

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXII. Jahrgang.

Sechstes Heft.

November 1909.

Unrichtigkeiten aus dem Gebiet der Elektrostatik.

Von

Prof. Dr. Ruoff.

(Tierärztliche Hochschule, Stuttgart.)

Drei Punkte sind es, die auf Grund der Potentialtheorie und der historischen Entwicklung der Elektrostatik hier kritisch beleuchtet werden: 1. die experimentelle Bestimmung der elektrischen Dichte und des Zerstreuungskoeffizienten der Elektrizität; 2. die Anschauung, daß von den Influenzelektrizitäten $\pm E$ eines Konduktors noch eine Elektrizitätsmenge quantitativ gleich E zurückbleibt, wenn er mit der Erde leitend verbunden wird; 3. die theoretischen Rechnungen mit gebundener und freier Elektrizität an den Kondensatoren, die auf geometrische Reihen führen. Was den letzten Punkt anlangt, so werde ich zeigen, wie die Quotienten der geometrischen Reihen mit den sogenannten Potentialkoeffizienten zusammenhängen; es wird sich hierbei auch dartun, daß alle in neuerer Zeit unternommenen Bestimmungen der Verstärkungszahl eines Plattenkondensators durch alternierende Entladung unrichtig sind.

Eine Hauptaufgabe wird es sein, anzugeben, wie die Experimente abzuändern sind, um zu theoretisch einwandsfreien Ergebnissen zu führen.

Um den Einblick in die Untersuchungen einem größeren Leserkreis zugänglich zu machen, werde ich einige spezielle Fälle, welche eine sehr einfache mathematische Darstellung zulassen, herausgreifen.

Die ersten quantitativen elektrischen Messungen hat COULOMB im Jahre 1785 veröffentlicht. Diese Messungen, welche alle mit Hilfe der Drehwage ausgeführt wurden, führten ihn zunächst zur Entdeckung des nach ihm benannten Coulombschen Gesetzes, sodann zu dem Gesetz über die elektrische Zerstreuung durch die Luft und zu dem Gesetz des Elektrizitätsverlustes durch isolierende Stützen. Mit Hilfe dieser 3 Gesetze war es COULOMB möglich, die Dichte der Elektrizität in den einzelnen Punkten eines geladenen Konduktors experimentell zu bestimmen und auch die elektrischen Mengen von Ladungen zu vergleichen.

Für das 1. Gesetz besitzen wir heute eine weit strengere experimentelle Prüfung als die von Coulomb gegebene, und welche nach der Potentialtheorie darin besteht, daß wir nachweisen, daß im inneren Hohlraum eines Konduktors keine Elektrizität vorhanden ist. Bestimmt man das Maximum jener kleinen Elektrizitätsmenge, welche auch unsere feinsten Elektroskope nicht mehr anzugeben gestatten, so ergibt sich nach CAVENDISH¹⁾, daß in dem Anziehungs- und Abstoßungsgesetz $\frac{e e_1}{r^p}$ der Exponent p höchstens $\frac{1}{20000}$ von 2 verschieden sein könnte.

Die Gesetze über Elektrizitätsverlust durch Luft und Stützen sind von WARBURG (Pogg. Ann., Bd. CXLVI) 120 Jahre nach den Veröffentlichungen von COULOMB erneut

¹⁾ J. J. Thomson, Elemente der math. Theorie der Elektrizität usw. 1897. S. 29.

Prüfungen unterzogen worden, aber ohne daß wesentliche Änderungen in den Untersuchungsmethoden COULOMBS angewendet werden konnte. Das Gesetz über den Elektrizitätsverlust durch Luft hat dabei gar keine Aenderung erfahren; es wurde übrigens von COULOMB nur in Form des Differentialgesetzes: „Die Elektrizitätsverluste in kleinen Zeitabschnitten sind den vorhandenen Ladungsmengen proportional“ ausgesprochen (und nach meiner Ansicht) erst von BIOT in Form des Integralgesetzes $Q = Q_0 e^{-pt}$ wiedergegeben, wobei Q_0 die anfängliche Ladung des Konduktores, Q die Ladung desselben nach t Minuten, $e = 2,71828$, die Basis des log nat, und p eine von Temperatur, Feuchtigkeit und Luftdruck abhängige Konstante ist ($p = \frac{1}{25} \div \frac{1}{100}$), die aber ganz unabhängig von der Form des Konduktores und sich auch dann nicht ändert, wenn der Konduktor durch einen geladenen Isolator, z. B. durch eine geladene Schellackkugel, ersetzt wird.

Der Ladungsverlust durch Luft hat seinen Grund darin, daß die Luftteilchen, welche der Oberflächenschichte zunächst liegen, angezogen und, nachdem sie durch Berührung elektrisch geworden, wieder abgestoßen werden, um dann einer neuen Luftsicht an der Oberfläche Platz zu machen.

Bei den Untersuchungen des Elektrizitätsverlustes durch Stützen kam WARBURG zu etwas anderen Ergebnissen als COULOMB; dies röhrt aber daher, daß WARBURG den geladenen Konduktor mit seinen Stützen 12 und mehr Stunden in hermetisch abgeschlossene Luft brachte, während COULOMB ohne hermetisch abgeschlossenen Raum arbeitete und den Verlust nur innerhalb 1 Stunde beobachtete. Die äußerst kleinen Elektrizitätsverluste ($p = \frac{1}{2000}$) bei WARBURG sind wohl die Folge der Ladung der Luft im geschlossenen Beobachtungsraum während der 12 Stunden. Diese elektrisierte Luft wird vom geladenen Konduktur kaum mehr angezogen, kann ihm daher nur ganz wenig Elektrizität entziehen.

Da $dQ = p Q_0 \cdot dt$, so kann man p Verlustkoeffizient nennen, er ist derjenige Faktor, mit dem man die Ladung Q_0 multipliziert, um den Ladungsverlust pro Minute ($dt = 1$ Minute) zu erhalten. Ohne Drehwage wird man mittels eines geeichten Elektrometers p nach folgendem Beispiel bestimmen.

Das auf 1000 Volt geladene Elektrometer fiel auf 900, 800, 700, 600, 500, 400, 300 Volt herab nach Verfluß von 5 m 13 sec; 11 m 9 sec; 14 m 50 sec; 25 m 32 sec; 34 m 40 sec; 45 m 49 sec; 59 m 42 sec. Für die Zeit von 25 m 32 sec bis 34 m 40 sec ist die Zeitdifferenz $t = 9,133$ m, also $500 = 600 \cdot e^{-p \cdot 9,133}$, woraus $p = 0,02$; für die andern Zeitintervalle ergibt sich nahezu derselbe Wert von p , p ist also als konstant anzusehen. Man schließt daraus (siehe später), daß der Elektrizitätsverlust nur von der Luft herröhrt, d. h. daß durch die isolierende Masse keine Elektrizität abfließt²⁾.

Die Ladungsmenge Q ist eigentlich gleich dem Produkt aus Kapazität und Volt, die Kapazität fällt indessen aus der Gleichung heraus.

Das Gesetz COULOMBS über isolierende Stützen lautet: Bei der Ladungsmenge Q eines Konduktores breitet sich die Elektrizität auch auf die Oberfläche der isolierenden Stützen aus, und zwar auf eine Länge von x cm, die durch

$$x = c \cdot Q^2$$

bestimmt ist. Hier ist c eine Konstante, abhängig von Temperatur, Feuchtigkeit, Luftdruck und Stützenmaterial, unabhängig vom Querschnitt der Stützen.

Die Bedeutung und Bestimmung von c ohne Drehwage erhellen aus folgendem Beispiel: Der Knopf des obigen Elektrometers wurde mit einem älteren Ebonitstäbchen

²⁾ Ohne Logarithmen und doch genügend genau mit Anwendung des Differentialgesetzes:

Verlust pro Minute $\frac{100}{9 \text{ m } 8 \text{ sec}} = 11$ Volt, mittlere Ladung $\frac{1}{2} (500 + 600) = 550$, also nach der Definition $550 \cdot p = 11$; $p = 0,02$.

(Stütze) berührt; 5 cm von der Berührungsstelle entfernt war das Stäbchen in ein Metallstativ eingeklemmt, das geerdet war. Das Elektrometer, auf 1000 Volt geladen, fiel auf 900, 800, 700, 600, 500, 400, 300, 200 Volt nach Verfluß von 2 m 36 sec; 5 m; 9 m 54 sec; 16 m 12 sec; 25 m 24 sec; 36 m 36 sec; 50 m 57 sec; 71 m 13 sec. Die Berechnung der p für die 8 Intervalle gibt: 0,040; 0,035; 0,030; 0,025; 0,020; 0,020; 0,020; so daß von 600 Volt abwärts der Verlustkoeffizient konstant, gleich dem früher für das Elektrometer bestimmten Koeffizienten, wird. Ladungen über 600 Volt erleiden also durch die Stütze einen Elektrizitätsverlust; fällt dann die Ladung auf 600 Volt herab, so tritt nur noch Elektrizitätsverlust durch die Luft ein. Da die Kapazität des Elektrometers 9 war, so ist bei 600 Volt

$$Q = 600 \cdot 9 = 5400$$

und daher

$$5 = c \cdot 5400^2 \quad \text{oder} \quad c = 1,7 \cdot 10^{-7}.$$

Je größer der Querschnittsumfang der Stütze, um so schneller vollzieht sich bei der Ladung $Q > 600$ Volt der Elektrizitätsverlust durch die Stütze.

Coulomb hat experimentell gezeigt, daß ein Schellackstäbchen von 4 cm Länge ebensogut isoliert wie ein Seidenfaden von 10facher Länge; ferner folgt z. B. theoretisch, daß eine 4 mal so lange isolierende Stütze die doppelte Elektrizitätsmenge isoliert, was COULOMB auch experimentell nachgewiesen hat mit geladenen Kugeln von $\frac{1}{2}$ cm Durchmesser an Seidenfäden von den Längen 40,5 und 162 cm.

Ich glaube, daß die Ausbreitung der Elektrizität auf isolierenden Stützen sich am besten vergleichen läßt mit dem Kriechen von Kristallen aus Salzlösungen längs der Gefäßwände (Leclanché-Elemente); mit Zunahme der Konzentration nimmt auch die Höhe zu, bis zu der die Kristalle emporkriechen.

Daß das Gesetz $x = c \cdot Q^2$ allgemein nicht gültig sein kann, geht aus folgenden Betrachtungen hervor. Bringt man an die Spitze eines metallischen, hohlen Blechkonus 2 gleiche isolierende Stützen an, die eine auf der Außenseite, die andere auf der Innenseite, und ladet den Konus, so sitzt die letztere Stütze an einer Stelle auf, die frei von Elektrizität ist, die andere aber nicht; es kann also nur im ersten Fall eine Ausbreitung von Elektrizität auf die Stütze erfolgen, nicht aber im zweiten Fall, was dem obigen Gesetz, das gleich große Ausbreitung verlangt, widerspricht; überhaupt kann bei diesem Gesetz nur die Dichte in den Punkten der Schnittkurve von Stütze und Konduktor in Betracht kommen.

Um das Gesetz des Kriechens der Elektrizität längs senkrecht aufsitzender, isolierender Stützen zu finden, betrachten wir die Schnittkurve von Stütze und Konduktor und schicken folgende Gesetze der Elektrostatik voraus. Ist in einem Punkt P eines Konduktors die elektrische Dichte δ , so ist die Feldstärke F in P (dicht außerhalb der Oberfläche)

$$F = 4\pi\delta.$$

der elektrische Druck in P pro qcm:

$$D = \frac{2\pi\delta^2}{k},$$

wo k die spezifische Induktionskapazität des umgebenden Isolators ist; für Luft $k = 1$.

Ist ds ein Bogenstück der Schnittkurve, so geben die Flächennormalen in den Endpunkten von ds einen Oberflächenstreifen der Stütze. Denkt man sich diesen Streifen mit einem Häutchen überzogen, das die Ursache des Kriechens ist, und dessen Querschnitt bei ds gleich do ist, so drückt die Elektrizität auf do senkrecht nach außen mit einer Kraft

$$2\pi\delta^2 do \text{ Dynen},$$

wo δ die elektrische Dichte in do ist. Infolge dieses Druckes wird sich die Elektrizität auf dem betreffenden Streifen der Stütze ausbreiten auf eine Länge von x cm, für welche

$$x \, do = \text{Konstante} \cdot (2 \pi \delta^2 \, do)$$

also

$$x = c \cdot (\text{Dichte})^2.$$

Hier ist c eine Konstante, die von Feuchtigkeit, Luftdruck, Stützenmaterial und dessen Oberfläche abhängt, aber unabhängig ist vom Querschnitt der Stütze. Die Menge der längs der ganzen Stütze sich ausbreitenden Elektrizität wächst danach mit dem Umfang der Schnittkurve, und das Auskriechen ist im allgemeinen am größten im Punkte der größten Dichtigkeit der Schnittkurve.

Für eine Kugel mit der Ladung e elektrostatischen Einheiten ist daher:

$$x = c \left(\frac{e}{4 \pi r^2} \right)^2,$$

also proportional dem Quadrat der Ladungsmenge und umgekehrt proportional der vierten Potenz des Radius; ein Gesetz, dessen Richtigkeit sich mit der Drehwage unschwer prüfen ließe.

Durch genügend lange isolierende Stützen reduziert sich also der Elektrizitätsverlust einer beliebigen Ladung Q auf denjenigen durch die Luft allein, und diesem kommt ein konstanter Verlustkoeffizient p zu. Ist p bestimmt, so fällt die anfängliche Ladung Q_0 nach t Minuten auf

$$Q_0 \cdot e^{-p t}$$

herab; es bleibt aber wohl zu berücksichtigen, daß von jeder Ladung anfänglich Elektrizität durch Kriechen auf die Stütze übergeht.

Die obigen Gesetze des Elektrizitätsverlustes treffen nicht mehr zu im Falle der Überladung. Hier hört die Luft selbst zu isolieren auf, die Elektrizität entweicht dann nicht mehr unsichtbar und geräuschlos, sondern unter Zischen und Bildung von Glimm- und Büschellicht. Nach Versuchen tritt dies in einem Punkt des Konduktors (bei 76 cm Luftdruck, 15° C und 50% Feuchtigkeit) ein, wenn der elektrische Druck D in diesem Punkt, auf 1 qcm bezogen, $D = 400$ Dynen (= $\frac{2}{5}$ g Druck) beträgt³⁾. Die obigen Formeln geben hiermit: elektrische Dichte 8, d. h. 8 E.-S.E. (8 elektrostatische Einheiten) pro qcm Oberfläche, Feldstärke 100, d. h. 100 Dynen auf 1 E.-S.E.

Für eine Kugel vom Radius r tritt also im allgemeinen Glimm- oder Büschellicht ein bei einer Ladung von $32 \pi r^2 E\text{-S.E.}$ Über die Bedingung dieser Erscheinung am Ellipsoid siehe weiter unten.

Überschreitet man die der Dichte 8 entsprechende Ladung, so geht der Überschuß der Ladung sofort direkt in die Luft, und man kann auf diese Weise sogar einen Konduktor dauernd auf konstanter Ladung erhalten⁴⁾. Bei der experimentellen Bestimmung des Dichtigkeitsverhältnisses in 2 Punkten B und C eines geladenen Konduktors bediente sich Coulomb der Prüfungskugeln mit $\frac{1}{4}$ cm Radius oder der Prüfungscheiben mit $\frac{1}{2}$ cm Radius. Er berührt mit den Probekörpern zuerst B dann C , dann wieder B und dann C usw. und bringt nach jeder Berührung den Probekörper zur Messung in die Wage; sind $b_1 c_1$; $b_2 c_2$; $b_3 c_3$ die so in annähernd gleichen Zeitabschnitten (3 Minuten) gemessenen Quantitäten, so ist das Dichteverhältnis in B zu dem in C das arithmetische Mittel aus

$$\frac{b_1 + b_2}{2 c_1} \cdot \frac{2 b_2}{c_1 + c_2} \cdot \frac{b_2 + b_3}{2 c_2}.$$

RIESS⁵⁾ hat die Dichtenmessung durch Einführung der gepaarten Prüfungskörper und durch Zuhilfenahme des Verlustkoeffizienten p , der für den Tag der Messung

³⁾ Ionisierte Luft ausgeschlossen.

⁴⁾ B. Kolbe, Einführung in die Elektrizitätslehre I, 1904, S. 27. — K. Noack, Elementare Messungen aus der Elektrostatik 1906, S. 10—20.

⁵⁾ Rieß, Lehre v. d. Reibungselektrizität I, S. 134 u. ff.

zuvor bestimmt wird, wesentlich vervollkommen. Die beiden gleich großen Prüfungskörper werden gleichzeitig an B und C angelegt und entfernt, die Elektrizitätsmenge b auf der ersten wird mit der Wage gemessen und nach t Minuten die Menge c auf der zweiten; dann ist das Dichtenverhältnis

$$b:c \cdot e^{pt}.$$

Obgleich die Dichtenbestimmung zu den mangelhaftesten Messungen der ganzen Elektrostatik gehört, so kennen wir heute noch keine bessere Dichtenbestimmung als die von Rieß. Die geeignetsten Prüfungskörper wären gleich große Metallscheibchen, die sich vollständig deckend an den Konduktor anlegen ließen. Für Zylinder, Kegel und Ebene nimmt man zur Herstellung, von z. B. 4 solchen Scheibchen, dünnes Metallblech, legt es 4 fach aufeinander und schneidet dann mit der Blechschere auf einmal 4 kongruente Metallscheibchen heraus. Diese lassen sich den genannten Flächen ohne Dehnung durch einfaches Umbiegen anpassen.

Zur Untersuchung der elektrischen Dichte in einem Blechzylinder ohne Deckel braucht man dann ein ebenes und ein zylindrisch gebogenes Scheibchen mit isolierten Stielen. Beide Scheibchen können gleichzeitig angelegt werden; sind sie 1 qcm groß, so geben sie bei Verwendung eines Becherelektrometers die elektrischen Mengen auf 1 qcm an den 2 Berührungsstellen im Boden und Mantel des Blechzylinders.

Die Befürchtung, daß solche genau anpassende Scheibchen nicht parallel mit sich selbst abgehoben werden können, ist hinfällig, denn Coulomb hat schon bei rechteckigen und bei kreisförmigen Metallplatten ebene Prüfungsscheiben benutzt und bei öfterem Abheben dieselben Ladungen erhalten.

Eingehend hat sich Rieß mit der Dichtenmessung in Spitzen beschäftigt, er benutzte Metallkegel mit den Öffnungen $20^\circ, 45^\circ, 90^\circ$; aber selbst bei dem spitzesten dieser Kegel verhielt sich die Dichte der Spitze zu der kleinste gemessenen Dichte auf dem Mantel nur wie $3,5:1$ ($202:61$), ein von dem theoretisch zu erwartenden Verhältnis $\infty:1$ weit abweichendes Verhältnis; auch Nähnadeln und vegetabilische Spitzen von Rose, Euphorbia, Kaktus⁷⁾ ergaben keine besonders großen Dichten in den Spitzen. Man erklärt sich diesen Widerspruch zwischen Messung und Theorie aus der Unvollkommenheit aller unserer Spitzen, die unter dem Mikroskop abgerundet erscheinen; daß dies aber nicht die einzige Ursache ist, will ich im folgenden an der Hand mathematischer Entwicklung zeigen.

Der geeignetste Körper für Dichtenbestimmung ist das Rotationsellipsoid, da wir an demselben bei gegebenem Potential V sowohl Ladung Q als auch in jedem Punkt die Dichte ρ und die Gaußsche Krümmung mathematisch angeben können.

Ist

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{z^2}{c^2} - 1 = 0$$

die Meridianellipse und die Z -Achse die Rotationsachse, also

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2} + \frac{z^2}{c^2} - 1 = 0$$

das Rotationsellipsoid, so ist die elektrische Dichte in einem Punkt, der von der Rotationsachse um r absteht:

$$\rho = \frac{Q}{4\pi a^2 c} \frac{1}{\sqrt{\frac{r^2}{a^4} + \frac{z^2}{c^4}}}$$

(vgl. WÜLLNER, Lehrbuch der Experimentalphysik IV, § 39); und da

$$\frac{r^2}{a^2} + \frac{z^2}{c^2} - 1 = 0,$$

⁶⁾ Rieß, Reibungselektrizität I, S. 248 u. ff.

⁷⁾ Rieß, Reibungselektrizität I, S. 253.

so gibt die Elimination von z aus den beiden letzten Gleichungen:

$$\delta = \frac{Q}{4\pi a^2} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{a^2} \left(1 - \frac{c^2}{a^2}\right)}},$$

ein Ausdruck, der sich beträchtlich vereinfacht, wenn man die halbe Entfernung f der Ellipsenbrennpunkte einführt, und der dann auf eine graphische Ermittlung der Dichte führt, der aber die Einteilung der Ellipsoide in 2 Arten notwendig macht.

a) Linsenförmiges Rotationsellipsoid. Hier ist $c < a$, die Linse hat die Dicke $2c$ und den Durchmesser $2a$ und gleicht den Metall-Linsen der Pendeluhrnen. Es ist $f = \sqrt{a^2 - c^2}$ und damit

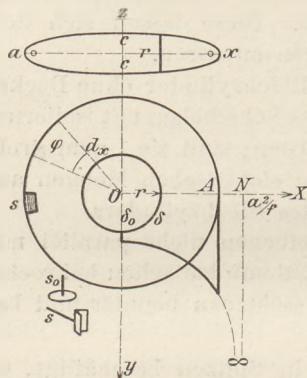


Fig. 1.

$$\delta = \frac{Q}{4\pi a^2} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{r^2 f^2}{a^4}}}.$$

Mit $r = 0$ ergibt sich die Dichte in den 2 Punkten der Rotationsachse

$$\delta_0 = \frac{Q}{4\pi a^2}$$

und mit $r = a$ die maximale Dichte $\frac{Q}{4\pi a c}$; ferner folgt

$$\delta = \delta_0 \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{r^2 f^2}{a^4}}}.$$

Es sei nun von der Ellipse der Linse gegeben

$$\frac{a^2}{f} \left(= \frac{a^2}{\sqrt{a^2 - c^2}} \right),$$

ferner die elektrische Dichte δ_0 an der Rotationsachse. Man trägt jetzt (Fig. 1) $0N = \frac{a^2}{f}$ auf der X -Achse auf, macht die Ordinate in 0 gleich δ_0 , teilt $0N$ in 10 gleiche Teile von 0 aus, macht die Ordinate im Endpunkt des n . Teiles gleich

$$\frac{\delta_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{n}{10}\right)^2}},$$

also im 1., 2., 3., . . . 10. Endpunkt gleich

$$1,005 \delta_0; 1,021 \delta_0; 1,048 \delta_0; 1,091 \delta_0; 1,155 \delta_0; 1,250 \delta_0; 1,400 \delta_0; 1,667 \delta_0; 2,294 \delta_0; \infty;$$

so erhält man die Kurve der Dichten. Trägt man nämlich auf der X -Achse $x = r$ ab, so ist die zugehörige Kurvenordinate gleich der Dichte der Punkte, die von der Rotationsachse die Entfernung r haben. Da die Linse nur von $r = 0$ bis $r = a$ reicht, so trägt man $0A = a = 0N \cdot \frac{f}{a}$ ab. Die Ordinaten in 0 und A begrenzen dann den in Betracht zu ziehenden Teil der Kurve, und die Ordinate in A gibt die größte Dichte $\delta' = \delta_0 \cdot \frac{a}{c}$. Je dünner die Linse, um so mehr wird $f = a$, um so mehr rückt also A nach N , um so größer wird also die maximale Dichte, die für $f = a$ den Wert ∞ annimmt.

Für das Potential der Linse findet sich:

$$V = \frac{Q}{f} \operatorname{arc} \sin \frac{f}{a},$$

also nach Elimination von Q :

$$V = \frac{4\pi a c \delta'}{f} \operatorname{arc} \sin \frac{f}{a},$$

wo δ' die maximale Dichte. Hieraus folgt:

Für eine Linse von der Dicke $2c = \frac{1}{20}$ cm und dem Durchmesser 5 cm tritt die Randdichte $\delta' = 8$ auf, wenn $V = 3,948$, d. h. beim Potential $V = 3,948 \cdot 300 = 1484$ Volt findet Überladung statt.

b) Langgestrecktes, eiförmiges Rotationsellipsoid. Hier ist $c > a$, $f = \sqrt{c^2 - a^2}$; es wird

$$\delta = \frac{\delta_0}{\sqrt{1 + \frac{r^2 f^2}{a^4}}}.$$

Die Dichte δ_0 an der Rotationsachse ist also ein Maximum. Die graphische Darstellung der Dichte für Punkte, welche von der Rotationsachse die Entfernung r haben, führt wieder auf eine einfach herstellbare Kurve. Für das Rotationsellipsoid $2c = 10$ cm und $2a = 1$ cm tritt beim Potential 1371 Volt die maximale Dichte 8 auf und damit Überladung.

Wir untersuchen nun die elektrische Dichte einer Linse vom Durchmesser 10 cm mit 2 Prüfungsscheiben von gleicher Oberfläche, von denen die eine, s_0 , der Mitte, die andere, reiterförmige, s , dem Rande vollständig angepaßt ist. Die Linse sei sehr dünn; die Prüfungsscheibe s bedecke 1 cm des äußersten Randes, jeder ihrer beiden Teile bilde den Ausschnitt eines Sektorringes mit Bandbreite $\frac{1}{2}$ cm. Diese Prüfungsscheibe s hat dann die Oberfläche

$$\frac{2\pi(5^2 - 4,5^2)}{2\pi \cdot 5} = 0,95 \text{ qcm},$$

die gleichgroße kreisförmige Scheibe s_0 also den Radius

$$\sqrt{\frac{0,95}{\pi}} = 0,55 \text{ cm};$$

die Scheiben sind also annähernd so groß wie die Prüfungsscheiben von Coulomb und Rieß.

Für die elektrische Dichte δ in der Entfernung r vom Mittelpunkt der Linse ist, mit $f = a$:

$$\delta = \delta_0 \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{a^2}}}.$$

Auf einem Sektorringstück (Fig. 1) $\varphi \cdot r dr$ von der Bandbreite dr und dem Zentriwinkel φ kommt also die Elektrizitätsmenge

$$\frac{\delta_0 \cdot \varphi \cdot r \cdot dr}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{a^2}}},$$

somit auf die runde Prüfungsscheibe

$$\delta_0 \int_{r=0}^{r=0,55} \frac{2\pi r dr}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{a^2}}} = 2\pi a^2 \delta_0 \cdot 0,006 = 0,942 \delta_0.$$

Für die reiterförmige Prüfungsscheibe ist $\varphi = \frac{1}{a}$, also die darauf vorhandene Elektrizitätsmenge

$$\delta_0 \int_{r=4,5}^{r=5} \frac{r dr}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{a^2}}} = 2,18 \delta_0.$$

Die Elektrizitätsmengen auf beiden Scheiben verhalten sich also wie 1:2,3; ihr Verhältnis ist also lange nicht gleich dem Dichtenverhältnis 1: ∞ von Mitte der Linse

zum Rand der Linse. Sogar mit den an die Konduktoren vollständig anliegenden Prüfungsscheiben erhält man also Dichtenverhältnisse, die enorm vom richtigen Verhältnis abweichen. Daß diese Abweichungen so beträchtlich sind, röhrt aber nicht — wie man bisher wohl allgemein annahm — von der Unmöglichkeit her, mathematische Spitzen herzustellen, dieses Mißverhältnis würde sich vielmehr nach obigen theoretischen Berechnungen auch bei Spitzen, die der streng mathematischen Forderung genügen, einstellen.

Die Dichte in einem Punkt läßt sich eben experimentell nicht genau ermitteln; denn sie ist der Quotient aus Elektrizitätsmenge der Prüfungsscheibe dividiert durch Fläche der Scheibe, unter der Voraussetzung, daß die Scheibenoberfläche unendlich klein; kleinere Scheiben als die von COULOMB und RIESS lassen sich aber aus naheliegenden Gründen nicht verwenden. Nur bei Kreisscheiben und rechteckigen Platten haben COULOMB und RIESS vollständig anliegende Prüfungskörper (ebene Scheiben) verwendet, bei gekrümmten Konduktoren (Kegel, Kugel, Zylinder) bedienten sie sich — wie heute noch durchweg üblich — der unvollständig, nur in einem Punkt anliegenden Prüfungskörper (Kugeln mit $\frac{1}{4}$ cm Radius oder Scheiben mit $\frac{1}{2}$ cm Radius).

Bei diesen Prüfungskörpern geht man heute noch von der irrgigen Voraussetzung aus, daß sie bei der Berührung einem Konduktor eine Elektrizitätsmenge entziehen, welche proportional der Dichte δ des Berührungs punkts ist; so soll eine Scheibe vom Radius r dem Konduktor die Elektrizitätsmenge $2\pi r^2 \cdot \delta$ entziehen (Rieß, S. 128 u. 238). Um in einem mathematisch zugänglichen Falle die Fehler der Dichtenbestimmung mit einer Prüfungskugel von $\frac{1}{4}$ cm Radius festzustellen, betrachten wir zwei geladene Kugelkonduktoren mit verschiedenen Radien. Wir berühren den einen mit der Prüfungskugel und übertragen die Elektrizität der letzteren auf ein Becher elektrometer, ebenso verfahren wir mit dem zweiten Konduktor; dann müßten die am Elektrometer abgelesenen Elektrizitätsmengen proportional den elektrischen Dichten der Kugelkonduktoren sein.

Nach den theoretischen Untersuchungen von POISSON und den Tafeln von PLANA (RIESS, Reibungselekt. I, S. 224, 225, 510) ist für zwei sich berührende und dann getrennte Kugeln⁸⁾ beim Radiusverhältnis

$$r/R = \frac{1}{1}; \quad \frac{1}{2}; \quad \frac{1}{4}; \quad \frac{1}{5}; \quad \frac{1}{10}; \quad \frac{1}{20}; \quad \frac{1}{\infty};$$

das nachherige Dichtenverhältnis der Kugeln

$$d/D = \frac{1}{1}; \quad \frac{1,16}{1}; \quad \frac{1,32}{1}; \quad \frac{1,35}{1}; \quad \frac{1,40}{1}; \quad \frac{1,54}{1}; \quad \frac{1,65}{1}.$$

Hat nun der eine Konduktor die Ladung E , den Radius R und die Dichte d und verliert er durch Berührung mit dem Prüfungskörper die Menge x , so ist also

$$\frac{E-x}{4\pi R^2} : \frac{x}{4\pi \cdot \frac{1}{16}} = D:d,$$

woraus

$$E = x \cdot R^2 \left[\frac{16D}{d} + \frac{1}{R^2} \right],$$

also

$$A = \frac{E}{4\pi R^2} = \frac{x}{4\pi} \left(\frac{16D}{d} + \frac{1}{R^2} \right).$$

Der Klammerausdruck wird für

$$R = \infty; \quad 5; \quad 1; \quad \frac{1}{2}; \quad \frac{1}{4}; \quad \frac{1}{8} \text{ cm}$$

$$0,8; \quad 0,9; \quad 1,0; \quad 1,4; \quad 2,5; \quad 14,8.$$

⁸⁾ Eine sehr elegante Abhandlung über die elektrische Verteilung auf zwei sich berührenden Kugeln röhrt von MAXWELL her. Mit Hilfe der elektrischen Bilder und der elektrischen Inversion wird hierbei auf elementarem Wege dieses schwierige Problem gelöst.

Berührt man also mit der Probekugel vom Radius $1/4$ cm den Konduktor vom Radius $\infty; 5; 1; 1/2; 1/4; 1/8$ cm,

so gibt die Ladung der Probekugel multipliziert mit

$$0,8; 0,9; 1; 1,4; 2,5; 14,8$$

die Dichte des Konduktores. Während also beim Kugelkonduktor vom Radius 5—1 cm die Dichte annähernd numerisch gleich der Ladung der Probekugel, ist die Dichte bei stärker gekrümmten Konduktoren wesentlich größer als die Ladung der Probekugel, bei einem Konduktorradius von $1/8$ cm z. B. schon 15 mal so groß als die Ladung der Probekugel; die gewünschte Proportionalität trifft also nicht zu.

Man wird hieraus wohl schließen, daß die äußerst sorgfältig ausgeführten Dichtenbestimmungen von RIESS an zwei metallenen Doppelkegeln⁹⁾ gegen die Kegelspitzen zu viel zu kleine Dichten ergeben und die Dichtenzunahme nicht richtig wiedergeben; derselbe Einwand ist auch bei KOLBES Dichtenbestimmung an seinem Spaltenkonduktor zu machen¹⁰⁾. Die elektrische Dichte kann also auch nicht mit Prüfungskugeln festgestellt werden.

Wir gehen nun dazu über, in einem mathematisch zugänglichen Fall zu zeigen, daß bei der Erdung eines Konduktores die abfließende Elektrizität quantitativ nicht gleich der vorher vorhandenen Influenzelektrizität zweiter Art ist.

Im Zentralabstand f von einer Kugel mit Radius a befindet sich ein Punkt P mit Ladung $+e$ (Fig. 2). Wird die Kugel zur Erde abgeleitet, so ist (J. J. Thomson, S. 116) die auf der Kugel vorhandene negative Ladung $M = -\frac{e a}{f}$.

Wird die Kugel nicht zur Erde abgeleitet, so sind die beiden Influenzelektrizitäten auf ihr getrennt durch einen unelektrischen Kleinkreis, dessen Punkte von P die Entfernung

$$r_1 = \sqrt{f^2 + t^2}$$

haben, wo t die Länge der Tangente aus P ist (J. J. Thomson, S. 120). Die Dichte auf einem Kleinkreis, der die Entfernung r von P hat, ist (S. 119, 1):

$$\delta = \frac{e}{a f} - \frac{e a}{r^3} \frac{t^2}{a^2}$$

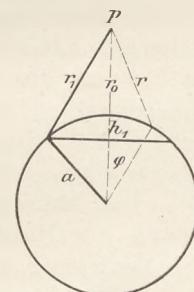


Fig. 2.

Die mit negativer Elektrizität beladene Kugelhaube habe die Höhe h_1 , also den Inhalt $2 \pi a h_1$, die kürzeste Entfernung ihrer Oberfläche von P sei $r_0 = f - a$ und d_0 ein Element dieser Haube; dann ist

$$N = 2 \int_{r=r_0}^{r=r_1} \delta \cdot d_0 \text{ die Influenzelektrizität 1. Art.}$$

Nun wird

$$\frac{N}{2} = \frac{e}{4 \pi f} \int d_0 - \frac{e t^2}{4 \pi a} \int \frac{d_0}{r^3} = \frac{e h_1}{2 f} - \frac{e r_1^6}{2 \pi a f^4} \int_{r=r_0}^{r=r_1} \frac{d_0}{r^3}$$

$$\int \frac{d_0}{r^3} = \int \frac{2 \pi a^2 \sin \varphi \, d\varphi}{\sqrt{a^2 + f^2 - 2 a f \cos \varphi}} = \frac{2 \pi a^2}{2 a f} \int \frac{d(r^2)}{r^3} = \frac{2 \pi a}{f} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_0} \right);$$

somit

$$N = \frac{e h_1}{2 f} - \frac{e r_1^6}{f^5} \left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r_1} \right).$$

⁹⁾ RIESS, I, S. 248 u. 249, Fig. 57 u. 58.

¹⁰⁾ KOLBE, Einführung in die Elektrizitätslehre 1904, I, S. 32.

Da der Subtrahend positiv und $\frac{e h_1}{2f}$ kleiner als M , so ist N kleiner als M . Die negative Elektrizität auf dem geerdeten Konduktor ist also größer als die Elektrizität bei nicht geerdetem Konduktor.

Der übliche Ausdruck „man leitet die Influenzelektrizität zweiter Art zur Erde ab“ ist also nicht korrekt und ist umzuwandeln in:

Man erzeugt auf dem Konduktor durch Erdung nur Elektrizität erster Art. Da deren Quantität im allgemeinen größer ist als ohne Erdung, so ist es vollends ganz unkorrekt zu sagen:

Die durch Influenz im benachbarten Konduktor erzeugte Elektrizität zerfällt in einen gebundenen, nicht ableitbaren Teil und in einen freien, ableitbaren Teil.

Es handelt sich nun um den Nachweis der Unrichtigkeiten, welche der Ermittelung der Verstärkungszahl eines Konduktors bei KOLBE, WEINHOLD, NOACK u. a. zugrunde liegen.

Wir bedürfen hierzu das Gesetz der Superposition, das wir zunächst ausführlich begründen.

Superposition von Ladungen.

In einem Punkte der Oberfläche eines geladenen Konduktors befindet sich das Elektrizitätsteilchen e ; es wirken dann auf e von seiten aller andern Teilchen e_1, e_2, e_3 . die Kräfte $\frac{e e_1}{r_1^2}, \frac{e e_2}{r_2^2}, \frac{e e_3}{r_3^2}$ in den Entfernungen der r . Ist die Resultante dieser Kräfte, der elektrische Antrieb auf e , senkrecht zur Oberfläche nach außen, so ist e zur Ruhe gekommen; es wird mit der Antriebskraft an den umgebenden Isolator gedrückt; ist dies mit den Antrieben für alle Oberflächenpunkte der Fall, so befindet sich die Elektrizität auf dem Konduktor in Ruhe. Nun nennt man den elektrischen Antrieb auf 1 E.-S.E. in einem ganz beliebigen Punkt des Feldes „Feldstärke dieses Punktes“. Ersetzt man e durch 1 E.-S.E., so ändern obige Kräfte ihre Richtung nicht, werden aber alle e mal kleiner, nämlich $e_1/r_1^2, e_2/r_2^2, \dots$ die Resultante, d. h. die Feldstärke in dem Punkte der Oberfläche, wird daher auch e mal kleiner; behält aber ihre Richtung bei. Die Bedingung des Ruhezustandes der Elektrizität ist also einfach:

Die Feldstärken in allen Punkten auf der Oberfläche des Konduktors müssen Normalen der Oberfläche sein¹¹⁾.

Ist mathematisch eine Verteilung gefunden, welche dieser einzigen Anforderung genügt, so gibt sie die Anordnung der Elektrizität auf dem Konduktor im Ruhezustand. Das Potential des Konduktors ist $e_1/r_1 + e_2/r_2 + \dots$, wo die r die Entfernungen der elektrischen Teilchen von einem beliebigen festen Punkte der Oberfläche des Konduktors sind.

Wir betrachten 2 Konduktoren I und II im Feld. Bringt man auf I die Ladung A und auf II die Ladung B , so kommen diese Elektrizitätsmengen in den Ruhezustand, wenn die Feldstärke in jedem Oberflächenpunkt Normale zur Oberfläche ist. Das Potential von I sei dann P , das von II sei Q , und in einem Punkt N der Konduktionsoberfläche sei das Elektrizitätsteilchen e . Bringt man statt A und B die Ladungen A' und B' auf die beiden Konduktoren, so seien die Potentiale P' und Q' , und im Punkt N befindet sich dann das Teilchen e' . Denkt man sich jetzt in dem Punkt N die Elektrizitätsmenge $e \pm e'$ angebracht und analog in allen andern Punkten der Oberfläche die Summe bzw. Differenz der entsprechenden Elektrizitätsteilchen, so ist, wie leicht einzusehen, die neue Feldstärke (=Feldstärke für die erste Ladung \pm Feldstärke für die

¹¹⁾ Nach Gauß ist diese Bedingung identisch mit der Bedingung, daß die Feldstärke für jeden Punkt innerhalb des Konduktors Null ist.

zweite Ladung) wieder Normale. Diese neue Verteilung gibt also wieder die Elektrizität für den Ruhezustand, welche bei den Ladungen $A \pm A'$ und $B \pm B'$ sich einstellt. Die Potentiale sind dann $P \pm P'$, $Q \pm Q'$. Ist z. B. $A' = 2A$, $B' = 2B$; so ist an jeder Stelle eine 3 mal so große Elektrizitätsmenge, die Potentiale sind $3P$ und $3Q$, die Ladungen $3A$ und $3B$.

Das Gesetz der Superposition gilt selbstverständlich auch für mehr als 2 Konduktoren.

Definition. Gebundene Elektrizitätsmenge eines Konduktors gleich Ladung desselben, wenn er geerdet wird¹²⁾.

Im Felde sei als erste Position:

Konduktor I mit Ladung L_1 und Potential P_1
- II - - L_2 - - - P_2
- III - - L_3 - - - P_3 (usw.)

Erdet man I, so hat I das Potential 0 und die gebundene Elektrizitätsmenge ΔL_1 des Konduktors I, während die Ladungen der anderen Konduktoren der Größe nach ungeändert bleiben, in ihren Potentialen und in der Anordnung der Elektrizität aber Änderungen erfahren. Die zweite Position ist also:

I mit Ladung ΔL_1 und Potential 0;
II mit Ladung L_2 ;
III mit Ladung L_3 .

Die Superposition mit den Ladungsdifferenzen liefert:

I mit Ladung $L_1 - \Delta L_1$ und mit dem Potential P_1 ;
II mit Ladung 0;
III mit Ladung 0.

Die Ladungen 0 sind so zu verstehen, daß sie sich aus gleich großen positiven und negativen Teilladungen zusammensetzen, welche nichts anderes sind als die Influenzelektrizitäten erster und zweiter Art, hervorgerufen durch die Ladung $L_1 - \Delta L_1$ auf dem Konduktor I.

Hieraus der Satz, welcher neu sein dürfte:

Vermindert man die Ladung eines Konduktors um seine gebundene Elektrizitätsmenge und bringt dann die Ladungen aller umgebenden Konduktoren auf Null, so bleibt das Potential des Konduktors ungeändert.

Die umgebenden Konduktoren dürfen aber nicht entfernt werden¹³⁾; auf jedem derselben treten gleich große Mengen Influenzelektrizität 1. und 2. Art auf.

Der Plattenkondensator.

Teilt man einem von 2 benachbarten Konduktoren der Reihe nach verschiedene Ladungen mit, so geben diese Ladungen mit einem konstanten Faktor¹⁴⁾ multipliziert die gebundene Elektrizitätsmenge auf dem andern. Die Platten des Kondensators seien I und II.

Die Ladung von I mit x multipliziert gebe die gebundene Elektrizitätsmenge in II; die Ladung in II mit y multipliziert gebe die gebundene in I.

¹²⁾ Also auch gleich der Influenzelektrizität erster Art bei der Erdung und somit unabhängig von der etwa auf dem Konduktor vorher vorhandenen Ladung.

¹³⁾ Dies ist der Kernpunkt für den Nachweis der Unrichtigkeiten.

¹⁴⁾ Eine Folge des Gesetzes der Superposition.

Alternierende Entladung des Plattenkondensators. (Fig. 3.)

- Fall 1. Man teilt I die Ladung L mit, berührt II ableitend, so hat also II die Ladung Lx .
 Fall 2. Man hebt die vorige Berührung auf und berührt I ableitend, I hat dann also die Ladung Lx^2y .
 Fall 3. Man hebt die vorige Berührung auf und berührt II ableitend, II hat dann die Ladung Lx^2y^2 .
 Fall 4. Man hebt die vorige Berührung auf und berührt I ableitend, I hat dann die Ladung Lx^2y^3 .
 Fall 5. Man hebt die vorige Berührung auf und berührt II ableitend, II hat dann die Ladung Lx^3y^2 usw.

Bei alternierender Entladung bilden also die aufeinanderfolgenden Ladungen auf Platte I (und ebenso auf Platte II) eine geometrische Reihe, deren Quotient xy Abnahmekoeffizient der alternierenden Entladung heißen möge. Die ursprüngliche

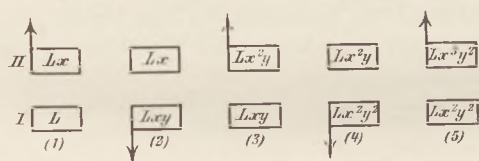


Fig. 3.

Ladung L auf der Platte I wird so, nach 3maliger Berührung oben, auf Lx^3y^2 Figur III Fall 5 herabgesetzt und, nach 10maliger Berührung oben, auf Lx^9y^9 .

Verbindet man, vor und während der alternierenden Ladung, I dauernd mit einem entfernt stehenden Elektrometer, dessen Angaben eine beliebige Einheit zu-

grunde liegt, so bilden I, Verbindungsdrähte und Elektrometer zusammen den Kollektor. Die Elektrometerangaben, bei der 1., 2., 3., . . . Berührung oben, müssen dann also eine geometrische Reihe bilden, wenn man die Platte II durchweg beläßt; aber auch, wenn man Platte II nach jeder Berührung abhebt. Sind α_1 und α_{10} die Elektrometerangaben

bei der 1. und 10. Berührung oben, so ist $xy = \sqrt[9]{\frac{\alpha_{10}}{\alpha_1}}$, d. h.

$$xy = \sqrt[9]{\frac{\alpha_{10}}{\alpha_1}}.$$

xy ist stets < 1 , je größer der Abstand der Platten I und II, um so mehr nähert sich xy der Null.

Anmerkung. Sind die Platten I und II vollständig gleich, so wird doch nicht $x = y$, wegen Anhängung des Elektrometers; x findet man dann, indem man, nach der ersten Berührung oben, die obere Platte II wegnimmt, und indem man, nach der 10. Berührung oben, die Platte II wegnimmt und diese Platte II mit dem vorher entladenen Elektrometer verbindet. Sind die Elektrometerangaben α und β , so ist

$$x^{10}y^9 = \frac{\beta}{\alpha} \text{ also } x = \frac{\beta}{\alpha} \cdot \frac{\alpha_1}{\alpha_{10}}.$$

Verstärkungszahl des Plattenkondensators. (Fig. 4.)

Wir führen folgende, neue Unterscheidungen ein:

Der Figur IV Fall 3 und 1 entsprechend die

$$\text{Absolute Verstärkungszahl} = \frac{\text{Kapazität des Kollektors bei geerdetem Kondensator}}{\text{Kapazität des freigelegten Kollektors}}$$

Der Figur IV Fall 3 und 2 entsprechend die

$$\text{Relative Verstärkungszahl} = \frac{\text{Kapazität des Kollektors bei geerdetem Kondensator}}{\text{Kapazität des Kollektors bei nicht geerdetem Kondensator}}$$

In Figur IV sei je die untere Platte I die Kollektorplatte, die obere, parallele II dagegen die Kondensatorplatte.

- Fall 1. Die Platte I erhält die Ladung L und besitze dann das Potential R .
 Fall 2. Der Platte I mit Ladung L stellt man die nicht geerdete Platte II gegenüber, deren Ladung $+ - = 0$. Das Potential von I sei jetzt $S^{15})$.
 Fall 3. Platte II wird nun ableitend berührt, hat also dann die Ladung Lx .
 Die Berührung wird jetzt aufgehoben; das Potential von I sei nun P .

Für Figur IV Fall 3 bestimmen wir jetzt die Menge der gebundenen Elektrizität in Platte I. Würde man I erden, so wäre seine Ladung Lxy , dies ist also die gebundene Elektrizitätsmenge, und das Potential P muß nach obigem Satze auch dann noch vorhanden sein, wenn man die Ladung $L - Lxy$ auf I anbringt und II ohne Ladung alsdann I gegenüberstellt (wobei gleich große Mengen positiver und negativer Elektrizität in II auftreten), wie dies Figur IV Fall 4 angibt.

Figur IV Fall 2 verglichen mit Figur IV Fall 4 gibt sofort das sehr wichtige Resultat:

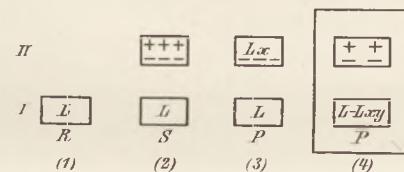


Fig. 4.

$$\frac{P}{S} = \frac{L - Lxy}{L} = 1 - xy.$$

Die Kapazitäten der Platte I in Fall 1, 2, 3 sind nun L/R , L/S , L/P ; also

$$\text{Absolute Verstärkungszahl} = \frac{R}{P}, \text{ also auch} = \frac{R}{S(1 - xy)}$$

$$\text{Relative Verstärkungszahl} = \frac{S}{P}, \text{ also auch} = \frac{1}{1 - xy}.$$

Da Lxy die gebundene Elektrizitätsmenge des Kollektors ist, so kann man $L - Lxy$ auch die ungebundene Elektrizitätsmenge des Kollektors nennen, dann hat man das Gesetz:

$$\text{Relative Verstärkungszahl} = \frac{\text{Ladung der Kollektorplatte}}{\text{Ungebundene Elektrizitätsmenge dieser Ladung}}$$

Bestimmung der beiden Verstärkungszahlen.

Platte I wird dauernd mit dem entfernt stehenden Elektrometer verbunden, so daß der Kollektor neben der Platte I noch aus Verbindungsdräht und Elektrometer besteht.

Figur IV. Man ladet I, entfernt die gegenüberstehende Platte II, liest am Elektrometer den Wert r ab. Man stellt Platte II der Platte I gegenüber und erhält am Elektrometer s .

Man leitet II zur Erde ab und erhält am Elektrometer p . Nun beginnt die alternierende, durch Fig. III angedeutete Entladung.

Die erste Berührung oben gibt am Elektrometer den Wert $\alpha_1^{16})$ und, nach 10 maliger Berührung oben, den Wert α_{10} , dann ist:

$$\text{Absolute Verstärkungszahl} = \frac{r}{s} \cdot \frac{1}{1 - \sqrt[9]{\frac{\alpha_{10}}{\alpha_1}}}; \text{ zur Probe} = \frac{r}{p}.$$

$$\text{Relative Verstärkungszahl} = \frac{1}{1 - \sqrt[9]{\frac{\alpha_{10}}{\alpha_1}}}; \text{ zur Probe} = \frac{s}{p}.$$

¹⁵⁾ Wie leicht einzusehen, ist $R > S$.

¹⁶⁾ Wird die obere Platte nach der 1. und 10. Berührung nicht weggenommen, so ist $\alpha_1 = p$, andernfalls $\alpha_1 > p$.

Bei großer Verstärkungszahl, also bei kleinem Plattenabstand, ist p nicht mehr meßbar; die Proben fallen weg. Bei der alternierenden Entladung wird dann die Bestimmung von $\frac{e_{10}}{e_1}$ nur möglich, indem man die Platte II nach der 1. und 10. Berührung wegnimmt, oder aber, indem man der alternierenden Entladung eine neue weit stärkere Ladung zugrunde legt als der Bestimmung von r und s .

Bestimmung des Reduktionsfaktors eines Elektrometers.

Die Kollektorplatte eines beliebigen Plattenkondensators wird dauernd mit dem entfernt stehenden Elektrometer verbunden. Für diese Anordnung werden die Verstärkungszahlen $z = \frac{r}{s} \frac{1}{1 - xy}$ und $z_1 = \frac{1}{1 - xy}$ bestimmt.

Nun verwendet man eine Batterie von z. B. 10 Volt (diese gibt an einen Konduktor von der Kapazität C die Ladung $10 \cdot C$ ab).

1. Bei Verwendung der absoluten Verstärkungszahl $z^{17})$ verbindet man hierauf die Batterie leitend mit dem Kollektor, berührt die Kondensatorplatte ableitend, entfernt die Batterie und hebt dann die Kondensatorplatte ab. Der erhaltene Ausschlag am Elektrometer ist mit $10 \cdot z$ Volt zu bezeichnen.

2. Bei Verwendung der relativen Verstärkungszahl z_1 verfährt man wie vorhin. Nach Abheben der Kondensatorplatte wird aber diese entladen und wieder aufgesetzt ohne abzuleiten. Der jetzt erhaltene Ausschlag ist mit $10 \cdot z_1$ Volt zu bezeichnen.

Diese zweite Methode dürfte neu sein; sie hat vor der vorigen den Vorzug, daß die Bestimmung von r und s ganz wegfällt, und daß man mit dem Abnahmekoeffizienten xy der alternierenden Entladung allein durchkommt.

Bisherige Fehler bei Aufstellung der Verstärkungszahl.

Ich wähle je ein Beispiel aus neuerer und älterer Zeit.

NOACK¹⁸⁾ kommt zu dem Resultat $1 - xy = \frac{P}{R}$ (unser xy ist bei ihm mit x bezeichnet). Seine Verstärkungszahlen wären noch mit $\frac{r}{s}$ zu multiplizieren, um mit den unsrigen übereinzustimmen.

OHM¹⁹⁾ denkt sich die Platte I des Plattenkondensators mit einer Elektrizitätsquelle verbunden. Es sei a die freie Elektrizitätsmenge, welche I bei weggenommenem II von der Quelle aufnehmen kann; u die Menge, welche I bei geerdetem, aufgesetztem II aufnimmt, so ist bei Ohm $\frac{u}{a}$ die Verstärkungszahl.

Nach obigem wäre also $\frac{u}{a} = \frac{R}{P}$. u in der unteren Platte binde nun $-xu$ der oberen Platte; $-xu$ der oberen binde unten yxu , so daß unten noch die freie Elektrizität $u - xyu$ übrig bleibt, während $-xu$ oben und $+xyu$ unten als wirkungslos ausscheiden. Sind die Platten völlig gleich, so ist $x = y$ und die freie Elektrizität auf der unteren Platte ist also $u - x^2u$ und andererseits nach obigem a , also

¹⁷⁾ Diese Methode ist nach meiner Ansicht zuerst von Kolbe I S. 68 und II S. 120 angegeben worden. Seine Reduktionsfaktoren sind aber zu klein, der Fehler liegt an der Weglassung von $\frac{r}{s}$. Siehe auch Kolbe, Zeitschr. f. phys. u. chem. Unt. 1908.

¹⁸⁾ Noack, Elementare Messungen aus der Elektrostatik 1906. Sonderhefte der Zeitschr. f. phys. u. chem. Unterricht II. 1. Diese Schrift enthält übrigens viele neue, sehr wertvolle Messungsmethoden.

¹⁹⁾ Ohm, Grundzüge der Physik 1854. S. 308—310.

$$a = u - x^2 u; \frac{u}{a} = \frac{1}{1 - x^2},$$

was im Widerspruch mit unseren Entwicklungen, nach denen $\frac{1}{1 - x^2} = \frac{S}{P}$ ist.

Würde man aber festsetzen: a Elektrizitätsmenge von I bei vorhandenem, nicht geerdetem II, so wäre wenigstens das Endresultat $\frac{u}{a} = \frac{1}{1 - x^2}$ richtig; **unverständlich würde aber z. B. bleiben, daß $-xu$ und $+x^2u$ als wirkungslos ausscheiden.** Ich kenne überhaupt nur einen einzigen Fall, bei dem die gegenüberstehenden Elektrizitätsschichten $-xu$ und $+x^2u$ auf alle Punkte außerhalb der Schichten wirkungslos und nur auf Punkte in der trennenden Luftschierte von Wirkung sind; es ist dies der Fall beim innen geerdeten Kugelkondensator. Sind r und R die Kugelradien und u die Ladung außen, so bindet sie innen $-u \frac{r}{R}$, also $x = \frac{r}{R}$. Die Ladung $-u \frac{r}{R}$ innen bindet, wie man durch Isolation der inneren Kugel und Erdung der äußeren erkennt, $+u \frac{r}{R}$, also $y = 1$. Die beiden Schichten $-u \frac{r}{R}$ und $+u \frac{r}{R}$ geben für Punkte der trennenden Luftschierte eine Feldstärke, die von 0 verschieden; für alle andern Punkte außerhalb dieser Schichten ist aber die Feldstärke 0.

Der außerhalb geerdete Kondensator zeigt aber diese Eigenschaften schon nicht mehr. Die Ladung u innen bindet $-u$ außen, also $x = 1$. Die Ladung $-u$ außen bindet innen $+u \frac{r}{R}$. Die Schichten $-u$ und $+u \frac{r}{R}$ geben aber auch für Punkte außerhalb des Kondensators eine von Null verschiedene Feldstärke.

Die Verstärkungszahl wird häufig auch durch die geometrische Reihe $1 + x^2 + x^4 + \dots$ gefunden, deren Wert $\frac{1}{1 - x^2}$ ist; gegen die dabei zugrunde gelegten Betrachtungen sind dieselben Einwände zu erheben.

Die relative Verstärkungszahl $\frac{S}{P}$.

Um die Richtigkeit der Gleichung $\frac{S}{P} = \frac{1}{1 - xy}$ für den Kugelkondensator nachzuweisen, teile ich die leicht zu findenden Größen mit.

Die Radien seien von innen nach außen r , R_1 und R_2 , dann ist
1. für den innen geerdeten Kondensator:

$$x = \frac{\frac{1}{R_2}}{\frac{1}{r} + \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}}, \quad y = 1, \quad S = \frac{e}{R_2}, \quad P = \frac{e}{R_2} \frac{\frac{1}{r} - \frac{1}{R_1}}{\frac{1}{r} + \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}},$$

so daß in der Tat

$$\frac{S}{P} = \frac{1}{1 - xy};$$

2. für den außen geerdeten Kondensator:

$$x = 1, \quad y = \frac{\frac{1}{R_2}}{\frac{1}{r} + \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}}, \quad S = e \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right), \quad P = e \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R_1} \right);$$

so daß wieder

$$\frac{S}{P} = \frac{1}{1 - xy}.$$

Auch ist allgemein ersichtlich, daß die relative Verstärkungszahl dieselbe bleibt, ob man die obere oder untere Platte, wie verschieden beide auch sein mögen, zur

Kollektorplatte macht. Ich teile zum Schluß noch die Resultate mit, welche die Einführung der Potentialkoeffizienten ergaben.

Die Ladung 1 *E.-S. E.* auf I erzeugt auf I das Potential p_{11} und auf II Influenz-elektrizitäten, II weise so das Potential p_{12} auf.

Die Ladung 1 *E.-S. E.* auf II erzeugt auf II das Potential p_{22} und auf I Influenz-elektrizitäten, I weise so das Potential p_{21} auf; dann ist allgemein $p_{12} = p_{21}$.

Mit den Potentialkoeffizienten p_{11} , p_{12} , p_{22} wird dann $x = -\frac{p_{12}}{p_{22}}$ der Faktor, mit dem man die Ladung in I zu multiplizieren hat, um die gebundene Elektrizität auf II zu erhalten; und $y = -\frac{p_{12}}{p_{11}}$ der Faktor, mit dem man die Ladung in II zu multiplizieren hat, um die gebundene Elektrizität auf I zu erhalten; also

$$\frac{S}{P} = \frac{1}{1 - \frac{p_{12}^2}{p_{11} \cdot p_{22}}}.$$

Für den Kugelkondensator mit Radius r und R ist:

$$p_{11} = \frac{1}{r}, \quad p_{12} = \frac{1}{R}, \quad p_{22} = \frac{1}{R}, \quad \text{also} \quad \frac{S}{P} = \frac{1}{1 - \frac{r}{R}},$$

was obige Ausdrücke mit $R = R_1 = R_2$ auch ergeben.

Nach den früheren Ausführungen auf S. 350 u. ff. ist anzunehmen, daß das Gesetz:

$$\text{Relative Verstärkungszahl} = \frac{S}{P} = \frac{1}{1 - xy} = \frac{1}{1 - \frac{p_{12}^2}{p_{11} \cdot p_{22}}},$$

bisher unbekannt war.

Ohne auf meine vorhergehenden Darlegungen zurückzukommen, kann der Leser sich in wenigen Minuten von der Unrichtigkeit der früher üblichen Berechnungen über die Verstärkungszahl überzeugen, indem er den Kugelkondensator in Betracht zieht.

Sind r , R_1 , R_2 die aufeinander folgenden Radien, und bringt man auf die innere Kugel die Ladung E , so gibt die Erdung der äußeren Kugelschale auf dieser letzteren die Ladung $-E$.

Bringt man auf die außen nicht geerdete Kugelschale die Ladung e und erdet die innere Kugel, so bekommt die äußere Kugeloberfläche die Ladung e_2 ; die Kugeloberfläche mit Radius R_1 die Ladung e_1 und die innere Kugel die Ladung x . Da die Feldstärke auf beliebige Punkte zwischen den zwei äußeren Kugeln 0 sein muß, so muß $x = -e_1$ sein; aber auch

$$1) \quad e_1 + e_2 = e.$$

Das Potential 0 der inneren Kugel gibt jetzt

$$2) \quad -\frac{e_1}{r} + \frac{e_1}{R_1} + \frac{e_2}{R_2} = 0,$$

hieraus

$$e_1 = e \frac{\frac{1}{R_2}}{\frac{1}{r} + \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}}.$$

Im außen geerdeten Kondensator bindet also die Ladung e der inneren Kugel die Ladung $-e$ auf der äußeren Kugelschale. Die Ladung $-e$ auf der äußeren Kugelschale bindet innen

$$e_1 = e \frac{\frac{1}{R_2}}{\frac{1}{r} + \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}}.$$

Die sogenannte freie Elektrizität auf der kleinen Kugel ist also $e - e_1$, somit die früher übliche Verstärkungszahl

$$1 - \frac{1}{\frac{1}{r} + \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}}$$

Die Kapazität der freigelegten inneren Kugel ist r , die Kapazität derselben Kugel beim außen geerdeten Kondensator

$$\frac{1}{r} - \frac{1}{R_1},$$

also die richtige Verstärkungszahl

$$1 - \frac{r}{R_1},$$

im allgemeinen also keineswegs gleich der obigen.

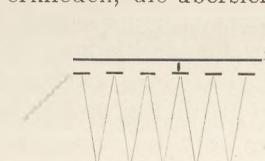
Ein Blick auf Fig. 4 meiner Abhandlung zeigt, daß beide nur gleich sind, wenn die Kondensatorplatte unendlich dünn, im vorliegenden speziellen Falle, wenn $R_1 = R_2$, was auch der obige Ausdruck zeigt.

Demonstrations-Schieber- und Stöpselrheostat.

Von

Oberl. V. ERLEMANN in St. Petersburg.

Die zickzackförmige Anordnung des Widerstandsdrähtes ist für den Anfangsunterricht entschieden die empfehlenswerteste, da sie übersichtlich ist und rasch und leicht an die Tafel gezeichnet werden kann. Ich benutze daher am Anfang einen nach Kolbes Elektrizitätslehre II. Fig. 19 hergestellten Rheostat, bei dem ich die Stifte wenig konisch verjüngt habe, so daß die mit entsprechenden Bohrungen versehenen Klemmschrauben fest auf die Stifte gesetzt werden können und man die Hände frei hat. Überaus störend ist bei diesem Rheostat, daß bei Veränderung des Widerstandes Stromunterbrechung eintritt, die Galvanometernadel daher auf die Nullstellung zurückspringt und hierbei wie auch beim folgenden Stromschluß Schwingungen ausführt, welche die Veränderung der Stromstärke in Abhängigkeit von Veränderung des Widerstandes nicht genügend klar erkennen lassen. Für weitere Versuche benutze ich daher den in Fig. 3 dargestellten Schieberrheostat von $1-10 \Omega$, bei welchem die Stromunterbrechung bei Veränderung des Widerstandes vermieden, die übersichtliche zickzackförmige Anordnung aber beibehalten ist, so daß auch die Skizzierung bei Wiedergabe von Versuchsanordnungen keine Schwierigkeiten bietet (cf. nebenstehende Skizze). Der Rheostat gestattet auch, wie unten genauer beschrieben, die Versuche über Spannungsabfall auf homogenem Leiter in weiten Grenzen zu variieren.

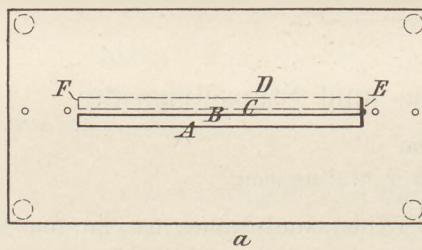


Ein einfach ausgeführter ebenfalls vertikal angeordneter Schieberrheostat für Ohm-Bruchteile (Fig. 5) kann von seinem Stativ leicht und rasch abgenommen und an obigem Rheostat befestigt werden, wie in Fig. 3 angedeutet, so daß man einen Rheostat von $0-11$ Ohm erhält.

Als Mangel habe ich es empfunden, daß in keinem bekannten Preisverzeichnis ein für die Demonstration geeigneter vertikaler Stöpselrheostat zu finden ist; ich hatte mir daher an der Rückwand einen derartigen Stöpselrheostat (Fig. 6) angebracht,

von 1—210 Ohm reichend, an welchem der erwähnte Rheostat für Ohm-Bruchteile angesetzt werden konnte. Später erwies es sich als erwünscht, den Stöpselrheostat neben dem Schieberrheostat gleichzeitig verwenden zu können (z. B. für Nachweis des Ohmschen Gesetzes, cf. Fig. 7), daher habe ich für die beiden Rheostate zwei getrennte vertikale durch Hängen verbundene Bretter benutzt, wobei noch die in zusammengeklappter Stellung der Bretter einander zugekehrten Flächen zweckmäßige Verwendung fanden, indem die eine mit Drähten von verschiedenem Querschnitt (Fig. 8), die andere mit Drähten von gleichen Dimensionen und verschiedenem spezifischen Widerstand bespannt wurde. So entstand ein Apparat, der nach meiner Erfahrung in seiner Anwendung recht vielseitig, dabei aber doch übersichtlich und nicht kompliziert ist, denn er wendet dem Schüler nur die im vorliegenden Falle benutzte Seite zu und verlangt auch in bezug auf Herstellung keine besondere Aufmerksamkeit, da bei der getroffenen Anordnung der Kontaktklötzchen Kontakte durch gegeneinander stoßende Schrauben ausgeschlossen sind. Der Apparat hat auch den Beifall hiesiger Fachkollegen gefunden, daher erscheint mir eine Mitteilung über seine Herstellung und Verwendung berechtigt.

In ein dunkel poliertes Grundbrett ($56 \times 28 \times 2,5$ cm), das auf vier Klötzchen ruht, ist ein beiderseits weiß lackiertes Brett ($36 \times 60 \times 2$ cm) vertikal fest eingeleimt, so daß seine schmalen Seitenflächen je 10 cm, eine breite Seitenfläche *A* (Fig. 1a im



a

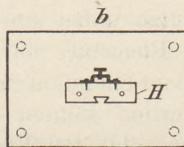


Fig. 1.

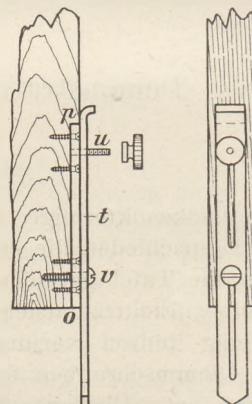


Fig. 2.

Grundriss) 11 cm und die andere *B* 15 cm von den entsprechenden Kanten des Grundbretts abstehen. Ein zweites beiderseits weiß lackiertes Brett ($36 \times 60 \times 2$ cm) wird später vermittelst zweier in losgeklappter Stellung 6 cm breiter Hängen bei *E* an das erste befestigt, so daß bei zusammengeklappter paralleler Stellung der Bretter zwischen den Flächen *B* und *C* ein Zwischenraum von 2 cm verbleibt, während beim Auseinanderklappen die Flächen *A* und *D* eine Ebene bilden. Stellt man sich die Fläche *D* des zweiten Brettes in vertikaler Stellung vor, so ist an den oberen Teil (*a b c d* in Fig. 3) ein Furnierbrett ($36 \times 8,5 \times 0,2$ cm) geleimt, damit die Vorderflächen der oben an *D* angebrachten Messingdreiecke von 3 mm Dicke (Fig. 3, *p*) mit den Vorderflächen der an *A* befestigten Klötzchen des Stöpselrheostats von 5 mm Dicke (Fig. 6) bei aufgeklappt paralleler Stellung der Bretter in eine Ebene fallen.

An der Schmalseite *F* (Fig. 1) des zweiten in den Hängen drehbaren Brettes ist ein vertikaler Schieber angebracht, der bei zusammengeklappter Stellung der vertikalen Bretter in eine Nute des Grundbrettes hineinfaßt, bei auseinandergeklappter Stellung aber dem zweiten als Stütze auf dem Tisch dient. Die Einrichtung des Schiebers ist aus Fig. 2 ersichtlich: An der Messingplatte *o p* ($11 \times 1,6 \times 0,25$ cm) mit Löchern für Holzschrauben ist eine Schraubspindel *u* fest vernietet; der Schieber *t*

($15 \times 1,6 \times 0,25$ cm) hat zwei Schlitze von 4,7 cm Länge und ist oben zu einem Handgriff umgebogen. Die Spindel u und die Holzschraube v dienen dem Schieber als Führung, und vermittelst der Mutter auf u kann man ihn in beliebiger Höhe festklemmen. Das mit dem Schieber versehene Brett steht vollständig fest auf dem Tisch, wenn man den Schieber t am Handgriff schwach auf den Tisch drückt, während man die Mutter bei u festdreht; dasselbe hat man bei zusammengeklappter Einstellung zu beobachten.

An der Fläche D wird ein Schieberrheostat (1—10 Ω), an A ein vertikal angeordneter Stöpselrheostat (1—210 Ω) angebracht. Die Flächen B und C werden zu Versuchen über spezifischen Widerstand und Einfluß von Länge und Querschnitt des Leiters benutzt; will man auf diese Verwendung des Apparats verzichten, so wird man die Hängen natürlich so anbringen, daß die Flächen B und C sich beim Zusammenklappen berühren. Will man schließlich auch auf die Verwendung des Schieberrheostats neben dem Stöpselrheostat (Fig. 7) verzichten, so lassen sich beide Rheostate an einem vertikalen Brett anbringen.

Ein zweites Stativ für einen Rheostat von 0—1 Ω besteht aus zwei Teilen: Ein auf einer Seite weiß lackiertes und im übrigen dunkel poliertes Brett ($9 \times 60 \times 4$ cm, Fig. 1b im Grundriß und Fig. 5) hat in der Mitte eine schwalbenschwanzförmige Nute, die an der Außenfläche 1 cm breit ist; in dieser Nute gleitet ein Schieber, der später besprochen wird. Aus der Bodenfläche dieses vertikal stehenden Brettes ragen zwei an den Enden abgerundete Metallstifte von 0,7 cm Durchmesser in etwa 5 cm Abstand voneinander je 0,8 cm hervor. An der der weißen Fläche gegenüberliegenden Rückseite ist in etwa 25 cm Höhe eine Metallführung (Öffnungsdurchschnitt $3 \times 0,6$ cm) mit Schraubenklemme angebracht. Dieses Brett wird in vertikaler Stellung auf ein dunkel poliertes Grundbrett ($20 \times 26 \times 2,5$ cm) gesetzt, das einen vertikalen 30 cm hohen fest verschraubten Metallstab trägt, der in die Metallführung hineinpaßt; in das Grundbrett sind zwei mit Messingrohr ausgelegte Löcher für die Stifte des ersten Brettes gebohrt. Das vertikale Meßbrett steht fest auf dem Grundbrett, wenn man es beim Anziehen der Schraube abwärts und zugleich etwas nach vorn hin drückt.

Das Meßbrett läßt sich auch bei F oder E (Fig. 1a) an das erste Stativ befestigen, so daß seine Vorderfläche (mit der Nute) mit der Fläche A resp. D in eine Ebene fällt. Zu dem Zwecke sind im Grundbrett des ersten Stativs bei E und F je zwei mit Messingrohr ausgelegte Löcher für die Stifte gebohrt; außerdem wird dazu noch ein später erwähnter Verbindungsriegel benutzt. An der Schmalseite (Fig. 5, H) hat das Meßbrett flache Vertiefungen für die seitlich etwas hervorstehenden Mittelstücke der Hängen bei E .

Schieberrheostat von 1 bis 10 Ω in Stufen zu 1 Ω .

An der Fläche D wird 2,5 cm von der oberen Kante entfernt ein Messingstab JK (Querschnitt $1,5 \times 1,5$ cm) angeschraubt, welcher nahe dem Ende bei K eine Schraubenspindel für Doppelpreßklemme trägt (Fig. 3); an der unteren Seite hat der Stab eine über die ganze Länge reichende Hohlnute von 5 mm Breite und 3 mm Tiefe (Fig. 3, w im Durchschnitt).

Ferner sind von einem rechtwinklig gebogenen Messingstreifen von 3 mm Dicke, dessen Schenkel im Durchschnitt 1,7 cm und 2,2 cm lang sind, zehn Stücke von 2,6 cm Länge abgesägt (Fig. 3, p); die dem längeren Schenkel entsprechenden Flächen sind zu an den Spitzen abgerundeten gleichschenkligen Dreiecken angefeilt und mit drei Löchern versehen. An einem weiteren Stück von 4,2 cm Länge ist nur der eine Dreiecksschenkel angefeilt, während der rechteckige Teil auf 2,6 cm Länge zurückgefeilt ist; an diesem Stück ist eine Schraubenspindel für Doppelpreßklemme angenietet (Fig. 3 links bei L). Diese Messingstücke werden nun in 2 cm Abstand von JK und

in gleichen Abständen voneinander mit je zwei flachköpfigen Schrauben so ans Brett geschraubt, daß der eine längere Streifen links in der Figur bis an die Kante des Brettes heranreicht, während das äußerste rechte Stück wenigstens 2,8 cm von der Brettkante absteht. Durch die Löcher an den Spitzen der Messingdreiecke gehen Schrauben mit erhabenen Köpfen und pressen den Widerstandsdräht zwischen zwei verzinnte Kupferscheibchen; diese Befestigungsart gilt für alle Widerstände.

Der Kontakt des Stabes *JK* mit den Messingstücken wird durch einen Schieber (Fig. 3, *r*) vermittelt. Dieser besteht aus einem 1,5 cm dicken Messingklotz von 3 cm Länge und 1,5 cm Breite, welcher an der dem Stabe zugekehrten Seite so zugefeilt ist, daß eine vorstehende Nute nachbleibt, die in die Hohlnute des Stabes hineinpaßt; hieran ist ein federndes Messingblech von 1,5 cm Breite und etwa 6 cm Länge seitlich mit vier Schrauben angeschraubt. Als Griff dient eine in der Mitte des Schiebers befestigte Klemmschraube, unter welche als Zeiger ein schwarzer Blechstreifen geklemmt ist; der Zeiger ist entsprechend der Profilansicht des

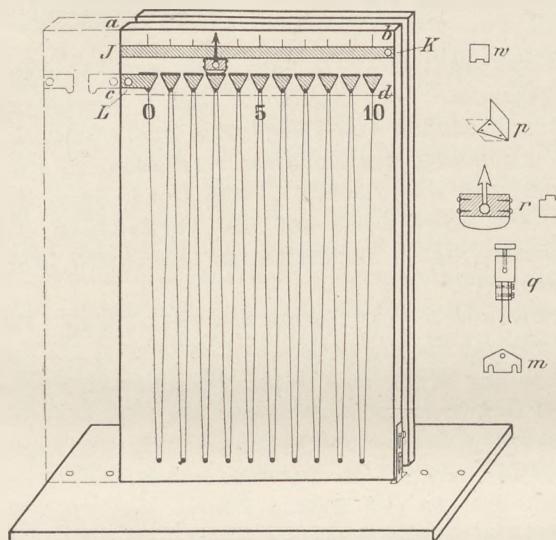


Fig. 3.

Stabes gebogen und liegt mit seiner Spitze auf der oben angebrachten Skala. Sind die Dimensionen hiernach gewählt, so tritt, wenn der Schieber mit seinem Zeiger an die Klemme *K* stößt, kein Kontakt ein (Stromunterbrechung).

Unter den Messingdreiecken sind die Zahlen 0, 5, 10 groß aufgemalt.

Weiter gehören zum Apparat zwei Kontaktreiter (Fig. 3, *q*), die aus Klemmschraube mit darangeschraubten federnden Blechstreifen von ca. 2 cm Breite bestehen; diese Reiter können auf die vorstehenden rechteckigen Teile der Messingstücke gesetzt und auf ihnen verschoben werden.

Als Widerstand benutze ich einen langen Manganindraht von ca. 0,66 mm Durchmesser. Den Draht klemmt man zunächst bei *O* fest ein; darauf verbindet man das erste und zweite Messingstück vermittelst der Reiterkontakte mit der Meßbrücke und reguliert den ersten Widerstand gleich 1Ω ein (Drahtlänge ca. 100 cm). Nachdem der Draht ans zweite Messingstück fest angeschraubt wurde, spannt man ihn nach unten in einer Schleife aus, die man über ein Isolierknöpfchen setzt und dieses ans Brett schraubt. Ebenso verfährt man bei jedem folgenden Widerstande von 1Ω und kontrolliert zugleich den Gesamtwiderstand. Damit der Draht parallel zur Brettbene steht, müssen die Isolierknöpfchen niedrig sein; man dreht sie in passender Höhe aus einem durchbohrten Hartgummistabe.

Um das gleiche Potentialgefälle zwischen gleich langen Stücken des homogenen Drahts zu zeigen, klemmt man den Hauptstrom bei *K* und *L* an, während man den Zweigstrom in beliebigen Ohm-Abständen vermittelst der Reiterklemmen abnehmen kann (Fig. 4b). Will man das Potentialgefälle an verschiedenen langen Leitungsstücken zeigen, so wird der Hauptstrom bei *K* und *L* angeklemmt, der Zweigstrom bei *L* und an einem Reiterkontakt, oder er wird auch vermittelst beider Reiter abgenommen (Fig. 4a und b); so läßt sich der Spannungsabfall je nach der Stellung des Schiebers von $1/10$ bis $9/10$, von $1/9$ bis $8/9$ etc. der Zuleitungsspannung zeigen. Aus den vielen hier möglichen Variationen des Versuches kann man sich leicht solche

auswählen, welche am Voltmeter ganzzahlige Ausschläge oder doch leicht ablesbare Skalenbruchteile liefern. Für leichtere Übersicht aus größerer Entfernung empfiehlt es sich, dickes besponnenes Leitungskabel zu wählen, und zwar für Haupt- und Zweigstrom in verschiedenen Farben.

Der Rheostat kann in Ermangelung eines besseren auch als Modell eines Abzweigwiderstandes dienen.

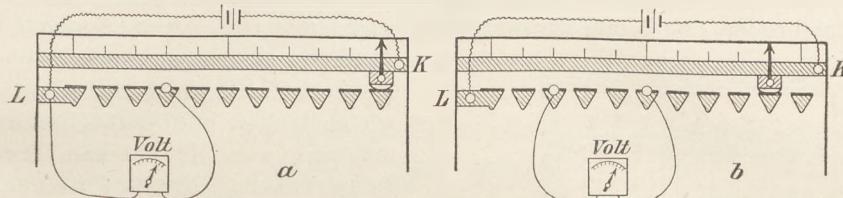


Fig. 4.

Schieberrheostat von 0—1 Ω .

An dem zu Anfang beschriebenen Brett mit der Nute sind 6 cm von der oberen Kante entfernt zwei 5 mm dicke und 3,5 cm lange, mit Schraubspindel und Doppelpreßklemmen versehene Messingklötzchen, deren Form aus Fig. 5 ersichtlich ist, im Abstand 1,8 cm voneinander angeschraubt; an diese sind die Meßdrähte in 2,3 cm gegenseitigem Abstand befestigt.

In die Nute paßt ein schwalbenschwanzförmiger Schieber s von 4 cm Länge mit einem rechteckigen, in der Mitte durchsägten Aufsatz von 1,7 cm Breite und 1 cm Höhe (aus Holz); an der durchsägten Stelle dieses Aufsatzes ist ein 2,3 cm langer Kupferstreifen von 1 cm Höhe eingesetzt, der die Meßdrähte leitend verbindet. Ferner ist an diesem Aufsatz ein galgenförmiger Metallbügel angeschraubt, der an seinem mittleren runden Teil eine Spiralfeder mit doppelter Blechklammer trägt, die ähnlich den Klemmen der Schlipshalter eingerichtet ist und die Meßdrähte beiderseits an den Kupferstreifen drückt. Die in der Mitte vorstehenden Enden der Klammer geben beim Anfassen und Zusammendrücken den Meßdraht frei und dienen als Handgriff beim Verschieben des Schiebers; die verlängerte Spitze der einen Klammer weist als Zeiger auf die in zehn Teile geteilte Skala. Eine Feder am Fuße des Schiebers anzubringen, ist nicht ratsam, da hierdurch der leichte Gang des Schiebers behindert wird; ein an den Fuß des Schiebers geklebtes Tuchläppchen leistet bessere Dienste; auch ohne besondere Reibung wird der Schieber durch die Klammer am Meßdraht gehalten und rutscht nicht herab. Falls man gezwungen ist, den Meßdraht zu wechseln, so wählt man ihn annähernd in gleicher Dicke ($d = 0,7$ mm) und braucht dann nur die Skalenstriche umzumalen, falls man nicht eine Papierskala vorzieht; die Zahlen zu ändern, dürfte kaum nötig sein.

Einen Schieberrheostat von 0 bis 11 Ohm erhält man, wenn man den zuletzt besprochenen Rheostat an den früheren dransetzt, wie in Fig. 3 punktiert ange-

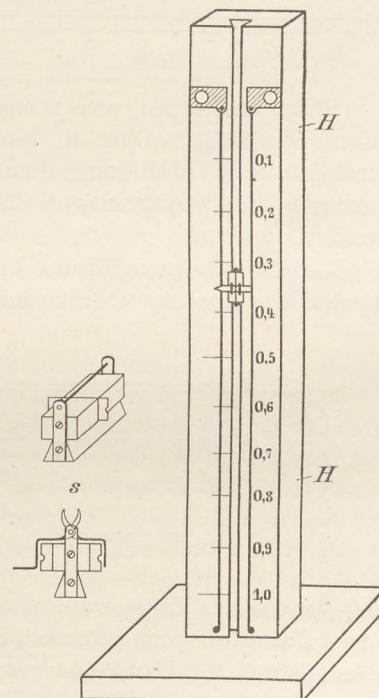


Fig. 5.

deutet ist; die Verbindung bei L wird durch einen 2,8 mm dicken, mit Knopf als Griff versehenen Messingbügel m hergestellt und ist vollkommen fest. Dieser bequeme und übersichtliche Rheostat dürfte für den Anfangsunterricht genügen.

Stöpselrheostat von 1 bis 210 Ohm in Stufen zu 1 Ohm.

An der Rückseite (A in Fig. 1a) des Apparats ist ein Stöpselrheostat angebracht, dessen Einrichtung aus Fig. 6 ersichtlich ist. Die Messingklötzchen sind aus einem 2 cm breiten und 5 mm dicken Stabe geschnitten; die mit Schraubspindel und Doppelpreßklemmen versehenen Endklötzchen sind um 1 cm länger als die gleich langen mittleren Klötzchen; ihr Abstand von der oberen Brettfläche beträgt 6 cm. Die auf die einzelnen Dekaden bezüglichen Zahlen der Skala sind verschiedenfarbig gemalt (schwarz, rot, grün). Die Stöpsel sind kurz und weisen mit ihren Griffen auf die Zahlen der Skala; die leeren schwarzen Stöpsellocher ($d = 7$ mm) gestatten, von weitem zu übersehen, welche Widerstände eingeschaltet sind. Die Widerstände der ersten Dekade bestehen aus blankem Manganindräht (für 1 Ω $d = 0,69$ mm, für 2 Ω $d = 0,65$ mm, für 5 Ω $d = 0,5$ mm), von 10 Ohm ab aus besponnenem bifilar auf Spulen gewickeltem Draht (für 10 und 20 Ω $d = 0,6$ mm, für 50 Ω $d = 0,42$ mm, für 100 Ω $d = 0,36$ mm).

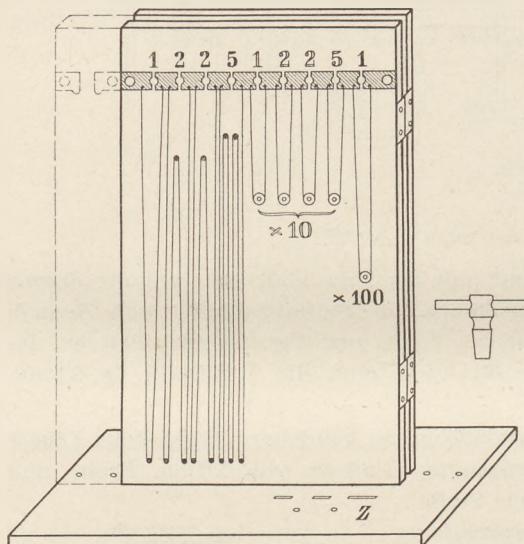


Fig. 6.

Einen Rheostat von 0 bis 211 Ohm erhält man, wenn man den Schieberrheostat von 0 bis 1 Ohm an den Stöpselrheostat setzt, wie in Fig. 6 punktiert ange deutet ist; zur Verbindung dient wieder der erwähnte Messingbügel. Durch Verbindung mit dem aufgeklappten Schieberrheostat läßt sich der Meßbereich bis 221 Ohm erweitern.

Zur Bestätigung des Ohmschen Gesetzes im Nebenschluß nach Kleiber läßt sich der Apparat überaus bequem in der in Fig. 7 angedeuteten Versuchsanord-

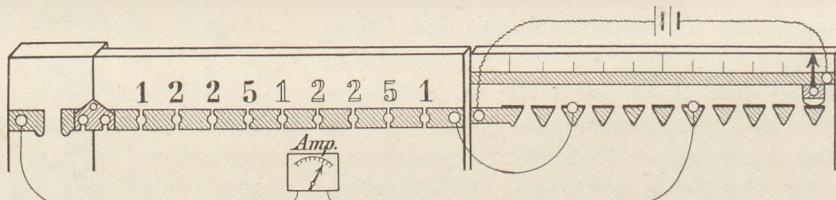


Fig. 7.

nung verwenden, die sowohl Spannung als auch Widerstand in weiten Grenzen zu ändern gestattet. Zur besseren Übersicht wählt man auch hier verschiedenfarbige Leitungskabel für Haupt- und Zweigstrom und klappt die Bretter nur so weit aus einander, daß sie einen stumpfen Winkel miteinander bilden und sich ihrem hier verschiedenen Zweck entsprechend besser voneinander abheben (ich habe die beiden vertikalen Bretter meines Apparats auch verschieden getönt lackieren lassen, gelblich weiß und bläulich-weiß). Wählt man die Verbindungsdrähte des Zweigstromes derart, daß der Widerstand des Amperemeters zu einer ganzen Ohmzahl ergänzt wird, so kann

man den Rheostat für Ohm-Bruchteile fortlassen, wodurch die Versuche besonders übersichtlich und rasch vonstatten gehen; die Spannungsdifferenz kann nach Früherem vermittelst des Schiebers leicht so einreguliert werden, daß man leicht ablesbare Bruchteile oder ganzzahlige Gradausschläge des Amperemeters erzielt.

Verwendung der Flächen *B* und *C* (in Fig. 1a).

An der beim Auseinanderklappen freien Fläche *B* sind drei Paar $2 \times 3,4 \times 0,3$ cm große Messingklötzchen, mit Stöpsel- und Schraublöchern versehen (Stöpseldurchmesser 0,7 cm), nahe der oberen Kante des Brettes angebracht (cf. Fig. 8). Zwischen diesen Klötzen sind ein

Cu-, ein *Fe*- und ein Neusilberdraht von gleicher Länge (436 cm) und gleichem Querschnitt zickzackförmig ausgespannt. Den Querschnitt der Drähte wählte ich so, daß ich bei meiner gewöhnlichen Stromquelle (in Parallelschaltung) und Einschaltung des Kupferdrahts den größten Ausschlag meines Galvanometers erhalte. Da man zum Messen spezifischer Widerstände besser gekünstelte Versuchsanordnungen vermeidet und den Versuchsdraht direkt mit den Klemmen der Meßbrücke verbindet, so soll

die hier angebrachte Vorrichtung lediglich dazu dienen, um das verschiedene Leitungsvermögen zu zeigen. Zur Verbindung mit Galvanometer und Stromquelle dienen zwei Stöpselklemmen ($d = 0,7$ cm), die unbenutzt in die Löcher des Grundbretts gesteckt werden. Löcher im Grundbrett für Stöpselklemmen, Kontaktreiter und Verbindungsbügel macht man am geeignetsten vor dem Stöpselrheostat (Fig. 6 bei *Z*).

An der Fläche *C* sind 3 cm von der oberen Kante entfernt und nahe der unteren Kante 16 Messingklötzchen von $3,3 \times 2,5 \times 0,5$ cm Größe, mit Schraub- und Stöpsellochern versehen, angebracht (Anordnung nach Fig. 8) und mit 50 cm langen Drähten vom Querschnitt 1, 2 und 3 bespannt (bei meinem Apparat beträgt für $q = 1$ der Durchmesser 1 mm). Unter Anwendung der beiden Stöpselklemmen und zweier Rheostatstöpsel weist man nach, daß zwei oder drei parallel geschaltete Drähte $q = 1$ denselben Widerstand haben wie ein Draht $q = 2$ oder $q = 3$; ferner kann man den Einfluß des doppelten und dreifachen Querschnitts, der doppelten und dreifachen Länge zeigen, ebenso, daß durch gleichzeitige Verdoppelung oder Verdreifachung von Länge und Querschnitt der Widerstand nicht geändert wird¹⁾.

¹⁾ Max Kohl hat mir den beschriebenen Apparat in eleganter Ausführung für M 222,75 geliefert, indem er fertig justiert den Schieberrheostat von 1 bis 10 Ohm mit M 77,00, den Schieberheostat von 0 bis 1 Ohm mit M 46,20, den Stöpselrheostat mit M 70,55, die Bespannung der Flächen *B* und *C* mit M 29,00 einschließlich 10% Teurungszuschlag berechnete.

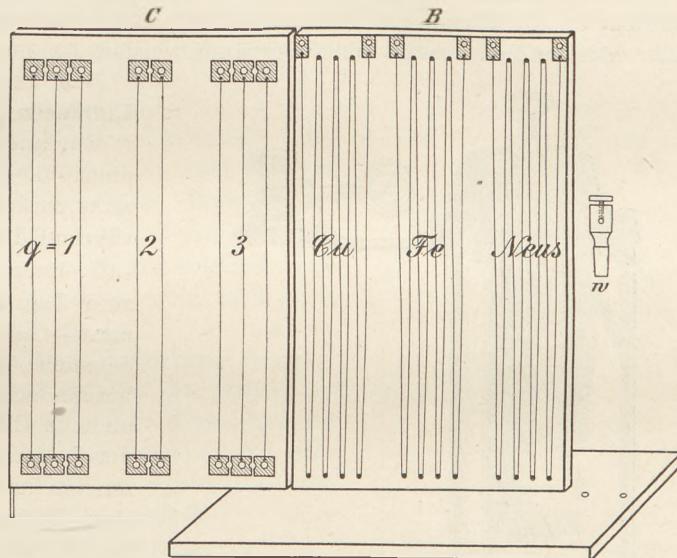


Fig. 8.

Über einen neuen Apparat zur Darstellung flüssiger Luft.

Von

P. Bräuer in Hannover.

Seitdem die Herstellung flüssiger Luft fabrikmäßig erfolgt, und diese zu mäßigem Preise leicht zu erlangen ist, wird man auch im Unterricht gern die zahlreichen interessanten Versuche vorführen, die sie ermöglicht. Nur die Gewinnung der flüssigen Luft selbst konnte bisher wohl nur in den Laboratorien der Hochschulen gezeigt werden, da die Kosten für die Anschaffung einer Lindeschen Maschine aus dem Etat einer höheren Lehranstalt nicht bestritten werden können.

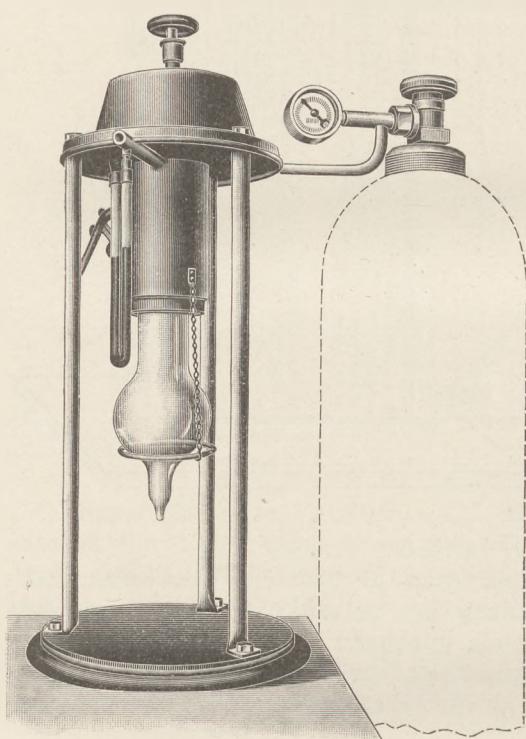


Fig. 1.

Vor kurzem ist es nun einem in der Kältetechnik tätigen Ingenieur, Herrn P. Heylandt in Hamburg, gelungen, einen für Lehrzwecke geeigneten Apparat zu konstruieren, mit welchem sich während des Unterrichts so viel flüssige Luft erzeugen lässt — und zwar in kürzerer Zeit als mit dem Lindeschen Apparat —, als zur Anstellung der üblichen Versuche nötig ist. Da ich den Apparat bereits mehrfach im Laboratorium und auch im Unterricht benutzt und durchaus brauchbar gefunden habe, so will ich ihn im folgenden kurz beschreiben. Zum Betriebe des Apparates ist erforderlich eine Stahlflasche mit Druckluft, welche etwa 5 cbm trockne, kohlensäurefreie Luft von gewöhnlicher Dichtigkeit auf 150 Atm. komprimiert enthält. 1 cbm solcher Preßluft wird zum Preise von 0,50 M von der Hamburger Fabrik des Apparates geliefert. Der Apparat selbst ist in Fig. 1 dargestellt, Fig. 2 gibt eine schematische Abbildung. Von der Stahlflasche, die mit einem Druckmesser versehen ist, führt ein Metallrohr zu zwei hintereinander angeordneten Kühler — der Vorkühler — befindet sich unmittelbar über dem eigentlichen Verflüssigungsapparat und wird von dem aus diesem entweichenden Anteil von unverflüssigter Luft umströmt. Von ihm gelangt die Luft in den glockenförmigen Aufsatz des Apparats, in welchem sich ein langes Schlangenrohr von einer Kältemischung — Schnee oder Eis mit kristallisiertem Chlorkalzium — umgeben befindet. Die Kupferspirale des zweiten Kühlers verzweigt sich in 2 je 5 m lange, sehr enge und dünnwandige Kupferröhren, die in vielen Windungen und Knickungen fast ohne Zwischenräume zu einem zylindrischen Körper geformt sind und am unteren Ende sich wieder vereinigen. Durch ein Regulierventil besonderer Konstruktion, das die auftretende Reibungswärme auf ein Minimum herabbringt, kann die Luft entweichen, doch strömt sie, wenn der Apparat arbeitet und zur Aufnahme der verflüssigten Luft unten durch ein Dewarsches Gefäß verschlossen ist, zum Vorkühler und erst dann durch ein Rohr ins Freie. Zur Beobachtung des Druckes bei der Kondensation dient ein an der Aus-

rohr zu zwei hintereinander angeordneten Kühler — der Vorkühler — befindet sich unmittelbar über dem eigentlichen Verflüssigungsapparat und wird von dem aus diesem entweichenden Anteil von unverflüssigter Luft umströmt. Von ihm gelangt die Luft in den glockenförmigen Aufsatz des Apparats, in welchem sich ein langes Schlangenrohr von einer Kältemischung — Schnee oder Eis mit kristallisiertem Chlorkalzium — umgeben befindet. Die Kupferspirale des zweiten Kühlers verzweigt sich in 2 je 5 m lange, sehr enge und dünnwandige Kupferröhren, die in vielen Windungen und Knickungen fast ohne Zwischenräume zu einem zylindrischen Körper geformt sind und am unteren Ende sich wieder vereinigen. Durch ein Regulierventil besonderer Konstruktion, das die auftretende Reibungswärme auf ein Minimum herabbringt, kann die Luft entweichen, doch strömt sie, wenn der Apparat arbeitet und zur Aufnahme der verflüssigten Luft unten durch ein Dewarsches Gefäß verschlossen ist, zum Vorkühler und erst dann durch ein Rohr ins Freie. Zur Beobachtung des Druckes bei der Kondensation dient ein an der Aus-

strömungsröhre befindliches offenes Wassermanometer; das Regulierventil wird so gestellt, daß dieses Manometer etwa 20—40 mm Druck angibt. Das Dewarsche Gefäß faßt etwa 300 ccm. Es wird gegen das Herabfallen durch einen an Ketten aufgehängten Messingring geschützt.

Soll der Apparat in Tätigkeit gesetzt werden, so wird er an die Stahlflasche geschraubt, wobei sorgfältig darauf zu achten ist, daß alle Verbindungen dicht sind. Man erkennt dieses daran, daß bei geschlossenem Regulierventil und bei geöffnetem Flaschenventil nirgends Luft entweicht. Sodann öffnet man schnell und ruckweise das Regulierventil, um etwaige Feuchtigkeitsspuren im Apparat zu beseitigen. Erst jetzt wird das Dewarsche Gefäß vermittelst eines Gummiringes am Apparat befestigt,

die Kältemischung eingefüllt und das Regulierventil langsam geöffnet, bis das Wassermanometer den nötigen Druck anzeigt. Die Verflüssigung der Luft beginnt schon nach 4 bis 5 Minuten und kann durch den Spalt im Dewarschen Gefäß bequem beobachtet werden. Nach 20 Minuten ist der Druck in der Stahlflasche um etwa 50 Atm. gesunken; es sind dann bereits ca. 150 ccm flüssiger Luft vorhanden, ein für fast alle Versuche ausreichendes Quantum. Will man etwas flüssige Luft in ein anderes Gefäß, z. B. ein Probierglas, bringen, so verschließt man das Dewarsche Gefäß durch einen Gummistopfen mit 2 Durchbohrungen, deren eine eine heberartig gebogene Glasröhre enthält, während durch die andere

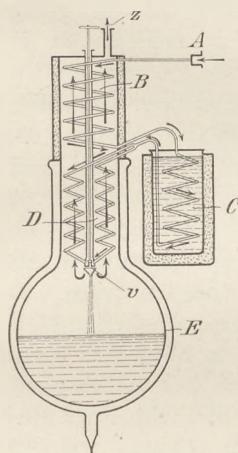


Fig. 2.

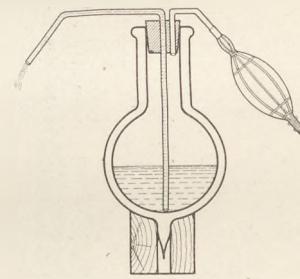


Fig. 3.

ein kurzes Rohrstück mit angesetztem Ventilgummiball führt (Fig. 3). Die Gebrauchsweise ist ohne weiteres verständlich. Man vermeidet so Verluste an Flüssigkeit und bringt auch das Dewarsche Gefäß an seiner empfindlichsten Stelle nicht mit der kalten Flüssigkeit in Berührung. Für einige Versuche braucht man die Flüssigkeit überhaupt nicht aus dem Gefäß zu bringen. Z. B. stellt man feste Luft dar, indem man das Gefäß mit einem Gummistopfen verschließt, in dessen einer Durchbohrung ein unten verschlossenes, langes Glasrohr steckt, während die andere das Gefäß mit einer kräftig wirkenden Wasserluftpumpe verbindet. Durch die starke Verdunstung erniedrigt sich die Temperatur sehr erheblich unter -200° , und sogleich verdichtet sich in dem Glasrohr die von außen lebhaft eindringende Luft zu einer schneeartigen, weißen Masse. Da man mit einem Quantum von 5 cbm Preßluft von 150 Atm. 300 ccm flüssiger Luft herstellen kann, so genügt eine Füllung der Stahlflasche zu 2maliger Darstellung einer hinreichenden Menge. Wendet man als Kältemischung festes Kohlendioxyd und Äther an, so erhöht sich die Menge der flüssigen Luft noch um etwa 50 ccm.

*) Der Apparat wird von der Firma P. Heylandt, Hamburg, Breitenfelder Str. 30 in verschiedenen Ausführungen geliefert und kostet 78 M — 92 M — 110 M und mit Einrichtung zur Verflüssigung von Wasserstoff 155 M. Die Abbildung 1 entspricht der Ausführung für 110 M.

Demonstrationsversuche über elektrische Kraftlinien mit Hilfe von „elektrischen Papierbüscheln“.

Von

W. Biegong von Czudnochowski, Ingenieur; Wilmersdorf.

Als einem Bestandteil von Experimentierkästen wie als Nebenapparat zu Elektrisiermaschinen begegnet man ziemlich regelmäßig dem sog. „elektrischen Papierbüschel“, welches wohl gemeinhin als Spielerei gilt und in der üblichen Ausführung auch nichts anderes ist. In geeigneterer Ausführung vermag es jedoch recht wertvolle Dienste im Unterrichte bei Erläuterung des elektrischen Kraftfeldes zu leisten, das gerade im Schulunterricht wohl noch immer nicht in dem Maße zur Geltung kommt, wie es mit Rücksicht auf die in der Praxis allgemein gültigen Anschauungen zu wünschen wäre. Es gibt nun verschiedene Methoden elektrische Kraftlinien in ähnlicher Weise zu veranschaulichen, wie die magnetischen mittelst Eisenfeilicht, doch sind die so erhaltenen ebenso wie die magnetischen Bilder einer größeren Anzahl nur schwer sichtbar zu machen, wenn man sie nicht projiziert. Hier kann man nun das Papierbüschel verwenden, das dazu folgende Form erhält, Bild 1.

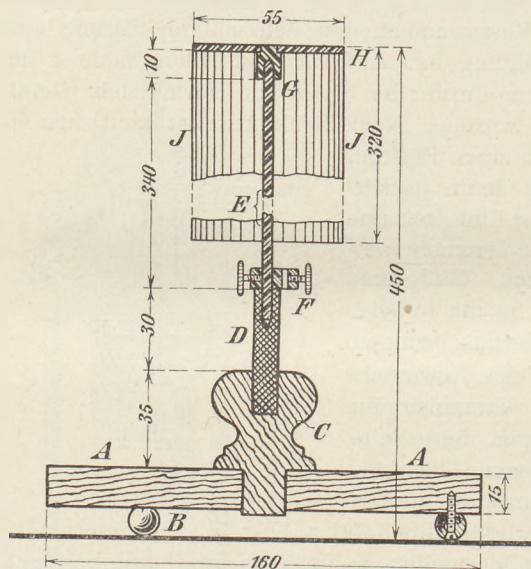


Fig. 1.

In eine kreisförmige Scheibe aus Hartholz *A*, auf 3 sog. „Kugelfüßen“ aus Messing *B* ruhend, ist ein gedrehter Holzsockel *C* eingezapft — als „Schubknopf“ = Schiebladengriff in jedem Eisengeschäft erhältlich, *A* und *B* ebenso — in den ein Hartgummistab *D* eingekittet ist; in *D* ist ein sorgfältig gerichteter Messingdraht *E* von 3 mm Durchmesser eingeschraubt, welcher oben, ebenfalls mit Gewinde, mittelst des eingesetzten — genietet und gelötet — Stückes *G* die messinge Kreisscheibe *H* trägt, auf der am Rande ringsum \sim je $\frac{3}{4}$ cm breite Streifen leichten, aber nicht zu dünnen Seidenpapiers in mehreren, mindestens drei gegeneinander um je $\frac{1}{2}$ Streifenbreite versetzten Lagen derart angeklebt sind, daß sie vollkommen zwanglos frei über den rund abgestumpften Rand herabhängen, und zwar \sim 20 Streifen pro Lage. Zum Anschluß ist auf *E* eine gewöhnliche Drahtverbindungsklemme *F* geschoben, deren Schrauben man durch solche mit Kugelkopf ersetzen kann, aber nicht zu ersetzen braucht. Der Holzsockel wird am einfachsten schwarz lackiert, die Metallteile poliert und mit gelbem Messinglack überzogen, das Seidenpapier wählt man am besten weiß oder gelb. Man bedarf zweier gleicher solcher Büschel.

1. Versuch: Feld eines geladenen Körpers. Man verbindet die Klemme *F* eines solchen Büschels mittelst eines mindestens 1 m langen Drahtes mit einem Pol einer Influenzmaschine, deren zweiter Pol geerdet ist; bei Betätigung der Maschine gehen die Papierstreifen auseinander, sich dabei, z. T. bis zu fast senkrecht aufwärts gerichteter Lage erhebend, nahezu gleichmäßig radial über einen kugelförmigen Raum von \sim 70 cm Durchmesser verteilend.

2. Versuch: zweipoliges Feld. Bild 2. Es werden zwei Büschel in einem Abstand voneinander aufgestellt, der etwas größer ist als die doppelte Länge der Streifen, und jedes mit einem Maschinenpol verbunden; beide Büschel sträuben sich, aber auf den einander zugekehrten Seiten bleiben die Streifen nicht mehr radial, sondern neigen sich schwach gekrümmt einander zu.

3. Versuch: Feld zwischen einem geladenen und einem geerdeten Körper. Man nähert einem nach 1 aufgestellten Büschel die Hand oder eine an leitendem Stiel gehaltene Kugel; die Streifen des Büschels auf der dem genäherten Körper zugewandten Seite konvergieren nach diesem mit ihren freien Enden.

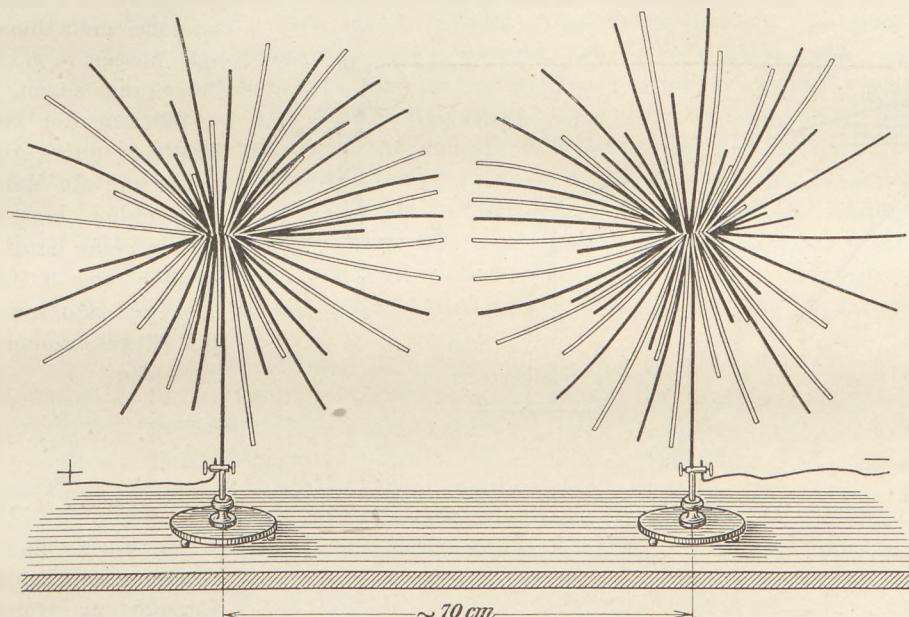


Fig. 2.

4. Versuch: Ladung durch Induktionsströme. Es wird von einer Funkenstrecke Spitze—Platte die Plattenelektrode mit einem Büschel, die Spitze mit dem beim Öffnungsinduktionsstrom positiven Pol eines Induktoriums verbunden, dessen anderer Pol geerdet ist; bei Betätigung des Apparates spreizt das Büschel wie in 1, da es nur gleichnamige Ladungen erhält.

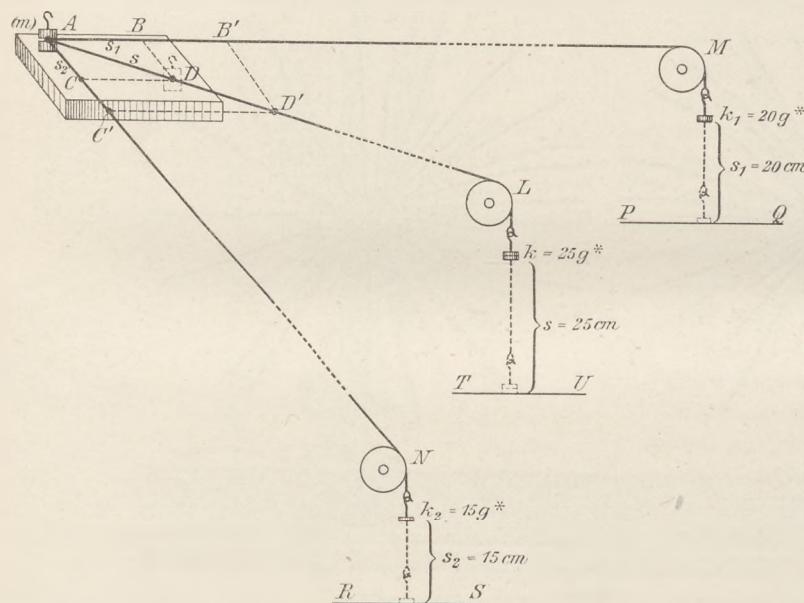
Es lassen sich noch zahlreiche andere Demonstrationen ähnlicher Art anstellen. Der große Vorzug dieser Versuche besteht darin, daß man deutlich sichtbare Bilder ausgedehnter räumlicher Kraftfelder erhält, im Versuch 2 z. B. einen Raum von $\sim 70 \times 70 \times 140$ cm einnehmend, während die bisherigen denen zur Erzeugung magnetischer Feldbilder analogen Verfahren nur gewissermaßen Schnitte durch das Feld ergeben. Ein grundsätzlicher Unterschied besteht insofern sonst nicht, als das Seidenpapier bei richtiger Wahl eben ein so schlechter Leiter ist, daß es auch ableitend berührt bei Aufrechterhaltung der Ladung von H auf seiner ganzen Länge freie Ladungen zeigt, sonach jeder Streifen als eine Kette unmittelbar aneinander gereihter geladener Körpchen angesehen werden kann, wie sich solche bei den anderen Verfahren beim Versuche durch Aneinanderlagerung erst bilden. Es sei noch bemerkt, daß bei sorgfältiger Anfertigung schon Influenzmaschinen kleinsten Typs — 22 cm Scheibendurchmesser — vollkommen zur Benutzung von Büscheln der angegebenen Größe ausreichen.

Noch einmal der Kräfteparallelogramm-Versuch.

Von

Professor Dr. Emil Schulze in Berlin.

In dem von mir im Juliheft beschriebenen Kräfteparallelogramm-Versuch sind als konstante Kräfte Gewichte gewählt worden. Weil diese Wahl gewisse nicht zu vermeidendene Schwierigkeiten im Gefolge hat und die Ursache von Mißverständnissen gewesen ist, will ich nachträglich hierauf näher eingehen. Der Übelstand besteht darin, daß die auf die Masse m einwirkenden Gewichte k , k_1 , k_2 nicht nur die Masse m , sondern auch die eigenen Massen μ , μ_1 , μ_2 in Bewegung setzen.



einen Faden abhaken und nur eine der beiden Kräfte auf die Masse m t Sekunden lang wirken lassen, denn in diesem Falle ist nur ein System von 2 Massen zu bewegen; die Wege sind jetzt

$$s_1' = \frac{1}{2} \frac{k_1}{m + \mu_1} \cdot t^2, \quad s_2' = \frac{1}{2} \frac{k_2}{m + \mu_2} \cdot t^2,$$

sind also nicht die Wegekomponenten. Die Wahl von Gewichten als konstanten Kräften hat demnach den Übelstand im Gefolge, daß diese Einzelwege nicht als Wegekomponenten angesehen werden dürfen. Nur für den Fall, daß m im Vergleich zu μ_1 und μ_2 sehr groß ist, ist das erlaubt. Dieser Fall liegt bei dem im Juliheft beschriebenen Hauptversuche vor. Um das Wägelchen durch die Kraft $k_1 = 20 \text{ g}^*$ in einer Sekunde 20 cm weit fortbewegen zu lassen, mußte es so beladen werden, daß seine Masse etwa 470 Gramm betrug, denn $20 = \frac{1}{2} \frac{20 \cdot 980}{470 + 20} \cdot t^2$ (zur Beseitigung des Reibungswiderstandes ist eine geringe Schräglage der Rollfläche nötig). Bei dieser großen Masse m ist der Unterschied von s_1 und s_1' , ebenso von s_2 und s_2' so gering, daß ich ihn im Juliheft nicht berücksichtigt habe. Bei einer kleinen Masse ist dagegen der Unterschied bedeutend.

Mir ist der Einwurf gemacht worden, daß eine sehr winzige Masse auf der Halbierungslinie AE des von den Kräften k_1 und k_2 eingeschlossenen Winkels sich bewegen müsse, da ja das 15-Grammstück ebenso schnell fällt wie das 20-Grammstück; meine Behauptung, daß m sich auf der Diagonale AD bewegt, sei ein Irrtum.

Wirken die beiden Kräfte k_1 und k_2 gleichzeitig auf die Masse m t Sekunden lang, so hat jede Kraft das System der 3 Massen m , μ_1 , μ_2 fortzubewegen; die Wegekomponenten sind also

$$s_1 = \frac{1}{2} \frac{k_1}{m + \mu_1 + \mu_2} \cdot t^2,$$

$$s_2 = \frac{1}{2} \frac{k_2}{m + \mu_1 + \mu_2} \cdot t^2.$$

Um die Größe dieser Komponenten durch den Versuch zu ermitteln, darf man nicht den

Der Einwurf würde berechtigt sein, wenn s_1' und s_2' die Wegekomponenten von s wären. Der Versuch, der leicht genug anzustellen ist, gibt entscheidende Auskunft. Die Masse m gleitet nun einmal nicht längs AE , mag sie noch so winzig sein.

Im Juliheft ist schon im Vorversuch, wo die Gewichte eine kleine Masse ins Gleiten bringen, das Wegeparallelogramm hervorgerufen, doch dürfte es ratsamer sein, durch den Vorversuch nur die Richtung des von der gleitenden Masse eingeschlagenen Weges festzustellen, Wege- und Kräfteparallelogramm aber erst durch den Hauptversuch zur Darstellung zu bringen. Im Hauptversuch zeige man, daß das Wägelchen in einer Sekunde mittels der Kraft $k_1 = 20 \text{ g}^*$ den Weg $AB = 20 \text{ cm}$, mittels der Kraft $k_2 = 15 \text{ g}^*$ den Weg $AC = 15 \text{ cm}$ und mittels beider Kräfte den Weg $AD = 25 \text{ cm}$ zurücklegt. Man mache darauf aufmerksam, daß die Gewichte außer der Masse m auch die eigenen Massen zu bewegen haben; da letztere jedoch im Vergleich zur Masse des Wägelchens sehr gering sind, so dürfen die vorhin gefundenen Wege AB und AC mit großer Annäherung als die Wegekomponenten gelten. Bestätigt wird das durch Feststellung der Wege der gleichzeitig sinkenden Gewichte, die ebenfalls gleich 20 cm und 15 cm gefunden werden und offenbar stets genau gleich den Wegekomponenten sind, wie groß oder wie klein auch die Masse m ist. Endlich läßt man das Wägelchen in der Richtung der Diagonale durch das Gewicht $k = 25 \text{ g}^*$ ziehen und beobachten, daß auch jetzt nach einer Sekunde derselbe Weg wie vorhin $AD = 25 \text{ cm}$ (wenigstens mit großer Annäherung; die zu ziehende Masse ist jetzt $m + 25$) zurückgelegt wird.

In den bisher beschriebenen Versuchen ist für den Winkel α , den die Kräfte k_1 und k_2 einschließen, ein Rechter gewählt worden; für diesen besonders einfachen Fall sind die Wege der sinkenden Gewichte zugleich die Wegekomponenten. Es lohnt sich, wenigstens einen Versuch anzustellen, wo α ein beliebiger Winkel ist. Für diesen allgemeinen Fall wird das Sinken des einen Gewichts durch die Kraft $k_1 + k_2 \cdot \cos \alpha$, des andern durch die Kraft $k_2 + k_1 \cdot \cos \alpha$ bewirkt, und daher sind jetzt die in der Zeit t zurückgelegten Wege der sinkenden Gewichte

$$s_1 = \frac{1}{2} \frac{k_1 + k_2 \cdot \cos \alpha}{m + \mu_1 + \mu_2} \cdot t^2, \quad s_2 = \frac{1}{2} \frac{k_2 + k_1 \cdot \cos \alpha}{m + \mu_1 + \mu_2} \cdot t^2.$$

Ein Vergleich dieser Werte mit denen von s_1 und s_2 führt zu den Gleichungen

$$s_1 = s_1 + s_2 \cdot \cos \alpha, \quad s_2 = s_2 + s_1 \cdot \cos \alpha.$$

Die Gleichungen ergeben sich übrigens auch, wenn man berücksichtigt, daß, sehr lange Fäden vorausgesetzt, $MA = MD + s_1 + s_2 \cdot \cos \alpha$, $NA = ND + s_2 + s_1 \cdot \cos \alpha$ ist.

Die Formeln lassen eine Prüfung durch den Versuch in bezug auf ihre Richtigkeit zu. Ich wählte $k_1 = 30 \text{ g}^*$, $k_2 = 15 \text{ g}^*$, $\alpha = 120^\circ$, $\sigma = 18 \text{ cm}$. Aus $\frac{s_1}{s_2} = \frac{k_1}{k_2}$ folgt $s_1 = 2s_2$, daher ist $\sigma_2 = 0$, $\sigma_1 = \frac{3}{4}s_1$. Die Wegekomponenten sind also $s_1 = 24 \text{ cm}$, $s_2 = 12 \text{ cm}$, und hieraus ergibt sich $s = \sqrt{s_1^2 + s_2^2 + 2s_1 s_2 \cos \alpha} = 20,8 \text{ cm}$. Der Versuch ergab $\sigma_2 = 1,5 \text{ cm}$, $s = 21 \text{ cm}$. Die Fäden müssen, damit befriedigende Übereinstimmung mit der Rechnung erzielt wird, so lang als der Klassenraum es irgend gestattet, genommen werden.

Da die Verwendung der Gewichte als Kräfte Schwierigkeiten bereitet hat, könnte man sich nach einem Ersatz umsehen und z. B. elastische Kräfte auf die Masse m wirken lassen, doch sind sie schon aus dem Grunde ungeeignet für den Fundamentalversuch, weil sie veränderlich sind. Immerhin ist der Versuch an sich interessant. Die im Juliheft empfohlenen Maeyschen Spiralen, die durch eine Kraft von 10 g^* um 1 cm verlängert werden, eignen sich hierzu recht gut.

Läßt man durch das Zurückschnellen der Feder ein beladenes Wägelchen von der Masse m von A nach B ziehen, so wird, da die Bewegung eine harmonische ist,

dazu die Zeit $T = \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{m}{10g}}$ gebraucht; diese Zeit ist unabhängig von der durchlaufenen Strecke AB oder, was dasselbe, von der Strecke, um die die Feder zurückgeschnellt ist. Für $m = 1000$ g z. B. ist $T = \frac{1}{2}$; der Versuch ergibt trotz entsprechender Schrägstellung der Rollfläche einen etwas größeren Wert, hauptsächlich wohl, weil die Reibung der zurück schnellenden Feder an der Hülse die Bewegung etwas verlangsamt.

Bringt man jetzt die Masse $m = 1000$ Gramm von A aus durch das Zurück schnellen zweier Maeyscher Spiralen, von denen die eine um s_1 cm, die andere um s_2 cm ausgezogen ist, in Bewegung, so legt sie nach etwas mehr als einer halben Sekunde den Weg AD zurück, wo AD der Richtung und Größe nach gleich der Diagonale des aus s_1 und s_2 konstruierten Parallelogramms ist. Die Fäden müssen aus den früher angegebenen Gründen möglichst lang genommen werden. Läßt man endlich die Masse m durch das Zurück schnellen einer Spirale, die um die Strecke AD ausgezogen ist, in der Richtung der Diagonale sich bewegen, so wird sie auch jetzt den Weg AD in etwas mehr als einer halben Sekunde zurücklegen.

Kleine Mitteilungen.

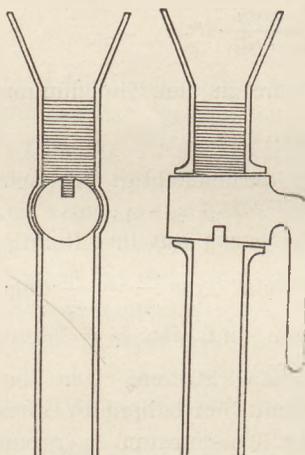
Apparat zum Nachweise der Spannkraft von vergasten Flüssigkeiten in der Torricellischen Leere.

Von Cölestin Krupka, Realschulprofessor in Wien.

Eine Glasröhre von 1 qcm Querschnitt und 90 cm Länge ist an dem einen Ende zu einem Trichter erweitert (s. Fig.) und unterhalb desselben mit einem Absperrhahn versehen. Dieser Absperrhahn hat die Besonderheit, daß er nicht vollständig durchbohrt ist, sondern nur ein eingeschliffenes Grübchen mit dem Hohlraum von 10 emm

besitzt. Um die Torricellische Leere zu bekommen, füllt man die Glasröhre mit Hilfe eines kleinen, in das zylindrische Ende einführbaren Trichters mit reinem Quecksilber, verschließt nach Entfernung des Trichters die Öffnung der ganz angefüllten Röhre mit einem Finger, wendet dieselbe und gibt sie unter Quecksilber wieder frei. Der an der Glasröhre angebrachte Trichter ist dazu bestimmt, die Flüssigkeit (Wasser, Alkohol, Äther) aufzunehmen, welche man in das Vakuum bringen will. Gießt man eine kleine Menge dieser Flüssigkeit ein und dreht nachher den Absperrhahn so weit, daß das Grübchen mit der Flüssigkeit kommuniziert, so wird sich dasselbe, weil es luftleer war, vollständig mit Flüssigkeit anfüllen. Wird der Absperrhahn weiter um 180° gedreht, so kommt die kleine Flüssigkeitsmenge ins Vakuum und wird daselbst in kürzester Zeit vergasen und infolge ihrer

Spannkraft das Quecksilber herabdrücken. Das Füllen und Einführen ins Vakuum kann man einige Male wiederholen, dann wird sich, weil die Sättigungsgrenze erreicht ist, die vergaste Flüssigkeit zum Teile wieder kondensieren. Dies gestattet, auf bequeme Weise die fundamentalen Versuche mit gesättigten Dämpfen zu demonstrieren. Ist der Hohlraum des Grübchens auf irgendeine Weise bestimmt worden, so ist man in der Lage, die Menge der Flüssigkeit, welche im Vakuum vergast worden ist, genau anzugeben. Beim Versuche mit Äther muß der Absperrhahn statt mit der üblichen Vaseline schmieren mit Glyzerin gedichtet werden. — Dieser Apparat wird in



anerkennenswerter Vollkommenheit vom Glasbläser Woytaček in Wien ausgeführt. Ein kompletter Apparat mit 4 graduierten Röhren und Eisenstativ kostet K 92,—, eine Röhre allein ohne Teilung K 6,—.

Über die Polarisation durch Reflexion.

Von S. Henrichsen in Kristiania.

Es hat immer seine Schwierigkeiten, die Polarisation durch Reflexion für ein Auditorium zu demonstrieren. Der ursprüngliche NÖRREMBERGSche Apparat erlaubt ja nur subjektive Beobachtung. Und die für objektive Darstellung benutzten Instrumente sind, soviel ich weiß, immer so eingerichtet, daß der Polarisator feststeht, während der Analysator gedreht wird, wobei der Lichtstrahl im Raum herumkreist. Es wäre ein großer Vorteil, wenn man den doppelt reflektierten Lichtstrahl stets in derselben Richtung festhalten und auf einen Schirm projizieren könnte. Um dies zu erreichen, braucht man nur den

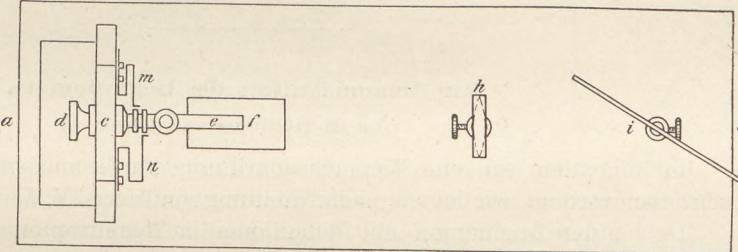


Fig. 1.

Analysator festzuhalten und den Polarisator zugleich mit der Lichtquelle zu drehen. Ich werde im folgenden einen Apparat beschreiben, wo diese Anordnung durchgeführt ist.

Ein hölzernes Brettchen *ab* von 45 cm Länge trägt eine vertikale Wand *c*. Durch den oberen Teil dieser Wand geht eine drehbare Stange *d e*, die den Polarisator *f* und die Lichtquelle *g* trägt. *h* ist eine kleine Linse von ungefähr 12 cm

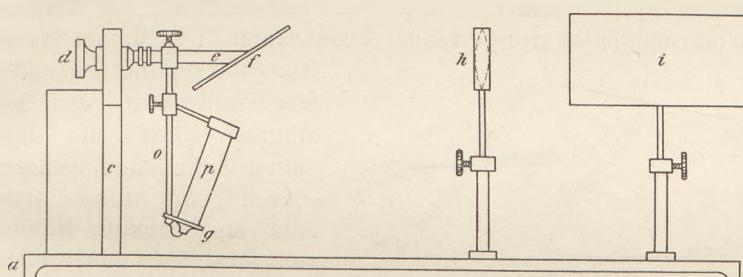


Fig. 2.

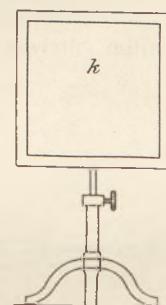


Fig. 3.

Brennweite, *i* der Analysator. Mit Hilfe der Linse wird ein reelles Bild der Lichtquelle auf einen kleinen Schirm *k* projiziert. Beim Drehen des Polarisators sieht man dieses Bild abwechselnd hell und dunkel werden. Der Polarisator muß möglichst genau im richtigen Winkel befestigt werden. Ein kleiner Fehler kann dadurch berichtigt werden, daß die Lichtquelle auf der Stange *o* verschiebbar ist. Die Stellungen der Lichtquelle, der Linse und des Analysators müssen ausprobiert werden. Wenn der Polarisator nicht genau den richtigen Winkel hat, so ist es nicht zu vermeiden, daß das Bild während der Drehung einen kleinen Kreis auf dem Schirme beschreibt. Als Lichtquelle benutze ich die kleine Glühlampe, die zu einer elektrischen Taschenlampe gehört. Den Strom liefern 3 kleine Trockenelemente, die hinter der Wand aufgestellt und mit einem Kästchen bedeckt sind. Gewöhnlich ist die

Spannung dieser Elemente ein wenig zu groß, so daß die Lampe schnell durchbrennt. Man muß dann ein Stück dünnen Drahtes als Widerstand einschalten. Die Leitungen führen zu einem an der Wand angebrachten Stromschließer und von da zu zwei Federn *m* und *n*, die auf Kontaktringen schleifen. Von den Ringen sind die Drähte durch das Messingrörchen *o* zu der Lampe geführt. Ein undurchsichtiges Rohr *p* muß über der Lampe angebracht werden, damit kein falsches Licht auf den Schirm fällt. Am unteren Ende sollte man einige kleine Einschnitte machen, damit die Schüler die Bewegung der Lampe verfolgen können.

In dieser Ausführung ist der Apparat sehr handlich, gibt aber keine große Lichtstärke. Doch kann der Lichtfleck auf dem Schirme bei guter Verdunkelung in einigen Metern Entfernung gut wahrgenommen werden. Für ein großes Auditorium wäre es wohl angezeigt, eine kräftigere Lampe zu benutzen. Dann muß allerdings der ganze Apparat in größeren Dimensionen ausgeführt werden.

Zur Demonstration des Regenbogens.

Von **H. Schlepp** in Göttingen.

Im folgenden soll eine Versuchsanordnung zur Demonstration des Regenbogens beschrieben werden, wie ich sie nach Anleitung von Herrn W. VOLKMANN ausgeführt habe.

Da bei den Brechungen und Reflexionen im Regentropfen nur diejenigen Strahlen ins Auge gelangen, welche in der durch Auge, Mittelpunkt des Tropfens und Sonne bestimmten Ebene liegen, genügt es, den Strahlengang in dieser Ebene oder also die Verhältnisse an einem Zylinder zu betrachten¹⁾. Eine Demonstration mit einer Kugel dürfte schon aus pädagogischen Gründen nicht zweckmäßig sein. Fängt man die aus der Kugel tretenden Strahlen auf einem Schirm auf, so erscheint ein Bild, welches in jeder Beziehung dem Regenbogen ähnlich sieht. Das sollte aber vermieden werden, weil dieses objektive Bild in ganz anderer Weise entsteht als das rein subjektive beim Regenbogen.

Die Versuchsanordnung ist aus dem Grundriß Fig. 1 zu ersehen. Als Wasserzylinder verwendet man ein möglichst großes zylindrisches Gefäß *G*, z. B. von 30 cm

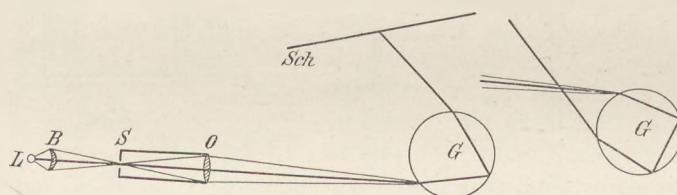


Fig. 1.

Fig. 2.

Durchmesser und von mäßiger Wandstärke, weil bei dünnem Glase die doppelten Reflexionen weniger stören. Auf dieses läßt man ein schmales Bündel von parallelen Lichtstrahlen fallen und fängt auf einem

Sehirm *Sch* das austretende

Licht auf. Ein hinreichend paralleles Strahlenbündel erhält man mit dem Kollimator irgend eines Spektralapparates. Durch die Linse *B* wird der senkrecht gestellte Spalt *S* des Kollimators *SO* möglichst hell beleuchtet. Die beiden Linsen *B* und *O* werden vollständig ausgenutzt, wenn sich die Abstände *SB* und *SO* wie die Linsendurchmesser verhalten. Mit dem Kollimator entwirft man an der Stelle des Wassergefäßes *G* ein scharfes Bild des Spaltes. Die Entfernung *OG* soll möglichst groß sein, jedenfalls nicht weniger als 3 m betragen. Ist der Durchmesser des Objektives *O* etwa 3 cm, so divergieren dann die in einem Punkt von *G* auftreffenden Strahlen nur um $\frac{1}{2}^0$, also gerade gleich viel wie bei der Verwendung von Sonnenlicht. Diese Divergenz

¹⁾ Eine ausführliche Darstellung des Strahlenganges findet man bei MÜLLER, Bd. 20, S. 297 d. Zeitschr.

ist übrigens gar kein Nachteil, weil sie für den Versuch genau die gleiche Wirkung hat wie die Ausdehnung der Sonnenscheibe für den Regenbogen. Der Abstand des Schirmes *Sch* vom Gefäß *G* soll nur etwa 1,5 m betragen. Die Dispersion ist dann vollkommen ausreichend, und die Fehler des Glases machen sich weniger bemerkbar.

Durch Verschieben des Wassergefäßes senkrecht zum Lichtbündel lässt sich die Einfallsstelle des Lichtes sehr leicht variieren. Läßt man es wie in Fig. 1 eintreten, so gelangen auf den Schirm die Strahlen, welche den Hauptregenbogen bilden; verschiebt man dagegen das Gefäß wie in Fig. 2, so erscheinen auf dem Schirm die Strahlen, welche dem Nebenregenbogen entsprechen.

Für den Hauptregenbogen ergibt der Versuch nun folgendes: Beträgt der Einfallswinkel etwa 60° , so zeigt sich auf dem Schirm ein schmales, scharfes und helles Spektrum. Wird die Einfallsstelle des Lichtes dann nach der einen oder nach der andern Seite verschoben, so verschiebt sich das ganze Spektrum in der Richtung des violetten Endes, und die Farben werden verschwommen, so daß schließlich nur noch das rote Ende farbig erscheint, das übrige aber in einen weißen Streifen zerfließt. Dies röhrt von der Divergenz der eintrtenden Strahlen her. Man macht die verschiedene Stellung der einzelnen Spektren dadurch sichtbar, daß man auf dem Schirm an der Stelle des roten Endes des scharfen Spektrums eine Marke anbringt. Ebenso werden diese Stellungsunterschiede deutlich, wenn man das Wassergefäß gleichmäßig verschiebt, so daß rasch nacheinander die einzelnen Spektren auf dem Schirm erscheinen. Dabei läßt sich die Bewegung des roten Endes leicht verfolgen; sie ändert an der Stelle des scharfen Spektrums die Richtung.

Wenn das Glas des Gefäßes nur sehr geringe Unregelmäßigkeiten besitzt, so lassen sich auch alle einzelnen Teile des Versuches gleichzeitig sichtbar machen.

Man stellt zu diesem Zwecke den ziemlich eng genommenen Spalt des Kollimators ein wenig schief und läßt den oberen Teil des Lichtbüschels gerade streifend auf das

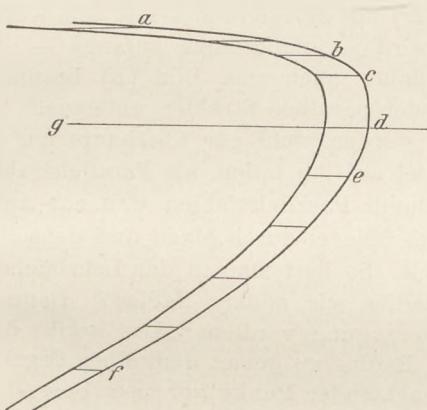


Fig. 4.

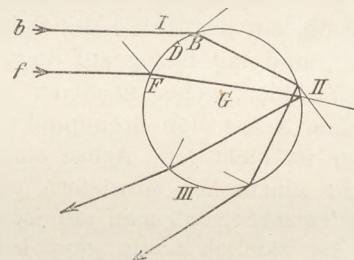


Fig. 5.

Gefäß *G* fallen, den unteren etwa in der Mitte desselben. Fig. 3 zeigt das Gefäß mit dem auffallenden Lichtstreifen *L* vom Kollimator aus gesehen. Auf dem Schirme erscheint dann ein Bild wie es Fig. 4 andeutet. Zwischen *c* und *e* erscheinen horizontale, scharfe und helle Spektren. Weiter oben und unten werden dieselben verwaschen wegen der Divergenz der Strahlen, welche die entsprechenden Lichtbündel bilden. Zugleich nimmt die Intensität ab, je weiter man sich von der Stelle *d* entfernt. Dies läßt sich leicht erklären. Fig. 5 stellt das Wassergefäß im Grundriß und den Gang der mittleren Strahlen der Lichtbündel *b* und *f* dar. Das Bündel *b* wird an den Grenzen *I* und *III* sehr stark geschwächt, weniger bei *II*. Rückt die Einfallsstelle von *B* über *D* gegen *F*, so nimmt die Schwächung bei *I* und *III* ab, diejenige bei *II* aber zu, und diese letztere erklärt dann auch die große Schwächung für das

Lichtbündel f . Zwischen B und F gibt es ein Minimum für die Schwächung und dieses liegt, wie die oben angegebene Verteilung der Intensität zeigt, in der Gegend von D (Lichtbündel d).

Dreht man den Spalt des Kollimators horizontal, so zieht sich das Bild auf einen schmalen Streifen längs der Geraden g (Fig. 4) zusammen. Derselbe zeigt an seinem rechten Ende ein etwas verwaschenes Spektrum, an das sich nach links ein weißlicher Streifen anschließt. Eine Senkrechte zu g in Fig. 4 gibt diejenigen Strahlen, welche sich bei horizontalem Spalt überdecken und zu einer Mischfarbe zusammen treten. Diese Farben bilden die Grundlage zur weiteren Erklärung. Der Versuch zeigt nämlich, daß zu jedem Ablenkungswinkel eine ganz bestimmte Farbe gehört. Mit dieser Erfahrung läßt sich dann das subjektive Bild des Regenbogens in bekannter Weise konstruieren.

Es sei noch eine Bemerkung zu der oben zitierten Abhandlung von Herrn MÜLLER gestattet. Dort wird der weiße Regenbogen durch die Übereinanderlagerung der verschiedenen Farben erklärt. Bei dem von uns betrachteten Versuch ist diese Mischung in allen Fällen eine noch stärkere und wenn trotzdem ein Spektrum sichtbar bleibt, so kann die von Herrn MÜLLER gegebene Begründung nicht ausreichend sein. Man wird wohl auf eine Erklärung des weißen Regenbogens ohne Berücksichtigung der Beugungerscheinungen verzichten müssen.

Die „Achse“ des sphärischen Hohlspiegels¹⁾).

Von Professor Dr. P. WEINMEISTER in Leipzig.

In allen mir zugänglichen Lehrbüchern der Physik habe ich beim sphärischen Hohlspiegel als eine besonders bemerkenswerte Linie dessen Achse erwähnt gefunden. Sie wird überall, inhaltlich gleichlautend, als die Linie bezeichnet, die den sphärischen, auf der Kugeloberfläche liegenden Mittelpunkt (M) des Spiegelrandes mit dem Kugelmittelpunkt (C) verbindet. Auf dieser Achse wird — mindestens anfangs — der leuchtende Punkt (L) angenommen, auf ihr daher auch sein Bild (B) bestimmt. Jedenfalls aber werden nur solche unter einander parallele Strahlen untersucht, die parallel zu dieser Achse (CM) sind, oder es werden wohl gar überhaupt nur die Strahlen, die mit der Achse des Spiegels parallel auf ihn fallen, als Parallelstrahlen bezeichnet, und mit Bezug auf diese heißt es dann: Parallelstrahlen, d. h. zur Achse parallele Strahlen, gehen nach der Reflexion am Spiegel durch einen und denselben Punkt seiner Achse, den Brennpunkt des Spiegels. So liest man in den Lehrbüchern.

Aber ist nicht jene Achse einfach ein Radius wie andere Radien? Dann ist aber nicht einzusehen, inwiefern er eine Bevorzugung verdient. Das ergibt doch auch die Tatsache, daß man auf jedem andern Radius zu genau demselben Ergebnis kommt. Ist nämlich L ein ganz beliebiger leuchtender Punkt vor dem Spiegel, so ziehe man durch L und den Kugelmittelpunkt C eine Gerade, deren Schnittpunkt mit der Spiegelfläche S heißen möge; alsdann liegt auf dieser Geraden das Bild B des leuchtenden Punktes L als vierter harmonischer Punkt zu L , C und S , zugeordnet zu L . Dieser Satz gilt doch nicht etwa bloß, wenn S der sphärische Mittelpunkt (M) der Spiegelkalotte ist. Und wenn ein leuchtender Gegenstand aus vielen einzelnen leuchtenden Punkten L_1, L_2, \dots besteht, so findet man als Bilder B_1 auf $L_1 CS_1$, B_2 auf $L_2 CS_2$, Endlich muß es heißen: Beliebig unter einander parallele Strahlen gehen nach der Reflexion am Spiegel durch einen und denselben Punkt desjenigen von ihnen, welcher durch den Kugelmittelpunkt gegangen ist und somit einen Radius enthält. Dieser Punkt, der den betreffenden Radius (CS_1) halbiert, heißt sein (d. i.

¹⁾ Anmerkung der Redaktion. Denselben Gegenstand hat auch Dvorák in einem gleichzeitig eingelaufenen Aufsatz berührt, der bereits im vorigen Heft (S. 281 ff.) veröffentlicht worden ist.

des Radius) Brennpunkt (F_1). Der sphärische Hohlspiegel hat also zwar nur eine einzige Brennweite $f = r/2$, aber unendlich viele Brennpunkte, auf jedem Radius einen, also eine Brennfläche als Ort des Brennpunktes in Gestalt einer konzentrischen Kalotte von halber Radiuslänge. Wer einen Hohlspiegel so hält, daß Sonnenstrahlen auf ihn fallen, und ihn dann hin und her dreht, sieht deutlich, wie der Brennpunkt auf jener Fläche hin und her läuft.

Die Betrachtung über den sphärischen Hohlspiegel wird oft eingeleitet: Der Hohlspiegel werde begrenzt von einem Kreise. Unter dieser Voraussetzung ist natürlich die Definition der angeblichen Achse überhaupt möglich. Aber wenn nun die Randlinie kein Kreis ist, sondern eine unregelmäßig verlaufende Linie (ohne sphärischen Mittelpunkt), ist dann das Stück Kugelfläche kein sphärischer Spiegel? Oder wenn er ein Hohlspiegel in obigem Sinne war, und es wird am Rand ein Stück ausgebrochen, ist er dann keiner mehr? —

Ob man bei der sog. Achse des sphärischen Hohlspiegels an den parabolischen Spiegel oder an die sphärische Linse gedacht hat, die natürlich optische Achsen haben, weiß ich nicht. Auch als besondere Rotationsachse läßt sich jene Achse nicht rechtfertigen, da jeder andere Radius ebensogut als solche dienen kann.

Kleinere chemische Unterrichtsversuche und Notizen.

Von O. OHMANN in Berlin.

1. Abkühlung von Flammen unter die Entzündungstemperatur. Zur Demonstration der Erscheinung, daß Flammen durch Metalle unter die Entzündungstemperatur abgekühlt werden können, verwendet RÜDORFF-LÜPKE (15. A., S. 53) brennendes Terpentinöl (in einem etwas ungewöhnlichen, mit der Hand gehaltenen Ausgußgefäß), das in ein besonderes Gefäß mit Siebboden gegossen wird. Im HEUMANN-KÜHLING (3. A., S. 544) wird derselbe Versuch mit gleicher Umständlichkeit beschrieben, doch wird auch noch Alkohol erwähnt. Der Versuch kann wesentlich einfacher gestaltet werden. Man entzündet die Flüssigkeit in einem Porzellanschälchen, das man mit der gewöhnlichen Greifzange faßt, und gießt sie einfach auf ein Drahtnetz (Fig. 1). Es bedarf nicht einmal eines engmaschigen Messingdrahtnetzes, es genügt ein Eisendrahtnetz von mittlerer Enge (bei größerer Weite lege man zwei Drahtnetze übereinander). Als Versuchsstoff ist das stark rußende Terpentinöl weniger geeignet, auch ist die Entzündbarkeit nicht so ausgeprägt und bekannt. Alkohol ist schon mehr zu empfehlen. Am überzeugendsten wirkt aber der Versuch, wenn man gerade besonders leicht entzündliche, „feuergefährliche“ Stoffe verwendet. Es gelingt nämlich der Versuch auch mit Schwefelkohlenstoff und mit Benzin. Besonders empfiehlt sich der Versuch mit Benzin.

2. Stalaktiten und Stalagmiten. Bei der Durchnahme des Calciumkarbonates bespricht man wohl allgemein die Abscheidung desselben in den Tropfsteinhöhlen und erwähnt die Stalaktiten und Stalagmiten. Wenn nun auch klar erläutert wird, daß die aufwärts gerichteten Säulen Stalagmiten, die abwärts hängenden Stalaktiten genannt werden, so stellen sich doch bald Verwechslungen ein. Hiergegen schützt folgendes mnemotechnische Mittel. Man zeichne (schematisch) einige Tropfsteine (s. Fig. 2) und zeige, daß die herabhängenden

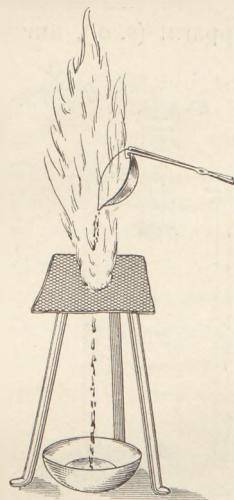


Fig. 1.

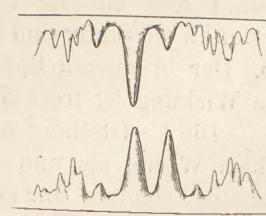


Fig. 2.

Stalaktiten neben anderen Formen öfters ein lateinisches T auftreten lassen (nie aber ein M), daß dagegen die aufwärts gerichteten Stalagmiten öfters ein M erkennen lassen (nie aber ein T).

3. Bestimmung des relativen Gewichts des Stickstoffs bei der Luftuntersuchung. Der von mir in dieser Zeitschr. (X, 172; XI, 268) beschriebene Magnetversuch kann in etwas abgeänderter Anordnung auch dazu dienen, das relative Gewicht des Luftrestes (Stickstoffs) im Vergleich zur Luft zu ermitteln. Da der Versuch mehrfach Anklang gefunden hat — er ist auch in der neuen Auflage des HEUMANN beschrieben (aber ohne daß die Zeitschrift als Quelle angegeben wird) —, so möchte ich zunächst einige Verbesserungen nachtragen. Der Querstab Q (Fig. 3 a. a. O., ebenso untenstehende Fig. 4) wird zweckmäßig mit zwei Schlauchstücken überzogen, wie es Fig. 3 zeigt; an der schlauchfreien Stelle hängt dann der Magnet sicher, während die an den Seiten überstehenden Endstücke eine stabile Befestigung beim Einklemmen gewähren.

Fig. 3.

Man passe die Länge des Querholzes so ab, daß es möglichst weit oben angebracht werden kann, was besonders für den nachstehenden Versuch von Wert ist; man kann aber auch um so besser mit der Glühnadel operieren und die Entzündung vornehmen, je höher der Magnet hängt (letzteren erst noch an einem besonderen Aufhängestück zu befestigen — wie im RÜDORFF-LÜPKE der Versuch abgeändert ist — ist nicht empfehlenswert). Die zur Schonung des Magneten angebrachten Asbestpapierstückchen (a , Fig. 3 a. a. O.) fallen besser fort, da die Magnetstärke durch den Versuch kaum geschwächt wird. Man verwendet am besten einen Hufeisenmagnet mit kürzeren, aber breiteren und parallel laufenden Schenkeln.

In der nebenstehenden Fig. 4 ist der linke Teil identisch mit dem früheren Apparat (s. o.), nur ist das Gefäß G höher gewählt, da es sich um Wassernachfüllungen handelt; auch ist der sonst einfache Kautschukpropfen K mit einem Gasableitungsrohr versehen.

— Nachdem man Q mit dem Magneten eingebracht und diesen mit Eisenpulver versehen hat, setzt man die Rezipientenglocke in G ein, hebt K ab, bestreicht das Eisenpulver mit der glühenden Stricknadel und schließt K . Nach beendigtem Glühen füllt man in G auf das gesunkene Niveau so viel Wasser nach, daß es höher steht als das innere Niveau, öffnet den Quetschhahn h und läßt das Gas übertreten. Der erste, hauptsäch-

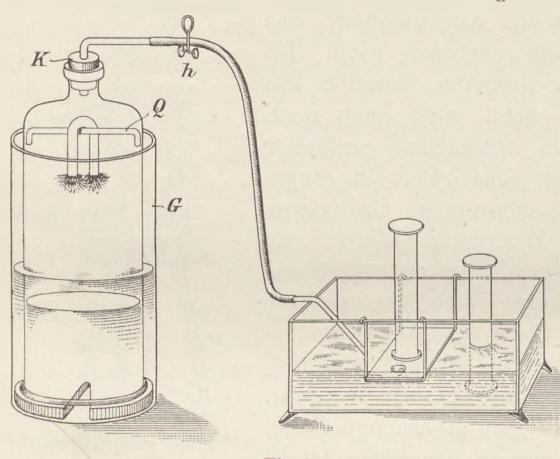


Fig. 4.

lich die Schlauchluft enthaltende Zylinder wird verworfen. In der Glocke ist ein noch genügender Luftrest, um zwei Zylinder von etwa 100 bis 150 ccm damit zu füllen, ehe das innere Niveau bis zu dem verglimmten Eisenpulver ansteigt. Man spannt den mit der Öffnung nach unten gerichteten verschlossenen Zylinder am besten in ein Stativ und hebt von beiden Zylindern die Deckplatten nur für 10 Sekunden ab. Der brennende Span gibt in üblicher Weise Aufschluß über die relative Schwere; die Wirkung ist trotz des geringen Gewichtsunterschiedes noch befriedigend.

Die Feststellung an dieser Stelle der Luftuntersuchung ist insofern von methodischem Werte, als nun geschlossen werden kann: ist die Luft keine chemische Verbindung, sondern nur ein mechanisches Gemenge von Stickstoff und dem unbekannten, an das Metall getretenen Stoffe x , so muß x schwerer sein als Luft.

Versuche mit einfachen Mitteln.

Leistungsfähigkeit von Metall bei höheren Temperaturen. Von R. Danneberg in Dresden. Man kann die schlechtere Leistungsfähigkeit von Metallen für Elektrizität bei höheren Temperaturen ohne Galvanoskop, Amperemeter, Wheatstonesche Brücke etc. nachweisen, indem man den für diesen Zweck empfohlenen WEINHOLD-schen Apparat, bei dem ein dünner Platindraht mit einer Bunsenflamme stark erhitzt wird, gewissermaßen selbst als Hitzdrahtinstrument verwendet.

WEINHOLD hat an zwei starken aufrechtstehenden Drähten einen dünnen, langen Platindraht befestigt. Diesen wickle man so, wie man bifilare Spulenwickelt, mit Hilfe eines Glasrohrs zu einer Spirale und bringe diese durch den elektrischen Strom zur Rotglut. Taucht man nun den unteren Teil derselben in ein Becherglas mit kaltem Wasser, so leuchtet der obere Teil weiß, d. h. die Stromstärke ist größer, der Widerstand des abgekühlten Drahtstückes also kleiner geworden. Man muß dabei vorsichtig sein und nicht zuviel der Spirale eintauchen, da man sonst den Draht zum Schmelzen bringt. Dies gilt besonders, wenn man zum Abkühlen ein Gemisch von Kohlensäure und Schwefeläther verwendet. Der Versuch hat den Vorteil, daß er keinerlei Apparatur erfordert und frei von dem Einwand ist, daß thermoelektrische Ströme wirken, die durch ungleiche Erwärmung der Lötstelle des Platins an dem Zuleitungsdraht entstehen könnten, wie mir wiederholt schon von Schülern angegeben wurde.

Für die Praxis.

Hilfsmittel beim Wägen. Von H. Rebenstorff in Dresden. Das Tarieren auf der Unterrichtswage wird zeitraubend, wenn die meistens benutzten Schrotkugelchen zu reichlich aufgeschüttet waren, und beim Fortnehmen des Überschusses selbst eine schon nahezu erreichte Gleichgewichtsstellung jedesmal wieder beim Zugreifen durch die Hand ganz verloren geht. Es wäre erwünscht, kleine, zu zahlreich aufgebrachte Tarierge wichtchen einzeln oder in geringer Zahl zusammen so wieder abheben zu können, daß die Wagschale dabei nicht immer ganz heruntergeht. Dies ist nun leicht erreichbar, wenn man zunächst mit großen, durch Gießen oder durch Abschneiden von Bleirohren hergestellten Tarierge wichten den Hauptteil des Gewichtes aufbringt und nun den Rest in feinen Eisennägelchen direkt auf die Schale zugibt. Ein kleiner Hufeisenmagnet liegt oder hängt an der Wage, bereit, den Überschuß wieder sehr bequem entfernbare zu machen. War die beschwerte Schale ganz heruntergegangen, so streicht man mit dem Magneten über die Häufchen der Nägel hin. Sind nur noch einzelne Nägelchen zu entfernen, so gelingt es leicht, sie emporzuziehen, ohne daß die Wage aus der schon beginnenden Einstellung herauskommt. In Eisengeschäften erhält man Nägelchen, von denen etwa 25 Stück ein Gramm wiegen. Benutzt man eine zentigrammempfindliche Wage, so kann man den letzten Ausgleich mit einzelnen Abschnitten von sehr feinem Eisendraht ausführen. Die Einzelkörperchen sind nach dem Wägen mittels des Magneten von der Schale auch viel bequemer wieder in die Vorrats schachtel überführbar als die sich dem Zugreifen vielfach entziehenden Schrotkugelchen. Endlich ist ein Verschütten des empfohlenen Tariermaterials weniger unangenehm.

Für einen Vortrag in sehr großem Saale erwies es sich als zweckmäßig, auf der den Zuhörern zugewandten Seite des Balkens der benutzten Wage zwei lange, etwa 2 cm breite Abschnitte von weißem Karton mittels hindurchgesteckter Aluminiumdrähte anzubringen. Da an eine Verwendung der Wagenzunge nicht zu denken war, so erleichterten die weißen Striche beiderseits des Aufhängepunktes das Erkennen der Einstellung aus der Ferne.

Verwendung der Kohlensäurebomben des Handels im Unterricht. Von R. Danneberg in Dresden. Es scheint wenig bekannt zu sein, daß die gewöhnlichen großen Kohlensäurebomben, wie sie zu Bierdruckapparaten geliefert werden, auch zur Erzeugung festen Kohlensäureschnees verwendet werden können. Die Kohlensäure selbst wird dadurch billiger, als wenn man die kleinen Bomben füllen läßt, wie sie sich gewöhnlich in den Schulsammlungen finden, und die Anschaffung einer solchen wird überflüssig, da die Kohlensäurefabriken die Bomben längere Zeit ohne Entgelt leihen. Der kleine Übelstand, daß die Kohlensäure nicht ganz chemisch rein und vor allem nicht wasserfrei ist, wird selten ins Gewicht fallen. Dreht man eine solche Bombe, daß die Öffnung nach unten kommt, legt einen Beutel aus festem Tuch vor und öffnet nur kurze Zeit den Verschluß völlig, so hat man reichlich feste Kohlensäure, um die üblichen Versuche durchzuführen.

Nicht versäumen sollte man, ein Stück feste Kohlensäure in das Wasser eines Becherglases zu legen und die Schüler durch den Boden sehen zu lassen. Die Kohlensäurestücke sehen wie von Quecksilber umhüllt aus. Die Ursache ist die totale Reflexion des Kohlensäuregasmantels, der jedes Stück umgibt. Der Versuch zeigt also ganz handgreiflich die Leidenfrostsche Erscheinung. Man kann deswegen ohne jede Gefahr ein Stück Kohlensäure auf die Zunge legen und durch einen ganz leichten Hauch ein Licht auslöschen. Wohl in jeder Sammlung ist eine Form aus Buchsbaumholz, um die Regelation des Eises zu zeigen. Man führe denselben Versuch mit Kohlensäureschnee aus und erhält auch hier eine Form aus fester Kohlensäure. Daß hierbei keine Regelation, sondern nur ein mechanischer Vorgang vorliegt, kann man dem Schüler dadurch zeigen, daß man am Ende der Versuche das Näpfchen wieder zerbröckelt. Man stelle nun dasselbe am besten in der Buchsbaumform auf einen hohlen Raum und gieße in sehr dünnem Strahle gleichmäßig und ruhig Quecksilber zu. Man kann leicht erreichen, daß ein Tönen eintritt, das meist noch andauert, wenn man kein Quecksilber mehr zugießt. Der Ton kommt wohl dadurch zustande, daß sich das warme Quecksilber an den kalten Kohlensäurewänden der Form plötzlich zusammenzieht und so eine rhythmische Bewegung bedingt, die man oft auch mit dem Auge in Form von kleinen Wellen im Quecksilber beobachten kann.

Man lasse dieses Näpfchen voll Quecksilber einige Zeit stehen. Ehe alles gefroren, gieße oder sauge man mit einer Pipette den Rest ab. Man wird stets Ansätze zur Kristallisation finden, meist werden sogar deutliche Oktaeder mit ihren Spitzen hervortreten. Die Kohlensäure läßt sich aber aus den Bomben in Gasform und unter Anwendung eines Druckreduzierventsils recht bequem zu andern Versuchen verwenden. So z. B. kann man sehr konstant die Sirene von Cagniard Latour betreiben. Dabei reicht der Druck aus, um das Zählwerk in Bewegung zu setzen, was hoffentlich nicht bei allen Apparaten so große Schwierigkeiten hat wie bei dem mir zur Verfügung stehenden. Läßt man den vollen Druck der Kohlensäure auf die Sirene wirken, so steigert sich die Tonhöhe so, daß man Schmerzempfindung im Ohr hat. Gewöhnlich verschwindet der höchste Ton für einige Zuhörer, und es bleiben nur noch die begleitenden Töne mit etwas weniger unangenehmem Charakter übrig. Wegen der starken Beanspruchung des Gehörs für Töne an der Grenze der Wahrnehmbarkeit ist wohl Vorsicht bei diesem Versuche ratsam. Die Sirene muß wegen der feuchten Kohlensäure nach dem Gebrauche gut getrocknet werden, man tut auch gut, die Lager der Achse zu ölen.

Sehr schön gleichmäßig kann man Orgelpfeifen mit Kohlensäure anblasen. Durch stärkeren Druck bekommt man dann gut die Obertöne heraus. Daß sich Unterschiede in den Tonhöhen bei zwei gleichgroßen Pfeifen gut hören lassen, die mit Luft bzw. Leuchtgas und Kohlensäure angeblasen werden, braucht kaum erwähnt zu werden.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Neue Formen von Rohrstativen und Kreuzmuffen. Von W. VOLKMANN. (*Phys. Zeitschr.* 1909, Nr. 18.) Im Jahre 1905 hat der Verf. unter anderem zwei Rohrstative beschrieben¹⁾, die sich nur durch die Höhe ihres Schaftes unterschieden. Es hat sich im Lauf der Zeit als unbequem erwiesen, daß diese Stative nur für genau 13 mm starke Stäbe zu verwenden sind. Es gelingt nämlich bei Bestellung kleinerer Posten nicht, die Stäbe stets mit genau demselben Durchmesser zu erhalten,

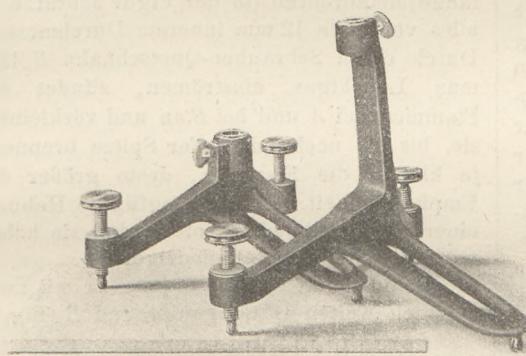


Fig. 1.

auch werden rostige Stäbe durch das Abscheuern dünner. Sind die Stäbe zu dünn, so wackeln sie ein wenig im Stativ, sind sie zu dick, so muß man sie auf das richtige Maß abschleifen, worauf nicht jeder eingereicht ist. Dies war der Anlaß, die Stative umzugestalten und zugleich einige andere Verbesserungen anzubringen. Das Klemmrohr, das bisher aus Messing zusammengesetzt und in dem eisernen Fuß befestigt wurde, bildet jetzt mit dem Fuß zusammen einen einheitlichen Gußkörper (Fig. 1). Dadurch wird die Festigkeit erhöht und die Herstellung wesentlich verbilligt. Der flache Teil des Fußes ist mit einem breiten Schlitz versehen, so daß die Stative auch noch bei sehr tiefem Stande der eingesetzten Stäbe dicht aneinander geschoben werden können. Die wichtigste Änderung weist die Klemmvorrichtung auf. Der Kopf des Statives ist 13,5 mm weit durchbohrt, und der mittlere Teil der Bohrung

ist auf etwa 15 mm Weite ausgedreht. Der Klemmschraube gegenüber ist noch eine Längsnut von 3 mm Breite und 1 mm Tiefe ausgefeilt. Der Stab wird also von der Schraube gegen die Kanten dieser Nut gedrückt und liegt in der Mitte bohl. Die Klemmschraube hat 5 mm Löwenherzgewinde und ist so lang gelassen, daß noch 6 mm starke Stäbe festgeklemmt werden können, sie besitzt einen flachen elliptischen Griff, der für diesen Zweck einem Kordenkopf weit überlegen ist.

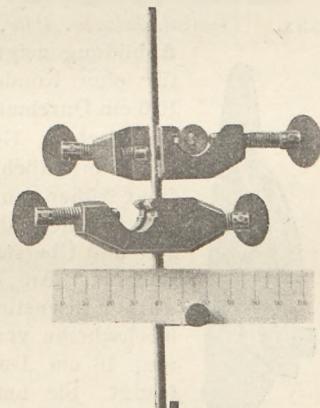


Fig. 2.

Die messingnen Stellschrauben der Stative haben $\frac{3}{8}$ Withworthgewinde und sind unten kolbenartig verrundet, damit sie auch bei etwas schräger Stellung in den 9 mm weiten Schienen laufen können. (Profil $5 \times 11 \times 5 \times 1$ von Max Cochius, Berlin.) Ein feineres Gewinde anzuwenden, ist nicht zweckmäßig; die Füße laden weit genug aus, so daß auch bei diesem Gewinde eine sehr feine Einstellung möglich ist, und bei einem feinen Gewinde verliert man zu viel Zeit, wenn eine stärkere Verstellung nötig ist. Die Bohrung der Stative soll senkrecht stehen, wenn an dem auf wägerichter Tischplatte stehenden Fuß die Stellschrauben fast zur Hälfte herabgedreht sind, man hat also beim Bohren unter die hochkantigen Füße ein passendes Brettchen zu legen.

Die neue Kreuzmuffe eignet sich für höchstens 13 mm starke Stäbe und ist möglichst klein gehalten. Für ihre Gestalt war die Bedingung eines sicheren und genauen Einspannens bei der Bearbeitung maßgebend, denn je genauer dies ausgeführt werden kann, um so billiger kann eine genaue Bearbeitung ausgeführt werden. Der Klemmraum ist mit

¹⁾ Der Aufbau physikalischer Apparate aus selbständigen Apparatenteilen, Berlin, Springer, 1905, Seite 5.

einer zylindrischen Fräse von 13,5 mm Dicke ausgearbeitet und in der Mitte mit einer 15 mm dicken Fräse weiter vertieft. Der mit 8 mm Löwenherzgewinde geschnittenen Schraube gegenüber ist eine 3 mm weite und 1 mm tiefe Nut eingefräst. Es lassen sich noch recht dünne Stäbe klemmen, in der Figur 2 werden die beiden Kreuzmuffen von einem 5 mm starken Stahlstäbe getragen.

Bearbeitete und unbearbeitete Probestücke werden vom Mechaniker Franz Wax am Physikalischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule Berlin, N 4, Invalidenstr. 42, geliefert.

W. Vn.

Eine billige Linsenfassung. Von W. VOLKMANN. (Physikal. Zeitschr. 1909, Nr. 18.) Die

Abbildung zeigt eine Fassung für eine Kondensorlinse von 10,5 cm Durchmesser (in photographischen Geschäften für 1,85 M. erhältlich), die sich vor einer früher von dem Verfasser angegebenen durch Einfachheit und Übersichtlichkeit auszeichnet. An einem 13 mm starken Eisenstiel ist eine Eisenblechscheibe von 2 mm Stärke und 16 cm Durchmesser befestigt. Sie hat in der Mitte ein 10 cm großes Loch und trägt die Linse mit drei Messingwinkeln, deren oberster mit einer Feder versehen ist. Die Messingwinkel stehen mehrere Millimeter über den Scheitel der Linse vor und schützen sie beim Hinlegen auf den Tisch.

Die Feder vermeidet das Klappern der Linse in der Fassung und gibt der bei Erwärmung eintretenden gegenseitigen Verschiebung von Linse und Scheibe nach. Diese Art der Fassung hat sich auch für 20 cm große Linsen brauchbar erwiesen.

W. Vn.

Über den Neyreneufschen Versuch für die Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe und seine Verwendung. Von V. DVORÁK. (Physikal. Zeitschr. 1909, Nr. 19). Der Verf. hat schon 1901 in der Physikal. Zeitschr. 2, 192 auf den Neyreneufschen Versuch aufmerksam gemacht¹⁾; man schreibt gewöhnlich die Idee

¹⁾ Annal. de chimie et de phys. 25, 167, 1882. „Mémoire sur l'écoulement du gaz et sur quelques propriétés des flammes“ und Mém. Ac. de Caen, 1883, S. 1—18.

des Versuches Behn²⁾ zu, obwohl der Behnsche Versuch nur eine Abänderung des Neyreneufschen vorstellt.

Zum Versuche von Neyreneuf nimmt man ein T-Rohr T (Fig. 1), zwei gleich lange

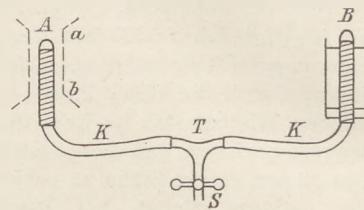


Fig. 1.

Kautschukschläuche K und zwei etwa 10 cm lange Metallröhren (in der Figur schraffiert), alles von etwa 12 mm innerem Durchmesser. Durch einen Schrauben-Quetschhahn S lässt man Leuchtgas einströmen, zündet die Flammen bei A und bei B an und verkleinert sie, bis sie noch mit heller Spitze brennen; je kleiner die Flammen, desto größer die Empfindlichkeit. Eine geringfügige Hebung einer Flamme bewirkt sofort, daß sie höher wird, die andere aber niedriger.

Behn nimmt nur ein Metallrohr mit zwei ziemlich weiten Öffnungen A und B (Fig. 2)

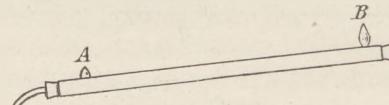


Fig. 2.

und bemerkt dazu: „Lieg B nur um 3 mm höher als A, so ist schon die Differenz der Flammengrößen in einem großen Hörsaal überall deutlich zu sehen . . . ; zur Erreichung dieser Empfindlichkeit muß, wie oben vorgeschrieben, das Rohr weit sein und in dünner Wandung ziemlich weite Ausströmungsöffnungen haben . . . ; dann weiter unten in einer Anmerkung: „dies ist eine wesentliche Bedingung, und diese ist bei dem Versuch von Neyreneuf, den Dvorák beschreibt, nicht erfüllt.“

Dem entgegen bemerkt jetzt DVORÁK, daß man auch die Empfindlichkeit des Neyreneufschen Versuches beliebig steigern kann, wenn man die Rohrleitungen kurz und von größerem Durchmesser nimmt, wodurch der Ausströmungswiderstand herabgesetzt wird. Schon Neyreneuf führt an, daß man Höhenunterschiede von der Größenordnung eines Zehntel-millimeters bemerkten kann; er konnte sogar

²⁾ Diese Zeitschr. 16, 132 (1903).

zwischen zwei Brennern, auch wenn sie durch lange Kautschukschläuche verbunden und recht weit voneinander entfernt waren, selbst mit dem Kathetometer keinen Höhenunterschied nachweisen, als er die Brenneröffnungen mit Hilfe der Flammengleichheit auf gleiche Höhe einstellte. Übrigens kann man nach Neyreneuf zu dem Versuche auch ein bloßes V-Rohr aus Metall benützen.

Dem Verf. scheint es überhaupt, daß der Behnsche Versuch für die Schule nicht recht tauglich sei. Abgesehen davon, daß man nicht wie beim Neyreneufschen Versuch die beiden Flammen beliebig nähern und entfernen sowie leicht in der Horizontalebene bewegen kann, um zu zeigen, daß in dieser der Luftdruck gleich ist, kann dem Schüler die Beweiskraft des Versuches leicht verdächtig vorkommen. Das Rohr erwärmt sich nämlich stark, und das bei A (Fig. 2) heraufkommende Gas erwärmt sich am Wege immer mehr: es könnte also schon deshalb bei B die Flamme höher brennen, weil das Glas dort heißer ist als bei A.

Beim Neyreneufschen Versuch dagegen kann man den Einfluß der Temperatur auf die Flammengröße sehr leicht zeigen. Man mache die Flammen so groß, daß sie eine gut sichtbare leuchtende Spitze zeigen, lösche dann die eine durch momentanes Zudrücken mit dem Finger aus und warte etwa zwei Minuten, worauf man die Flamme wieder anzündet: sie wird kaum sichtbar sein, während die andere viel höher brennt. Das eine Rohr ohne Flamme hat sich nämlich unterdessen abgekühlt, während das andere durch die Flamme noch heißer wurde; die Gewichte der Gassäulen in den beiden Rohren sind also ungleich, somit auch die Ausströmungsgeschwindigkeiten.

Man kann auch vermittelst eines Korkes einen kleinen Blechzylinder anbringen (Fig. 1, rechts) und, während beide Flammen in gleicher Höhe brennen, in den Zylinder kaltes Wasser gießen: sofort wird dort die Flamme ganz klein.

Wie der Neyreneufsche Versuch beim Unterricht auch anderweitig verwendet werden kann, zeigen folgende zwei Versuche.

1. Wirkung des Magnetfeldes auf Gase. Man bringt die eine Flamme zwischen die Polflächen eines größeren Elektromagneten; bei einem Versuch des Verf. betrug die Breite a b (in Fig. 1 punktiert angedeutet) 5,5 cm, so daß ein fast gleichförmiges Feld entstand. Läßt man die Stromstärke allmählich wachsen, so wird die Flamme zwischen den Polflächen immer kleiner und die andere größer (durch Senken der zweiten Flamme kann man die Flammen wieder gleich groß machen); zuletzt

verlischt die Flamme ganz. Der Versuch ist weithin sichtbar und leicht anzustellen.

2. Wirkung des elektrischen Feldes auf die Flamme. Man stelle die eine Flamme etwa 3 cm unter die negative Polkugel einer Influenzmaschine, verbinde die Metallröhre mit dem anderen Pol und drehe äußerst langsam; sofort verlängert sich die im elektrischen Felde befindliche Flamme, während die andere kleiner wird. Es ist nämlich nach Rieß die Flamme + elektrisch und wird also vom — Pol angezogen; beim langsamen Drehen entsteht ein kontinuierlicher Elektrizitätsstrom, da ja die Flammengase leitend sind. Stellt man die Flamme unter den +Pol, so wird sie kleiner, um nach einiger Zeit plötzlich aufzufackern, wahrscheinlich wenn eine momentane Entladung einsetzt. Bei allen diesen Versuchen ist es gut, wenn der Hörsaal etwas verdunkelt ist.

Die Bestimmung der Empfindlichkeit einer Wage und deren Verwendung als Barometer.

Von J. H. POYNTING und G. W. TODD.¹⁾ In der Mitte des Wagebalkens einer 16 zölligen Oertlingwage ist ein kleiner Rahmen befestigt, der zwei V-förmige Haken trägt. In diesen liegt parallel dem Wagebalken und in gleicher Höhe mit der Schneide ein etwa 3½ cm langer gerader Draht, der nach beiden Seiten leicht verschiebbar ist und die Stelle des gewöhnlichen Reiters einnimmt; er soll auch „Reiter“ genannt werden. Sein Gewicht wird zunächst genau gemessen. Die Empfindlichkeit der Wage wird dann bestimmt durch die Bewegung dieses Reiters nach rechts oder links um eine zu messende Distanz. Ist diese d , die halbe Länge des Wagebalkens b , das Gewicht des Reiters R , so ist die Bewegung äquivalent einem auf eine Schale gelegten Gewicht $R.d/b$. Um den Reiter zu bewegen, sind an einer Stange, die parallel dem Wagebalken durch den Kasten der Wage führt (die Enden sind außerhalb des Kastens befestigt, so daß dieser außer Verbindung mit der Stange steht), zwei Mikrometerschrauben angebracht, die eine Teilung von 0,01 mm haben und 0,001 mm schätzen lassen. Ihre Achsen liegen auch horizontal und in einer geraden Linie mit der Achse des Reiters, so daß dieser durch die Schrauben nach der einen oder nach der andern Seite geschoben werden kann. Durch einen über Rollen gehenden Schnurlauf können die Schrauben von dem Platze des 2 m von der Wage entfernten Beobachters

¹⁾ Phil. Mag. 18, 132, 135 (1909).

aus gedreht werden. Die Mikrometerteilungen sind beleuchtet und werden durch ein Fernrohr beobachtet. Die Stellung des Wägebalkens wird durch einen Spiegel mit doppelter Suspension, Fernrohr und Skala abgelesen. Bei den Beobachtungen wird zuerst die eine Schraube zurückgezogen, die andere so weit gedreht, daß sie den Reiter gerade berührt, und ihre Stellung m_1 bestimmt. Dann wird auch sie so weit zurückgezogen, daß der Reiter frei ist, und nun wird durch drei aufeinander folgende Umkehrpunkte der Schwingungsmittelpunkt des Wägebalkens C_1 auf der Skala bestimmt. Dann wird der Reiter mit der Mikrometerschraube um eine gewisse Strecke d nach der einen Seite gerückt und dabei die Ablesung m_2 gemacht; dann ist $d = m_1 - m_2$. Wird jetzt ebenso wie vorhin der neue Schwingungsmittelpunkt C_2 bestimmt, so entspricht eine Ablenkung von $C_1 - C_2$ Teilstichen einem auf die betreffende Schale gelegten Gewicht $R \cdot d/b$. Die gleiche Beobachtung wird abwechselnd mit beiden Mikrometerschrauben gemacht. Hier sei eine Versuchsreihe angegeben. Es waren $R = 7,35$ mg, $b = 20,272$ cm. In 10 Messungen nach beiden Seiten war der mittlere Weg des Reiters $d = 2,485$ mm, die mittlere Ablenkung betrug 21,26 Skalenteile. Daraus ergibt sich, daß ein Ausschlag von 20 Skalenteilen einer Schalenbelastung von 0,0848 mg äquivalent ist.

Die eben beschriebene Wage ließ sich als empfindliches Barometer verwenden. Zu dem Zwecke wurde eine verschlossene Kupferkugel von etwa 760 ccm Inhalt an den einen Arm des Wägebalkens gehängt und mit Messinggewichten auf der entgegengesetzten Schale ins Gleichgewicht gebracht. Infolge des verschiedenen Volumens beider Seiten gerät der Wägebalken in Bewegung, sobald sich die Dichte der umgebenden Luft ändert. Diese Schwingungen wurden mit Spiegel, Fernrohr und Skala beobachtet. Ein Teilstrich der Skala im Fernrohr entsprach dabei der Zu- oder Abnahme des Atmosphärendrucks um etwa 0,002 mm Quecksilber. Fanden zu gleicher Temperatur- und Druckänderungen statt, so ging die ganze Skala in weniger als einer halben Stunde durch das Gesichtsfeld, und man mußte sie durch Verschiebung des Reiters wieder sichtbar machen. Temperatur und Skalenteilstrich wurden abwechselnd alle 30 Sekunden beobachtet und aus beiden Messungen dann mit einer vom Verf. abgeleiteten Formel die Druckänderung bestimmt. Da die Dichte der Luft von Druck, Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt abhängt, so kann man durch Elimination der Wirkungen zweier dieser Größen die dritte bestimmen. So läßt sich die Wage als Barometer, Thermometer und Hygrometer verwenden.

Schk.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Der Einfluß der Luft auf fallende Körper.

1. Die Orientierung fallender Prismen. Von W. KÖPPEN¹⁾. Die bisherige Theorie der Haloerscheinungen beruht auf der Annahme, daß die kleinen Eiskristalle so zu fallen suchen, daß sie dem geringsten Luftwiderstande begegnen; dies tritt ein, wenn die Achsen der Nadeln und die Basisflächen der Tafeln vertikal, die Basisflächen der Nadeln dagegen horizontal sind. Diese Auffassung haben Galle, Bravais, Clausius, auch Pernier vertreten. Der Verf. zeigt an einigen einfachen Versuchen, daß sie falsch ist, daß fallende Körper sich vielmehr in der Richtung des größten Widerstandes einstellen. Er ließ drei- oder mehrseitige Prismen aus Schreibpapier von genügender Höhe aus verschiedenen Anfangslagen herabfallen. Nach dem Durchfallen der ersten 2 bis 3 m nimmt dann die lange Achse des Prismas eine horizontale Lage an, und das Prisma beginnt um

diese Achse zu rotieren, einerlei, wie ihre Anfangslage war. Je mehr der Querschnitt des Prismas sich der Kreisform nähert, um so geringer ist der Antrieb zum Rollen. Bei allen aber, auch bei Zylindern, geht die Achse beim Fallen in die horizontale Lage über. Hat das Prisma die Form einer Tafel, so tritt dieselbe Erscheinung noch früher ein. Es findet dabei eine Drehung um die längste Achse statt, die um so schneller eintritt und um so stabiler ist, je größer der Unterschied zwischen den drei Achsen ist. Voraussetzung ist, daß die Lage des Schwerpunkts möglichst zentrisch ist; liegt er bei einer Tafel sehr exzentrisch, so tritt Gleitfall ein. Bei einer geringen Wölbung der Platte rotiert sie auch nicht, sondern wendet beim Fallen die konkav Seite nach oben. Die letzten Erscheinungen lassen sich auch an einem länglichen Schnitzel Schreibpapier zeigen. Die Ursache der beschriebenen Lage und Bewegungsart der fallenden Körper beruht auf den beim Fallen auftretenden Kräftepaaren,

¹⁾ Meteor. Zeitschr. 25, 280 (1908).

die an dem längsten Durchmesser verschwinden, wenn dieser sich in horizontaler Lage befindet.

Ist der Luftraum mit kleinen Stäbchen und Täfelchen von Eis erfüllt, so werden diese um ihre längste, horizontal liegende Achse rotieren. Da ein rotierendes Prisma optisch einem Zylinder gleichzusetzen ist, so dürfte die Erklärung der Haloerscheinungen auf eine Erfüllung der Luft mit Eiszylin dern, deren Achsen horizontal, aber in allen möglichen Azimuten liegen, aufzubauen sein. Auch bei der Theorie des Fluges dürften die beobachteten Erscheinungen eine wichtige Rolle spielen.

2. Bestimmung der Fallgeschwindigkeit der Regentropfen. Von W. SCHMIDT²⁾. Der dazu benutzte Apparat bestand aus zwei Zinkblechscheiben, die in einem Abstande von 20 cm an einer vertikalen Achse drehbar befestigt waren. Die obere, größere Scheibe hatte einen sektorförmigen Ausschnitt, auf die untere war ein Bogen mit Eosinpulver bestäubten Filtrerpapiers befestigt. Der Apparat wurde während des Regens, zuerst noch mit einem Schirm bedeckt, vermittelst eines Schnurlaufs in Umdrehung versetzt; dann wurde der Schirm weggezogen. Die durch den Sektor der oberen Scheibe fallenden Tropfen gelangten dann auf das Papier, aber nicht auf den Teil, der senkrecht unter dem Ausschnitt lag, sondern sie blieben, je nach ihrer Fallgeschwindigkeit, um einen kleineren oder größeren Winkel zurück. Jeder Tropfen hatte dann auf dem Papier sein Gewicht durch die Größe des von ihm erzeugten Flecks, seine Fallgeschwindigkeit durch dessen Lage aufgezeichnet. Der Verf. untersuchte so 3300 Tropfen mit Radien von 1,75 bis 0,2 mm; ihre Fallgeschwindigkeit variierte von bzw. 7,4 bis 1,8 m/sec. Die gefundenen Zahlen stimmen für große Tropfen mit den von Lenard im Laboratorium erhaltenen Werten überein, für kleine dagegen nicht; die Fallgeschwindigkeit v der kleinsten Tropfen war viel kleiner, als man bisher annahm. Für mittlere Tropfen ist v vornehmlich abhängig vom Luftwiderstande, bei kleinsten spielt die Luftreibung die erste Rolle. Der Verf. gibt eine Formel für v als Funktion des Tropfenradius r , die für die kleinsten Tropfen gut stimmt und einen guten Übergang zu den für Nebeltröpfchen geltenden Werten bildet.

Schk.

2) Meteor. Zeitschr. 26, 183 (1909).

Einiges aus der Physik der freien Atmosphäre. Eine der wichtigsten Funktionen im elementaren Unterricht ist $y = \frac{k}{x}$. Sie wird durch eine gleichseitige Hyperbel dargestellt. Ihr Integral ist das k -fache des natürlichen Logarithmus von x , der 2,3 mal so groß ist als der Briggische, weil $2,71828 \dots^{2,30} = 10$ ist. Das Mariottesche Gesetz besagt, daß bei unveränderter Temperatur das Produkt aus Druck und Volum eines Gases konstant ist. Gleichen Querschnitt vorausgesetzt, wird also die Höhe einer Luftsäule um so größer sein, je kleiner der Druck ist. Eine Luftsäule, die bei 800 mm Quecksilberdruck 10 m hoch ist, wird bei 80 mm bereits 100 m hoch sein. Da in der Tat für die atmosphärische Luft einer 10 m hohen Luftsäule eine Druckabnahme von 1 mm bei 800 mm Druck entspricht, so wird, falls wir die gleichseitige Hyperbel $xy = 8000$ in ein Koordinatensystem legen, bei welchem die Einheiten auf der y -Achse Meter, auf der x -Achse Millimeter bedeuten, zu jedem Barometerstand der x -Achse eine Ordinate gehören, die angibt, nach wieviel Meter Erhebung der Druck um einen Millimeter abgenommen hat. Die zwischen zwei Ordinaten, der Kurve und der x -Achse liegende Fläche gibt die Höhe an, die zwischen zwei Barometerständen x_1 und x_2 von gegebener Größe liegt. Sie ist in Metern gleich der Differenz der beiden natürlichen Logarithmen dieser x -Größen multipliziert mit 8000 oder gleich der Differenz der Briggischen Logarithmen multipliziert mit $8000 \cdot 2,3 = 18400$. Unter Berücksichtigung der Temperatur, die ja mit der Höhe pro Kilometer um 5 bis 10 Grad abnimmt, hat man die gefundene Höhe noch mit dem Faktor $(1 + 0,004 t_m)$ zu multiplizieren, wo t_m die mittlere Temperatur des Höhenbezirks bezeichnet. Unsere Formel gilt für null Grad Celsius. Falls es sich nicht um sehr große Höhendifferenzen handelt, wird — besonders in der Luftschiffahrt und Aerologie — von der Hergesellschen Formel Gebrauch gemacht, die gewöhnlich in der Form geschrieben wird $H = 8000 \cdot \frac{P - p}{P_m} (1 + 0,004 t)$. Sehen wir von dem Temperaturfaktor ab, der ja unverändert ist (statt 0,004 müßte es genauer 0,0036 = $\frac{1}{273}$ heißen), so bedeuten P und p die Drücke an den Endpunkten, P_m aber den mittleren Druck. Hier entspricht H einer Ordinate unserer gleichseitigen Hyperbel, deren zugehörige Abszisse den Wert $\frac{P_m}{P - p}$

besitzt. Wir können demnach aus dem Diagramm sofort die Höhe ablesen, ohne zur Integration überzugehen. Ist der Barometerstand zum Beispiel unten 750, oben 610, so ist $(P - p) = 140$ und $P_m = \frac{750 + 610}{2} = \frac{1360}{2} = 680$, demnach die Abszisse $= \frac{68}{14} = \frac{34}{7} = 4,9$. Ohne Berücksichtigung der Temperatur ist $H = \frac{8000 \cdot 7}{34} = \text{ca. } 1600 \text{ m}$. Hat

die Temperatur nach oben hin von 12 auf (-2) Grad abgenommen, so ist $t_m = 5$ und der Temperaturfaktor demnach 1,02, so daß die Meterzahl noch um 2 %, also etwa um 30, zu erhöhen wäre. Es scheint mir nicht unangebracht, im Zeitalter der Zeppelinfahrten im Physikunterricht auf diese Darstellung einzugehen, die gegenüber der in den Lehrbüchern üblichen einige Vorteile haben dürfte.

Vielleicht ist auch folgende kleine Zusammenstellung der Verteilung von Luftdruck, Temperatur und Feuchtigkeit nach Höhenstufen erwünscht, wie sie sich aus den ASSMANNSchen Aufstiegen*) ergeben hat. In der Tabelle ist h Höhe in Metern, b Barometerstand, f_m wirklicher Feuchtigkeitsdruck, f_s Sättigungsdruck in Millimetern, so daß $100 \cdot \frac{f_m}{f_s}$ die relative Feuchtigkeit ergeben würde.

h	b	t	f_m	f_s
0	760	10,0	5,9	7,9
500	717	8,0	5,3	7,0
1 000	675	5,4	4,5	6,2
2 000	597	0,4	3,1	5,0
3 000	526	— 5,0	2,2	3,8
4 000	463	— 10,0	1,7	2,8
5 000	406	— 16,7	1,2	1,9
6 000	355	— 23,6	0,7	1,2
7 000	309	— 30,4	0,3	0,7
8 000	267	— 37,6	0,22	0,42
9 000	231	— 45,6	—	0,20
10 000	200	— 54	—	0,09

Die Tabelle gibt zu graphischen Darstellungen und mancherlei funktionalen Betrachtungen Veranlassung. Auch der sogenannte Temperaturgradient kann, freilich nur pro 1000 bzw. 500 m, daraus abgelesen werden.

*) Die im folgenden aufgeführten Ergebnisse sind z. T. dem Werk „Wissenschaftliche Luftfahrten“ (Verlag von Vieweg & Sohn, Braunschweig 1900) entnommen.

Es mögen noch folgende etwas genauere Angaben darüber folgen. Über der Erdoberfläche nimmt im Durchschnitt die Temperatur pro 100 m um $0,4^\circ \text{C}$ ab, in der Region der Haufenwolken, also kurz vor 2000 m Höhe, ist der Gradient $0,5^\circ \text{C}$. Diesen Wert behält der Gradient auch in der Region der Alto-Kumuli bei 4000—5000 m bei, um später noch etwas mehr zu wachsen. Ausnahmsweise kann er den höchsten, sogenannten „adiabatischen“ Wert von einem ganzen Grad erreichen, besonders in Höhen und Bezirken, wo infolge mangelnden Wasserdampfes keinerlei Kondensation stattfindet. Andererseits kommen aber auch besonders bei ruhiger Luft und in geringen Höhen Inversionen vor — d. h. Stellen, an denen nach oben hin Temperaturzunahme vorhanden ist —, besonders dann, wenn am Morgen nach ruhigen Nächten die untersten Schichten durch Ausstrahlung Wärme verloren, höhere aber durch Absorption Wärme gewonnen haben. Bei 10 km Höhe beginnt dann die berühmte Inversion, welche seit ihrer Entdeckung durch ASSMANN und TESSERENC DE BORT den Meteorologen so viel Kopfzerbrechen macht. Die „Troposphäre“ mit aufsteigendem Luftstrom geht in die „Stratosphäre“ mit blättriger Struktur über. Es finden vorwiegend horizontale Bewegungen statt. Die Akten über diesen Fall sind noch nicht geschlossen, es scheint aber so, als ob die Erde mit einer 4—5 km dicken Lufthülle, an deren Außenhülle starke Wolkenbildung stattfindet, als eine thermische Einheit betrachtet werden muß. Diese Außenhülle strahlt und reflektiert Wärme, von der die Schichten der Stratosphäre zuerst profitieren, so daß hier die Einstrahlung von unten zu einem eigenartigen Gleichgewichtszustand führt, bei welchem Inversionen häufig vorkommen.

Die Luft enthält in diesen Höhen, wie gesagt, fast keine Feuchtigkeit mehr, in 5 km Höhe 1,1 g pro kg, in 4 km Höhe 1,5 g, in 3 km 2,2 g, in 2 km 3 g, in 1 km 4,1 g und am Erdboden durchschnittlich 5,6 g für jedes Kilogramm Luft.

Das Gewicht der Luft in verschiedenen Höhen beträgt pro cbm:

km	10	5	4	2	0
kg	0,42	0,66	0,7	1	1,3

Der gesamte Wärmegehalt in Kalorien beträgt nach Höhenstufen pro kg Luft:

km	10	5	4	3	2	1	0
kal.	53	62	63	65	67	69	70

Die über 1 qm Breite in der Sekunde hinwegströmende Menge Wasserdampf beträgt nach Höhenstufen in Gramm:

km	10	5	4	3	2	1	0
g	0	13	13	18	24	30	35

Dabei ist als durchschnittliche Geschwindigkeit des Windes in Metern gerechnet:

km	10	5	4	3	2	1	0
m	26	16	15	13	10	8	5

Berechnen wir den Druck des Windes auf 1 qm, so erhalten wir folgende Anzahl Kilogramm:

km	10	4	3	2	1	0*)
kg	10,7	12	11	9	7	3

Schließlich sei noch die Gesamtstärke des Luftraumes angegeben, der pro Meter Breite in der Sekunde bis zu verschiedenen Höhen berechnet über uns hinweggeht. Bis zu 10 km Höhe gerechnet sind es 110000 kg, bis zu 5 km 52000, bis zu 4 km 40000, bis zu 3 km 28000, bis zu 2 km 17000 und bis zu 1 km 8000 kg. Da der Tag 86400 Sekunden hat, so ergibt eine einfache Rechnung, daß täglich über uns zehn Milliarden Tonnen Luft hinwegstreichen.

W. Grosse.

Röntgenstrahlen. Versuche verschiedener Forscher über eine Polarisation der Röntgenstrahlen führen zu dem gemeinsamen Ergebnis, wonach man eine teilweise Polarisation doch wohl als vorhanden annehmen muß. Zum Nachweis dienten stets die an anderen Stoffen erregten Sekundärstrahlen, die nach verschiedenen Richtungen hin eine verschiedene Wirkung zeigten. Barkla hatte bei seinen Versuchen als „Radiatoren“ kleine Scheiben einer Substanz von geringer Dichte benutzt und gefunden, daß die von diesen kommenden Sekundärstrahlen auf ein Elektroskop verschieden wirkten, je nachdem die Richtung Radiator-Elektroskop senkrecht oder parallel zu den die Primärstrahlen erregenden Kathodenstrahlen stand. Als Maximum erhielt Barkla für Aluminium 20 % Polarisation. Die Schwermetalle ergaben keine ähnliche Wirkung. Auf Veranlassung von Röntgen sind

*) An der Oberfläche beträgt der Druck in kg pro qm etwa 12% vom Quadrat der Windgeschwindigkeit. In größeren Höhen ändert sich natürlich diese Funktion, die Zahl der Prozente wird kleiner.

die Barklaschen Versuche von E. BASSLER wiederholt und erweitert worden¹⁾. Um eine Asymmetrie der Bestrahlung unmöglich zu machen, wurde für den Radiator die Form einer Kugel, für die X-Strahlen ein Bündel von kreisförmigem Querschnitt benutzt. Als wirksamster Radiator erwies sich Paraffin; außerdem gelang es, die Polarisation nachzuweisen mit Aluminium und Schwefel, während Blei versagte. Die Messungen wurden nach einer Differentialmethode ausgeführt, die gestattete, die Differenz der Intensität der Sekundärstrahlen in den zwei zueinander senkrechten Richtungen, parallel und normal zu den Kathodenstrahlen, unmittelbar und gleichzeitig an demselben Elektrometer abzulesen. Waren a und b die Elektrometerausschläge in den beiden Hauptstellungen, so wurde $100 \cdot (a - b)/(a + b)$ als Maß für die Polarisation in Prozenten der mittleren Sekundärstrahlung angenommen. Bei mittelweichen Primärstrahlen zeigte eine Paraffinkugel 10 % Polarisation, ein Maximalwert mit weichen Strahlen war 16 %; härtere Strahlen zeigten geringere Polarisation. Aluminium zeigte 5 % Polarisation, paraffiniertes Blei ergab um so mehr Polarisation, je dicker die Paraffinschicht war. Die Sekundärstrahlung des Paraffins kommt dabei größtenteils aus dem Innern; Sekundärstrahlen, die schief gegen die Achse der Primärstrahlen emittiert wurden, zeigten weniger Polarisation an als die senkrecht emittierten. Wurden in den Gang der Primärstrahlen beträchtlich absorbierende Medien wie Platin, Kupfer, Wasser eingeschaltet, so zeigte der Paraffinradiator stets eine Zunahme der Polarisation bis zum doppelten Werte. Die Polarisation hängt von dem Winkel zwischen Strahlungsebene und Einfallsebene nicht ab, ändert sich aber mit dem Winkel zwischen Kathodenstrahl und dem auf Polarisation geprüften X-Strahl (Max. bei etwa 110%). Versuche, die Polarisation der primären Röntgenstrahlen photographisch nachzuweisen, hatten keinen Erfolg.

Auch BRAGG und GLASSON konnten eine Unsymmetrie sekundärer Röntgenstrahlen, die von Körpern kleinen Atomgewichts kamen, mit einer elektrischen Methode nachweisen²⁾.

Haga hatte dagegen gerade auf photographischem Wege nachgewiesen, daß die von einer Kohleplatte kommenden Sekundärstrahlen nahezu vollständig polarisiert waren

¹⁾ Ann. d. Phys. 28, 808 (1909).

²⁾ Phil. Mag. 17, 855 (1909).

(*ds. Zeitschr.* 21, 120). Nach J. HERWEG ist auch bei den von einer Kohlenkathode kommenden primären Röntgenstrahlen Polarisation vorhanden³⁾. Die Methode war die gleiche wie bei Haga: die von der Antikathode kommenden Strahlen erzeugten an einem Kohlekegel Sekundärstrahlen, die dann auf einem den Kegel umgebenden photographischen Film Eindrücke hervorriefen. Es waren deutlich zwei Maxima der Dunkelheit und Helligkeit auf dem Film zu erkennen.

Die schon oft behauptete und wieder angezweifelte Beugung der Röntgenstrahlen wurde von B. WALTER und R. POHL in einigen sehr sorgfältigen Arbeiten einer erneuten Prüfung unterzogen, die jedoch auch zu einem negativen Ergebnis führten⁴⁾. Von den Strahlen einer Röntgenröhre wurde durch einen Spalt s_1 von wenigen μ Breite ein schmales Bündel ausgeblendet, das in einem Abstande von 75 cm auf einen sich von etwa 20 μ bis zu vollständigem Schluß keilförmig verjüngenden Spalt s_2 , den sogenannten Beugungsspalt, fiel, um von diesem auf der in wieder 75 cm Entfernung aufgestellten photographischen Platte das sogenannte Beugungsbild zu entwerfen. Die Spalte waren von Zeiss in Jena mit ganz besonderer Genauigkeit hergestellt worden; auf ihre Einstellung und Parallelrichtung wurde die größte Sorgfalt verwandt. Durch die Art der Anordnung wurde ein Einfluß der von s_2 kommenden Sekundärstrahlung auf das von den primären Strahlen etwa erzeugte Beugungsbild ausgeschlossen. Die Spaltbreiten und die entsprechenden Breiten des Beugungsbildes wurden durch mikroskopische Ausmessung bestimmt. Hierbei wurde durch Bestimmung des Mittelwerts von verschiedenen Messungen der bei engem Spalte sehr störende Einfluß des Plattenkorns zu eliminieren gesucht. Die Breite des Bildes zeigte dann bis zu Spaltweiten von 2 μ keinen Unterschied von der theoretisch für einen beugungsfreien Strahlengang berechneten Breite. Aus Beugungsversuchen läßt sich daher eine Wellennatur der Röntgenstrahlen nicht folgern; nimmt man diese aber aus andern Gründen an, so folgt aus den Versuchen, daß die Wellenlänge unter $1,2 \cdot 10^{-9}$ cm liegen muß.

Wie BARKLA und SADLER gefunden hatten, sendet eine Anzahl Elemente völlig homo-

³⁾ *Ann. d. Physik* 29, 398 (1909).

⁴⁾ *Ann. d. Physik* 25, 715 (1908); 29, 331 (1909).

gene Sekundärstrahlen aus, auch wenn die erregenden Primärstrahlen komplex waren (*ds. Zeitschr.* 22, 120). Die durchdringende Kraft dieser Sekundärstrahlen ist eine für jedes Element charakteristische Konstante. Diese läßt sich durch den Absorptionskoeffizienten λ ausdrücken, den jede Strahlung in Aluminium besitzt. Bedeutet ρ die Dichte des Aluminiums, so ist λ bei einer Strahlung von Cr 136 ρ , von Fe 88,5 ρ , für Co 71,6 ρ , Ni 59,1 ρ , Cu 47,7 ρ , Zn 39,4 ρ , As 22,5 ρ , Se 18,9 ρ , Ag 2,5 ρ . Diese fast ganz homogenen Sekundärstrahlen eignen sich nun sehr für Versuche über Absorption und Transformation der Röntgenstrahlen⁵⁾. BARKLA und SADLER brachten dünne Platten verschiedener Metalle in den Weg jener homogenen Sekundärstrahlen und untersuchten sowohl die Größe der Absorption als auch die dabei auftretenden Tertiärstrahlen. Die Ergebnisse dieser Versuche waren im wesentlichen folgende. Die für eine Substanz charakteristische Röntgenstrahlung hat die gleichen Eigenschaften, ob sie sekundäre oder tertiäre Strahlung ist. In jedem Falle ist die Strahlung homogen; die Koeffizienten ihrer Absorption durch andere Körper sind dieselben und unabhängig von der erregenden Strahlung. Die für eine Substanz charakteristische tertiäre Strahlung wird nur erregt durch solche sekundären Strahlen, die durchdringender sind als die erstere. Sind sie nur etwas durchdringender, so ist die Intensität der tertiären Strahlen gering; werden sie mehr durchdringend, so wächst die Intensität der tertiären Strahlen rasch bis zu einem Maximum; werden sie dann noch durchdringender, so nimmt die Intensität wieder ab als eine lineare Funktion der in einem bestimmten Luftvolumen von der sekundären Strahlung erzeugten Ionisation. Wird die sekundäre homogene Strahlung der Gruppe Cr-Ag von dünnen Schichten der gleichen Metalle absorbiert, so nimmt die Absorption sehr stark zu, sobald die sekundären Strahlen durchdringender werden als die für den „Absorber“ charakteristische Strahlung, wobei diese Zunahme der Absorption mit der Emission tertiärer Strahlen durch den Absorber verbunden ist. Der Bruchteil der bei der Absorption verbrauchten Energie der sekundären Strahlung, der als tertiäre Strahlung wieder ausgesandt wird, ist nicht konstant, nimmt aber zuerst langsam, dann rascher ab, wenn die sekundäre Strahlung durchdringender wird.

⁵⁾ *Phil. Mag.* 17, 739; 18, 107 (1909).

J. STARK macht darauf aufmerksam, daß Barklas homogene Röntgenstrahlung in ihrer Entstehung und in ihren Eigenchaften ganz analog ist der Fluoreszenz im Bandenspektrum eines Körpers oberhalb $\lambda = 10^{-5}$ cm⁶). Ebenso wie selektive Absorption des Lichts in kurzwelligen Banden Fluoreszenz in diesen und den zugeordneten langwelligen Banden bewirkt, so bewirkt selektive Absorption der Röntgenstrahlung auch selektive Emission intensiver homogener Röntgenstrahlen. Das Fluoreszenzlicht ist in dem emittierenden Körper weniger absorbierbar als das fluorescerzerregende Licht; ebenso ist die selektive Röntgenstrahlung in dem sie emittierenden Körper weniger absorbierbar als die erregende primäre Strahlung. Weitere Analogien beziehen sich auf das Maximum der Fluoreszenz und der selektiven Strahlung im Verhältnis zur Absorptionsstärke, auf die gleichmäßige Emission und Unpolarisiertheit beider Strahlenarten und auf ihre beiderseitige ionisierende Wirkung. STARK will die Röntgenstrahlung überhaupt als den Lichtstrahlen wesensgleich von der Wellenlänge $\lambda = 10^{-7}$ bis 10^{-9} cm ansehen. Aus den angeführten Analogien hält er es für erwiesen, daß die chemischen Elemente im Spektrum der Röntgenstrahlen Eigenfrequenzen besitzen, in denen die Absorption primärer Röntgenstrahlen die Emission negativer Elektronen (Kathodenstrahlen) und die Emission einer intensiven selektiven sekundären Röntgenstrahlung kleinerer Frequenz zur Folge hat. In seinen weiteren Ausführungen wendet STARK auf die Röntgenstrahlen die Lichtquantenhypothese an, nach der Licht- und Röntgenstrahlen eine elektromagnetische Strahlungsenergie von atomistischer Konstitution darstellen, und entwickelt die Vorteile dieser vor der Ätherwellenhypothese. Eine Beugung der Röntgenstrahlen würde bei jener Annahme auch nicht eintreten dürfen, während sie die Wellenhypothese voraussetzt. In betreff der weiteren Entwickelungen STARKS sei auf die Abhandlung selbst verwiesen.

Schk.

Aus der Akustik. 1. Die Schwingungsform von Stimmgabelstielen. Von E. WAETZMANN¹). Um diese zu untersuchen, werden die Stimmgabeln am besten nach Art eines Reiters über eine möglichst unelastische Unterlage gehängt; der Verf. benutzte dazu

⁶) Phys. Zeitschr. 10, 579 (1909).¹) Phys. Zeitschr. 10, 409 (1909).

ein aus Sägespänen, Watte etc. hergestelltes Seil, dessen Enden an dicken Filzklötzen befestigt waren, die von Eisenstativen gehalten wurden. An dem Stiel wurden kleine versilberte Glassplitter befestigt, die seitlich etwas hervorragten. An ihnen zeigten sich im durchgehenden Licht unter dem Mikroskop einzelne feine Lichtpunktchen, deren Schwingungsformen beobachtet wurden. Diese bilden bei bloßen Transversalschwingungen gerade Linien, beim Hinzutreten longitudinaler Komponenten kompliziertere Figuren. Bei schwachem Anschlag waren bei unbelasteten Gabeln longitudinale Komponenten nicht zu bemerken; diese traten aber auf bei Belastung oder starkem Anschlag der Gabeln. Im allgemeinen waren dann neben einer oder mehreren Transversalschwingungen mehrere Longitudinalkomponenten vorhanden. Um die entstehenden Schwingungskurven zu analysieren, wurde die für Lissajoussche Figuren gebräuchliche Anordnung auf mehrere Stimmgabeln ausgedehnt; es gelang dadurch, die am Stiel beobachteten Kurven zu reproduzieren und damit ihre Bestandteile zu bestimmen. So wurde z. B. eine besonders häufige Kurve (eine in der Längsseite nach innen gebogene Ellipse) durch drei Stimmgabeln dargestellt, von denen die Zinken der einen (Periode n) horizontal, die der beiden andern (Periode n und $2n$) vertikal schwingen. Das von einem Diaphragma kommende Licht einer Bogenlampe wurde nacheinander von drei an den drei Stimmgabeln befestigten Spiegeln reflektiert und warf die Schwingungskurve auf einen Schirm. Man erhielt dann die oben erwähnte Kurve, wenn die beiden vertikal schwingenden Stimmgabeln eine Phasendifferenz von je $\frac{1}{8}$ Wellenlänge gegen die horizontal schwingende hatten. In dieser Weise wurden oft zwei longitudinale Komponenten von der Periode des Grundtons der Gabel bzw. seiner höheren Oktave neben einer Transversalschwingung in der Periode des Grundtons festgestellt. — Was die Entstehungsweise der Stielschwingungen anlangt, so hebt der Verf. hervor, daß die transversalen auf Unsymmetrien der Gabel beruhen, die longitudinalen nach Chladni durch Schwingungen des gekrümmten Mittelstücks veranlaßt sein sollten. Viele der letzteren dürften aber auch als Sekundärerscheinungen der Transversalschwingungen anzusehen sein, woraus sich dann die bestimmte Phasendifferenz zwischen beiden erklären würde.

2. Über den Grad des Wohlklanges von Konsonanzen hat WAETZMANN eben-

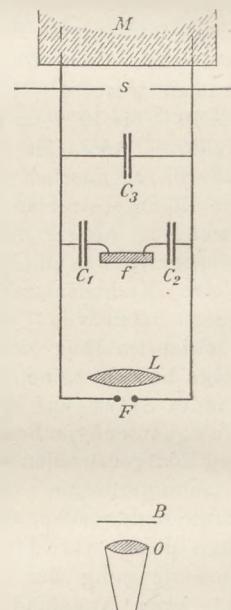
falls Untersuchungen angestellt²⁾). Nach Helmholtz beruht die Konsonanz auf einem möglichst geringen Grad der „Rauhigkeit“, welche durch Zahl und Stärke der zwischen je zwei Partialtönen der beiden die Konsonanz bildenden Klänge entstehenden Schwebungen charakterisiert wird. Sind in dem Klange intensive Obertöne höherer Ordnung enthalten, so bilden sich infolge der zwischen diesen auftretenden Schwebungen auch empfindliche Dissonanzen. Diese sind bei der menschlichen Stimme besonders bei Männerstimmen in Chören zu beobachten. Eine dritte Ursache zu Dissonanzen liegt in Schwebungen, die durch das Auftreten von Kombinationstönen veranlaßt werden. Das ist der Fall besonders bei Primärklängen, die nur schwache Obertöne haben.

Um die „Rauhigkeit“ zu berechnen, muß bekannt sein: 1. die objektive und subjektive Intensität der die Schwebungen bildenden Töne, 2. der Grad der Dämpfung der im Ohr angenommenen Resonatoren, von dem die Intensität der Schwebungen abhängt, 3. der Einfluß der Anzahl der Schwebungen auf die Rauhigkeit. Helmholtz hat die Rechnung für die Klangfarbe der Violine durchgeführt; er berücksichtigte dabei nicht den Unterschied zwischen objektiver und subjektiver Intensität und nahm die Dämpfung aller Ohrresonatoren, unabhängig von ihren Eigentönen, als gleich an. Hierzu war er durch Trillerversuche geführt worden. WÄETZMANN kam nun, ebenfalls auf Grund von Beobachtungen an Trillern, zu der Annahme, daß die Abklingzeit für die verschiedenen Ohrresonatoren die gleiche ist, d. h. daß die hochabgestimmten Resonatoren im Ohr schwächer gedämpft sind als die tiefabgestimmten. Diese Annahme hatte sich zur Erklärung gewisser Tatsachen aus dem Gebiet der Schwebungen, der Zwischen- töne usw. als geeignet erwiesen. Der Verf.

führte mit dieser Voraussetzung auch die Berechnung der Rauhigkeit der verschiedenen Intervalle innerhalb der Oktave $c' c''$ für die Klangfarbe der Violine durch und stellte das Rechnungsresultat sowohl für die objektiven als für die subjektiven Intensitäten der einzelnen Töne graphisch dar. Die Reihenfolge der Konsonanzen ist danach, nach ihrer subjektiven Güte geordnet, für die Violine: Oktave, Quinte, große Sexte und Quarte, kleine Sexte, große Terz und kleine Septime, kleine Terz. Im allgemeinen stimmen die für die subjektiven Verhältnisse gefundenen Resultate mit den Helmholtzschen Berechnungen, die nur die objektiven Intensitäten berücksichtigen, überein, was aber nach des Verf. Ansicht nur darin liegt, daß gewisse Helmholtzsche Annahmen auf das Resultat in demselben Sinne einwirken, als seine Einführung der subjektiven Intensitäten.

3. Zu dem Bericht über eine neue Versuchsanordnung zur Sichtbarmachung von Funkenschallwellen (Heft V, S. 314) von M. TOEPLER sei hier noch die dort versehentlich weggebliebene Figur hinzugefügt. Es bedeuten darin M die Stromquelle, s eine Sicherheitsfunkenstrecke, C_1 , C_2 und C_3 Leidener Flaschen, f die Gleitfunkenstrecke, F die Schallfunkens, L eine Beleuchtungslinse, B eine Blende, O das Auge oder ein Fernrohr.

Schk.



3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Rudolf Kohlrausch zum Gedächtnis. Am 6. November waren hundert Jahr seit der Geburt von Rudolf Kohlrausch verflossen. Sein Name lebt vor allem im Gedächtnis der Physiker weiter durch die mit W. Weber gemeinsam ausgeführte Arbeit über „Zurückführung der Stromintensitätsmessungen auf mechanisches Maß“ (Abh. der Kgl. Sächs. Gesellsch. d. W., Bd. 5, 1856) und durch die

kürzere Darstellung desselben Gegenstandes „Über die Elektrizitätsmenge, welche bei galvanischen Strömen durch den Querschnitt der Kette fließt“. Ein Abdruck dieser letzteren Abhandlung ist kürzlich zusammen mit dem von vier Abhandlungen W. Webers über absolute Strom- und Widerstandsmessung in Ostwalds Klassikern (Nr. 142) erfolgt. In diesem Bändchen gibt der Herausgeber, Friedrich Kohlrausch, auch Näheres über die Entstehungsgeschichte der klassischen Maßbe-

²⁾ Phys. Zeitschr. 10, 503 (1909).

stimmung an. Der Plan zu der Arbeit stammt von R. Kohlrausch, und zwar ursprünglich aus einer kritischen Betrachtung des Weberschen elektrischen Grundgesetzes. Diese ist niedergelegt in dem Manuskript eines am 16. Juni 1852 vor der Naturforschenden Gesellschaft in Marburg gehaltenen Vortrags. Die Abhängigkeit der Wirkungen der Elektrizität von ihrer Geschwindigkeit, die nach dem Weberschen Gesetz bestehen sollte, führte ihn auf den Gedanken, man solle auf dem Wege des Experiments Verhältnisse darstellen, in welchen elektrische Massen unzweifelhafte, nämlich mechanisch hervorgebrachte relative Geschwindigkeiten und Beschleunigungen gegeneinander besitzen, und solle beobachten, ob die aus dem Weberschen Grundgesetz hervorgehenden Wirkungen wirklich eintreten. „Treten sie ein, so ist nicht nur die Auslegung des Gesetzes richtig, sondern wir wissen auch, daß der Strom in einer wirklichen Fortbewegung der Elektrizität besteht. Treten sie ein, so entsteht die bestimmte Aussicht, daß wir nicht nur den in seiner Formel befindlichen Koeffizienten $1/c^2$ seiner Größe nach bestimmen können, sondern daß wir bestimmte Angaben erfahren, wie groß die Geschwindigkeit nicht der Stromwelle, denn daran wird jetzt schon mit Glück gemessen, sondern des Stroms selbst ist, und namentlich auch, wie groß das Quantum der neutralen Elektrizität ist, welches am Strom sich beteiligt“. . . .

Die Diskussion der verschiedensten Möglichkeiten, die gestellte Aufgabe zu lösen, führte Kohlrausch dann zu folgenden vier Versuchsplänen: 1. Man lasse einen mit Elektrizität geladenen rotierenden Ring auf einen elektrischen Punkt in seiner Ebene wirken. — 2. Man lasse einen mit Elektrizität geladenen Ring auf eine Magnetnadel wirken. — 3. Man suche durch den geladenen rotierenden Ring Induktionsströme zu erhalten. — 4. Man suche durch einen rotierenden Doppelstrom in seiner Ebene freie Elektrizität zu erzeugen. — Die Methoden 1, 3 und 4 wurden von Kohlrausch selbst in seinem Vortrage als wenig aussichtsvoll bezeichnet. Er entschied sich daher für Methode 2. Die Naturforschende Gesellschaft bewilligte 250 Taler für einen Mechanismus, der, mittels einer Dampfsirene oder einer Übertragung bewegt, dem geladenen Ring gegen 800 Umdrehungen in der Sekunde erteilen sollte. Die zu erwartenden Schwierigkeiten waren indessen so groß, daß Kohlrausch sich auf die Anfertigung eines Getriebes beschränkte, das später bei Untersuchungen von Weber und Kohlrausch

über elektrische Wellen in einer langen Leitung diente. Für den vorliegenden Zweck aber mußte sich Kohlrausch damit begnügen, die magnetische Wirkung einer statisch gemessenen Elektrizitätsmenge bei dem Durchfließen eines Multiplikators zu bestimmen [Versuche nach dem ursprünglichen Plan Kohlrauschs wurden erst 1876 durch Rowland zur Ausführung gebracht].

Für die Ausführung seines Vorhabens faßte Kohlrausch zuerst die stetige Wirkung des von einer Elektrisiermaschine gelieferten Stromes auf eine Multiplikatornadel ins Auge; die Ergiebigkeit der Maschine in elektrostatischem Maß sollte aus der Ladungszeit einer großen Batterie von auszumessender Kapazität ermittelt werden. Zahlreiche Versuchsreihen hierüber liegen vor; die Reibungselektrisiermaschine hat aber doch wohl die vorausgesetzte Konstanz der Wirkung vermissen lassen. Schließlich wurde eine Leidener Flasche mit empirisch zu bestimmender Kapazität als Quelle des Stromstoßes benutzt. Als Vorbereitung zum elektrostatischen Teil der Messung konstruierte Kohlrausch als ein bis dahin noch völlig fehlendes zur Potentialmessung geeignetes Instrument das Sinus-elektrometer und erforschte die Gesetze des elektrischen Rückstandes. Aus den Versuchen ergab sich das Verhältnis der elektrostatischen zur elektromagnetischen Einheit, nach dem später eingeführten C.G.S.-System gemessen, gleich $3107 \cdot 10^7$ oder annähernd $3 \cdot 10^{10}$. [Diese berühmte Messung steht zu der Weberschen Formel in einem ähnlichen Verhältnis wie Hertz' Messung der Geschwindigkeit elektrischer Wellen zu den Maxwell'schen Gleichungen.] Erwägt man die vor fünfzig Jahren vorhandenen primitiven und schwerfälligen Mittel sowie die geringen Erfahrungen und die Schwierigkeiten, die bei dieser ersten exakten absoluten Messung nach elektrostatischen Einheiten überwunden werden mußten, so erscheint die Annäherung des gefundenen Resultats an den wahren, damals nicht einmal der Größenordnung nach bekannten Wert als eine bewundernswerte Leistung. Reichlich ein Jahrzehnt später beginnt, mit Maxwell und W. Thomson anhebend, die neue glänzende, mit modernen Mitteln ausgeführte Reihe von Messungen derselben Größe, doch hat es geraume Zeit gedauert, bis die Genauigkeit jener ersten Messung übertroffen war¹⁾.

¹⁾ Es sei hier noch angemerkt, daß in demselben Bändchen von Ostwalds Klassikern der Herausgeber (S. 106) dafür eintritt, die Über-

Von anderen Leistungen Kohlrausches sind namentlich seine Untersuchungen zur experimentellen Begründung und Ausarbeitung des Ohmschen Gesetzes zu nennen, ferner eine Arbeit über die Akkommodation des Auges (1836) und eine Bestimmung der Dichte von Gasen und Dämpfen (1856).

R. Kohlrausch war in Göttingen als Sohn des späteren Generalschuldirektors Friedr. Kohlrausch in Hannover geboren, und war nach beendeter Studienzeit als Lehrer an der Ritterakademie zu Lüneburg, dann (1835—1849) am Gymnasium zu Rinteln tätig. Nach einem Jahr akademischer Tätigkeit an der polytechnischen Schule in Cassel wurde er infolge der Mißgunst des neu installierten Ministeriums Hassenpflug an das Gymnasium zurückversetzt, und zwar nach Marburg, wo er 1854 wenigstens zum außerordentlichen Professor an der Universität ernannt wurde. Aber der Antrag der Uni-

versität, den verdienstvollen Forscher zum Ordinarius zu befördern, wurde von der Regierung dreimal abgelehnt! Endlich befreite ihn (1857) eine Berufung nach Erlangen aus den unerquicklichen kurhessischen Verhältnissen, doch erfreute er sich der günstigeren, mehr Freiheit und Mittel für wissenschaftliche Arbeiten verheißenden Stellung nur kurze Zeit, da er schon am 8. März 1858 starb. In einem Schulprogramm von 1844 hat er auch physikalische Denkaufgaben unter dem Titel „Proben physikalischer Übungsaufgaben“ veröffentlicht, von denen eine Auswahl in der Zeitschr. z. Förd. des physikalischen Unterrichts von Lisser und Benecke 1886 wieder abgedruckt worden ist. In dem begleitenden Text spricht er sich mit großer Entschiedenheit gegen die übermäßige Verwendung der Mathematik im Physikunterricht mit noch heut beachtenswerten Gründen aus.

P.

4. Unterricht und Methode.

Zur Statistik der naturwissenschaftlichen Schülerübungen in Preußen. Über die Verbreitung der Schülerübungen in Preußen ist zuerst durch die Rundfrage der Unterrichtskommission der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte im Jahre 1906 eine Übersicht gewonnen worden (vgl. diese Zeitschr. 20, 401). Damals wurden physikalische Übungen an 30 Anstalten, chemische an 100, naturgeschichtliche an keiner höheren Lehranstalt abgehalten. Seitdem hat die Zahl der Anstalten erheblich zugenommen, namentlich infolge der Förderung, die der Sache durch Gewährung von Geldmitteln von seiten der Unterrichtsverwaltung zuteil geworden ist. Nach einer soeben von Geh.-Rat NORRENBURG in der *Monatsschr. f. höhere Schulen* 1909 veröffentlichten interessanten Darstellung waren

gehung W. Webers bei der Wahl der Bezeichnungen für die Einheiten der Strommessung dadurch wieder gut zu machen, daß man die C.G.S.-Stromeinheit, also 10 Amp., als 1 Weber bezeichnet und bei den magnetischen Wirkungen des Stroms mit dieser viel geeigneteren Einheit rechnet. Dieser Vorschlag, der bereits mehrere Jahre alt ist, verdient von seiten der deutschen Physiker mehr Beachtung, als ihm bisher zuteil geworden ist; auch für den Unterricht ist eine solche kurze Bezeichnung für die C.G.S.-Einheit des Stromes von Wert. (In des Referenten Oberstufe der Naturlehre § 129, 2, ist die Bezeichnung bereits eingeführt.)

am 1. Mai 1909 naturwissenschaftliche Schulerübung an 224 Anstalten (d. h. 28,7 % aller höheren Lehranstalten) eingeführt, und zwar am zahlreichsten in den Provinzen Sachsen (44,3 %), Westpreußen (41,4 %) und Brandenburg (32,7 %), am wenigsten zahlreich in Posen (18,5 %), Schleswig Holstein (22,2 %) und Schlesien (23,2 %). Unter den 224 Anstalten befinden sich

Gymnasien	65	= 19,6 %
Realgymnasien	77	= 62,1 %
Oberrealschulen	68	= 90,7 %
Progymnasien	2	= 5 %
Realprogymnasien	2	= 5,1 %
Realschulen	10	= 5,9 %

Hiernach sind dem Prozentverhältnis nach vorwiegend die realistischen Volleranstalten an der Einrichtung der Schülerübungen beteiligt. Die relativ geringe Zahl von Gymnasien ist nicht so auffällig, wenn man bedenkt, wie große Widerstände hier zu überwinden sind, und besonders in Anbetracht der in Philologenkreisen ziemlich verbreiteten, für die Gymnasien verhängnisvollen Auffassung, daß diese Anstalten gemäß ihrer Eigenart ihre Stärke in der Pflege der alten Sprachen unter Zurückdrängung der realistischen Bildungselemente erblicken sollten. Leider hat auch der sonst so hochverdiente Paulsen durch seinen Beifall dieser Auffassung Vorschub geleistet. Sehr bedauerlich ist ferner das Zurückbleiben der sechsklassigen Realschulen.

Herr Geh.-Rat NORRENBURG erblickt die Hauptgründe hierfür in dem Mangel geeigneter Räumlichkeiten und ausreichender Hilfsmittel, sowie darin, daß in der obersten Klasse, die vor allem in Frage komme, das Interesse zu ausschließlich auf den äußeren Erfolg der Abschlußprüfung gerichtet sei. Allerdings zeigt sich hierin „eine bedauerliche Überschätzung des aus dem Lehrbuche angeeigneten Wissens auf Kosten eines selbständigen, wenn auch auf Einzelgebiete beschränkten wirklichen Naturerkennens“. Es muß aber doch noch hinzugefügt werden, daß die Hauptschule an diesem beklagenswerten Zustande der Lehrplan der Realschulen mit seiner Zurücksetzung des naturwissenschaftlichen Unterrichts und die Bestimmungen für die Abschlußprüfung mit ihren vorwiegend sprachlichen Maßstäben tragen.

Ein anderes Bild wieder ergibt sich, wenn man die Verteilung der Übungen auf Physik, Chemie und Naturgeschichte ins Auge faßt. Wie aus historischen Gründen erklärlich, überwiegen die chemischen Übungen. An den 224 Anstalten bestehen insgesamt 355 Übungskurse, die sich folgendermaßen verteilen:

	Physik	Chemie	Naturgeschichte	Summe
G . . .	56	21	14	91
RG . . .	38	69	14	121
OR . . .	34	66	19	119
PG . . .	3	2	—	5
RPG . . .	1	1	1	3
RS . . .	9	6	1	16
Summe .	141	165	49	355

An den Gymnasien herrschen, da die Chemie kein besonderes Lehrfach bildet, die physikalischen Übungen vor, an den realistischen Schulen die im Lehrplan seit langem vorgesehenen chemischen Kurse. Bemerkenswert ist jedoch, daß von den Oberrealschulen noch 12%, von den Realgymnasien noch 44,4% keine besonderen chemischen Laboratoriumsübungen eingeführt haben. — Hier dürfte der Mangel an Räumlichkeiten, der auf allzu große Sparsamkeit beim Bau der Schulgebäude zurückzuführen ist, eine Rolle spielen,

auch wirkt sicher noch der Umstand nach, daß bis vor kurzem die (unbedeutenden) Mittel zur Abhaltung chemischer Übungen von den für den Etat maßgebenden Instanzen nicht selten versagt wurden.

Von den 355 Übungskursen sind 137 oder 38,6% in die verbindlichen Unterrichtsstunden des normalen Lehrplans eingeordnet, die übrigen 218 oder 61,4% sind fakultativ. Die erstere Anordnung überwiegt an den Oberrealschulen, die letztere an Gymnasien und Realgymnasien. Die Zahl der Klassen, in denen naturwissenschaftliche Übungskurse stattfinden, beträgt 684, und zwar finden in 283 Klassen physikalische, in 309 chemische, in 92 naturgeschichtliche Übungen statt. Vorwiegend sind hieran die beiden Primen beteiligt, in geringerem Maße die Obersekunda, noch schwächer die U II und O III, obwohl gerade in diesen Klassen eine auf Selbsttätigkeit gegründete Einführung in die Naturwissenschaft besonders am Platze wäre. Aus der betreffenden Tabelle seien hier die folgenden Daten mitgeteilt, betreffend die Anzahl von Anstalten, an denen Übungen in den einzelnen aufgezählten Klassen abgehalten werden:

	O I	U I	O II	U II	O III
Physik	83	86	63	34	17
Chemie	132	136	20	20	1
Naturgeschichte .	29	34	22	4	2

Eine noch hinzugefügte Übersicht über die Beteiligung an den fakultativen Übungen, in Prozent der Gesamtschülerzahl der Klasse angegeben, lehrt zu wenig, da die Zahl der Schüler zumeist durch die Zahl der verfügbaren Arbeitsplätze bestimmt ist. Doch wird im allgemeinen die Beteiligung der Schüler an den Übungen als höchst erfreulich bezeichnet.

An die statistischen Mitteilungen schließt der Verf. noch über den Erfolg und den Wert der Schülerübungen dankenswerte Darlegungen, die gewiß nicht verfehlten werden, auf maßgebende Kreise, von deren Wohlwollen der gute Fortgang der Sache mit abhängt, Eindruck zu machen.

P.

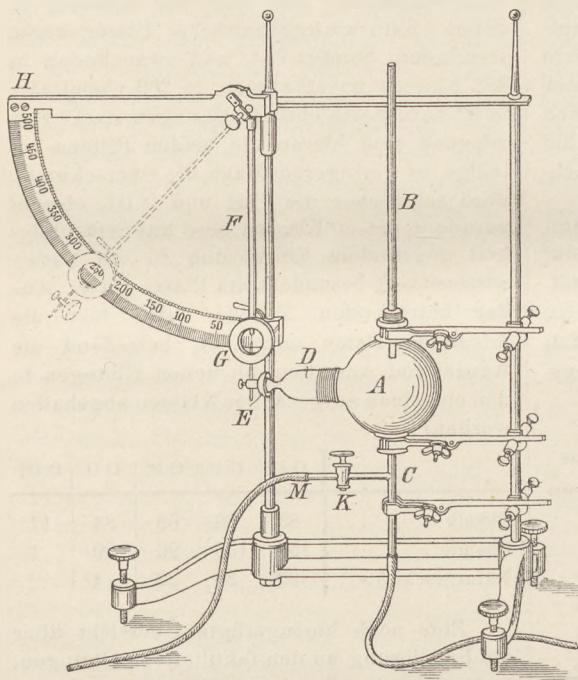
5. Technik und mechanische Praxis.

Zur Heiz- und Leuchtwertbestimmung des Leuchtgases benutzt N. TECLU einen Apparat, der eine Abänderung des von ihm früher¹⁾

beschriebenen Explosionsapparates darstellt. Derselbe beruht auf der genügend begründeten Voraussetzung, daß sowohl für den Heizwert des Leuchtgases als auch für die Spannkraft eines explodierenden Gasgemenges

¹⁾ Journ. f. prakt. Chemie [2] 75, 228 (1907).

von Leuchtgas und Luft im wesentlichen die Verbrennungstemperatur der stattfindenden Verbrennung maßgebend ist. *A* ist ein Litergefäß aus Glas mit drei Öffnungen. Die obere hat einen Querschnitt von 2 cm und trägt luftdicht eingepaßt die 35 cm lange und 1,2 cm weite Glasröhre *B*. Die untere Öffnung hat dieselbe Weite; in diese mündet freistehend die Glasröhre *C*, die 1 cm weit und 12 cm lang ist und in Verbindung steht mit der rechtwinklig angeschmolzenen Glasröhre *M*,



die den Glashahn K trägt. Die seitliche Öffnung verengt sich an der Mündung der Röhre D bis auf etwa 8 mm Querschnitt und wird lose von einem Aluminiumschälchen E umgeben, das an dem leicht beweglichen, aus einer Messingröhre hergestellten Pendel F von 35 cm Länge befestigt ist. Oberhalb des Schälchens trägt die Pendelstange einen Aluminiumring G , in dessen Mitte ein Zeiger angebracht ist, hinter welchem sich die Skala befindet. An dem Ring ist überdies eine Hemmvorrichtung angebracht, die, wenn sie nicht ausgeschaltet ist, nur die Bewegung des Pendels von rechts nach links, nicht aber die entgegengesetzte gestattet.

Zum Gebrauch wird ein Sekundenschlagwerk in Tätigkeit gesetzt und bei geschlossenem Hahne K , indem man die Sekunden zu zählen beginnt, der Gashahn der Leitung geöffnet und das Leuchtgas durch die Röhre C

in die Glaskugel eingeleitet, wo es die Luft verdrängt und nachher, meist durch die Röhre *B*, aber auch in weit geringeren Mengen durch die seitliche Öffnung und auch durch die untere ins Freie gelangt. Das aus der Röhre *B* entweichende Gas wird inzwischen entzündet und brennen gelassen. Man schließt dann den Gashahn, wenn zwischen dem Öffnen und Schließen desselben 30 Sekunden verstrichen sind. Die Flamme wird hierdurch sofort kleiner. Es beginnt das Ansaugen von Luft, sowohl durch die seitliche, als auch namentlich durch die untere Öffnung der Kugel, die Flamme nimmt allmählich eine bläuliche Farbe an, spaltet sich endlich, worauf die Flammentrennung eintritt; während die eine Flamme auf der Mündung der Röhre *B* verbleibt, gleitet die andere in bekannter Weise zur Kugel, wo sie die Explosion bewirkt. Die Gase aus dem Gefäß werden hierbei durch alle drei Ausgänge der Kugel plötzlich ausgestoßen, und jener Teil von diesen, der durch die seitliche Öffnung der Röhre *D* entweicht, setzt das Pendel in Bewegung und bewirkt, der Spannkraft der entweichenden Gase entsprechend, einen Pendelausschlag. Obgleich dieser nur einen aliquoten Teil der Explosionswirkung ausmacht, so steht er doch, da der Apparat bei den Untersuchungen unverändert bleibt, in einem bestimmten unabänderlichen Verhältnisse zu der Gesamtwirkung der Explosion. Auch regelt sich letztere

automatisch auf die stets gleiche Explosionsgrenze des Leuchtgases, weshalb der Pendelausschlag der Explosion den Heizwert des Leuchtgases zum Ausdruck bringt. Solche Bestimmungen sind über zweihundert ausgeführt worden, deren Ergebnisse in der Originalabhandlung in Tabellen zusammengestellt sind.

Als Maßeinheit zum Vergleiche der angeführten Werte des Pendelausschlages wurde die Explosionswirkung benutzt, die ein Gemenge von gleichen Volumen Wasserstoff und Sumpfgas verursacht, wenn dieses mit demselben Apparate und unter gleichen Bedingungen zur explosiven Verbrennung gebracht wird.

Nachdem sich bei den Bestimmungen der Leuchtgasmischung mit Luft als auch der Mischung des Wasserstoffs mit Sumpfgas, unter den gewöhnlichen Umständen die Be-

rücksichtigung des Barometerstandes, der jeweiligen Temperatur und des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft aus besonders zu diesem Zwecke ausgeführten Untersuchungen nicht als unbedingt erforderlich herausgestellt hat, indem bei zehn solchen Proben nur eine Höchstdifferenz von etwas über 1% nachgewiesen werden konnte, ist die oben angeführte Maßeinheit unmittelbar als Maßstab für die Leuchtgasprobe zugrunde gelegt worden.

Die Versuche ergaben, daß die einzelnen Leuchtgasproben in ihrem Heizwerte jene des Gemenges von Wasserstoff und Sumpfgas um 0,36 bis 9,65% übertreffen.

Diese Methode läßt auch auf den Leuchtwert des Leuchtgases schließen. Bei Glühköpfen, deren Lichtintensität von der Verbrennungstemperatur des Leuchtgases abhängig ist, steht der Heizwert des Leuchtgases im geraden Verhältnis zu seinem Leuchtwert; allein auch wenn das Leuchtgas als solches verbrennt, und die Glut des ausgeschiedenen Kohlenstoffs für den Leuchtwert maßgebend wird, kann nach dieser Methode der Leuchtwert des Leuchtgases ermittelt werden. Man beobachtet nämlich, daß, wenn das Zuströmen des Leuchtgases in die Glaskugel abgesperrt wird, während das aus dem Apparate ausströmende Leuchtgas verbrennt, die Flamme eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt, um abzubrennen und die Zündung in der Explosionskugel zu bewirken. Karburiert man das Leuchtgas, so wird das Abbrennen verlangsamt, mischt man etwas Wasserstoff dem Leuchtgase zu, so erfolgt das Gegenteil, die Brenndauer wird kürzer; die Zeitdauer, während welcher eine Flamme in dem angeführten Explosionsapparate abbrennt, hängt im wesentlichen von der Differenz zwischen den spezifischen Gewichten des in die Glaskugel einströmenden Gases und der Luft ab. Je leichter das Gas ist, desto schneller strömt es durch den Apparat empor, und um so mehr saugt es Luft mit; die vermehrte Menge von Sauerstoff beschleunigt das Abbrennen der Flamme. Ein schwereres Gas strömt langsamer, saugt demnach weniger Luft an, und seine Brenndauer wird entsprechend mehr Zeit in Anspruch nehmen. Man hat demnach, um den Leuchtwert des Gases zu ermitteln, nur die Anzahl der Sekunden, welche das Abbrennen der Flamme erfordert, von dem Zeitpunkte an, da der Hahn der Gasleitung geschlossen wird, bis zu dem Augenblicke der eintretenden Explosion, am besten mit Hilfe eines Chronometers, zu messen¹⁾.

Für die Abbrenndauer des Leuchtgases wurden beispielsweise die nachfolgenden Zahlen erhalten:

Nr.	Datum	Tageszeit	Abbrenndauer in Sekunden
1	23. November	3 Uhr	35,0
2	23.	4 -	35,0
3	23.	4 -	35,0
4	25.	4 Uhr 30 Minuten	35,0
5	25.	5 Uhr	34,5
6	25.	5 Uhr 30 Minuten	34,0
7	25.	4 Uhr	35,0
8	26.	9 Uhr 30 Minuten	35,0
9	26.	10 - 45	34,0
10	26.	12 - 30	34,0

Bezüglich der Einzelheiten der übrigen Messungen wird auf die Originalabhandlung verwiesen. Die Versuche zeigten, daß der Leuchtwert des Leuchtgases jenen des Gemenges von Wasserstoff und Sumpfgas um 25,9 bis 29,6% übertrifft.

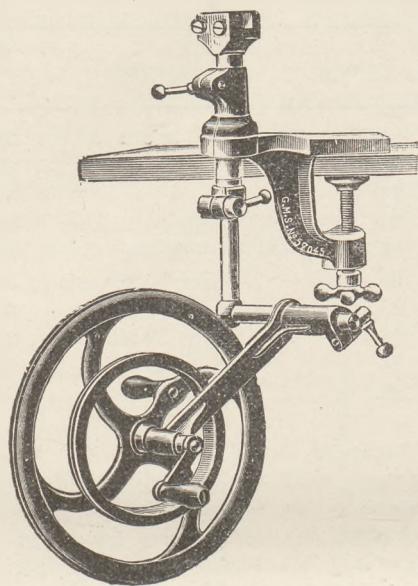
Die angestellten Untersuchungen gaben Aufschluß über den Heizwert und Leuchtwert des Leuchtgases innerhalb jener Grenzen der Genauigkeit, welche chemisch-technische Analysen einzuhalten pflegen; ihre einzelnen Untersuchungsphasen sind sehr scharf gekennzeichnet, wodurch Beobachtungsfehler kaum zu gewärtigen sind, und die einzelnen Bestimmungen nehmen nur wenige Minuten in Anspruch. — Der Apparat wird von der Firma W. J. Rohrbecks Nachfolger in Wien angefertigt. (Vierteljahrssberichte des Wiener Vereins z. Förd. d. phys. u. chem. Unt., XIV. Heft 2. S. 93 ff. Wien, 1909.)

O.

Uhrmacherwerkzeug als Laboratoriumsgerät. Von W. VOLKMANN. (Physikal. Zeitschr. 1909, Nr. 18.) Der Verfasser empfiehlt ein sehr genau gearbeitetes, durch die Gelenkigkeit seiner Befestigung sehr vielseitig verwendbares und ungemein billiges Antriebsrad für Drehbewegungen. Seine ursprüngliche Bestimmung ist, als Halter und Antrieb für eine

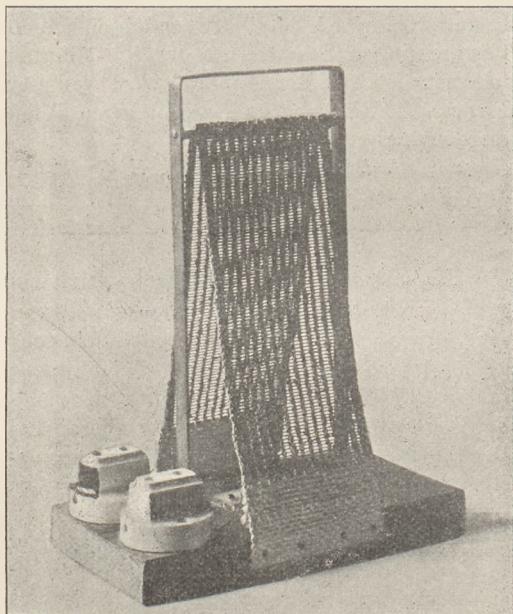
¹⁾ Diese Bestimmungen der Abbrenndauer der Flamme als auch die der Ermittlung des Pendelausschlages werden für gewöhnlich bei jeder Probe gleichzeitig ausgeführt, und für jede neue Untersuchung wird der Apparat mittels einer Saugvorrichtung gereinigt, indem letztere mit dem Rohre M in Verbindung gebracht und der Hahn K geöffnet wird.

Uhrmacherdrehbank zu dienen, die in dem in der Figur oben sichtbaren Schlitz mit zwei Schrauben festgeklemmt wird. Der Durch-



messer des Rades beträgt 21 cm und der Preis bei Julius Busse, Berlin, Grünstr. 3, 13,20 Mark einschließlich Tischklemme.

Billige und handliche Vorschaltwiderstände. Von W. VOLKMANN. (*Physikal. Zeitschr.*



1909, Nr. 18.) „Die beistehende Figur zeigt einen Vorschaltwiderstand für eine Bogenlampe von 5 Amp. Stromstärke zum Anschluß an 220 Volt.

Bei richtiger Ausnutzung des Lichtes reicht eine solche Bogenlampe für alle optischen Versuche, die sich überhaupt mit künstlichem Licht objektiv darstellen lassen, vollkommen aus. Ich bin allmählich mit verbesserter Lampenform, und indem ich das Licht besser ausnutzen lernte, von 25 Amp. auf 5 Amp. heruntergegangen, und bis jetzt ist noch jeder mit den leuchtenden Spektren, die ich damit erzielt, zufrieden gewesen¹⁾.

Der Widerstand besteht aus einem von Schniewindt in Neuenrade, Westfalen, bezogenen Asbestgitterwiderstandsband, dessen Preis etwa anderthalb Mark beträgt. Es ist ein Gewebe, dessen Kette aus Asbestfäden und dessen Einschlag aus Neusilberdraht besteht. Das ganze Band hat 10 cm Breite und 55 cm Länge, doch besteht bei den ersten und letzten 5 cm des Bandes auch der Einschlag aus Asbest, so daß man hier das Band anmageln kann. Das Band ist mit einem Gerüst aus Bandeisen, dessen oberer runder Querstab mit Asbestpapier bewickelt ist, in einer für den Luftzug günstigen Form über einem Grundbrett ausgespannt. Seine freien Drahtenden sind zu je einem Loch zweier Anschlußdosen geführt, deren andere Löcher unter sich kurz verbunden sind. In einem Laboratorium, in dem vielfach Ungeübte mit der Bogenlampe arbeiten, ist es nützlich, diese Anschlußdosen von denen an der Wand verschieden zu nehmen; es ist dann ganz unmöglich, die Lampe ohne den richtigen Vorschaltwiderstand anzuschließen. Für stärkere Ströme schaltet man mehrere dieser Widerstände auf einem längeren Grundbrett parallel. Es ist das vorteilhafter als die Verwendung dickdrähtiger Widerstände.

Die Widerstandsbänder, die die genannte Firma auch bei Bezug nur weniger Stücke bereitwilligst in den verschiedensten Längen, Breiten und Widerstandswerten herstellt, sind auch sonst vielfach verwendbar. Beim Gebrauch von Wechselströmen sind sie durch ihre sehr geringe Kapazität und Selbstinduktion sehr wertvoll. Versieht man sie auf beiden Seiten mit Doppelklemmen, so kann man sie leicht nach Bedarf in größerer Zahl parallel schalten und große Belastungswiderstände zusammensetzen. Die Widerstände werden auf Wunsch übrigens auch mit Abzweigungen hergestellt.“

W. Vn.

¹⁾ Über die Anordnung siehe die Schrift des Verfassers: *Der Aufbau physikalischer Apparate aus selbständigen Apparatenteilen*. Berlin, J. Springer, 1905, Seite 66.)

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Taschenbuch für Mathematiker und Physiker.

Unter Mitwirkung von Fr. Auerbach, O. Knopf, H. Liebmann, E. Wölffing u. a. herausgegeben von Felix Auerbach. Mit einem Bildnis Lord Kelvins. Leipzig, B. G. Teubner, 1909. 450 S.; geb. M 6,—.

Nach dem Beispiel anderer Wissenschaften hat sich auch für die Mathematik und Physik das Bedürfnis nach einem Taschenbuch herausgestellt, das die für den Gebrauch wichtigsten Daten aus den beiden Wissenschaften enthält. In dem vorliegenden Bande nimmt die Mathematik 203, die Physik 147, die allgemeine Chemie 19 Seiten ein. Was die Auswahl des Stoffes betrifft, so fällt auf, daß in der Physik vielfach auch solches Material dargeboten ist, was sich in den meisten Lehrbüchern findet und zu dem festen Bestand des Unterrichts gehört. Der Zweck des Taschenbuchs kann aber offenbar nicht der sein, ein Lehrbuch zu ersetzen; es sollte vorwiegend die Formeln, Daten und Konstanten bringen, die der praktische Physiker braucht, und zwar die Werte, die nach dem jeweiligen Stand der Forschung die zuverlässigsten und neuesten sind. So sollten die magnetischen Elemente nicht für 1905, sondern für 1908 angegeben sein; dem Ref. ist wohl bekannt, daß das nicht leicht ist, aber gerade deswegen sollte ein Taschenbuch dies leisten. Zugleich müßten die wichtigsten Fortschritte des letztverflossenen Jahres, also wenigstens 1907, in dem Buche zusammengestellt sein. Dies wäre wohl wertvoller als eine sukzessive kompendiöse Behandlung von Lehrbuchkapiteln. Auch in dem mathematischen Teil scheint der Unterschied von Taschenbuch und Repetitorium nicht streng eingehalten zu sein. Angehängt sind Übersichten der Zeitschriften, der Gesellschaftsschriften, der neu erschienenen Bücher, eine Totenliste, Listen der Hochschullehrer und der Mittelschullehrer. Den Beginn macht ein kurzes Kalendarium (das aber nicht quer gedruckt sein sollte) nebst sehr willkommenen astronomischen Daten und eine verständnisvoll geschriebene Lebensskizze von Lord Kelvin aus der Feder des Herausgebers.

P.

La machine à influence, son évolution, sa théorie par V. Schaffers. Paris, Gauthier Villars, 1908. 506 p.

Der Verfasser hat bereits 1898 eine kürzere Schrift über die Theorie der Influenz-

maschine erscheinen lassen und sich auch mehrfach an dem Ausbau dieser Maschine beteiligt. Er bietet jetzt eine interessante und gründliche Darstellung der historischen Entwicklung der Maschine und fügt hinzu, was nach den neueren Forschungen über ihre Theorie zu sagen ist. Dabei interessiert uns besonders die Stellung, die er unserm verdienstvollen W. Holtz zuweist. Er erkennt an (S. 171), daß beide Arten von Maschinen, sowohl die einfache, wie auch die selbst-erregende mit doppelter Drehung, zuerst von Holtz angegeben sind (vgl. diese Zeitschr. 17, 193); für Wimshurst macht er geltend, daß er seiner eigenen Erklärung nach nichts von der die zweite Art betreffenden Veröffentlichung von Holtz gewußt habe, und daß ihm doch bezüglich der Einbürgerung dieser Art Maschine ein Verdienst zukomme, da in Deutschland die daraufbezüglichen Vorschläge von Holtz in Vergessenheit geraten seien. In bezug auf die Erklärung der Maschine sagt der Verfasser (S. 77), man hätte die Maschine längst besser verstanden, wenn man den theoretischen Ideen des Erfinders mehr Aufmerksamkeit geschenkt hätte. Der umfangreiche mit 197 Figuren ausgestattete Band behandelt in seinem zweiten Teil (S. 238—506) die allgemeine Theorie und bietet am Schluß beachtenswerte Resultate vergleichender Messungen an den verschiedenen Typen dieser Maschinen.

P.

Die Maxwellsche Theorie und die Hertzschen Schwingungen; die Telegraphie ohne Draht. Von H. Poincaré. Aus dem Französischen übersetzt von Max Iklé. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1909. 199 S. Geb. M 3,50.

Auch dieses Werk des geistreichen Verfassers zeigt wieder alle Vorzüge, die seinen Schriften eigen sind, vor allem eine große Kunst der Darstellung abstrakter Gegenstände und das Talent, schwierig zu begreifende Vorgänge durch mechanische Gleichnisse zu erläutern. So wird beispielsweise die Abstoßung entgegengesetzter gerichteter elektrischer Ströme durch den Zentrifugalregulator verdeutlicht. Von der drahtlosen Telegraphie werden nur die Grundzüge an den einfachsten Versuchsanordnungen erläutert, zugleich aber mancherlei Probleme, die sich daran knüpfen, in lichtvoller Weise erörtert. Die Übersetzung liest sich leicht und ist wohlgegelingen.

P.

Die Elektrizität. Von L. Poincaré. Übersetzt von Prof. Dr. A. Kalähne. Leipzig, Quelle & Mayer, 1909. 261 S. M 3,80; geb. M 4,40.

Das Buch ist eine Ergänzung zu der „modernen Physik“ desselben Verfassers; es ist wie dieses weder für Fachmänner allein noch bloß für unerfahrene Anfänger geschrieben, sondern für den großen Kreis von bis zu einem gewissen Grade physikalisch und technisch Gebildeten, denen die neueren Fortschritte sowohl der Theorie wie der Technik ihrem prinzipiellen Charakter nach näher kennen zu lernen erwünscht ist. Das Buch löst seine Aufgabe meisterhaft; ohne eine Formel zu benutzen, gibt es ein Bild der neueren Forschungen über den Magnetismus, dann über Induktion und elektrischen Strom, über Generatoren, Motoren, Übertragung elektrischer Energie, chemische und elektrische Energie, elektrische Beleuchtung und schließt mit einem kurzen Kapitel über die künftige Entwicklung der Elektrizität, worin die Vakuumröhren eine hervorragende Rolle zu spielen berufen sind. Das Buch ist reich an interessanten Daten und lehrreichen Perspektiven, so daß die Lektüre auch für den Kundigen einen Genuss bildet. P.

Die Schwerebestimmung an der Erdoberfläche.
Von Prof. Dr. J. B. Messerschmidt. Mit 25 Abbildungen. (Die Wissenschaft, Heft 27.) Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1908. 158 S. M 5,—; geb. M 5,80.

Von den Methoden zur Bestimmung der Schwerkraft werden sowohl die absoluten Messungen mit Fadenpendel und Reversionspendel als auch die relativen Bestimmungen mit dem transportablen Halbsekundenpendel von Sterneck, dem invariablen Reversionspendel von Defforges und andere eingehend beschrieben. Mitgeteilt werden dann die Ergebnisse sowohl für die normale Schwerkraft (am Äquator und in Meereshöhe $\gamma_0 = 9,78046$) als auch für ihre Verteilung auf der Erde, für die Konstitution der Erdkruste, die räumliche und zeitliche Veränderung der Schwerkraft und den Einfluß der Schwerkraft auf die geometrischen Höhenmessungen (wegen der Nichtparallelität der Niveauflächen). P.

Die Kraftfelder. Von V. Bjerknes. Mit 29 Abbildungen. (Die Wissenschaft, Heft 28.) Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1909. 173 S. M 7,—; geb. M 7,80.

Den Gegenstand des Werkes bilden die auffälligen, bereits von C. A. Bjerknes, dem

Vater, gefundenen Analogien zwischen hydrodynamischen und elektromagnetischen Felderscheinungen; die Haupteigenschaften der hydrodynamischen Felder werden in elementarer synthetischer Form dargestellt, und im Anschluß daran die Versuche beschrieben, die zur Verifikation und Veranschaulichung der Resultate führen. Daran schließt sich eine strengere mathematische Darstellung der hydrodynamischen Analogie und schließlich eine Theorie der Kraftfelder in Medien mit gyrostaticischen Eigenschaften. Es bleibt eine Reihe von Fragen offen, die zu weiterer Forschung auf diesem Gebiet auffordern. P.

Die atmosphärische Elektrizität. Methoden und Ergebnisse der modernen luftelektrischen Forschung. Von H. Mache und E. v. Schweidler. Mit 20 Abbildungen. (Die Wissenschaft, Heft 30.) Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1909. 247 S. M 6,—; geb. M 6,80.

Die Verfasser geben in diesem Buche eine dankenswerte Übersicht über die Methoden und die Ergebnisse der überaus umfangreichen Forschungen auf diesem Gebiet. Es sind in den einzelnen Kapiteln folgende Gegenstände behandelt: Das elektrische Feld der Atmosphäre; die Elektrizitätsleitung der Atmosphäre; die Ionen der Atmosphäre; die Ionisatoren und Elektrisatoren der Atmosphäre; elektrische Strömungen in der Atmosphäre; leuchtende Entladungen in der Atmosphäre; Theorien der atmosphärischen Elektrizität. Im Anhang ist ein sehr umfassender Literaturnachweis gegeben. P.

Entwicklungsgeschichte der reinen und angewandten Naturwissenschaft im XIX. Jahrhundert. I. Band: Die Naturphilosophie und ihre Überwindung durch die erfahrungsgemäße Denkweise (1800—1850). Von Dr. Otto Byck. Leipzig, Joh. Ambrosius Barth, 1909. 654 S. M 15,—; geb. M 16,—.

Den vorliegenden Band eröffnet eine glänzend geschriebene kulturgeschichtliche Einleitung, die den Aufstieg der Naturphilosophie sowie ihren Niedergang und das Aufblühen einer induktiven Naturforschung in Deutschland behandelt. Es schließen sich daran der Reihe nach die Einzeldisziplinen: Physik, Chemie, Technik, Mineralogie, Geologie, Mathematik, Astronomie, Zoologie, Botanik, Medizin. Die Darstellung hat einen großen Zug und bemüht sich, die „Ursachen des Fortschritts, die Richtung und die Gipfelstellen der Entwicklung“ hervorzuheben; auch an persönlichen Charakteristiken und Einzelzügen, die

dazu beitragen, die Darstellung lebendig zu gestalten, fehlt es nicht. Die Gliederung ist überaus geschickt und natürlich; manche Abschnitte lesen sich wie kleine in sich geschlossene Monographien. Mit der Einfügung von Verweisungen auf andere Stellen des Buches ist der Verfasser jedoch wohl zu weit gegangen; die doppelte Zahlenreihe, die den Text durchsetzt und begleitet, verwirrt mehr, als daß sie das Aufsuchen erleichterte. Der zweite Band stellt sich die schwierige Aufgabe, den Einfluß des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft auf allen wissenschaftlichen Gebieten in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts aufzuzeigen; man darf gespannt sein, wie dem Verfasser die Lösung dieser Aufgabe gelingen wird. *P.*

Aus der Werkstatt großer Forscher. Allgemein verständliche erläuterte Abschnitte aus den Werken hervorragender Naturforscher aller Völker und Zeiten. Bearbeitet von Dr. Friedrich Dannemann. 3. Auflage des I. Bandes des Grundrisses einer Geschichte der Naturwissenschaften. Mit 62 Abbildungen und 1 Spektraltafel. Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1908. XII und 430 S. M 6,-; geb. M 7,-.

Es ist sehr dankenswert, daß der Verfasser sich entschlossen hat, den ersten Band seines Grundrisses, der die Auszüge aus den Originalschriften großer Forscher enthält, getrennt herauszugeben. Der Wert dieser Zusammenstellung ist bereits früher in dieser Zeitschr. 10, 262 eingehend gewürdigt worden. Manche Stücke sind, sofern dafür Zeit vorhanden ist, im Unterricht verwendbar, das Ganze aber ist vorzüglich geeignet, reiferen Schülern zum Privatstudium in die Hand gegeben zu werden. Die vorliegende Auflage enthält sieben neue Stücke, nämlich aus Keplers Dioptrik, aus Newtons Prinzipien, aus John Mayows Schrift über Verbrennung und Atmung, aus Lamberts Photometrie, aus Faradays Experimentaluntersuchungen (zwei Stücke), aus Brückes Schrift über das Protoplasma. Nicht alle sind gleich gut geeignet, in die Werkstatt der Forscher einzuführen; so gibt namentlich Newton mehr eine Lehrdarstellung als eine Entdeckungsgeschichte, auch das Stück aus Lambert ist wenig bedeutend, aber immer ist es von Wert, die Forscher selbst über ihren Gegenstand sprechen zu hören. Das Werk sei auch in dieser neuen Form dem Interesse aller Lehrer der Naturwissenschaften empfohlen. *P.*

Astronomische Erdkunde. Von Prof. Otto Hartmann. Mit 30 Textfiguren, 1 Sternkarte und 99 Übungsaufgaben. Zweite umgearbeitete Auflage. Stuttgart u. Berlin, Fr. Grub, 1907. 74 S.; geb. M 1,20.

Die zweite Auflage dieser bereits in Jahrgang 19 angezeigten Schrift weist manche erhebliche Verbesserungen auf, auch von den Figuren sind einige erneuert, eine größere Zahl neu hinzugekommen. Zu beanstanden bliebe nur Fig. 11, in der die Lotabweichungen in einer neuerdings beliebten, aber im Grunde doch didaktisch unzulässigen Übertreibung dargestellt werden. In der sonst so exakt gearbeiteten Schrift sollte dies bei einer nächsten Auflage richtiggestellt, auch die wahre Größe der Abweichungen, z. B. am Shehallian, hinzugefügt werden. *P.*

Der Bau des Weltalls. Von Prof. Dr. J. Scheiner. Mit 26 Figuren im Text und auf 2 Tafeln. 3. verb. Auflage. (Aus Natur und Geisteswelt, Bd. 24.) Leipzig, B. G. Teubner, 1909. 132 S. M 1,25.

Das empfehlenswerte Schriftchen (vgl. diese Zeitschr. 15, 51) erscheint in fast unveränderter Gestalt, nur sind einige Berichtigungen vorgenommen und die neueren Ergebnisse tunlichst berücksichtigt. *P.*

Die Planeten. Von Prof. Dr. Bruno Peter. Mit 18 Figuren im Text. (Aus Natur und Geisteswelt, Bd. 240.) Leipzig, B. G. Teubner, 1909. 131 S. M 1,25.

Das Bändchen setzt sich aus einer Reihe von Monographien über die einzelnen Planeten (einschließlich der Erde) zusammen und bietet namentlich auch vieles historisch Interessante, z. B. die näheren Umstände der Entdeckung des Neptun. Die genaue Mitteilung dessen, was über die physische Natur der Planeten bekannt ist, begegnet einem weit über die Fachkreise hinaus verbreiteten Interesse und wird dem Schriftchen zahlreiche Leser zuführen. *P.*

Jahrbuch der Naturwissenschaften 1908–1909. Vierundzwanzigster Jahrgang. Herausgegeben von Dr. Joseph Plaßmann. Mit einem Bildnis von Dr. Max Wildermann und 27 Abbildungen. Freiburg i. B., Herder, 1909. XII u. 462 S. Geb. M 7,50.

Nach dem Tode M. Wildermanns, der zusammen mit Benjamin Herder dieses Jahrbuch begründete, hat der als Astronom bekannte Prof. Plaßmann in Münster die Herausgabe übernommen. Seinem Vorgänger widmet er einen pietätvollen Nachruf. Die

Einteilung des Buchs ist ebenso wie die Mehrzahl der Mitarbeiter unverändert geblieben. Die Physik ist von H. Konen in einer vortrefflich gelungenen zusammenhängenden Darstellung behandelt, die Chemie von K. Dammann, die Astronomie vom Herausgeber, der auch noch zwei Artikel zur Kalenderfrage und über natürliche und künstliche Zeit beisteuert. Von den übrigen Abschnitten seien besonders noch Meteorologie (mit Luftschiffahrt), Angewandte Mechanik, Industrie und industrielle Technik hervorgehoben. Den Schluß bilden Himmelserscheinungen vom 1. Mai 1909 bis 1. Mai 1910 und das Totenbuch von 1908. *P.*

Leitfaden für physikalische Schülerübungen. Von Hermann Hahn. Mit 225 Textfiguren. Berlin, Julius Springer, 1909. IV u. 357 S. Geb. M 3,—.

Das für die Hand des Lehrers bestimmte „Handbuch“ desselben Verfassers (vgl. diese Zeitschr. 22, 202) hat schnell wohlverdiente Anerkennung gefunden; es sei hier nur das Urteil eines hervorragenden amerikanischen Fachmannes, Chas. S. Smith in Chicago, angeführt, der seinen dortigen Kollegen den Rat gibt, wenn sie noch kein Deutsch verstanden, sollten sie es jetzt lernen, um von dem Hahnschen Werke Nutzen ziehen zu können. In dem vorliegenden, für Schüler herausgegebenen Leitfaden sind die sämtlichen 213 Aufgaben des Handbuches zusammengestellt, aber es ist alles fortgelassen, was mehr zur Orientierung des Lehrers über die Technik der Versuche und die Auswertung der Ergebnisse dient. Angegeben sind bei jeder Aufgabe die zur Ausführung erforderlichen Geräte und der genaue Gang der Versuche. Die Anleitungen lassen erkennen, daß es dem Verfasser nicht bloß auf die Übung im Experimentieren ankommt, sondern daß ihn der Blick auf hohe methodische und pädagogische Ziele leitete, und so wird auch dieses Buch an seinem Teil der Vervollkommnung des physikalischen Unterrichts dienen. Es wird zugleich, wenn es sich in den Händen der Schüler befindet, dem Leiter der Übungen seine schwierige Aufgabe beträchtlich erleichtern. *P.*

Biologie und Physik. Ein Beitrag zur Konzentration der naturwissenschaftlichen Fächer. Von Dr. Walther Schönichen. Mit 125 Abbildungen im Text. Leipzig, R. Voigtländer, 1909. 146 S. M 2,—; geb M 2,80.

Der Verfasser hat seinen Fachgenossen, die den physikalischen Unterricht erteilen,

mit diesem Büchlein ein dankenswertes Geschenk gemacht. Es ist von hohem Interesse, die Anwendungen physikalischer Gesetze auf dem Gebiet der organischen Natur kennen zu lernen. Namentlich umfangreich und mannigfach sind die Beispiele über den luftverdünnten Raum, ihnen schließen sich solche über die unterkühlten Flüssigkeiten, den Hebel, die Zentrifugalkraft, die elektrischen Fische, das Parallelogramm der Kräfte an. Wir müssen uns das Eingehen auf Einzelheiten versagen, können auch eine Verwendung der dargebotenen Beispiele im Physikunterricht nur in sehr beschränktem Maße befürworten. Denn diese Anwendungen sind vornehmlich doch Sache der Einzelgebiete, denen sie zugehören, und die auch von uns lebhaft befürwortete Konzentration der naturwissenschaftlichen Fächer wird in diesem Falle überwiegend dadurch verwirklicht werden, daß die Biologie die Bezugnahme auf die Physik angelegentlich pflegt. Auch kann eine mechanistische Weltanschauung nicht (wie der Verfasser wünscht) dadurch bekämpft werden, daß der Physiker die physikalisch erklärbaren Lebensvorgänge behandelt, wohl aber dadurch, daß der Biologe bei Besprechung der betreffenden Erscheinungen das mehr als Physikalische, das in der zweckvollen Organisation der lebenden Wesen liegt, kräftig betont. In dieser Richtung hätte der Verfasser wohl noch etwas weniger zurückhaltend sein können. *P.*

Physik und Chemie in gemeinverständlicher Darstellung. Zum Selbstanterricht und für Vorlesungen. Von Prof. Dr. B. Weinstein. 2. vollständig umgearbeitete und erweiterte Auflage. I. Band: Allgemeine Naturlehre und Lehre von den Stoffen. Mit 18 Abbildungen. Leipzig, Joh. Ambrosius Barth, 1909. 271 S. M 4,20; geb. M 4,80.

Das Buch ist, wie schon bei der 1. Auflage (diese Zeitschr. 11, 192) angedeutet, für nachdenkliche Leser bestimmt, die sich über die Grundbegriffe der Wissenschaft Klarheit verschaffen wollen; solche werden auch durch die teilweise abstrakte Behandlung des Gegenstandes in dem ersten Teil des Bandes (S. 1 bis 88) nicht abgeschreckt werden. Der zweite, größere Teil behandelt die Physik und Chemie der Substanzen und geht nach einer Darstellung der allgemeinen physikalischen Eigenschaften sehr ausführlich auf die Chemie der anorganischen und organischen Stoffe ein. Die vielfach berücksichtigten Beziehungen zum praktischen Leben machen diesen Teil

lesbarer, als es nach dem ersten Eindruck bei dem fast völligen Mangel veranschaulichender Figuren scheinen könnte. Immerhin dürfte es für den Laien recht schwierig sein, auf vorwiegend gedanklichem und buchmäßigen Wege diesen reichen Erfahrungsstoff zu bewältigen. *P.*

Trappes Schul-Physik. 16. Auflage, neu bearbeitet von Dr. Th. Maschke. Nebst einem Anhang: Die einfachsten chemischen Erscheinungen mit Berücksichtigung der Mineralogie von Dr. Julius Schiff. Mit 1 farbigen Spektral-tafel und vielen Abbildungen im Text. Berlin, Ferdinand Hirt, 1909. 440 und 83 S. M 5,—.

In dieser neuen Auflage (vgl. diese Zeitschr. 17, 183) sind nun auch die Wärmelehre und die Optik neu umgearbeitet worden. Die erstere hat zum größten Teil Herr Dr. Ahrendt (jetzt Realschuldirektor in Haynau) verfaßt; sie folgt im wesentlichen den alten Traditionen; bemerkenswert ist eine geschickte Darstellung der Mayerschen Ableitung des Wärmeäquivalents und eine gute schematische Figur der Dampfmaschine mit liegendem Zylinder, während bei der sonst recht hübschen Figur des Gasmotors die hier besonders wichtige Steuerung fehlt. Die Optik folgt in der Anordnung teilweise neuen Bahnen, auch einige einfache neue Versuche sind angegeben, dagegen hätte z. B. der veraltete halbkreisförmige Glastrog zur Demonstration der Lichtbrechung durch eine modernere Vorrichtung ersetzt sein können. Die Astronomie fehlt dem Buche, die auf die Gravitation bezüglichen Abschnitte sind zweckmäßig in die Mechanik eingereiht, doch denkt sich der Verfasser ihre Behandlung der Oberprima vorbehalten. Das Buch stellt in seiner nunmehr fertigen neuen Gestalt ein recht empfehlenswertes Unterrichtsmittel dar.

Der ebenfalls schon früher besprochene chemische Anhang ist auch in einer Sonderausgabe erschienen, die seine Benutzung neben einem anderen Physikbuche ermöglicht. *P.*

Leitfaden der Physik. Von Prof. H. Klingelhöfer, Oberlehrer an der Großherzogl. Oberschule in Darmstadt. Mit 334 Figuren. Gießen, Emil Roth, 1908. 187 S. M 1,60: geb. M 2,—.

Der Leitfaden ist für die Unterstufe bestimmt. Der Verfasser hält dafür, daß in der Mechanik vielfach der deduktive Weg einzuschlagen sei, weil die induktive Methode zu schwierig sei. Dies mag für manche Fälle zugestanden werden, rechtfertigt aber

doch nicht eine so abstrakte Behandlungsweise, wie sie besonders im Beginn der Mechanik § 22–25 und namentlich § 27 eingeschlagen ist. Die Betonung der Erhaltung der Arbeit ist gewiß schon bei der schießen Ebene (§ 34) am Platze, man soll sie aber nicht rein dogmatisch einführen, wie es dort geschieht; die bloße Behauptung, daß der Arbeitsbetrag eine für jeden gegebenen Fall konstante Größe sei, reicht dafür nicht aus. Erst beim Hebel (§ 46) wird eine Art von Erläuterung gegeben. An dem einleitenden Kapitel über allgemeine Eigenschaften hält der Verfasser noch fest, obwohl dies fast von allen Seiten verworfen worden ist. Zu den übrigen Abschnitten wäre noch manches zu bemerken, doch beschränkt sich Referent auf den Hinweis, daß die Figuren zum großen Teil doch gar zu primitiv sind. Schematische Figuren sind in einem Lehrbuch durchaus angebracht, aber solche Abbildungen von Dampfmaschinen wie Fig. 120 und 121 sind nicht einmal für eine rasch hingeworfene Wandtafelskizze geeignet. *P.*

Einführung in die Theorie des Magnetismus.

Von Dr. Richard Gans, Privatdozenten an der Universität Tübingen. 40 Textfiguren, VI und 110 Seiten. Leipzig, B. G. Teubner, 1908. M 2,40.

Das Buch stellt eine mathematische Ergänzung zu Ewings Induktion in Eisen und verwandten Metallen und zu den Magnetischen Kreisen von Du Bois dar; bei seinem geringen Umfang konnte es sich nicht darum handeln, die Theorie vollständig darzustellen; der Verf. hat sich vielmehr auf die Herleitungen beschränkt, die für die Praxis, insbesondere auch für die magnetische Instrumentenkunde, von Bedeutung sind. Die mathematischen Entwicklungen sind möglichst einfach gehalten, speziellere Fragen sind oft durch kurze Andeutung und Quellennachweis berücksichtigt. Bei der Besprechung der permanenten Magnete kommen des Verfassers eigene Untersuchungen zur Geltung. Die Stelle im § 2 „d. h. wir zeichnen eine H-Linie auf der unendlich kleinen Flächeneinheit“ ist nicht recht verständlich. Die Symbole der Vektorrechnung werden bei den wichtigsten Formeln mit angeführt und erläutert, als Rechnungshilfsmittel aber nicht verwendet. Das Buch füllt eine tatsächlich bestehende Lücke aus und wird sich gewiß viele Freunde erwerben. *W. Vn.*

Die Geschichte der Telegraphie. Erster Teil.

Von Th. Karrass, Geh. Postrat und Ober-Tele-

grapheningenieur. (Telegraphen- und Fernsprechtechnik Nr. IV.) Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1909. XII u. 702 S., m. d. photogr. Nachbildung eines eigenhändl. Briefes von Morse sowie 618 Abb. i. Text u. auf 7 Tafeln. Geh. M 28,—; geb. M 30,—.

Die Geschichte der Naturwissenschaften und Technik erfreut sich mit Recht in neuerer Zeit steigender Wertschätzung; den der Geschichte der technischen Wissenschaften gewidmeten Werken reiht sich nun das vorliegende an. Der dazu wie kaum ein zweiter berufene Verfasser gibt hier eine ganz vortreffliche und vollständige Übersicht über die Entwicklung der Telegraphie bis einschließlich der elektrischen Einrichtungen zur „wechselzeitigen“ Übermittlung telegraphischer und telephonischer Nachrichten, während Gegensprechen, Doppelsprechen, Doppelgegensprechen usw. dem — hoffentlich bald folgenden — zweiten Teile vorbehalten sind. Der Verf. überläßt es mehr oder weniger dem Leser, die feinen Fäden der Entwicklung selbst zu knüpfen, und begnügt sich, allerdings in vortrefflich klarer Behandlungsweise, die einzelnen Methoden und Apparate unter kritischer Würdigung ihrer Vorteile und Nachteile in ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge zu beschreiben, wobei ihm als Rahmen die Einteilung in „nichtelektrische“ (mechanische, hydraulische, pneumatische, optische, akustische), „reibungselektrische“ und „elektrische Ströme“ verwendende Telegraphen“ dient. Auf diese Weise ist es ihm möglich gewesen, ein erstaunliches Material zu bewältigen und andererseits über die vielgestaltige Menge der Apparate eine gute Übersicht zu geben, deren Wert durch reichliche Literaturnachweise noch erhöht wird. Allerdings erscheint dabei der Zusammenhang der Entwicklung nicht so evident, und es sei der Wunsch ausgesprochen, daß am Schlusse des zweiten Teiles noch eine diesen Zusammenhang zur Darstellung bringende Übersicht gegeben werden möge. Im einzelnen sei folgendes bemerkt: In § 16 wären als sehr wichtig die Windsemaphorstationen unserer Küsten, in § 34 und 35 die Jahreszahlen anzugeben gewesen, im gleichen Abschnitte das akustische System von Gauthey (1782) zu erwähnen; die §§ 88–95 gehörten nach Ansicht des Ref. richtiger zu den optischen Telegraphen, zuzufügen wären die modernen Nachtsignalapparate der Marine sowie die von Ruhmer erfolgreich versuchte Lichttelegraphie (und Telephonie) mittelst Scheinwerfer, Selenzelle,

Vibrationsgalvanometer und Morseschreiber. Zu S. 40 ist zu berichtigen, daß Columbus 1492 die „Linie ohne Deklination“ entdeckte. Bei den Drucktelegraphen (§§ 145–158) wäre doch wohl auch der interessanten Konstruktionen von Cerebotani zu gedenken gewesen. Bei dem Buchstabenschreibtelegraphen von Hipp (§ 177), der gewissermaßen einen Übergang zu den — nicht behandelten — eigentlichen Fernschreibern oder Telautographen bildet, wäre eine ausführlichere Schriftprobe sehr angebracht gewesen. § 179 (Anmerkung 1) vermißt Ref. den Hinweis auf den automatischen Telegraphen von Siemens 1854. Die Ausstattung ist sehr gut, nur läßt die Heftung zu wünschen übrig. Das Werk sei angelegentlichst der Beachtung empfohlen.

W. B. v. Czudnochowski.

Einführung in die Elektrotechnik. Hochschulvorlesungen. Von Dr. C. Heinke, ord. Prof. an der Techn. Hochschule München. Leipzig, S. Hirzel, 1909. XX u. 501 S., 512 Abb. i. Text. Geh. M 13,—; in Leinwandband M 14,—.

Einführung in die Elektrotechnik. Physikalische Grundlagen und technische Ausführungen. Von R. Rinkel, Prof. d. Maschinenlehre u. Elektrotechnik a. d. Handelshochsch. Cöln. (Teubners Handbücher für Handel und Gewerbe.) Leipzig, B. G. Teubner, 1908. VI u. 463 S., 445 Abb. i. Text. Geh. M 11,20; in Leinwandband M 12,—.

Einführung in die Elektrotechnik. Sieben Experimentalvorträge. Von Prof. Anton Zemann. Wien und Leipzig, A. Hartleben, 1907. VIII u. 168 S., 117 Abb. i. Text. Geh. M 2,70.

Zwar übereinstimmenden Titels sind die angezeigten drei Werke, doch gänzlich verschiedenen Charakters. Für das Heinkesche Buch ist der Titel eigentlich zu bescheiden gewählt, da es tatsächlich ein wirkliches Lehrbuch der Elektrotechnik ist, umfassender und inhaltreicher als manches diesen Titel führende Buch. Der Verf. unterscheidet zweierlei Arten von Bestandteilen seines Stoffes, solche grundsätzlichen und daher nur wenig veränderlichen, und solche die Anwendung und Ausgestaltung betreffenden und demnach stark veränderlichen Charakters, und hat dieses in seinem Buche auch sehr geschickt zum Ausdruck gebracht, indem er auf die Erarbeitung eines tieferen Verständnisses der Grunderscheinungen und Grundgesetze besonderen Wert legt, wobei folgerichtig die praktischen Anwendungen als Beispiele erscheinen, deren „Modernität“ mehr in den Hintergrund tritt; damit ist dann auch die Möglichkeit gegeben, ohne Schädi-

gung des Wertes des Ganzen ältere interessante Konstruktionen zu berücksichtigen. Das Gebiet ist in 220 §§ mit großer Vollständigkeit behandelt, wir finden u. a. auch Elektrisiermaschinen (§ 29), Telegraphie ohne Draht (§§ 109–116), Funkeninduktor (§ 125), Mikrophonsummer (ebenda), elektrolytische Unterbrecher (§ 126), Teslaversuche (§ 135), elektrische Klingel und Hebemagnete (§ 136); am Schlusse sind noch in zwei Abschnitten die Meßinstrumente (§§ 199–208) und Leitungsanlagen nebst Anschlußapparaten (§§ 209–220) besprochen. Das Buch besitzt eine besonders auch in eingehender Behandlung der Wellenstromerscheinungen zutage tretende persönliche Note. Die Ausstattung ist vornehm.

Das Buch von Rinkel lehnt sich ebenfalls an Vorlesungen, aber solche für Eisenbahnbeamte, an, dabei Wissenschaftlichkeit mit gemeinverständlicher Ausdrucksweise vereinend; behandelt ist nur die Starkstromtechnik, die Licht- und Krafterzeugung. Die Darstellung ist klar und im allgemeinen dem Zwecke ganz entsprechend. Auf S. 2 ist Absatz 2 Ende der Satz vom Fluidum doch recht anfechtbar, Gleichstrommaschinen für mehr als 1000–2000 Volt sind schon verschiedentlich gebaut, so eine, allerdings als Versuch, von Thury für 27000 Volt (S. 133), Hörnerblitzableiter haben sich bisher noch durchaus als die einfachsten und besten Blitzschutzvorrichtungen erwiesen (S. 298), S. 401 hätte die Vielfachsteuerung an Hand eines Schemas eingehender erläutert, statt nur ihrer Bedeutung nach erklärt, werden müssen, Elektromobile sind seit geraumer Zeit in verschiedenen Formen (Feuerwehrfahrzeuge, Droschken) in erheblicher Anzahl in Verwendung (S. 418), die bisher umfassendste Darstellung der Untersuchungen über den Lichtbogen findet sich nicht bei Monasch (S. 423), sondern im Buche des Ref. (Leipzig, Hirzel), die Darstellung betr. das Flammenbogenlicht (S. 435) ist unrichtig, insofern gerade die Einführung der die Ökonomie erhöhenden Fluorverbindungen das Verdienst Bremers ist, die Verwendung des Blasmagneten ist im Gegensatz zu der Behauptung des Verf. eine ziemlich häufige; typische Bogenlampen fehlen ganz, von Fig. 426 abgesehen. Bei der *Hg*-Lampe hätte vor allem die Quarzlampe Erwähnung verdient; von Metallfadenlampen sind nur Osmium-, Osram-, Tantallampe genannt, *Ir*, *Zr*, *W*- usw. Lampen fehlen ganz. Die Abbildungen sind mit wenigen Ausnahmen gut

und zweckentsprechend. Das Buch sei der Beachtung empfohlen.

Ganz anders geartet ist die als dritte genannte ZEEMANNSCHE Schrift. Hervorgegangen aus im Jahre 1906 zuerst gehaltenen Experimentalvorträgen macht sie keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern will nur die im täglichen Leben dem einzelnen gelegentlich oder häufiger vorkommenden Anwendungen der Elektrizität, von der Schwachstromtechnik abgesehen, behandeln. Der Verf. läßt dabei die im Schulunterricht behandelten Erscheinungen im wesentlichen unberücksichtigt und beginnt seine Darlegungen mit dem magnetischen Kraftfelde. Der Inhalt gliedert sich in:

1. Gleichstrommaschinen, Kraftübertragung;
2. Wechselstrom- und Drehstrommaschinen, Transformatoren und Umformer;
3. Maße und Meßapparate, Elektrochemie, Akkumulatoren;
4. Zentralen, Bahnen;
5. Leuchtechnik, Lichttelephonie;
6. Hochspannungsercheinungen, Gasentladungen, Röntgenstrahlen;
7. elektrische Schwingungen, Radiotelegraphie.

Man sieht, der behandelte Stoff ist recht reichhaltig. Die Darstellung ist klar und lebendig, wenn auch aus naheliegenden Gründen von jeder Benutzung rechnerischer Hilfsmittel und Lehrsätze abgesehen ist; die Illustrierung ist reichhaltig und durchaus zweckmäßig. Das Buch ist, namentlich auch für Schulbibliotheken, warm zu empfehlen.

W. R. v. Czudnochowski.

Die edlen und die radioaktiven Gase. Von Sir William Ramsay, K. C. B., Nobel Laur., Prof. an der Universität London. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft 1908. Mit 16 Abb. 39 S. M 1,80.

Das Büchlein, ein in Wien gehaltener, fast populärer Vortrag, beginnt mit Priestley und Cavendish, der vor 120 Jahren, ohne es zu wissen, reines Argon dargestellt hatte, und schließt mit den verblüffenden, alchymistisch anmutenden Versuchen Ramsays über die Einwirkung von Radiumemanation auf andere Stoffe. Die Diktion ist so liebenswürdig und klar, so einfach, obwohl fast nur Arbeiten des Verfassers selbst referiert werden, daß der Vortrag wie ein Kunstwerk wirkt. Es ist ein eigenartiger Zufall, daß Ramsays erste Ruhmestat, die Entdeckung der fünf neuen Luftbestandteile, mit seinem zweiten Arbeitsgebiet, den radioaktiven Erscheinungen, so eng verknüpft ist. Ramsay deutet an, daß wahrscheinlich die Radiumemanation eines der fehlenden höheren Glieder der Argonklasse ist. — Der Vortrag, der eine

Fülle von Belehrung und Anregung bringt, sei allen Lesern der Zeitschrift auf das wärmste empfohlen. *W. Roth-Greifswald.*

Die Bedeutung der Lehre von der chemischen Reaktionsgeschwindigkeit. Von Privatdozent Dr. Julius Meyer. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft. 1908. IV u. 64 S. Brosch. M 2.—.

Das Buch behandelt kurz und leichtfaßlich an wenigen, gut gewählten Beispielen die Lehre von der chemischen Kinetik und ihre Anwendungen auf die organische und anorganische Chemie, die chemische Technik, auf biologische Fragen und auf die Untersuchung der radioaktiven Stoffe. Letztere werden zum guten Teil ja nur durch eine kinetische Konstante, die Zerfallsgeschwindigkeit, charakterisiert. Da das kleine Buch die erweiterte Niederschrift von Vorträgen darstellt, hat der Verfasser von Namennennungen und Zitaten abgesehen. Es wäre sehr zu wünschen, daß einer neuen Auflage mindestens als Anhang Literaturnachweise beigegeben würden. Der Verfasser beschränkt sich auf die „vollständig“ verlaufenden Reaktionen. Auch hier wäre vielleicht eine Erweiterung am Platze. *W. Roth-Greifswald.*

Moderne Chemie. Von Sir William Ramsay. 1. Teil: Theoretische Chemie. Ins Deutsche übertragen von Dr. Max Huth. 2. Auflage. Halle, W. Knapp, 1908. M 2.—.

Der eigentümliche Wert des Buches wurde bereits bei seinem ersten Erscheinen gekennzeichnet (diese Zeitschr. 19, 51). In der neuen Ausgabe ist interessant die Hinzufügung eines nur wenige Seiten zählenden Abschnittes über „die Natur der Elektrizität“. Der Verfasser stellt sich hier ganz auf den Boden der Elektronentheorie und gelangt z. B. hinsichtlich der Elektrolyse zu den knappen Sätzen (S. 59): „Aus . . . Lösungen können die Elemente in freiem Zustande abgeschieden werden, indem den Metallionen Elektronen zugeführt, den nichtmetallischen Ionen solche entzogen werden. Eine galvanische Batterie ist also eine Maschine, durch welche den Ionen Elektronen zugeführt oder entzogen werden können, eine Art elektrischer Druck- und Saugpumpe.“ Die vielfältigen historischen Hinweise bilden eine besondere Zierde des Werkes. Das Buch bedarf einer weiteren Empfehlung nicht. *O.*

Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie in zwei Bänden. Von J. P. Treadwell. 1. Bd.

Qualitative Analyse. Mit 25 Abbildungen und 3 Spektraltafeln. 6. Auflage. Leipzig u. Wien, F. Deuticke, 1908. M 9.—.

Das bewährte Buch ist in dieser Zeitschrift wiederholt Gegenstand der Besprechung gewesen (15, 249; 16, 316; 17, 377), so daß es genügt, auf das Erscheinen der neuen Auflage hinzuweisen. In dieser sind die Spektraltafeln erneuert, während im Text allenthalben die Spektren der wichtigsten Metalle in Wellenlängen angegeben sind. Das vielseitige, auf dem Boden der modernen Theorien stehende Werk sei von neuem der Beachtung empfohlen. *O.*

Naturlehre (Physik und Chemie) für höhere Mädchenschulen, Lehrerinnen-Seminare und Mittelschulen. Von K. Meyer, Kaiserl. Seminar-direktor in Straßburg i. E. Mit 338 Abbildungen. 5. Aufl. Leipzig und Wien, Freitag & Tempsky, 1908. 258 S. M 3.—.

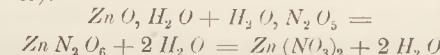
Der Wert des Buches wird außerordentlich dadurch beeinträchtigt, daß weder dem physikalischen noch dem chemischen Teile ein Register beigegeben ist. Auf diesen Umstand wurde bereits gelegentlich der Besprechung einer früheren Auflage (16, 123) ausdrücklich hingewiesen. Bemerkenswert für die vorliegende Ausgabe ist, daß der Verfasser der Neigung, den Stoff zu vermehren, mit der Begründung widerstanden hat, daß es besser sei, auch in den Schulen, für welche das Buch bestimmt ist (s. o.), Schülerübungen einzuführen, anstatt noch mehr Unterrichtsstoff in den Lehrstunden durchzuarbeiten. Bezüglich des sonstigen Wertes des Buches verweisen wir auf die frühere Besprechung. *O.*

Lehrbuch der Chemie. Für höhere Lehranstalten bearbeitet von Georg John und Rudolf Sachsse. Mit 101 Figuren im Text. Kleine Ausgabe. Leipzig und Berlin. B. G. Teubner.

Das Lehrbuch zerfällt in vier Teile, von denen der erste (im ungefähren Umfang von 100 Seiten) dem Vorworte nach den Lehrstoff für den propädeutischen Unterricht darbieten soll. Der zweite, der annähernd denselben Umfang besitzt, ist zur systematischen Einführung in die anorganische Chemie bestimmt; der dritte, etwas kürzere, soll als Grundlage für den Unterricht in der organischen Chemie dienen. Den Schluß bilden ausgewählte Kapitel aus der chemischen Technologie; ein Anhang enthält gegen 100 stöchiometrische Aufgaben. Nach der in Preußen üblichen Verteilung des Stoffes müßte demnach der erste, nahezu ein

Drittel des Buches erfüllende Teil in U II durchgearbeitet werden, während die übrigen zwei Drittel den Stoff für den dreijährigen Unterricht in Obersekunda und Prima liefern würden, eine offenbar wenig zweckmäßige Einteilung, deren Grund in einer zu starken Überlastung des ersten Teils zu suchen ist. Was dieser Teil enthält, dürfte sich nur schwer im Laufe eines Jahres in zwei wöchentlichen Unterrichtsstunden mit Untersekundanern gründlich durcharbeiten lassen, und es muß bezweifelt werden, ob die eingehende Erörterung der Oxyde des Stickstoffs und des Chlors, der Säuren des Phosphors, Arsens und Antimons, der Wasserstoff- und Chlorverbindungen des Phosphors und anderer Stoffe überhaupt in den propädeutischen Unterricht gehört, und ob es selbst im eigentlichen chemischen Unterricht vorteilhaft ist, die zuerst erwähnten Verbindungen, deren Verständnis selbst reiferen Schülern Schwierigkeiten bereitet, so frühzeitig zu besprechen, wie es die Verff. dem Platze nach tun, den sie diesen Stoffen in ihrem Lehrbuch anweisen. Indes läßt sich darüber streiten, da das erreichbare Ziel, wenn auch nicht ausschließlich, so doch zum guten Teil durch die Geschicklichkeit des Unterrichtenden bestimmt wird. Sicher gehört aber die nahezu einen Druckbogen füllende Erörterung über die chemischen Theorien, die den Schluß des ersten Teils bildet, nicht in den vorbereitenden chemischen Unterricht. Die Verff. bemerken in der Vorede, daß sich der in dem Buche innegehaltene wissenschaftliche Standpunkt den neueren Anschauungen in der Chemie anzupassen versuche, ohne dabei auf die didaktisch wertvollen älteren Auffassungen zu verzichten. Diese Bemerkung bezieht sich anscheinend auf die Auffassung der Sauerstoffsäuren, -basen und -salze, für welche die Verff. an vielen Stellen die alte Berzeliusche Schreibweise verwenden, und die sie, wiewohl sie sich längst als irrig herausgestellt hat, um ihres didaktischen Wertes willen beibehalten zu müssen glauben. So wird z. B. die Einwirkung des Zinks auf verdünnte Schwefelsäure (S. 10) folgendermaßen geschildert: Bei granuliertem Zink . . . wird die Affinität des Zinks zum Sauerstoff durch die Anwesenheit der Schwefelsäure (von der zuvor erwähnt ist, daß sie bei der Elektrolyse des Wassers „eine vermittelnde Rolle“ spielt) so gesteigert, daß sich Zinkoxyd bildet, und Wasserstoff frei wird. Die Schwefelsäure hat danach das Bestreben, das entstehende Zinkoxyd zu binden und mit ihm schwefelsaures Zinkoxyd zu

bilden. Welchen didaktischen Vorzug diese Darstellung, die bekanntlich den Tatsachen nicht entspricht, da der Wasserstoff aus der Säure und nicht aus dem Wasser stammt, vor der zurzeit noch üblichen Auffassung des Vorganges als einer Substitution des Säurewasserstoffs durch das Zink besitzen soll, ist schwer einzusehen, um so schwerer, als die Verff. auch um die letztere Auffassung natürlich nicht herumkommen. Denn auf S. 16 sagen sie bei der Neutralisation der Natronlauge durch Salpetersäure, daß ein Ersatz des Wasserstoffs der Salpetersäure durch das Natrium des Natriumhydroxyds eintrete, wobei natriumhaltige Salpetersäure (sic!) oder salpetersaures Natrium entstehe. Dieses Bestreben, zwei nicht vereinbaren Auffassungen gleichzeitig gerecht zu werden, führt zu eigenartigen Formulierungen für chemische Vorgänge, von denen als Beispiel die Gleichung (S. 19):



angeführt werden mag. Und nur wenige Zeilen darunter wird die Formel des Kaliumnitrits K_2O, N_2O_3 geschrieben. Welche Schreibweise soll denn nun eigentlich der Schüler anwenden? Bald werden die Säureanhydride (z. B. S. 19: Dreifachstickoxyd besitzt Säurecharakter), bald die wäßrigen Lösungen der Oxyde der Nichtmetalle (S. 31) als Säuren bezeichnet, bald endlich werden die Formeln der Säuren in der seit einem halben Jahrhundert üblichen Form geschrieben. Es ist zu befürchten, daß ein solches Verfahren einige Verwirrung in den Köpfen der Schüler hervorruft, und daß der damit angerichtete Schaden größer ist als der Nutzen, den der vermeintliche didaktische Wert veralteter Ansichten stiften kann.

Bedenklich sind die sachlichen Fehler, die sich in nicht geringer Anzahl namentlich in dem ersten Teil des Buches finden, und von denen nur einige hier angemerkt werden sollen. Dem Stickoxyd ist S. 17 die unrichtige Formel N_2O_2 beigelegt, lediglich wegen der besseren äußeren Übereinstimmung, die dadurch mit den Formeln der andern Oxyde des Stickstoffs erzielt wird. S. 19 steht dann die richtige Formel mit der eigentümlichen Begründung, daß man die Formeln in der Regel gekürzt schreibe; auch im systematischen Teil (S. 133) ist die richtige Formel angegeben, dort wird aber behauptet, das Stickoxyd sei „nicht riechbar“, während wir bekanntlich über die Einwirkung dieses Stoffes auf den Geruchssinn nichts wissen, da die

Verbindung an der Luft sogleich in Stickstoffdioxyd übergeht. S. 37 wird behauptet, die Bromoxyde seien beständiger als die Chloroxyde — und doch ist kein einziges Oxyd des Broms bekannt. Unrichtig ist auch die Behauptung S. 39, die Verbindungen des Fluors seien noch wenig untersucht, und seine Metallverbindungen seien wenig zahlreich. Man kennt doch Fluoride genug, und der Fluorit ist beispielsweise nach den verschiedensten Richtungen hin gründlich untersucht worden. Daß sich beim Verbrennen von Schwefel überhaupt kein Trioxyd bildet (S. 46), ist falsch; denn dann müßte das Verbrennungsprodukt ein farbloses Gas sein; daß es undurchsichtig und grau ist, röhrt eben von dem begemengten Trioxyd her. Methan gibt nicht mit der doppelten Menge (S. 68), sondern dem doppelten Volumen Sauerstoff ein explosives Gasgemisch. Die Carboxylgruppe als aus einer Kohlenoxyd- und einer Hydroxylgruppe bestehend anzunehmen (S. 65), ist unstatthaft. Was heißt überhaupt Kohlenoxydgruppe? Die Gruppe C=O wird Carbonylgruppe genannt; sie ist aber für Ketone und nicht für Säuren charakteristisch. S. 101 findet sich der Satz: „Daß die Affinität zwischen zwei Körpern durch Wärmezufuhr erhöht wird, lehrt auch das Zusammenschmelzen von Eisenpulver mit Schwefel zu Schwefeleisen. Wir haben es hier mit einem endothermen, also wärmeaufsaugenden Vorgang zu tun und können die verbrauchte Wärme als Bildungswärme bezeichnen.“ Nun ist aber bekanntlich das Schwefeleisen eine stark exothermische Verbindung, deren Entstehung unter Entwicklung von rund 26 Kal. pro Mol erfolgt, und das, was hier wie in ähnlichen Fällen durch die bei Wärmezufuhr eintretende Temperatursteigerung erhöht wird, ist die Reaktionsgeschwindigkeit. Ähnliche Unklarheiten finden sich auch sonst in dem den chemischen Theorien gewidmeten Teil, auf die einzugehen aus Mangel an Raum unmöglich ist.

Der zweite Teil enthält das Wesentlichste von den Eigenschaften der Elemente und ihren Verbindungen in der üblichen systematischen Aufzählung; hier sind auch die Metalle eingehender berücksichtigt, über die der erste Teil nur einige allgemeine Be trachtungen bringt. Das gelbe Blutlaugensalz als Doppelsalz aufzufassen (S. 178), ist unstatthaft; dasselbe gilt von dem Berliner und dem Turnbullschen Blau (S. 179). Der organische Teil bringt eine Auswahl organischer Verbindungen ohne besondere Berücksichtigung ihres genetischen Zusammenhangs. Neu war

dem Referenten die S. 274 sich findende Angabe, daß das Eosin aus der Rosanilinbase dargestellt werde. Das Verfahren ist leider nicht mitgeteilt.

Berlin.

H. Böttger.

Leitfaden der Chemie für die siebente Klasse der Gymnasien. Von Dr. Franz von Hemmelmayr. Mit 21 Figuren. Wien, Alfred Hölder, 1908. 63 S. Geb. M 1,—.

Das Buch ist für die siebente Klasse der österreichischen Gymnasien geschrieben, die seit 1906 im zweiten Semester zwei wöchentliche Lehrstunden für Chemie erhalten hat. Es bildet einen Anhang zu dem verbreiteten Lehrbuch der Physik von Dr. K. Rosenberg und zeigt in allen Teilen die gleiche Übersichtlichkeit der Anordnung wie das Hauptwerk. Die in dem Begleitworte ausgesprochene Hoffnung, einen geeigneten Führer durch das chemische Lehrgebäude abzugeben, dürfte das kleine Werk überall erfüllen, wo es von einem gründlich durch Versuche in alle Teile einführenden Fachmannen verwendet wird. Denn daß viel mehr des Buchinhaltes in Experimenten vorgeführt werden muß, als das Buch selbst in Gestalt von Versuchsbeschreibungen bringt, ist wohl auch bei einem auf 40 Lehrstunden (s. Begleitwort) beschränkten Unterrichte unbedingt notwendig. Soll der Klassenunterricht in einem halben Jahre mit dem Wichtigsten aus der Chemie fertig werden, so erscheint ja ausnahmsweise der im ganzen systematische Lehrgang und einige Genügsamkeit im Experiment nicht ungerechtfertigt. Immerhin hätte z. B. eine Versuchsreihe, wie die Verwendung von Kalkwasser für kohlensäurehaltige Luft, auch im Leitfaden angedeutet werden können.

Der Umfang, in dem die Theorien der Chemie behandelt sind, ist besonders bei der erwähnten Kürze des Klassenunterrichtes beträchtlich zu nennen. Auch elektrolytische Dissoziation, Massenwirkungsgesetz und Benzolring fehlen nicht. In 40 Stunden kann sicher nur ein Teil davon behandelt werden. Bisweilen sind auch einzelne Stoffgruppen recht zu eingehend dargestellt (so die verschiedenen Phosphor- und Borsäuren). Daß 6 Seiten des Buches vom Organischen berichten, ist erwünscht. Das Wort Assimilation wird freilich vermisst. In der Fig. 1 sieht man nicht den Verbleib des aus dem Gasometer abfließenden Wassers. Der Rohrstutzen ist außerdem wagerecht gezeichnet; statt des kupfernen wird ein gläserner Behälter für die Sauerstoffentwicklung in so kleinem Betriebe auch von

Rosenberg empfohlen (Experimentierbuch I, 2. Aufl., S. 374). Die übersichtlichen technologischen Erörterungen (z. B. über Gewinnung der Metalle) ermöglichen infolge ihrer Knappheit und Klarheit eine schnelle und sichere Orientierung. Daß die Metalle untereinander keine chemischen Verbindungen bilden, ist aber wohl eine etwas zu weit gehende Konzession an den elementaren Charakter des Leitfadens.

H. Rebenstorff.

Lehrbuch der Chemie und Mineralogie für den Unterricht an höheren Lehranstalten. Von Dr. A. Lipp, Professor an der Kgl. Techn. Hochschule in München. I. Teil, Nichtmetalle und Mineralogie. Mit 96 Abbildungen, VIII u. 171 S. II. Teil, Metalle und Organische Chemie. Mit 36 Abbildungen und einer Spektraltafel, IV u. 207 S. Vierte, verbesserte Auflage. Stuttgart und Berlin, Fr. Grub, 1908.

Bei der nunmehr in zwei Teilen erfolgten Ausgabe des Buches sind Anordnung und Umfang nicht wesentlich verändert worden. Es kann daher auf die Besprechungen früherer Auflagen in dieser Zeitschr. 14, 372 und 18, 313 verwiesen werden. Die Mineralogie ist der Chemie der Nichtmetalle angeschlossen worden, bei Verwendung des zweiten Teiles wird jener Anhang mitbenutzt werden müssen. Auch der zweite Teil wird mit einer theoretischen Einleitung von 20 Seiten eröffnet. Hier befinden sich die noch in der vorigen Auflage vermißten Ausführungen der neueren physikalischen Chemie; besonders klar ist der osmotische Druck und van 't Hoffs Gesetz behandelt. Auf die Heranziehung neuerer Fortschritte der experimentellen Technik ist andererseits verzichtet. Auch das Beispiel für chemische Vereinigungen (S. 12), Eisen und Schwefel, mit der gedachten Zweiatomigkeit der Moleküle ist unveränderte Theorie geblieben. Einer Revision bedürfen ferner die Atomgewichtszahlen in den Überschriften neben den Elementennamen. Es heißt u. a.: *Mg* (24,18) 24 — einfache Meßversuche mit dem Metalle würden dabei nicht stimmen —, *Bi* (206,4) 206,5, *Ag* (107,12) 107, *Hg* 198,5. Verschwinden sollten aus Schulbüchern Bezeichnungen wie Flüssigkeitsbläschen, die bei Gasentwicklungen mitgerissen würden (S. 105), und Schwefelsäurebläschen (S. 87), die über rauchender Schwefelsäure den Nebel bildeten.

H. Rebenstorff.

Lehrbuch der Chemie für höhere Lehranstalten und zum Selbstunterricht. Ein Lehrgang auf moderner Grundlage nach methodischen Grund-

sätzen bearbeitet von Dr. E. Kotte, Oberlehrer in Dresden. 1. Teil. Einführung in die Chemie. Mit 117 Fig. Dresden-Blasewitz, Bleyl & Kämmerer, 1908. VIII u. 205 S.; geb. M 3,—.

Wer das Vorwort des vorliegenden Buches liest und die Entwicklung der chemischen Lehrbuchliteratur nicht genauer verfolgt hat, kann leicht zu der Ansicht geführt werden, als handle es sich hier um ganz neue Bestrebungen. Dies ist indessen nicht der Fall. Das Spezifische des Buches ist das starke Heranziehen der in der Wissenschaft zurzeit geltenden modernen Theorien. In dieser Hinsicht hat das Buch verschiedene Vorläufer, deren nennenswerteste Lüpke und Bräuer sind. Freilich in der Art, wie es die neueren Begriffe bringt, schlägt das Buch im ganzen ersten Abschnitt, auf den ja immer viel ankommt, einen Weg ein, den man zwar nicht als einen ganz neuen oder eigenen bezeichnen kann — dazu lehnt es sich zu eng an Ostwalds didaktische Arbeiten an —, der jedoch von dem bis jetzt in der chemischen Methodik Erarbeiteten stark abweicht, und der sich nach der Überzeugung des Ref. — trotzdem sonst das Buch in fachwissenschaftlicher Hinsicht eine an sich gediegene Arbeit darstellt — als ein Irrweg herausstellen wird. Das Buch geht hier für ein Mittelschullehrbuch viel zu abstrakt vor. Das erste „Die Unterscheidung und Trennung der Stoffe“ behandelnde Kapitel bringt im ersten, etwa drei Seiten umfassenden Paragraphen „Körper und Stoffe“ einige allgemeine Eigenschaften der Körper, z. B. auch den Begriff der „spezifischen Eigenschaften“ eines Körpers, gelangt dann zu Sätzen wie „Jeder Stoff umfaßt eine große Anzahl von Einzeldingen, die in ihren spezifischen Merkmalen übereinstimmen“, und schon auf Seite 3 wird von Chemie gesprochen, und zwar wird gleich als „das Grundgesetz“ aufgestellt: „Alle Körper lassen sich in Klassen mit völlig übereinstimmenden Eigenschaften oder in Stoffarten ordnen. Die Kenntnis der Stoffe . . . ist Aufgabe der Chemie.“ Und weiterhin (S. 15): „Die Chemie ist die Lehre von den gleichteiligen oder homogenen Stoffen.“ Das ist für einen Unter- oder bestenfalls Obersekundaner viel zu abstrakt. Beiläufig sei bemerkt, daß S. 46 das Gesetz von der Erhaltung des Gewichts als das „1. Chemische Grundgesetz“ aufgestellt wird, so daß nicht ersichtlich wird, welches als erstes gelten soll. Auch die Aufstellung des erkenntnistheoretischen Gesichtspunktes (S. 3): „Wir wollen uns von Anfang an von der vulgären Anschauung

freimachen, als ob es außer den Eigenchaften noch etwas gäbe, was wirklicher oder wesenhafter sei als diese. Denkt man sich von einem vorliegenden Körper der Reihe nach sämtliche Eigenchaften weggenommen, so bleibt nichts übrig . . .“ — halten wir für entschieden vorfrüh; hier werden dem Schüler Gedankenoperationen zugemutet, die einer gesunden Entwicklung des naiven Denkens nicht förderlich sind. In § 2 gelangen „Die physikalischen Eigenchaften der Stoffe“ zur Behandlung. Die ziemlich in extenso (S. 3...15) gehaltenen Ausführungen über „Masse und Gewicht“, „Dichte und spezifisches Gewicht. Die Räumigkeit der Stoffe“, „Schmelzpunkt und Siedepunkt“ usw. an der Hand einzelner Versuche lassen doch die Frage als gerechtfertigt erscheinen: Muß der chemische Unterricht ganz von vorn anfangen? Kann er sich gar nicht auf den vorangegangenen und parallellaufenden physikalischen Unterricht stützen? In der Mehrzahl der obigen Punkte muß der chemische Unterricht vom physikalischen Entlastung erwarten, und es muß eine kurze Erwähnung oder eine Erinnerung genügen. Etwas anderes ist es, wenn in einem akademischen Lehrbuch, z. B. Ostwalds Grundlinien, all das, was die Chemie zu ihrem Aufbau von der Physik braucht, noch einmal übersichtlich gebracht wird. So erweist sich überhaupt der vorliegende I. Teil — die eigentliche „Einführung“ — als mehr akademisch. Das ist eine Anerkennung und eine Beanstandung zugleich. Akademisch (c. gr. s.) waren fast alle Mittelschullehrbücher bis zum Auftreten der durch Arendt eingeleiteten methodischen Bewegung. Diese ist noch keineswegs, wie der Verfasser meint, „dahin entschieden“, „daß man für die Grundlage den methodischen Gang für notwendig erachtet . . .“, sondern sie zieht andauernd ihre Kreise weiter, denn ihr Ziel ist eine planmäßige Gestaltung des gesamten chemischen Mittelschul-Unterrichts. Weg und Ziel werden hier — wegen des erheblichen Unterschiedes in der Altersstufe — psychologisch-notwendig anders sein als beim akademischen Unterricht. Und wenn der Verfasser meint, daß, sobald man die Erziehung zum Verständnis der physikalischen Grundlagen der Chemie als eine Hauptaufgabe des chemischen Unterrichts betrachtet, „die auf Arendtschen und Wilbrand[t]schen Gedankengängen fußenden Einleitungen, die mit der Betrachtung der atmosphärischen Luft und des Oxydationsprozesses einsetzen, jedenfalls nicht den ersten Ausgangspunkt des chemischen Unter-

richts abgeben können“ —, so stimmen wir ihm hier durchaus nicht zu, höchstens in dem einzigen Punkte, daß die atmosphärische Luft und der Verbrennungsprozeß nicht an den ersten Anfang gehören. Die Nachteile eines solchen Verfahrens sind vom Ref. mehrfach dargelegt worden (vgl. bes. diese Zeitschr. 11. 261). Aber sonst ist die Methode, die an bestimmte Ausgangskörper — wohl am besten an Naturkörper — anknüpft, um allmählich die allgemeineren Begriffe und Gesetze zu entwickeln, sicherlich dem hier im Buche, zumal im ersten Kapitel (S. 1...44) verfolgten Verfahren bei weitem überlegen, besonders darin, daß sie einfacher — also dem jugendlichen Fassungsvermögen entsprechender — und konkreter vorgeht, und daß bei ihrer Anwendung das Prinzip des allmählichen sicheren Aufbaues oder des kontinuierlichen Fortschreitens viel bestimmtgewahrt werden kann. Auch ein Vorwegnehmen von Körpern und Erscheinungen braucht nur ganz vereinzelt zu geschehen. Hier dagegen ist derlei beinahe die Regel. Es wird der Schüler mit wer weiß wie vielen Stoffen mehr oder weniger oberflächlich bekanntgemacht, auf S. 21 z. B., gelegentlich der Lösungen, mit Kochsalz, Zucker, Soda, Pottasche, Glaubersalz, Bittersalz, Alaun, Kupfervitriol, Eisenvitriol, Salpeter, Salmiak, Kreide, Kalkstein und Marmor, Kleesalz und Kleesäure (Oxalsäure), Blutlaugensalz, die alle einzeln gekennzeichnet werden. Ein Gegenstück hierzu bildet die „. . . Übersicht der wichtigsten Elemente“, die fast volle 6 Seiten umfaßt, in denen eine große Menge Einzelheiten enthalten ist und bereits Metalle wie Kobalt, Chrom, Kadmium, Osmium mit aufgezählt und gekennzeichnet werden. Derartige vorläufige Übersichten — die in einem akademischen Buch vielleicht gerechtfertigt sind — halten wir für methodisch ganz verfehlt. Am meisten tritt die Vorwegnahme fundamentaler Erscheinungen im letzten Paragraphen des einführenden Kapitels hervor (S. 37...42), wo es sich um die „Chemische Änderung der Stoffe“ handelt. Hier wird in Versuchen bereits die trockene Destillation (von Zucker, Papier . . ., Braunkohle, Steinkohle), das Brennen von Kalk, die Auflösung von Metallen in Säuren und sogar die Mischung zweier Salzlösungen (Pottasche und Kalialaun, Eisenvitriol mit Oxalsäure, gelbes und rotes Blutlaugensalz mit Eisenvitriol) vorgenommen, ohne näher erläutert zu werden, nur unter dem Gesichtspunkt „ob sich auch beim Zusammentreffen verschiedener Lösungen neue Stoffe ergeben“. Wir können

in all diesen Dingen einen Fortschritt hinsichtlich der chemischen Methodik nicht erkennen. Wesentlich günstiger ist der Inhalt der weiteren Kapitel zu beurteilen, da sich hier mehr der Einfluß der Mittelschul-Methodik zeigt. Im Interesse einer kontinuierlichen Entwicklung der chemischen Methodik, aber auch in Hinsicht der Gerechtigkeit, ist jedoch erwünscht, daß ein neu erscheinendes Buch diejenigen Lehrbücher und Leitfäden angibt, die bei der Abfassung von Einfluß gewesen sind. Dieser Brauch ist erfreulicherweise auch vielfach durchgedrungen; im vorliegenden Buche ist ihm nicht stattgegeben, abgesehen von der ausdrücklichen Erwähnung Ostwalds; die im 2. Teile gegebene Aufzählung von Werken, denen „Abbildungen“ entnommen sind, ist kein genügender Ersatz dafür.

In experimenteller Hinsicht ist als auffällig zu erwähnen, daß hier wieder der Versuch auftaucht, Natrium direkt in einem Zylinder aufsteigen zu lassen (S. 95), ein Versuch, bei dem notorisch schwere Unglücksfälle nicht ausgeschlossen sind. Nicht rationell ist ferner Fig. 36: Gewichtzunahme einer Kerze bei der Verbrennung; auf seiten der Kerze ist Ätznatron angebracht, auf der anderen sind nur die Gewichte. Eine solche Wage senkt sich auf seiten des stark hygrokopischen Ätznatrons in kurzer Zeit auch ohne Brennen der Kerze. Der Versuch ist natürlich nur einwandfrei, wenn auf beiden Seiten gleiche Mengen Ätznatron verwendet werden. Sonst ist aber die experimentelle Seite des Buches, abgesehen von dem ersten Hauptabschnitt, zumeist nur lobend hervorzuheben, ebenso die illustrative. Unverständlich ist es allerdings, daß in einem Buch, welches gerade ein korrektes Verständnis der neueren Anschauungen vermitteln will, die Elektrolyse der verdünnten Schwefelsäure als „Elektrolyse des Wassers“ vorgeführt wird. Erwähnenswert bleibt noch, daß das geschichtliche Moment bei weitem nicht genügend zu seinem Rechte kommt. O.

Einführung in die Elektrochemie. Von Prof. Dr. W. Bermbach in Köln. Leipzig, Quelle & Meyer, 1908. 140 S. Geb. M 1,25.

Bei der steigenden Bedeutung, die die Elektrochemie nicht nur für fundamentale Fragen der allgemeinen Chemie, sondern auch in praktischer Hinsicht immer mehr gewinnt, sind auch kurzgefaßte, mehr populärwissenschaftliche Schriften wie die vorliegende vielfach erwünscht. Sie gibt in

ähnlicher Weise wie die vorzügliche Danneelsche Schrift (ds. Zeitschr. 21, 350) eine übersichtliche und klare Darstellung der wichtigsten Grundgesetze aus der Elektrizitätslehre und der physikalischen Chemie und behandelt in gleicher Weise das spezifisch elektrochemische Gebiet, die Theorie der elektrolytischen Dissoziation, die Leitfähigkeit der Elektrolyten, die Theorie der galvanischen Elemente usw. Die Schrift ist zur Orientierung über das Arbeitsgebiet angelegerlich zu empfehlen. O.

Jäneckes Bibliothek der gesamten Technik.

Band 108: Laboratoriumstechnik. Von O. Bender. Mit 90 Abb. 149 S. M 2,60; geb. M 3,—.
— Band 85: Elektrochemie. Von Dr. P. Ferchland, Patentanwalt. Mit 50 Abb. 144 S. M 2,20.
— Band 30: Elemente der physikalischen Chemie. Von Dr. Joh. Brode. Mit 15 Abb. 148 S. M 2,20. — Hannover 1908, 1909, Dr. M. Jänecke.

Die Bändchen geben knapp gefaßte treffliche Übersichten der behandelten Gebiete. Das erstgenannte kennzeichnet die wichtigsten Manipulationen — wobei man allenthalben merkt, daß ein Praktiker die (vielleicht nicht immer ganz gewandte) Feder führt — und geht dann besonders näher auf die Gasanalyse ein. — Das zweite erörtert, mehr einleitend, einige elektrochemische Grundbegriffe und berücksichtigt dann hauptsächlich die praktischen Anwendungen der wissenschaftlichen Ergebnisse der Elektrochemie, wie die Gewinnung von Aluminium, die Calciumcarbidfabrikation, die technische Elektrolyse und die Galvanoplastik, an der Hand instruktiver Abbildungen. — Mehr rein wissenschaftlich, aber doch auch im Hinblick auf die technische Praxis, behandelt das dritte Bändchen die wichtigsten Gesetze der modernen physikalischen Chemie in anschaulicher Form. O.

Lehrbuch der Mineralogie und Geologie für höhere Lehranstalten. Von Dr. Bastian Schmid, Oberlehrer am Realgymnasium in Zwickau i. S. Zweite, verbesserte Auflage. I. Teil: Mineralogie. Mit zahlreichen schwarzen und farbigen Abbildungen. Eßlingen u. München, J. F. Schreiber 1908. 125 S. M 2,60.

Wir hatten bereits Gelegenheit, auf den Leitfaden der Mineralogie und Geologie, der aus dem „Lehrbuch“ hervorgegangen ist, empfehlend hinzuweisen (diese Zeitschr. 18, 315). Dies Lehrbuch selbst, das in zweiter Auflage vorliegt, gibt an der Hand farbiger Abbildungen, die meist vorzüglich zu nennen

sind, eine weitergehende systematische Übersicht der Mineralien, jedoch keine bloß wissenschaftlichen Beschreibungen derselben, sondern, zumal bei den hervorragend wichtigen, Schilderungen von weitergreifenden Gesichtspunkten aus, Betrachtungen über Entstehung und Umwandlung, die da besonders lebensfrisch werden, wo der Verfasser auf die Wechselwirkungen zwischen dem Reich des Anorganischen und des Organischen näher eingeht. Den zweiten Teil (S. 103..120) bildet eine sehr anschaulich gehaltene Gesteinslehre. Das Buch ist geeignet, der Mineralogie neue Freunde zuzuführen. O.

Aus der Natur. Zeitschrift für alle Naturfreunde.

Herausgegeben von Dr. W. Schönichen. IV. Jahrgang 1908/09. Mit 4 farbigen Tafeln und 433 Abbildungen im Text. Leipzig, Quelle & Meyer. 768 S. Jährlich 24 Hefte. M 8.—.

Die Zeitschrift macht einen überaus stattlichen Eindruck; es ist dem Geschick des Herausgebers namentlich gelungen, eine Anzahl hervorragender Fachmänner zur Mitarbeit an diesem Unternehmen heranzuziehen, das die Kenntnis der neuesten Fortschritte der Naturwissenschaft in weite Kreise hinaustragen soll. An Zahl und Umfang überwiegen die biologischen und geologisch-paläontologischen Aufsätze, aber auch aus der Physik und Chemie sind nennenswerte zusammenfassende Darstellungen vorhanden, so über moderne Beleuchtung (Nothdurft), Wettervorhersage (van Bebber), flüssige Kristalle (O. Lehmann), Calciumkarbid (Lassar-Cohn) — die Schreibweise Kalzium sollte ausgemerzt werden —, Uran (H. Kauffmann) u. a. m. Das Buch eignet sich auch als Weihnachtsgeschenk für ältere und jüngere Naturfreunde. P.

Natur und Erziehung. Monatsschrift zur Verbreitung und Pflege der Naturwissenschaften

in Schule und Haus. Herausgegeben von Dr. Dr. Fr. Dannemann (allgemeiner Teil) und Prof. Dr. K. Smalian (Schülerbeilage). Stuttgart, Franckhsche Verlagshandlung. Heft I, 32 u. 8 S., Heft II, 32 u. 8 S. Jährlich 12 Hefte. M 8.—.

Die neue Zeitschrift will in erster Reihe die Ausbildung der Persönlichkeit durch Erziehung zur Selbsttätigkeit in der Schule wie im Hause fördern. Dies ist ein schätzenswertes Ziel, das durchaus allgemeine Anerkennung verdient. Das Programm des Herausgebers weist jedoch neben diesem noch so viele andere Ziele auf, daß man, zumal bei dem geringen Umfang der Zeitschrift, an das alte treffende Wort erinnert wird „qui trop embrasse, mal étreint“. Die ersten beiden Hefte zeigen denn auch noch eine gewisse Richtungslosigkeit; neben Aufsätzen über die Gärten der Vergangenheit (8 S.) und den botanischen Garten zu Dahlem (8 S.), über den ethischen Bildungswert der Naturwissenschaften (7 S.) finden sich solche über Werkstattigkeit und Selbstfinden (vom Herausgeber), über Schülerübungen (A. Maehser), dann wieder über Naturschutz und Selbsterhaltung, über die „Wandervogel“bewegung (8 S.), über den Mars, über die Himmelserscheinungen im Oktober und November (Plaßmann). Man muß dem Unternehmen wünschen, daß es sich in der Folge mehr und mehr um bestimmte Aufgaben konzentriert, dann wird auch die Wirkung nicht ausbleiben. Die Schülerbeilage enthält Artikel über die Spinnen des Waldes im Spätsommer, über unsere insektenfressenden Pflanzen, über die Erscheinungen des Vogelzuges; ein Artikel von Wilhelm Ostwald, einfache chemische Versuche für die Hand des Schülers, tritt recht anspruchsvoll auf, bringt aber z. B. über die Überkaltung nichts, als was schon besser, klarer und zuverlässiger in Weinholds so verdienstvoller Vorschule der Experimentalphysik gesagt ist. P.

Versammlungen und Vereine.

Naturwissenschaftlicher Ferienkursus zu Berlin.

5.—16. Oktober 1909.

An dem Ferienkursus für Lehrer höherer Schulen nahmen diesmal 36 Herren teil, von denen die größte Zahl aus den mittleren und

östlichen Teilen der Monarchie gekommen war, einige aus dem Westen, ein Teilnehmer aus Bremen, einer aus Brünn in Österreich. Der Kursus wurde wie stets von dem Geh. Rat Provinzialschulrat Dr. VOGEL eröffnet.

Die Vorlesungen waren folgende: Geh. Rat Prof. Dr. RUBENS, über das Sehen im

Hellen und Dunkeln, $1\frac{1}{2}$ St. im Physikalischen Institut. — Prof. Dr. GEHRCKE, neuere Forschungen über die Strahlen der positiven Elektrizität, $1\frac{1}{2}$ St. ebenda. — Geh. Bergrat Prof. Dr. LIEBISCH, neuere Anschauungen und Hilfsmittel auf dem Gebiete des mineralogischen Unterrichts, 3 St. im Mineralogisch-petrographischen Institut. — Prof. Dr. DISSELHORST, elektrische Schwingungen und drahtlose Telegraphie, $1\frac{1}{2}$ St. in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. — Prof. Dr. BRAUER, Einfluß der Eiszeit auf die europäische Fauna, $1\frac{1}{2}$ St. im Zoologischen Institut. — Prof. Dr. E. MEYER, die physikalischen Grundlagen der technischen Elastizitätslehre, mit Vorführungen im Festigkeitslaboratorium, 3 St. in der Technischen Hochschule. — Prof. Dr. F. FISCHER, über die elektrolytische Gewinnung und Verarbeitung der Metalle, $1\frac{1}{2}$ St. im Chemischen Institut. — Prof. Dr. DIELS, Naturbilder aus dem Kapland, nach eigenen Reisen, mit Lichtbildern, 2 St. in der Alten Urania. — Hauptmann a. D. von KROGH, Entwicklung und augenblicklicher Stand der Luftschiffahrt, mit Lichtbildern, 2 St. ebenda. —

Die praktischen Übungen umfaßten
a) an Vormittagen 8×2 Stunden: ausgewählte Schülerübungen aus allen Gebieten der Physik (Prof. HAHN); Übungen in der Ausführung chemischer und elektrochemischer Unterrichtsversuche (Prof. Dr. BÖTTGER); Übungen in der mechanischen Werkstatt (Mechaniker F. HINTZE); Zoologische Übungen mit besonderer Rücksicht auf den für biologische Schülerübungen wichtigen Lehrstoff (Prof. Dr. RÖSELER). —

b) an Nachmittagen 6×2 Stunden: Schulversuche aus dem Gebiete der Akustik und Optik (Prof. BOHN); Übungen aus dem Gebiete der Mikroskopie (Entwickelungsgeschichte und Physiologie der Pflanzen), Prof. Dr. KOLKWITZ.

An den Kursus schloß sich, außer der Besichtigung von Instituten, eine geologische Exkursion nach dem böhmischen Mittelgebirge unter Führung des Geh. Bergrats Prof. Dr. Liebisch.

Mit dem Kursus verbunden war auch diesmal eine Ausstellung physikalischer und chemischer Apparate sowie naturgeschichtlicher Demonstrationsobjekte.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Ein neuer Apparat zur Demonstration des elastischen Stoßes.

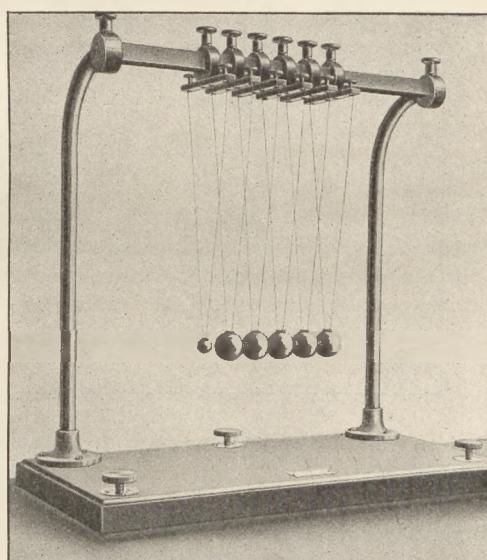
Von Dr. A. KOESEL, Mechanische Werkstätte
G. m. b. H.

Berlin-Charlottenburg, Spreestr. 22.

Die Idee des Herrn G.-R. Professor Dr. Rubens, bei Versuchen über den elastischen Stoß Stahlkugeln zu benutzen (vgl. d. Zeitschr. 22, 307), führte zu so überraschenden Resultaten, daß das Interesse an solchen Apparaten neu belebt worden ist. Präzise Resultate können indessen nur mit Präzisionsapparaten erreicht werden, da von der genauen Erfüllung gewisser Bedingungen das Gelingen der Versuche über elastischen Stoß wesentlich abhängt. Mit dem von oben genannter Firma hergestellten Apparat lassen sich die notwendigen Vorbedingungen sicher und leicht erfüllen.

Der Apparat besteht aus einem soliden, aus gezogenem Eisen gefertigten Gestell, welches auf einer Grundplatte, die mit Stellschrauben horizontal gestellt werden kann, montiert ist. Das Gestell trägt ein kräftiges

Messingprisma, auf dem Messingschlitten verschiebar angeordnet sind, an welchen die



Stahlkugeln durch Schnüre aufgehängt sind. Die Länge der Schnüre ist durch Wirbel

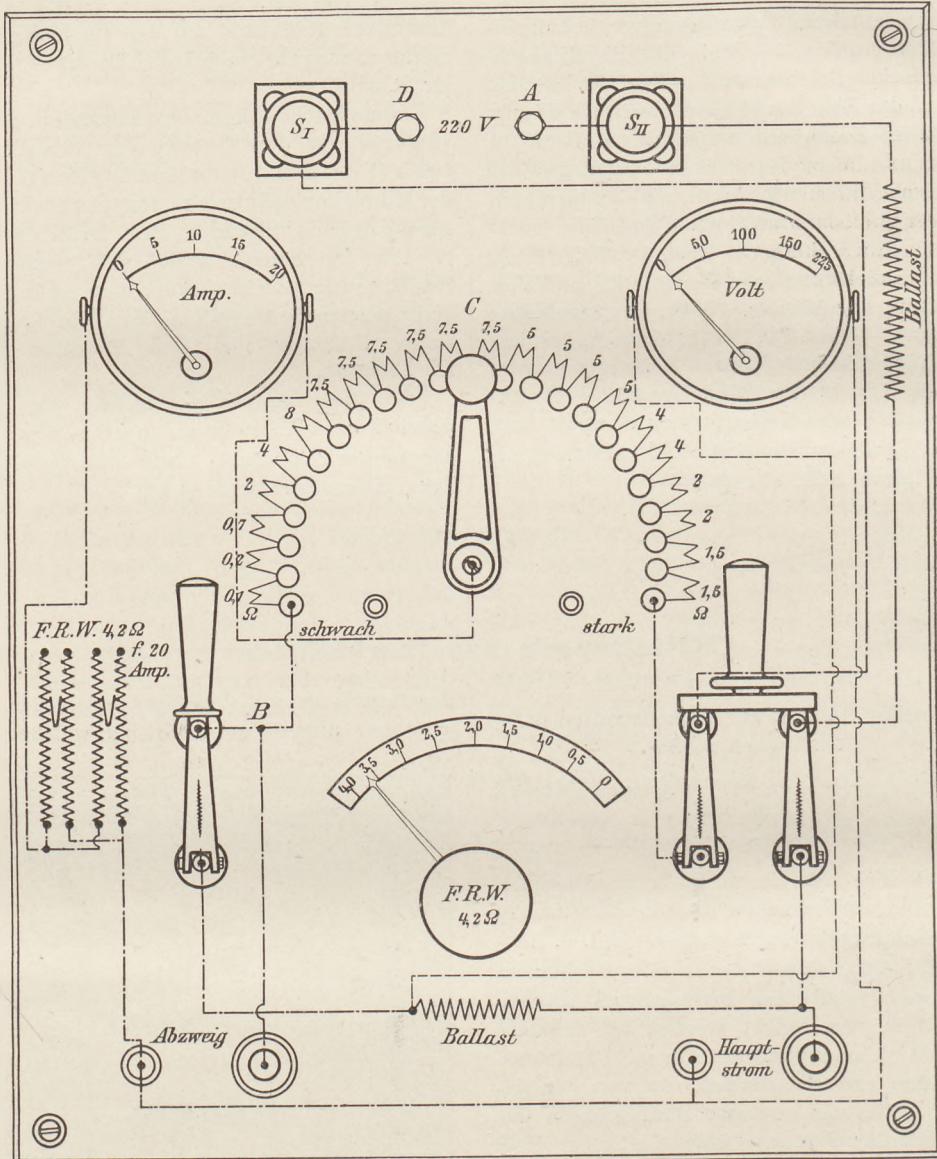
regulierbar, so daß die Bedingung, daß die Mittelpunkte der Stahlkugeln alle in einer geraden Linie liegen, leicht erfüllbar ist. Durch Verschiebung der Schlitten kann ferner leicht erreicht werden, daß die Kugeln sich ohne Druck gerade berühren. Jeder Schlitten kann in der gewünschten

Eine neue Experimentierschalttafel mit einfacherem Kurbelregulator.

Von ERNST BRUNN in Sonderburg.

Aus den Werkstätten von Gebr. Ruhstrat in Göttingen.

Die Abbildung zeigt das Schaltungsschema einer Tafel, die für das Arbeiten mit Haupt-



Stellung vermittelst Druckschraube festgestellt werden.

Bei guter Politur der Kugeln kommt der Apparat erst nach ca. 200 Stößen zur Ruhe.

Der Preis des Apparates ist 55 M. Grundpreis und für jede Stahlkugel von 1" Durchmesser nebst Schlitten 5 M mehr.

strom und mit Zweigstrom eingerichtet ist. In der gewöhnlichen Ausführung der Tafel (s. Abbildung) kann die Hauptstromstärke bis zu 20 Ampere, die Zweigstromstärke bis zu fast 15 Ampere gesteigert werden. Genauer gesprochen, es läßt sich bei Apparaten von 0,1, 1, 10, 100 Ohm Widerstand die Stärke des Zweigstroms in diesen auf 14,5,

13,6, 8,3 und 1,7 Ampere steigern bei 220 Volt Netzspannung. Innerhalb dieses Bereiches kann auf jede gewünschte Stromstärke eingereguliert werden. Will man z. B. durch einen Apparat von 1 Ohm einen Strom von 4,3 Amp. treiben, so ergibt die Stellung der Hauptkurbel bei Kontakt 12 4,2 Ampere, die bei 13 4,7 Ampere. Die Feinregulierung erlaubt dann, von 4,7 auf 4,3 Ampere herunterzugehen. Kurz, die Abstufung geschieht zunächst durch den einfachen Kurbelschalter in solchen Stufen, daß diese durch die Feinregulierung vollständig ohne Lücke überbrückt werden, und dadurch jede wünschenswerte Stromstärke genau erreicht wird.

Die an der Tafel angebrachten Meßinstrumente sind nahezu aperiodisch sich einstellende Apparate nach Deprez d'Arsonval; sie messen die Stromstärke und Klemmenspannung des eingeschalteten Apparats,

letztere einschließlich der von der Feinregulierung verbrauchten Voltzahl.

Der „einfache Kurbelregulator“ dürfte vor den gebräuchlichen Doppelkurbeln den Vorzug der ungemein einfachen Handhabung und den des unbedingt sicheren, zuverlässigen und bequemen Arbeitens haben. Die Benutzung gestaltet sich sehr angenehm, wie ich aus eigener, langjähriger Erfahrung bezeugen kann, da ich bereits im Jahre 1896 eine in den Grundzügen gleiche Tafel habe ausführen lassen. Hinzugekommen ist jetzt die Feinregulierung und die Hauptstromeinrichtung.

Die Tafel wird zu 280 M von der Elektrizitätsgesellschaft Gebr. Ruhstrat in Göttingen geliefert. Außerdem in anderen Ausführungen unter Nr. 992 entsprechend A, B und C der Tafel 1002 d K des Katalogs der Firma, aber um 100 M billiger als diese.

Korrespondenz.

Zu der Beschreibung des selbsttätigen Hebers in Heft 3, S. 207 teilt Herr O. Postma in Groningen noch folgendes mit.

„Man kann den gewöhnlichen Heber auch sehr gut ohne vorhergehendes Ansaugen in Tätigkeit setzen, m. a. W. als einen selbsttätigen Heber gebrauchen. Man braucht dazu nur die Öffnung des kürzeren Schenkels beim Eintauchen in die Flüssigkeit etwa mit dem Finger abzuschließen. Wird nachher dieses Ende geöffnet, so stürzt sich die Flüssigkeit genau so wie beim „selbsttätigen“ Heber in die Höhe und erhebt sich bis zur Biegung des Hebers, wenn das über die Flüssigkeit herausragende Stück des Schenkels nicht zu groß (jedenfalls kürzer als das eintauchende) ist. Angesichts dieser Tatsache scheinen mir die Vorteile des neuen Instrumentes sehr problematisch, um so mehr, da die Ursache der Erscheinung hier nicht so klar hervortritt. Aus dieser Tatsache geht nämlich, wie mir scheint, hervor, daß nicht das Herunterstürzen der Flüssigkeit in den zweiten Schenkel des neuen Hebers die Ursache der weiteren Erhebung ist. Vielmehr ist es das Herunterstürzen der beim Eintauchen des Hebers gestiegenen Flüssigkeit in den Raum des Hebers überhaupt. Daß bei diesem neuen Instrument auch ohne Abschließen beim Eintauchen eine

Steigung der Flüssigkeit und nachher eine automatische Wirkung des Hebers auftritt, wird verursacht durch den größeren Raum des Hebers und den längeren Weg, den die Flüssigkeit zurückzulegen hat.“

Zu der „Zusammenstellung von Versuchen über Fluorescenz und Phosphorescenz“ von C. Sternstein im 5. Heft d. Jahrgangs wird uns mitgeteilt, daß eine ganz vollständige Darstellung des behandelten Gegenstandes sich im IV. Band von KAYSERS Handbuch der Spektroskopie (Leipzig 1908, bei Hirzel) findet, und zwar in den Kapiteln über Fluorescenz (Verfasser H. KONEN) und Phosphorescenz (Verfasser H. KAYER). Ebenda sind die wirklichen Autoren der aufgeführten Versuche zu finden an Stelle der sekundären Quellen, die meist aus der Stokesschen Abhandlung geschöpft haben.

Sonderhefte der Zeitschrift. Von den Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft ist soeben Heft 3 des zweiten Bandes erschienen: Die Zentrifugalkraft, ein Beitrag zur Revision der Newtonschen Bewegungsgesetze. Von F. POSKE. Mit 36 Figuren. 80 S. M 3.—.

Himmelserscheinungen im Dezember 1909 und Januar 1910.

♀ Merkur, ♀ Venus, ♂ Sonne, ♂ Mars, ♀ Jupiter, ♀ Saturn, ♂ Mond, 0^h = Mitternacht.

	Dezember						Januar					
	4	9	14	19	24	29	3	8	13	18	23	28
♀	AR 16 ^h 43 ^m	17.17	17.52	18.27	19. 2	19.36	20. 8	20.35	20.54	20.57	20.43	20.17
	D — 23°	— 25°	— 25°	— 25°	— 25°	— 24°	— 22°	— 20°	— 18°	— 16°	— 15°	— 16°
♀	AR 20 ^h 7 ^m	20.27	20.47	21. 4	21.20	21.34	21.46	21.56	22. 3	22. 6	22. 6	22. 1
	D — 23°	— 22	— 20	— 18	— 17	— 15	— 13	— 11	— 10	— 8	— 7	— 6
♂	AR 16 ^h 41 ^m	17. 3	17.25	17.47	18. 9	18.31	18.53	19.15	19.37	19.58	20.20	20.40
	D — 22°	— 23	— 23	— 23	— 23	— 23	— 22° 53'	— 22° 19'	— 21° 35'	— 20° 40'	— 19° 35'	— 18° 21'
♂	AR 0 ^h 19 ^m	0.26	0.34	0.42	0.51	1. 0	1.10	1.20	1.30	1.41	1.51	2. 2
	D + 2°	+ 3	+ 4	+ 5	+ 6	+ 7	+ 8	+ 9	+ 10	+ 11	+ 12	+ 13
♀	AR 12 ^h 39 ^m		12.44		12.48		12.52		12.54		12.56	
	D — 3°		— 3		— 4		— 4		— 4		— 4	
♀	AR 1 ^h 5 ^m						1. 5					
	D + 4°						+ 4					
⊙ Aufg.	7 ^h 54 ^m	8. 0	8. 6	8.10	8.12	8.14	8.13	8.12	8. 9	8. 4	7.58	7.52
	Unterg.	15 ^h 46 ^m	15.44	15.44	15.44	15.47	15.51	15.56	16. 2	16. 9	16.17	16.26
© Aufg.	23 ^h 26 ^m	4. 4	9.55	12.29	18.58	18.36	—	5.25	9.54	11.22	13.56	20. 1
	Unterg.	13 ^h 9 ^m	14.12	16.50	23.23	5. 6	10.28	11.53	13.17	18.20	—	6.46
Sternzeit im mittl. Mittg.	16 ^h 50 ^m 29 ^s	17.10.12	17.29.55	17.49.38	18. 9.20	18.29. 3	18.48.46	19. 8.29	19.28.12	19.47.54	20. 7.37	20.27.20
Zeitgl.	— 9 ^m 52 ^s	— 7.45	— 5.26	— 2.59	— 0.80	+ 1.58	+ 4.21	+ 6.35	+ 8.38	+ 10.24	+ 11.52	+ 13. 0

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Wintersanfang am 22. Dezember, 12^h 20^m M.E.Z.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Dez. 12, 20 ^h 59 ^m Jan. 11, 12 ^h 51 ^m	Dez. 20, 3 ^h 18 ^m Jan. 18, 11 ^h 20 ^m	Dez. 26, 22 ^h 30 ^m Jan. 25, 12 ^h 51 ^m	Dez. 4, 17 ^h 13 ^m Jan. 3, 14 ^h 27 ^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Dezember	unsichtbar	zuletzt 3 ¹ / ₄ Stunden lang als Abendstern sichtbar	abends zuletzt noch 8 Stunden lang sichtbar	bis 6 ¹ / ₂ Stunden lang vor Sonnenaufgang sichtbar	abends zuletzt noch 7 ³ / ₄ Stunden lang sichtbar
	abends bis Mitte des Monats bis zu 1/2 Stunde sichtbar	am 8. erreicht sie die größte Helligkeit. Die Sichtbarkeitsdauer sinkt aber bis auf 1 ³ / ₄ Stunden	die Sichtbarkeitsdauer sinkt bis auf 7 Stunden	vom späten Abend an zuletzt 8 Stunden lang sichtbar	die Sichtbarkeitsdauer sinkt bis auf 5 Stunden
im Januar					

Eine in Deutschland **unsichtbare, partielle Sonnenfinsternis** findet am Abend des 12. Dezember statt. Dieselbe wird nur im südöstlichen Australien, Neuseeland und im südlichen Polarmeere sichtbar sein.

Der **Halleysche Komet** befindet sich in folgenden Positionen:

Dezember 3	α = 4 ^h 15 ^m , 9	δ = + 15°, 8	Januar 2	α = 2 ^h 7 ^m , 5	δ = + 11°, 1
13	3 ^h 31 ^m , 1	14°, 5	12	1 ^h 36 ^m , 5	9°, 7
23	2 ^h 46 ^m , 6	12°, 8	22	1 ^h 13 ^m , 2	8°, 6

Voraussichtlich wird jedoch der Komet zunächst noch ein schwaches, teleskopisches Objekt bleiben.

Veränderliche Sterne (M.E.Z.):

Dez. 4	20 ^h	δ Cephei-Max.	Dez. 16	R Lyrae-Min.	Dez. 24	22 ^h	δ Cephei-Min.
8	19 ^h	δ Cephei-Min.	16	19 ^h 16 ^m	12	1 ^h 36 ^m	Algol-Min.
13	22 ^h 27 ^m	Algol-Min.	20	22 ^h	22	1 ^h 13 ^m	Algol-Min.

F. Koerber.