des Unterrichtes anzustreben. Es erscheint ratsam, wenn irgend zugänglich, wenigstens in den oberen Klassen den Unterricht in der Mathematik und Physik in die Hand eines Lehrers zu legen.“ — (7). „Durch sorgfältige Auswahl der Aufgaben für die schriftlichen Prüfungen sind Schwierigkeiten nicht mathematischer Art fernzuhalten, damit durch die Verquickung des verschiedenartigen Wissens dem Schüler die Lösung der Aufgabe, dem Lehrer die Beurteilung der mathematischen Kenntnisse nicht erschwert werde.“

In den Ausführungen des Berichterstatters zu diesen Thesen wird mit Recht betont, daß die Mathematik eine Art von centraler Stellung einnehme, insofern sie die Entwicklung der Cultur auf allen Stufen begleitet habe und mit der griechischen Bildung ebenso verwachsen sei, wie mit den praktischen Aufgaben des modernen Ingenieurbetriebes, und überdies an den abstraktesten Untersuchungen der Philosophie wie an den Fortschritten der Naturwissenschaften beteiligt sei. Diese Stellung der Mathematik fordere von dem Lehrer, daß er zwischen der abstrakten, formal logischen Durchbildung und dem Verständnis der Verhältnisse des gesamten Geistes- und Kulturlebens eine Vermittelung herstelle. Insbesondere wird zugegeben, daß die mathematische Behandlung physikalischen Übungsstoffes den Zweck und Erfolg haben könne, sowohl das Verständnis der physikalischen Gesetze zu klären und zu festigen, als auch von ihrer vielseitigen Verwendbarkeit zu überzeugen. Dagegen sei das Erkennen des Mathematischen in den Erscheinungen, namentlich das Erkennen des Quantitativen, wohl durch einen geordneten methodischen Physikunterricht, nicht aber durch den mathematischen Unterricht zu erreichen.

Eine Befürchtung freilich wird in der Mehrzahl der Referate laut, die der Berichterstatter in die Worte zusammenfaßt: „Der Schwerpunkt des Unterrichtes muß immer die mathematische Durch-

bildung bleiben, und es muß sorgfältig die Gefahr vermieden werden, die Mathematik auf der Schule zu einer Hilfswissenschaft des praktischen Lebens, der Industrie, Technik und Naturwissenschaften zu degradieren.“ Es wird aber auch von dem nackten Utilitarismus gesprochen, der im Wandsbecker Programm von 1891 (A. Richter) seinen krassesten Ausdruck in dem Satze gefunden habe, „die Mathematik auf höheren Lehranstalten ist lediglich als Hilfswissenschaft der Naturwissenschaft zu behandeln“. Wir halten diese Wandsbecker Fassung für recht wenig glücklich, müssen aber uns ebensosehr dagegen erklären, daß hier und an anderen Stellen des Berichts die Rücksicht auf die Anwendungen in der Naturwissenschaft schon als Utilitarismus bezeichnet wird. Dies kann nur als der Ausfluß fachwissenschaftlicher Voreingenommenheit angesehen werden; man müßte grade alles Erkennen, was nicht grade mathematisches Erkennen (im engeren Sinne) ist, als minderwertig erachten. Auch der naturwissenschaftliche Unterricht zielt nicht auf den Nutzen im praktischen Sinn des Worts, sondern auf das Verständnis der uns umgebenden Welt ab. Auch wird die Mathematik sich dem nicht verschließen können, in den „Anwendungen auf die Naturwissenschaft“ ihre edelsten Blüten anzuerkennen. Wer wollte in Abrede stellen, daß in der Gravitationslehre Newtons Naturwissenschaft und Mathematik verbündet sind? Nur in diesem Sinn eines Zusammenwirkens beider Disziplinen möchten wir auch Pietzkers Satz (d. Zeitschr. III 110) verstanden wissen, daß auf der höchsten Klassenstufe der höheren Lehranstalten der mathematische Unterricht in den physikalischen aufgehen müsse.

In der Richtung der eben angedeuteten Auffassung liegt auch die Forderung (5) des Referenten, die wir für die praktisch wichtigste halten. Denn liegen beide Disziplinen in einer Hand, so wird sich bei ausreichender physikalischer Bildung des Lehrers von selbst jene wünschenswerte Wechselwirkung herstellen. Über diese Wechselwirkung läßt sich der Ref. (S. 56—59) des näheren aus. Es wird besonders vor der Gefahr gewarnt, die Physikstunde in eine Mathematikstunde zu verwandeln und umgekehrt. Wer gleichzeitig in derselben Stunde Mathematik und Physik treibe, leiste in beiden Fächern nichts oder doch nur verschwindend wenig. Wir können dieses Bedenken nicht teilen, sofern nur nicht vorwiegend die Physik mathematisch behandelt oder die mathematische Stunde zum Lösen physikalischer Aufgaben verwendet wird. Gewisse „Anwendungen“ — z. B. Aufgaben über das Erdsphäroid im Anschluß an die Behandlung der Ellipse — erweisen sich im mathematischen Unterricht immer wieder als erfrischende Abwechslung für Lehrer und Schüler. Auch ganze physikalische Abschnitte, wie die Lehre vom Schwerpunkt, gehören besser in den mathematischen als den physikalischen Unterricht.

Die These (7) scheint physikalische Aufgaben aus den schriftlichen Prüfungen fernhalten zu wollen. Doch wird S. 61 gesagt: „Der von Altona (G.) aufgestellte Leitsatz: „Physikalisch-mathematische Prüfungsarbeiten (-aufgaben?) sind für die Abgangsprüfung zulässig, aber nicht obligatorisch“ dürfte der Mehrzahl der Ansichten am besten entsprechen.“ Hiermit können auch wir uns einverstanden erklären, obwohl wir freilich wünschen, daß von der thatsächlich bestehenden Erlaubnis zu solchen Aufgaben in immer weiterem Umfange Gebrauch gemacht werde.

P.

9. Naturwissenschaftlicher Ferienkursus zu Berlin

vom 4.—14. Oktober 1899.

Der Kursus wurde wiederum von den Herren Prov.-Schulrat Vogel und Direktor Schwalbe geleitet. Er war von 43 Herren vorwiegend aus den östlichen Provinzen besucht und wurde durch einen orographisch geologischen Ausflug auf den Brocken beschlossen.

Über die Geschichte der Gasbeleuchtung bis zur Neuzeit sprach Oberl. Dr. LÜPKE. Nach einleitenden Darlegungen über die Theorie des Leuchtens wurde die Leuchtgasdarstellung eingehend behandelt, dann die Gewinnung und Verarbeitung des Erdöls, das Wassergas, das Acetylen, das Auerische Gasglühlicht (nebst der Buntaschen Theorie für dessen Leuchtkraft). Zum Schluss wurde die Beziehung der gewonnenen Lichtmenge zur aufgewendeten Energie besprochen. Der Inhalt der Vorträge wird in einer besonderen Schrift veröffentlicht werden.

Prof. S. GABRIEL besprach die neuesten Untersuchungen über die Zusammensetzung der Atmosphäre und gab dabei eine Übersicht über die Resultate der Forschungen von Lord Rayleigh und Prof. Ramsay unter Darlegung der von ihnen angewandten Methoden (d. Zeitschr. XII 35).

Dr. U. BEHN trug über die Eigenschaften der Körper bei tiefen Temperaturen vor und zeigte dabei in der Hauptsache dieselben Versuche, die im vorhergehenden Kursus (Ostern 1898, d. Ztschr. XI 306) von Prof. Warburg vorgeführt worden sind. Von neuen Forschungen besprach er die Arbeiten von Dewar, denen zufolge die normale Siedetemperatur des Wasserstoffs bei -252 , die Schmelztemperatur bei -256 liegt, während Luft schon erheblich oberhalb dieser Temperaturen gefriert. Taucht man ein Glasrohr mit Luft in flüssigen Wasserstoff, so erstarrt die Luft bis auf

einen geringen Rest, der dem Dampfdruck des Lufteises entspricht und elektrische Entladungen nicht mehr hindurchläßt. Ein entsprechendes Erläuterungsexperiment stellte der Vortragende mit Kohlensäure in flüssiger Luft an. (Vgl. auch d. Ztschr. XII 352).

Dr. P. SPIES führte über Wechselstrom und Drehstrom die Versuche vor, die bereits in d. Zeitschr. (XII 273) beschrieben sind. Er zeigte ferner Versuche mit der Braunschen Röhre über die Ablenkung der Kathodenstrahlen durch magnetische und elektrostatische Kräfte.

Prof. Dr. MUNK behandelte aus der Nervenphysiologie speziell die Reflexbewegungen in Anlehnung an den Bau des Rückenmarks, ferner die Gebundenheit der Bewußtseinsvorgänge an die Großhirnrinde und deren Lokalisierung, endlich die Regulationen des Blutumlaufs.

Geheimr. Prof. Dr. HERTWIG gab einen Überblick über die ersten fundamentalen Entwicklungsprozesse des thierischen Eies.

Dr. SCHOTT setzte den Verlauf und die wichtigsten geographischen Ergebnisse der deutschen Tiefsee-Expedition auseinander und erläuterte seinen Vortrag durch Lichtbilder bzw. Photographien.

Prof. ASSMANN führte die zur Erforschung der höheren Luftschichten bestimmten und geplanten Vorrichtungen vor. Durch Drachen und Ballons sollen in 3–5000 m Höhe während des ganzen Jahres Tag und Nacht Registrierungen des Zustandes der Atmosphäre vorgenommen werden. Die Ballons haben etwa 37 cbm Inhalt und Wasserstofffüllung; ein solcher Ballon trägt etwa 1500 m Draht (Klaviersaitendraht von 1,1–1,3 mm Stärke); an diesen hängt man einen Drachen Hargravescher Konstruktion mit 2–3 qm Fläche, der bei kräftigem Winde etwa weitere 500 m Draht trägt; ein zweiter und ein dritter Drachen tragen entsprechende Drahtlängen u. s. f., so daß der Drachenballon bis 4000 m Höhe erreichen kann.

Prof. Dr. SCHWALBE brachte alte und neue Schulexperimente zur Vorführung, darunter Versuche über die Abhängigkeit der Wärmeentwicklung elektrischer Leiter vom Widerstande, die Herstellung und Benutzung monochromatischen Lichtes, die mannigfache Verwendung des Ätherindikators (d. Ztschr. III 265), die Herstellung eines Geysirmodells, die Wirkung comprimierter Luft beim Mammothbrunnen, Versuche mit komprimiertem Sauerstoff, chemische Explosionsversuche, Darstellung des endothermischen Chlortetroxyds. Demonstriert wurde ferner eine Reihe neuerer Apparate. — Derselbe sprach über Berücksichtigung der Geologie im Unterricht unter Vorführung der einschlagenden Unterrichtsmittel (d. Zeitschr. XI 217). — Derselbe sprach über Berücksichtigung der Nautik und Hygiene. Hierbei wurde eine Warmwasserheizung und Modelle für eine solche vorgeführt, ferner der Wasserabkochapparat von W. v. Siemens und Versuche über Porosität, Ventilation und Filtration. Der die Nautik betreffende Teil der Vorlesung wird in den „Unterrichtsblättern“ ausführlich veröffentlicht.

Dr. H. PORONIÉ legte die Entstehung der Kohlenflötze an der Hand von zahlreichen Materialien aus der Sammlung der Kgl. geologischen Landesanstalt dar.

Die Ausstellung war überaus reich beschriftet. Wir nennen nur einige Spezialitäten der ausstellenden Firmen. Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft: Funkeninduktoren, Turbinenunterbrecher, elektrische Heiz- und Kochapparate, Elektromotoren, Widerstände. Isoliermaterialien. — Otto Bohne: Selbstregistrierende Baro-, Thermo- und Hygrometer, Aneroide. — Ferd. Ernecke: Wehneltischer Unterbrecher, Apparate nach Kolbe, Johannesson, Spies. — Paul Gebhardt: solide gearbeitete Schulapparate zu mäßigen Preisen. — A. Herbst: Apparate nach Szymanski und Koppe, Modell eines Verkaufsautomaten. — F. A. Hintze: Apparat für die Messung der Ausdehnung fester Körper (nach Merkelbach, modifiziert); Spektralapparat mit Schutzglimmerplatte und gegen Gitter auswechselbarem Prisma; Projektionsapparat mit elektrischem Bogenlicht-Handregulator oder Acetylenlampe; Projektionsbilder hervorragender Physiker, billige Spiegelgalvanometer. — Kähler u. Martini, Apparate für Elektrochemie, Heißluftmotor nach Henrici. — Keiser u. Schmidt: Funkeninduktoren mit auswechselbaren Unterbrechern, Thermosäule nach Rubens, elektrische Mefssapparate. — Leppin und Masche: Wellenmaschine nach Thompson, Hertzsche Spiegel, Acetylenlampe zum Projektionsapparat, Schulkathetometer mit Mikrometerschraube. — E. Meckel: Projektionsapparate und Lampen. — P. Meyer: Anschluß-Schaltbrett für eine Berliner Oberrealschule, Mefssapparate und Regulierwiderstände. — Dr. Stöhrer u. Sohn (Leipzig): Bogenlampe mit Handregulierung, Wellenapparat für stehende und fortschreitende Wellen, zur Projektion geeignet. — Alfred Wehrsen: leistungsfähige Influenzmaschinen nach Wimshurst mit Nebenapparaten.

Akkumulatoren waren von drei Firmen ausgestellt; Zimmermann & Co.: Akkumulatoren für transportablen Betrieb, eine 5½ Volt-Lampe, die mit 3 Trockenakkumulatoren etwa 3 Stunden

gespeist werden kann; Akt.-Ges. vorm. W. A. Boese & Co.: Elemente einzeln und in Kästen zusammengestellt, mit Glas- oder Celluloidgefäßen, nebst Pachytrop; Gülcher-Akk.-Fabrik: transportable Akkumulatoren verschiedener Typen.

Die Glasbläserei war vertreten durch W. Niehls: Apparat für die Gesetze des Gasdrucks nach Frick, Veranschaulichung der Thermometerfabrikation, Thermometer für hohe Temperaturen (bis 583°), Härteskala für Glas; und durch Max Stuhl: automatische Quecksilberluftpumpe, Wasserstrahlpumpe, Kanalstrahlenröhre nach Goldstein, Crookesche Röhren.

Correspondenz.

Der naturwissenschaftliche Ferienkursus in Göttingen für Lehrer höherer Schulen findet in diesem Jahr vom 19. April bis 1. Mai statt und umfaßt folgende Vorlesungen: 1. Methodik. Oberl. Prof. Behrendsen, Behandlung der Wellenlehre im Unterricht höherer Schulen. — 2. Mathematik. Prof. Dr. Klein, allgemeine Erörterungen über die für den Schulunterricht in Betracht kommenden Teile der angewandten Mathematik und insbesondere über technische Mechanik. Prof. Dr. Schilling, darstellende Geometrie. Prof. Dr. Wiechert, elementare Geodäsie. Prof. Dr. Bohlmann, Elemente der Versicherungsmathematik. — 3. Physik. Prof. Dr. Riecke, über elektrische Entladungserscheinungen. Privatdozent Dr. Simon, lichtelektrische Versuche. Prof. Dr. Des Coudres, Gleichstrom und Wechselstrom in ihrer Verwendung bei elektrischen Centralen. Prof. Dr. Meyer, Physik der Wärmekraftmaschinen. — Der Kursus ist in diesem Jahre auf Mathematik und Physik beschränkt, wohingegen im nächsten Jahr vorwiegend Chemie und die übrigen Naturwissenschaften berücksichtigt werden sollen.

Der Berliner Ferienkursus (der 10.) findet diesmal wieder erst im Herbst statt.

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

Th. Beck, Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaus, Berlin, Julius Springer, 1899. geb. M. 10. — **C. Merkel**, Die Ingenieurtechnik im Alterthum. Berlin, Julius Springer, 1899. geb. M. 20. — **Wilhelm Olbers**, Leben und Werke, herausgeg. von C. Schilling. II. Bd. Briefwechsel zwischen Olbers und Gauß. Berlin, Julius Springer, 1900. M. 16. — **Faraday and Schönbein**, Letters 1836—1862, ed. by G. W. A. Kahlbaum and Francis Darbishire. Bäle and London, 1899. — **R. Felici**, Mathematische Theorie der elektrodynamischen Induktion. Ostwalds Klassiker No. 109. Leipzig, Wilh. Engelmann, 1899. M. 1,80. — **E. von Lommel**, Lehrbuch der Experimentalphysik, 6. Aufl., herausgeg. von W. König. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1900. Geb. M. 7,20. — **Erich Schmidt**, Die magnetische Untersuchung des Eisens und verwandter Metalle. Encykl. d. Elektrochemie Bd. II. Halle, Wilh. Knapp, 1900. — **Max Scholtz**, Der Einfluß der Raumerfüllung der Atomgruppen u. s. w.; **W. Herz**, Molekulargröße der Körper u. s. w.; **Julius Schmidt**, Halogenalkylate (Sammlung chem. u. chem.-techn. Vorträge. IV. Bd., Heft 9—12 à M. 1,20). Stuttgart, Ferd. Enke, 1899. — **Lassar-Cohn**, Über das Ungeeignete der neuerdings für die Atomgewichte vorgeschlagenen Grundzahl 16,000. Hamburg u. Leipzig, Leop. Vofs, 1900. M. 0,60. — **H. Behrens**, Mikrochemische Technik. Hamburg u. Leipzig, Leop. Vofs, 1900. M. 2. — **H. Biltz**, Qualitative Analyse anorganischer Substanzen. Leipzig, Veit u. Co., 1900. Geb. M. 1,80. — **P. Bräuer**, Aufgaben aus der Chemie und der physikalischen Chemie. Leipzig, B. G. Teubner, 1900. — **R. Arendt**, Grundzüge der Chemie und Mineralogie, methodisch bearbeitet. 7. Auflage. Hamburg u. Leipzig, Leop. Vofs. M. 3. — **J. Lorscheid**, Lehrbuch der anorganischen Chemie, mit kurzem Grundriß der Mineralogie. 14. Aufl. von Dr. F. Lehmann. Freiburg i. B., Herder, 1899. M. 3,50. — **F. Pahl**, Thomas Alva Edison der Erfinder. (Biogr. Volksbücher 78—81). Leipzig, R. Voigtländer, 1900. M. 1. — **J. M. Pernter**, Ein Versuch, der richtigen Theorie des Regenbogens Eingang in die Mittelschulen zu verschaffen. 2. Auflage mit einem Zusatz. Wien, C. Gerolds Sohn, 1900.

Sonderabdrücke: J. Elster u. H. Geitel, Beiträge z. Kenntnis der atmosphärischen Elektrizität, 12. Jahresber. d. Ver. f. Naturw. in Braunschweig. — J. Elster u. H. Geitel, Über die Existenz elektrischer Ionen in der Atmosphäre, *Terrestr. Magnetism and Atm. Electr.* Dec. 1899. — B. Walter, Über die Becquerelstrahlen, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen Bd. III. — F. Stähli, Über die in Crookeschen Röhren auftretende Strahlung u. s. w., Apotheker-Ztg. 1899. — Die Probenahme, ihr Wesen und ihre Entwicklung unter besonderer Berücksichtigung des Geißlerschen selbstthätigen Probennehmers, Chemiker-Ztg. 1899 No. 101.

Himmelserscheinungen im April und Mai 1900.

☾ Mond, ♀ Merkur, ♀ Venus, ♂ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☿ Conjunction, □ Quadratur, ♂ Opposition.

Monatstag	April						Mai						
	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30	
Heliocentrische Längen.	222°	236	250	264	278	293	309	327	347	11	39	69	♂
	135	143	151	159	167	176	184	192	200	208	216	224	♀
	195	200	205	210	215	220	224	229	234	239	244	249	♂
	345	349	352	355	358	1	4	7	10	14	17	20	♂
	242	242	243	243	243	244	244	245	245	245	246	246	♂
	269	270	270	270	270	270	270	270	271	271	271	271	♂
Aufst. Knoten.	254	254	254	253	253	253	253	252	252	252	252	251	☾
Mittl. Länge.	82	148	213	279	335	51	117	183	249	315	21	86	☾
Geocentrische Rektascensionen.	89	150	206	273	342	54	123	180	242	312	19	92	☾
	357	357	0	3	8	14	21	28	36	45	56	67	♀
	56	62	68	74	79	85	90	95	99	104	108	111	♀
	14	19	23	28	32	37	42	47	52	57	62	67	☉
	358	2	6	9	13	16	20	23	27	30	34	38	♂
	249	249	249	249	248	248	247	247	246	245	245	244	♂
	275	275	275	275	275	275	275	275	275	274	274	274	♂
Geocentrische Deklinationen.	+ 22	+ 7	- 15	- 22	- 2	+ 21	+ 16	- 5	- 22	- 13	+ 12	+ 22	☾
	- 1	- 2	- 2	- 1	+ 1	+ 3	+ 6	+ 9	+ 12	+ 16	+ 19	+ 22	♀
	+ 22	+ 24	+ 25	+ 26	+ 26	+ 27	+ 27	+ 27	+ 27	+ 26	+ 26	+ 25	♀
	+ 6	+ 8	+ 10	+ 11	+ 13	+ 15	+ 16	+ 18	+ 19	20	21	22	☉
	- 2	- 0	+ 1	+ 3	+ 4	+ 6	+ 7	+ 9	+ 10	+ 12	+ 13	+ 14	♂
	- 21	- 21	- 21	- 21	- 21	- 21	- 21	- 21	- 21	- 21	- 20	- 20	♂
	- 22	- 22	- 22	- 22	- 22	- 22	- 22	- 22	- 22	- 22	- 22	- 22	♂
Aufgang.	17 ^h 26 ^m	17.14	17.3	16.52	16.42	16.32	16.22	16.13	16.5	15.58	15.52	15.47	☉
	21 ^h 52 ^m	2.19	7.56	12.49	15.2	17.40	23.0	3.27	9.5	12.33	14.17	18.23	☾
Untergang.	6 ^h 38 ^m	6.47	6.56	7.5	7.13	7.22	7.30	7.38	7.46	7.54	8.1	8.8	☉
	13 ^h 30 ^m	15.33	17.9	21.13	2.33	9.26	12.59	14.29	17.1	22.57	4.24	9.57	☾
Zeitglg.	+ 2m 51s	+ 1.26	- 0.7	- 1.3	- 2.2	- 2.49	- 3.23	- 3.43	- 3.49	- 3.41	- 3.19	- 2.45	☉

Daten für die Mondbewegung (in mitteleuropäischer Zeit):

April 6 9 ^h 55 ^m Erstes Viertel	Mai 6 2 ^h 29 ^m Erstes Viertel
10 23 Mond in Erdferne	8 15 Mond in Erdferne
14 14 2 Vollmond	14 4 37 Vollmond
22 3 33 Letztes Viertel	21 9 31 Letztes Viertel
26 18 Mond in Erdnähe	24 7 Mond in Erdnähe
28 18 23 Neumond	28 3 50 Neumond

Aufgang der Planeten. April 14 ♀ 16^h 35^m ♀ 18.27 ♂ 16.42 ♀ 11.3 ♀ 12.58

Mai 16 15.42 18.19 15.5 8.41 10.48

Untergang der Planeten. April 14 4.21 11.29 5.0 19.11 20.48

Mai 16 6.12 11.55 5.15 16.55 18.38

Constellationen. April 1 21^h ♀ im Perihel; 2 14^h ♀ ☾; 3 4^h ♀ ♂; 13 20^h ♀ stationär; 17 0^h ♀ im Aphel; 18 6^h ♀ ☾; 20 4^h ♀ ☾; 21 16^h ♀ größte westl. Elongation von 27°; 27 2^h ♀ ☾; 27 8^h ♂ ☾; 28 13^h ♀ in größter östlicher Elongation von 45°. — Mai 2 6^h ♀ ☾; 3 17^h ♀ ♂; 15 8^h ♀ ☾; 17 8^h ♀ ☾; 26 3^h ♂ ☾; 27 8^h ♀ ☾; 28 Sonnenfinsternis, siehe unten; 29 20^h ♀ obere ☾; 31 0^h ♀ im Perihel; 31 11^h ♀ ☾; 31 19^h ♀ im größten Glanze.

Totale Sonnenfinsternis 1900, Mai 28. Die Totalität ist auf eine schmale Zone beschränkt, welche von Europa nur die Pyrenäische Halbinsel kreuzt. Die Erscheinung überhaupt läßt sich beobachten in Nord- und Mittelamerika, in der nördlichen Hälfte des atlantischen Ozeans und dem angrenzenden Teile des nördlichen Eismeres, im nordwestlichen Afrika, in Europa und dem westlichen Asien. In Berlin fängt die Verfinsternung 4^h 0^m 5^s M.E.Z. an und schließt 5^h 55^m 1^s. Es werden hier 0,56 des Sonnendurchmessers vom Mondschatten bedeckt.

Jupitermonde. April 2 12^h 13^m I E; 4 12^h 24^m III E, 14^h 2^m III A; 9 14^h 6^m I E; 11 16^h 21^m III E; 16 16^h 0^m I E; 21 12^h 17^m II E; 25 12^h 22^m I E; 28 14^h 52^m II E. — Mai 2 14^h 15^m I E; 11 10^h 38^m I E; 16 9^h 20^m II E; 17 12^h 9^m III E, 13^h 48^m Austritt, letzterer hinter der ♀-Scheibe her; 18 12^h 31^m I E; 23 11^h 55^m II E; 25 14^h 25^m I E.

Veränderliche Sterne. Im Mai beginnen die hellen Nächte (Mitternachts-Dämmerung etwa Mai 18 bis Juli 26) die Beobachtung der Veränderlichen zu erschweren, obschon andererseits die größere Himmelsklarheit des Sommers den Schätzungen zu Hülfe kommt. Sehr günstig stehen β und R Lyrae. — Algol-Minima sind in diesen Monaten nicht zu beobachten.

Meteore. Maximum April 18–23, vor Aufgang des Mondes gut zu beobachten.

J. Pfaffmann, Münster.