Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

VII. Jahrgang. Viertes Heft. April 1894.

Über Anordnung und Verwertung der Galileischen Fallrinne für den physikalischen Unterricht.

Von
Prof. Dr. P. Volkmann in Königsberg i. Pr.

Die Mitteilung des Herrn W. König über „eine bequeme Form der Fallrinne" in dieser Zeitschrift (*VII* 4) giebt mir Veranlassung über Anordnung und Verwertung der Fallrinne zu berichten, wie sich solche mir bei meinen wiederholt gehaltenen elementaren Vorlesungen „über physikalische Grundbegriffe und Grundprincipe" ergeben haben. Ich kann Herrn W. König nur darin beistimmen, dass die alte Galileische Fallrinne für den physikalischen Unterricht noch immer viel zu wenig Beachtung gefunden hat und doch nach sehr vielen Seiten vor der Atwoodschen Fallmaschine den Vorzug verdient. Historisch berühmte einfache Vorrichtungen, wie die Galileische Fallrinne, die für den Unterricht nach mehr als einer Richtung ausgenutzt werden können, sollten ein fester dauernder Bestand aller Schulsammlungen sein.

Die von mir benutzte Fallrinne besteht aus einer über 3 m langen Holzleiste[1]) (2 cm dick, $7^1/_2$ cm hoch), welche zugleich Maassstab für die durchlaufenen Räume und Träger der eigentlichen Fallrinne — behufs sicherer Führung der rollenden Körper — in Form einer passenden Façoneisenschiene (Fig. 1) ist.

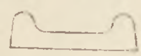


Fig. 1.

Die dem Hörer zugekehrte Breitseite der Holzleiste ist weiss gestrichen und durch kräftige kurze schwarze Striche in Decimeter geteilt. Zu gewissen Demonstrationen empfiehlt es sich, auch die dem Zuhörer abgewandte Seite als Anhalt für den Vortragenden entsprechend zu teilen, der dann nicht das Gesichtsfeld der Zuschauenden zu beschränken braucht.

Die Seite der Leiste, welche den Nullpunkt der Teilung trägt, ist in einem verticalen Schlitz verstellbar, dieser Schlitz ist mit Centimeter-Teilung versehen 12 cm von der Horizontalen nach oben und 12 cm nach unten. Eine Flügelschraube gestattet die Leiste bei jeder Neigung festzuklemmen[2]), die andere Seite der Leiste steht bei dem Teilstrich 30 dcm auf einem festen Querfuss. Zur Unterstützung des Auges werden die bei jedem Schlage des Metronoms passierten Stellen, wie sie etwa ein erster Versuch ergiebt, durch schwarze kurze Blechstreifen markiert, die an der unteren Kante der Leiste eingedrückt werden, ein zweiter Versuch kontrolliert dann nur die richtige Markierung, und die Ablesung am Maassstab kann in aller Ruhe vorgenommen werden.

Um den Übergang von der geneigten zur horizontalen Bahn für jede Stelle

[1]) Vertical in eine Ecke des Zimmers gestellt, nimmt sie nicht allzuviel Platz fort.

[2]) Diese Einrichtung ist einfacher und billiger, wie die Schraubeneinrichtung des Bertramschen Modells (Catalog Ernecke No. 11). Sie ermöglicht überdies den gleich weiter auseinander zu setzenden Vorteil des schnellen Übergangs aus der geneigten in die horizontale Lage.

zu erreichen, wird die Flügelschraube gelöst und durch einen einfachen Hebel die Fallrinne in der gewünschten Neigung erhalten; in dem Augenblick, in dem man die Bewegung etwa einer rollenden Kugel von der geneigten in die horizontale Bahn übergehen lassen will, senkt man die Rinne durch den Hebel, die Leiste schlägt auf einen mit Kork gepolsterten Klotz, der die horizontale Lage der Rinne markiert. Bei einiger Übung wird man einen allzu grossen Stoss vermeiden, ohne bei der Senkung des Hebels zu viel Zeit zu verlieren.

Abgesehen von den Demonstrationen des Herrn W. König stelle ich mit der Fallrinne noch folgende Versuche an:

1. Ich lasse einige gleich grosse[3]) Kugeln aus verschiedenem Material (Messing, Elfenbein, Hartgummi), also von verschiedener Masse bei gleicher Neigung rollen und demonstriere damit den Satz, dass alle Körper gleich schnell zur Erde fallen[4]). Ich möchte diesen Satz vom naturgesetzlichen Standpunkt als den fundamentalsten Teil der sogenannten Fallgesetze bezeichnen und darum vor Allem zur Anschauung bringen. Die Atwoodsche Fallmaschine kann diesen Satz gar nicht demonstrieren, hier hängt die Geschwindigkeit des Falls von dem Verhältnis des Übergewichts zur gesamten bewegten Masse ab, und dadurch wird die Vorstellung leicht in die alten Aristotelischen Bahnen gelenkt, wonach ein zehnmal so schwerer Körper auch zehnmal so schnell fallen müsste.

Die gleiche Schnelligkeit des Falls kann entweder dadurch demonstriert werden, dass man einzeln die Fallräume misst; die für den Fall der schweren Kugel abgesteckten Marken müssen dann auch für den Fall der leichten Kugel gelten. Oder man lässt beide Kugeln sich berühren, legt einmal die leichte Kugel, das andere Mal die schwere Kugel voran, bringt das System der Kugeln durch Loslassen der vorderen Kugel in Gang und überzeugt sich, dass in beiden Fällen beide Kugeln auch während des Falls im Wesentlichen in Berührung bleiben.

2. Andere geometrische Formen wie die Kugel, z. B. Vollcylinder und Hohlcylinder, haben andere Fallgeschwindigkeiten. Es hängt dies damit zusammen, dass sich je nach der Form der rollenden Masse (je nach der Grösse des Trägheitsradius) die potentielle Energie beim Fall in verschiedener Weise in kinetische Energie fortschreitender und rotierender Bewegung umsetzt. Dieser Umsatz muss überhaupt berücksichtigt werden, wenn die Fallrinne zugleich zu einer näherungsweise richtigen Berechnung der Beschleunigung durch die Schwere g verwertet werden soll. So wird denn die Fallrinne zugleich ein bequemes Mittel, das Princip der Energie, speciell den Energieumsatz in verschiedene Formen zur Anschauung zu bringen.

Es sei M die Masse des rollenden Körpers, m das einzelne im Abstand r von der Drehungsaxe befindliche Massenteilchen, v die Geschwindigkeit der fortschreitenden Bewegung, φ' die Winkelgeschwindigkeit der rollenden Bewegung,

[3]) Würden die Kugeln auf ebener Unterlage oder in einer hinreichend flachen Rinne rollen, so würde die Fallgeschwindigkeit ganz unabhängig von der Grösse der Kugeln sein (man sehe Näheres unter 3.). Es hätte eine so weit gehende Unabhängigkeit der Fallgeschwindigkeit von der Masse ja für die Demonstration einige Vorteile, aber praktisch überwiegen doch die durch das Façoneisen gegebenen Vorteile einer sicheren Führung.

[4]) Ich bringe diesen Satz zunächst regelmässig dadurch zur Anschauung, dass ich etwa ein Stück Kreide und ein Stück Eisen gleichzeitig vertical zur Erde fallen lasse; beide Stücke schlagen gleichzeitig auf den Boden auf. Durch den für das Auge zu schnellen Vorgang des freien Falls motiviere ich dann den Übergang zur Fallrinne.

s der längs der Fallrinne zurückgelegte Weg, ψ der Neigungswinkel gegen die Horizontale, dann liefert ohne Rücksicht auf die Reibung das Princip der Energie die Gleichung:

$$Mgs \sin\psi = \frac{M}{2} v^2 + \Sigma \frac{m}{2} r^2 \varphi'^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1)$$

Bezeichnen wir mit R' (Fig. 2) den Abstand der Drehungsaxe des rollenden Körpers von der Ebene, welche die Berührungspunkte des rollenden Körpers mitder Fallrinne enthält, dann ist:

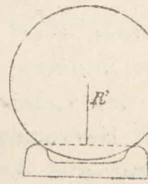


Fig. 2.

$$v = R' \varphi'$$

und es wird 1):

$$Mgs \sin\psi = \frac{v^2}{2}\left(M + \frac{\Sigma m r^2}{R'^2}\right).$$

Führen wir den Trägheitsradius ein durch die Gleichung:

$$\rho^2 \Sigma m = \rho^2 M = \Sigma m r^2$$

dann wird 1)

$$gs \sin\psi = \frac{v^2}{2}(1 + \rho^2/R'^2) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2)$$

Diese Gleichung entspricht der gewöhnlichen Fallgleichung

$$gs = \frac{v^2}{2}.$$

Die Beschleunigung längs der Fallrinne G ist also gegeben durch:

$$G = \frac{g \sin\psi}{1 + \rho^2/R'^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 3)$$

Cylinderaxen, welche als Träger von Körpermassen dienen, kann bei der von mir angewandten Form der Rinne ein Führungsreif gegeben werden, der die rollenden Körper in der Bahn der Fallrinne festhält. Auf leichte Messingrohre, die über die Fallrinne herüberragen, setze ich zu beiden Seiten grössere schwere Metallscheiben auf. Da das Trägheitsmoment dieser Scheiben das der cylindrischen Axe wesentlich überwiegt, ist es für die Fallgeschwindigkeit dieser Körper ziemlich gleichgültig, ob auf jeder Seite eine oder mehrere Scheiben aufgesetzt werden. Aber je kleiner der Durchmesser der Messingrohraxen gewählt wird, desto kleiner wird die Fallgeschwindigkeit, desto grösser die Rotationsgeschwindigkeit.

3. Will man den Fall einer rollenden Kugel rechnerisch genau verfolgen, so wird man nachzusehen haben, inwieweit die mit R' bezeichnete Grösse von dem Kugelradius R abweicht. Man versieht zu diesem Zweck die einzelne Kugel mit einer Marke und misst auf der horizontalen Rinne die Strecke, welche die Kugel bei einer bestimmten Anzahl von Umdrehungen zurücklegt.

Eine Messingkugel von 2,63 cm Durchmesser legte auf der Rinne bei 40 Umdrehungen 280 cm zurück, es bestimmt sich danach für sie das Verhältnis $R/R' = 1{,}18$.

Eine Hartgummikugel von 2,46 cm Durchmesser legte auf der Rinne bei 40 Umdrehungen 256 cm zurück, es bestimmt sich danach für sie das Verhältnis $R/R' = 1{,}22$.

Die für Demonstrationen der Einfachheit wegen empfehlenswerte Beschleunigung $G = 0{,}2$ m wurde für beide Kugeln experimentell erhalten, wenn die Flügelschraube bei dem Teilstrich 11 cm über der Horizontalen im Schlitz festgeklemmt wurde.

Für die Kugel ist $\rho^2 = {}^2/_5\, R^2$ und es folgt nach (3) ohne Rücksicht auf die Reibung

$$g = \frac{G\,(1 + {}^2/_5\, R^2/R'^2)}{\sin\psi} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 4)$$

Es bestimmt sich so aus dem Fall der Messingkugel:

$$g = \frac{7{,}78}{5} \cdot \frac{300}{11} \cdot 0{,}2 = 8{,}5 \left[\frac{\text{Meter}}{\text{Sec}^2}\right]$$

aus dem Fall der Hartgummikugel:

$$g = \frac{7{,}98}{5} \cdot \frac{300}{11} \cdot 0{,}2 = 8{,}7 \left[\frac{\text{Meter}}{\text{Sec}^2}\right]$$

4. Die Abweichungen dieser so gefundenen Werte im Mittel 8,6 von dem wahren Wert der Beschleunigung durch die Schwere 9,8 fordern zum Studium der Reibung an der Fallrinne heraus. Es wird dies um so nützlicher sein, als in den Lehrbüchern und beim Unterricht nicht genügend die Reibung, wie sie mit Bewegungserscheinungen verbunden ist, und die Reibung, wie sie den Übergang aus dem Zustand der Ruhe in den der Bewegung hindert, auseinander gehalten zu werden pflegen. Es rührt dies zum grossen Teil wohl daher, dass die meisten Lehrbücher ihre Darstellungen über gleitende und rollende Reibung aus Originalarbeiten entnommen haben, welche aus Zeiten vor Aufstellung des mechanischen Wärmeäquivalents stammen.

Geben wir der Fallrinne die Neigung von circa $^1/_4{}^\circ$, so reicht diese Neigung für unsere rollenden Kugeln gerade hin, eine einmal mitgeteilte Geschwindigkeit ohne Beschleunigung zu unterhalten. Wir können aber der Fallrinne eine Neigung bis circa 1° geben, ohne dass dadurch eine ruhende Kugel von selbst ins Rollen kommt. Die erste Beobachtung gestattet einen Rückschluss auf die dynamische Reibung, die zweite Beobachtung auf die statische Reibung, wie man bisweilen sagt.

An sich setzt das Wort Reibung wohl Bewegung voraus; das gleichfalls bei Bewegungsvorgängen gebrauchte Wort Widerstand deutet dagegen mehr auf statischen Ursprung und würde sich darum vielleicht gerade an Stelle des etwas widerspruchsvollen Wortes statische Reibung empfehlen.

5. Uns kann es für den vorliegenden Fall nur darauf ankommen, die dynamische Reibung, also die Reibung im engeren Sinne in Rechnung zu ziehen. Es ist wieder das Princip der Energie, welches den Ansatz giebt und die Gleichung (1) erweitern lehrt. Gerade diese Verwertung des Princips der Energie muss bei seiner hohen Bedeutung in der Physik für den Unterricht als instructiv bezeichnet werden.

Ist ψ' die Neigung der Fallrinne, bei welcher eine rollende Kugel ohne Beschleunigung eine einmal mitgeteilte Geschwindigkeit behält, dann wird die potentielle Energie der Schwere gerade zu der für die Überwindung der Reibungswiderstände notwendigen Arbeit verbraucht, wir haben also den Einfluss der Reibung in Form einer Arbeitsgrösse in Ansatz zu bringen. Bezeichnen wir den rein numerisch zu fassenden Reibungscoefficienten mit P, so haben wir:

$$Mgs \sin \psi' = Mgs \cos \psi' P \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 5)$$

$$P = \operatorname{tang} \psi' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 6)$$

Die Flügelschraube wurde bei der Bestimmung von ψ' zwischen den Stellen 1 cm bis 1,5 cm über der Horizontalen festgezogen, das liefert

$$\operatorname{tang} \psi' = 1/300 \text{ bis } 1{,}5/300 = 0{,}003 \text{ bis } 0{,}005.$$

Es bestimmt sich danach im Mittel $P = 0{,}004$.

Diesen selben Reibungscoefficienten haben wir nun bei Erweiterung der Gleichung (1) in Ansatz zu bringen. Es tritt dann an Stelle von (1):

$$Mgs \sin \psi = \frac{M}{2} v^2 + \Sigma \frac{m}{2} r^2 \varphi'^2 + Mgs \cos \psi P \quad . \quad . \quad 7)$$

Die weiteren Gleichungen werden entsprechend

2) : $$gs \sin \psi (1 - P \cot \psi) = \frac{v^2}{2} (1 + \rho^2/R'^2).$$

3) : $$G = \frac{g \sin \psi (1 - P \cot \psi)}{1 + \rho^2/R'^2}.$$

4) : $$g = \frac{G (1 + {}^2/_5 R^2/R'^2)}{\sin \psi (1 - P \cot \psi)}.$$

Unter Verwertung der numerischen Rechnungen im 3. Abschnitt erhalten wir so unter Rücksicht auf die Reibung:

$$g = \frac{8{,}6}{1 - P \cot \psi} = \frac{8{,}6}{1 - 0{,}004 \frac{300}{11}} = 9{,}7 \left[\frac{\text{Meter}}{\text{Sec}^2}\right].$$

Diese Übereinstimmung mit dem wirklichen Werte $g = 9{,}8$ muss in hohem Grade als befriedigend bezeichnet werden, war doch die von mir in Anwendung gebrachte Schiene durchaus nicht vollkommen eben, und gab es bei der beobachteten mittleren Neigung ψ' immer Stellen, an denen die Kugel mit etwas Beschleunigung fiel, und dann wieder andere Stellen, an denen sich die Kugel mit etwas Verzögerung bewegte. Andererseits darf diese gute Übereinstimmung, wie eine nähere Betrachtung der Fehlergrenzen zeigt, auch nicht als eine zufällige bezeichnet werden.

Setzt man in (7) den Wert für $P = \operatorname{tang} \psi'$ aus (6) ein, so kann man (7) auch schreiben:

$$\frac{M g s \sin (\psi - \psi')}{\cos \psi'} = \frac{M}{2} v^2 + \Sigma \frac{m}{2} r^2 \varphi'^2 \quad . \quad . \quad . \quad 8)$$

Da man hinreichend genau $\cos \psi' = 1$ setzen kann, erkennt man die Berechtigung die Reibung auch in der Form als eliminiert anzusehen, dass man die Neigung ψ' als horizontalen Ausgangspunkt rechnet und nur die Neigung gegen ψ' in Ansatz bringt.

6. Erwies sich bei den bisherigen Versuchen die Reibung in keiner Weise als störend, ergab sie sich vielmehr als ein sehr nützliches Studienobjekt, so beginnt sie sich störend bemerkbar zu machen, wenn man den Satz zur Anschauung bringen will, dass gleiche Stellen einer verticalen Bahn beim Aufsteigen und Fallen eines Körpers mit gleicher Geschwindigkeit passiert werden.

Um einer einzelnen Kugel in jedem Fall einen gleichen Stoss aufwärts zu geben, um also Kontrollversuche unter gleichen Bedingungen zu ermöglichen, befindet sich am Anfang der Teilung nach Art eines Kinderspielzeuges (Kanone) eine Spiralfeder, die sich durch eine einfache Schnappvorrichtung allemal in gleicher Weise spannen lässt. Bei der Auslösung der Federspannung wird längs einer Cylinderführung ein Stempel axial gegen die Kugel vorgestossen. Es wird nun eine Neigung der Fallrinne nach aufwärts aufgesucht, für welche gerade bei einem Schlage des Metronoms die Kugel umkehrt, nachdem sie bei einem anderen Schlage emporgeschnellt wurde; es werden die Stellen markiert, welche bei den dazwischen liegenden Schlägen des Metronoms passiert wurden, diese Stellen wurden näherungsweise auch beim Fallen bei den folgenden Schlägen des Metronoms passiert.

7. Ich versuche bisweilen bei horizontaler Lage der Fallrinne mit der eben beschriebenen Federvorrichtung auch das Galileische Trägheitsgesetz zu demonstrieren. Eine Messingkugel erhält in Folge ihrer grösseren Trägheit eine Geschwindigkeit von etwa 6 dcm, eine Hartgummikugel in Folge ihrer geringeren Trägheit eine Geschwindigkeit von etwa 14 dcm. Eine solche Demonstration darf aber

doch nur unter Vorbehalt vorgeführt werden. Der Stoss der Feder auf verschiedene Kugeln ist nicht der gleiche, man darf aus der hervorgerufenen Geschwindigkeit also nicht unmittelbar auf die Trägheit der Kugeln zurückschliessen. Das Princip der Energie liefert auch hier den richtigen Ansatz.

Sehr empfehlenswert dagegen habe ich die horizontale Rinne zur Demonstration des unelastischen und elastischen Stosses von Kugeln gefunden.

8. Die von mir im Vorstehenden gemachten Mitteilungen wollen in erster Linie die Anregung geben, während des Unterrichts häufiger auf die ebenso einfachen wie classischen experimentellen Hilfsmittel eines Galilei zurückzukommen. Für den Unterricht wird es sich ja natürlich in den meisten Fällen nur um eine Auswahl des Gegebenen handeln.

Das Princip der Energie dürfte allerdings selbst im elementaren Unterricht kaum unterdrückt werden, in dieser Hinsicht noch folgende Andeutungen:

Die Versuche unter 1. bilden das Analogon für den freien Fall und gestatten aus den Gleichungen

$$s = \frac{g}{2} t^2 \text{ und } v = gt$$

auf

$$\frac{v^2}{2} = gs \quad \ldots\ldots\ldots \quad \text{I)}$$

zu schliessen. Ich erweitere diese Gleichung mit m und behandle im Anschluss an die Gleichung:

$$m\frac{v^2}{2} = mgs \quad \ldots\ldots\ldots \quad \text{II)}$$

die Begriffe der lebendigen Kraft und der Arbeit. Nun führe ich die disponible Fallhöhe h ein und schreibe:

$$m\frac{v^2}{2} + mg(h - s) = mgh = \text{Const} \quad \ldots \quad \text{III)}$$

In dieser Form veranschauliche ich das Princip der Energie, für die lebendige Kraft $\frac{1}{2}mv^2$ führe ich die Bezeichnnng kinetische Energie ein, für das Glied $mg(h-s)$ die Bezeichnung potentielle Energie. In dieser Form kann dann das Princip der Energie für den 2. und 5. Abschnitt verwertet werden.

Bemerkungen zur Theorie der atmosphärischen Elektricität.

Von

V. Dvořák.[1])

Beobachtungsergebnisse. Misst man bei heiterem Himmel in einer freien Ebene die Potentialdifferenz $V' - V$ zwischen einem Punkte der Erdoberfläche und einem Punkte in der Höhe n über derselben, so wächst innerhalb bestimmter Grenzen $V' - V$ gleichmässig mit n. Es ist also $(V' - V)/n = -dV/dn$ der Zuwachs des Potentials für $n = 1$, oder das „Potentialgefälle“ F.

Es hat sich gezeigt, dass dieses Gefälle vom Wasserdampfgehalte der Luft abhängig ist, und Exner[2]) hat aus vielen Versuchen die Formel hergeleitet

$$(1) \qquad F = -\frac{dV}{dn} = \frac{1410}{1 + 1{,}15 \, . \, k} \text{ Volt für das Meter,}$$

wo k die in Gramm gemessene Wassermenge in einem m^3 Luft bedeutet; k variierte von 1,9 bis 22,8.[3])

---

1) Bearbeitung einer Mitteilung des Verfassers aus dem *„Rad jugoslavenske akademije“ 1893.*

2) *Sitzungsber. der Wiener Akademie Bd. 99, S. 621. 1890.*

3) Hierbei wird vorausgesetzt, dass nur die Änderung des Wasserdampfgehaltes nahe am Beobachtungsorte die Grösse von F beeinflusse, was auch der Wirklichkeit entsprechen

Exner[4]), der die Erman-Peltiersche Theorie der atmosphärischen Elektricität vertritt, nimmt an, dass die Erde schon von jeher eine unveränderliche negative Ladung besitze. Die negative Elektricität gelangt durch die Verdampfung des Wassers von der Erdoberfläche in die Luft[5]), und so erklärt sich der Einfluss des Wasserdampfes. Würde aller Wasserdampf zu Boden fallen, so wäre in der Luft keine Elektricität mehr; für die Höhendifferenz von einem Centimeter wäre dann

$$\frac{dV}{dn} = 14{,}10 \text{ Volt.}$$

Da bekanntlich ganz allgemein für die Oberfläche eines Leiters

$$\frac{dV}{dn} = -4\pi h \tag{2}$$

ist, wo h die Elektricitätsmenge auf einem cm^2, die „Flächendichte“, bedeutet, so ergiebt sich zunächst

$$h = -0{,}0038 \text{ absol. elektrostat. Einheiten,}$$

und weiter die Elektricitätsmenge Q auf der ganzen Erdoberfläche. Das Potential V der Erdelektricität ist dann, wenn R der Erdhalbmesser ist,

$$V = \frac{Q}{R} = -9 \,.\, 10^9 \text{ Volt.}$$

Kugel in Berührung mit der Erde. Nehmen wir vorläufig an, die Erde habe eine negative Ladung und die Atmosphäre sei frei von Elektricität. Eine die Erde berührende Kugel erhält dasselbe ungeheure Potential wie die Erde, und es scheint, dass sich auf der Kugel sehr viel Elektricität befinden müsste. Ein Goldblattelektroskop z. B., das auf 200—300 Volt geladen ist, zeigt schon eine ziemliche Divergenz der Blättchen. Eine Potentialdifferenz von 48000 Volt giebt schon einen Funken von 1 cm Länge (zwischen Kugeln von 22 mm Durchmesser), hier aber haben wir ein Potential von 9000 Million Volt!

Verbindet man eine Kugel in einem allseitig geschlossenen Raume, dessen Wände leitend sind z. B. im Zimmer mit der Erde, so kann dieselbe natürlich keine Spur von Elektricität aufweisen, den Fall ausgenommen, dass die Luft selbst im Zimmer elektrisch ist.

Anders steht die Sache, wenn man eine Kugel draussen im freien Felde zur Erde ableitet. Es sei die Kugel z vom Halbmesser r mit der Erde Z vom Halbmesser R in Berührung. Da r gegen R verschwindet, so ist die Elektricitätsmenge q auf der kleinen Kugel bekanntlich[6])

$$q = r^2 \frac{\pi^2}{6} \cdot \frac{V}{R},$$

und auf der grossen

$$Q = R \,.\, V,$$

wo V das gemeinsame Potential ist. Aus der unteren Gleichung folgt $V/R = Q/R^2$; dies ist aber die von der grossen Kugel ausgehende Kraft für einen Punkt nahe der Oberfläche, die andererseits $= -dV/dn$ ist. Demnach ist

dürfte. Jedoch ist nicht zu vergessen, dass bei einer gleichmässig mit Elektricität belegten Kugel die Wirkung für einen sehr nahe gelegenen Punkt in zwei gleiche Teile zerlegt werden kann, nämlich in die Wirkung des zunächstliegenden Flächenstückchens $= 2\pi h$, und in die Wirkung der ganzen Kugeloberfläche ohne das Flächenstückchen, die ebenfalls $= 2\pi h$ ist. Es scheint mir daher, dass obige Formel ein constantes Glied $= 2\pi h$ enthalten müsste; zu diesem käme der variable vom Wasserdampfgehalte abhängige Teil, der für $k = o$ ebenfalls $2\pi h$ wäre.

[4]) *Vorlesungen über Elektrizität S. 121, 1888;* weiter mehrere Abhandlungen in den *Sitzungsber. der Wiener Akademie.*

[5]) Bis jetzt ist es nicht gelungen, dieses unzweifelhaft durch Versuche nachzuweisen.

[6]) Siehe Mascart, *Reibungselektrizität, übersetzt von* Wallentin. *S. 442.*

$$(3) \qquad -q = r^2 \frac{\pi^2}{6} \cdot \frac{dV}{dn}.$$

Für $r = 10$ cm ist $q = 7,7$ absol. elektrost. Einheit.

Würde man die Kugel z von Z entfernen und in einen geschlossenen Raum bringen, so hätte sie ein Potential von $7,7/10 \times 300$ Volt $= 231$ Volt, indem 300 Volt $= 1$ absol. elektrost. Einheit sind. Dieses würde einem Goldblattelektroscop schon eine merkliche Divergenz erteilen [7]; jedoch wurde vorausgesetzt, dass die Atmosphäre keinen Wasserdampf enthalte. Für die Dampfmenge $k = 4,5$ g wäre das Gefälle nach Gleichung (1) 2,56 Volt für den Centimeter, und $q' = 1,4$ absol. elektrost. Einheit., was sich kaum mit einem Goldblattelektroscop nachweisen liesse. Jedoch könnte man die Ladung des Elektroskopes beliebig verstärken, wenn man auf dasselbe einen tiefen Metallbecher setzen würde, und dann die Kugel jedesmal innen mit dem Becher in Berührung brächte, wodurch sie ihre ganze Ladung abgiebt; dieses Verfahren kann man so lange wiederholen, bis die Divergenz der Blättchen genügend gross ist.

Meines Wissens wurde dieser Versuch bis jetzt nicht ausgeführt; es wäre nicht ohne Interesse, so die Dichte der Elektricität auf Bergspitzen und dgl. zu untersuchen. Schon Sir W. Thomson erwähnt in einer wichtigen Arbeit über atmosphärische Elektricität vom Jahre 1860 [8]), dass man die Dichte der Elektricität an verschiedenen Punkten der Erde mit einer Probescheibe untersuchen könnte.

Man kann bei der Berechnung von q für die Kugel z nach der Gleichung (3) von der Peltierschen Theorie der Erdelektricität ganz absehen, denn es ist für die kleine Kugel gleichgiltig, woher das elektrische Feld stammt, in welchem sie sich befindet.

Kugel über der Erdoberfläche. Die Mitte der Kugel z sei von der Erdoberfläche um die Strecke $ac = n$ (Fig. 1) entfernt; n darf gegen den Halbmesser r nicht zu klein sein, weil sonst die Influenz der Kugel z auf die Erdoberfläche berücksichtigt werden müsste. Um das Potential W für einen Punkt der Kugel z zu berechnen, bestimme man zuerst das Potential v der eigenen Elektricität der Kugel z für ihren Mittelpunkt c und addiere dazu das Potential der Erdelektricität für diesen Punkt; für den Fall des Gleichgewichtes ist das Potential W für alle Punkte der Kugel z gleich; man braucht also nur das Potential für den Mittelpunkt zu kennen.

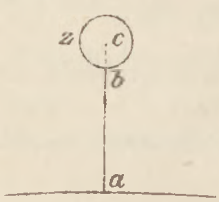


Fig. 1.

Es sei die Kugel z bloss durch Influenz elektrisch; dann befindet sich auf derselben gleichviel + und − Elektricität und es ist v für die Kugelmitte = Null. Das Potential der Luftelektricität Q für diesen Punkt sei $= V'$ und für einen Punkt a der Erdoberfläche $= V$. Wie die Erfahrung zeigt, ist

$$V - V' = n \,.\, F,$$

wo F das Potentialgefälle bedeutet. Verbindet man die Kugel z mit der Erde durch einen feinen Draht, so wird das Potential ausgeglichen; es wächst also für die Kugel um $V - V'$ oder nF; würde man die Kugel isolieren und entfernen, so

---

[7]) Da das Elektroscop keine verschwindend kleine Capacität hat, so müsste man die Kugel z öfters mit der Erde in Berührung, und dann mit dem Elektroskop in Verbindung bringen.

[8]) *Gesammelte Abhandlungen*, 1890, S. 188.

würde ihre eigene Elektricität das Potential $v = nF$ ergeben; für $n = 100$ cm wäre in Übereinstimmung mit (1)

$v = 1410$ Volt für $k = 0$[9]), und

$v = 256$ Volt für $k = 4{,}5$.

Der Einfluss des Verbindungsdrahtes ab wurde hierbei vernachlässigt, was wohl kaum erlaubt sein dürfte. Für einen langen dünnen Draht, auf welchem das Potential gleichmässig verteilt ist, ergiebt sich bekanntlich für das Potential

$$V = \frac{2Q}{L} \log \frac{L}{R},$$

wo L die Länge, R den Halbmesser des Drahtes, und Q die Elektricitätsmenge bedeutet. Es ist also die Capacität

$$C = \frac{Q}{V} = L : 2 \log \frac{L}{R}.$$

Ist z. B. $R = 0{,}01$ cm, $L = 100$ cm, so ist $C = 5{,}4$ cm, also ebenso gross, wie die Capacität einer Kugel von 10,8 cm Durchmesser.

Die Beobachtungsmethoden der atmosphärischen Elektricität. Der zuvor erwähnte Fall, wo eine mit der Erde verbundene Kugel auf die Höhe n gehoben, dann isoliert entfernt und mit dem Elektrometer verbunden wird, dient schon seit langer Zeit zu vergleichenden Messungen der Luftelektricität (Quetelet, Lamont).

Palmieri[10]) hebt einen isolierten, lang gestreckten, fortwährend mit dem Elektrometer verbundenen Leiter in die Höhe.

Sehr häufig verwendet man eine schon von Sir W. Thomson angegebene Methode. In einer Ebene wird in einer gewissen Höhe über dem Erdboden (gewöhnlich 1 Meter) eine Kerze isoliert aufgestellt, deren Flamme mit dem Elektrometer verbunden ist. Man nimmt an, dass die Flamme das Potential des Punktes anzeigt, wo sie sich befindet. Im Folgenden wird immer vorausgesetzt werden, dass man ein graduiertes Blattelektroskop mit Metallhülle verwendet.[11])

Statt der Kerzenflamme wird auch ein „Wassercollektor" angewendet, ein isoliertes mit dem Elektrometer verbundenes Gefäss, aus welchem das Wasser in einzelnen Tropfen ausfliesst.

Um die Potentialdifferenz $V' - V''$ zwischen zwei Punkten, die sich in verschiedenen Höhen n' und n'' befinden, zu messen, bringt man auf jedem dieser Punkte eine Flamme (oder einen Wassercollektor) an. Exner (*Vorlesungen*, *S. 143*) verbindet die eine Flamme mit den Blättchen und die zweite mit der Metallhülle des Elektroskopes.

Auch könnte man die beiden Flammen mit einem feindrähtigen Galvanometer verbinden; das ist die Methode von Weber, welcher jedoch statt der Flammen Metallspitzen nimmt.[12])

---

[9]) Die Elektricitätsmenge q wäre für eine Kugel von 10 cm Halbmesser $= 10 \times 1410 : 300 = 47$. Exner (*Vorlesungen*, *S. 124*) erhält durch ein Versehen ein unrichtiges Resultat, nämlich dass für $n = \infty$, $q =$ Null sei, während sich auf Grundlage der von Exner angenommenen Zahlenwerthe $q = 300$ Millionen absolut. elektrost. Einheit ergeben würde (nämlich $10 \times 9 \,.\, 10^9 : 300 = 30 \,.\, 10^8$).

[10]) *Atmosphär. Elektricität, übersetzt von* Discher *S. 20. 1884.*

[11]) Sehr geeignet ist das Exnersche Elektroskop, falls es nicht auf grosse Genauigkeit ankommt (siehe Pfaundlers *Physik III*, *9. Aufl.*, *S. 306*); ein Potential von 40 Volt erzeugt noch eine merkliche Divergenz der Aluminiumblättchen.

[12]) Die Flammen brennen nie gleichmässig, man würde also mit Flammen nicht vergleichbare Resultate erhalten.

Elster und Geitel[13]) verbinden, um $V'-V''$ zu messen, die Blättchen des Elektroskopes mit einem frisch gereinigten Aluminiumdraht in der Höhe n'', und die Metallhülle desselben mit einem zweiten Aluminiumdraht in der Höhe n'; es verliert nämlich das Aluminium im Sonnenlichte sehr rasch die negative Elektricität.

Es soll im Folgenden die Theorie dieser Beobachtungsmethoden näher besprochen werden.

Kugel im gleichförmigen elektrischen Felde. Das Gefälle der Luftelektricität ist in der Ebene auf einem Raume von vielen Metern Höhe und Breite constant, das heisst, die elektrische Kraft $F=-dV/dn$ hat überall dieselbe Grösse und Richtung. Bringt man eine neutrale leitende Kugel z in dieses elektrische Feld, so wird zufolge der Influenz der obere Teil derselben $-$, der untere $+$ elektrisch. Der elektrische Zustand der Kugel ist von der Höhe n über der Erdoberfläche unabhängig, soweit nämlich das Feld gleichförmig ist.

Die Anordnung der Elektricität auf der Kugel erhält man nach folgendem Verfahren:[14]) Man verschiebe zwei gleiche Kugeln in der Kraftrichtung um unendlich wenig gegeneinander; die Dicke der so entstehenden Schale (siehe Fig. 2) veranschaulicht die Flächendichte der Elektricität an jedem Punkte; für den Punkt b ist dieselbe

$$h_0 = {}^3/_4 \frac{F}{\pi}\,.$$

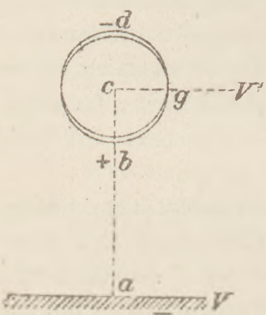


Fig. 2.

Die Kraft für jeden Punkt im Innern der Kugel ist $=$ Null, das Gleichgewicht bleibt noch erhalten, wenn man die Kugel mit einer gleichmässigen Schicht Elektricität bedeckt; denn auch die Wirkung einer solchen Schicht ist für das Innere $=$ Null. Führt man also der Kugel von aussen Elektricität zu, so legt sich diese gleichmässig über die in Fig. 2 veranschaulichte Elektricitätsschicht.

Es sollen sich nun von einer Stelle der Kugel, z. B. von b, fortwährend Teilchen lostrennen; es kann z. B. Wasser aus der Kugel bei b in einzelnen kleinen Tröpfchen abfliessen. Dadurch schwindet die $+$ Elektricität so lange, bis die Dichte im Punkte $b=$ Null geworden ist. Um diesen Fall zu erhalten, denke man sich eine gleichmässige Schicht $+$ Elektricität von der Dichte h_0 zu der in Fig. 2 veranschaulichten hinzugefügt; die Dichte im Punkte d ist dann $2h_0$.

Sobald die Dichte in b auf Null gesunken ist, hört jede weitere Fortführung der Elektricität mit den losgetrennten Teilchen auf; denn die Kraft P, welche die Elektricität von der Oberfläche eines Leiters fortzutreiben sucht, ist für die Flächeneinheit $=2\pi h^2$ („elektrostatischer Druck"); für $h=o$ ist auch $P=o$.

Da nun auch für die Oberfläche eines Leiters die Gleichung

$$-\frac{dW}{dn}=4\pi h$$

gilt, so ist in der Umgebung des Punktes b die Änderung des Potentials $dW=o$. Bedenkt man, dass auf der ganzen Kugel das Potential constant ist, so sieht man, dass die Kugel das Potential W der Luft bei b annimmt.

Es ist jedoch nicht zu vergessen, dass W nicht das wahre Poten-

[13]) *Sitzungsberichte der Wiener Akademie. Bd. 99, S. 1019.*

[14]) Einen einfachen elementaren Beweis dafür findet man in Jouberts vortrefflichem „*Traité élementaire d'électricité*" *S. 24.* Natürlich darf die Kugel der Erdoberfläche nicht zu nahe sein, weil sonst die Influenz der Kugel auf die Erdoberfläche stören würde.

tial V' der Luft vorstellt, welches im Punkte b bestehen würde, falls die Kugel dort nicht vorhanden wäre. Ist nämlich v das Potential der eigenen Elektrizität der Kugel für den Punkt b, so ist $W = V' + v$.

Würden sich vom Punkte g, welcher auf der neutralen Zone liegt, Teilchen lostrennen, so würde von einer ursprünglich neutralen Kugel keine Elektricität fortwandern; oder hätte die Kugel von früher eine elektrische Ladung, so müsste sie nach einiger Zeit in den durch Fig. 2 veranschaulichten elektrischen Zustand gelangen.

Etwas ähnliches gilt von einem verticalen Cylinder; die neutrale Zone liegt in seiner Mitte; das Potential v der Influenzelektricität ist für die Mitte = Null. Ein Elektroskop, dessen Hülle mit der Erde, die Blättchen mit der Kugel oder dem Cylinder durch einen langen feinen Draht verbunden wäre, würde die wahre Potentialdifferenz $V - V'$ der Punkte a und g angeben.

Nach dem vorigen kann man leicht den Sinn einer Bemerkung Sir W. Thomsons[15]) begreifen, die lautet: „Der Verfasser (Thomson) zeigte einen neuen Apparat zur Ansammlung der atmosphärischen Elektricität, der aus einem isolierten Wassergefässe bestand, aus welchem das Wasser durch ein zugespitztes Rohr in dünnem Strahle abfloss. Dieser Wasserstrahl leitet Elektricität so lange ab, als solche noch an jener Stelle, wo der Strahl in Tropfen zerfällt, vorhanden ist. Diese Einrichtung hat den unmittelbaren Zweck, dass der ganze isolierte Leiter nebst dem Teile des Elektrometers, welcher mit ihm verbunden ist, und der Verbindungsdraht in einem solchen Zustande erhalten werden, in welchem sie keine absolute Ladung haben, sodass also auf einer Seite der neutralen Linie ebenso viel positive Elektricität ist, als auf der anderen negative.

Deshalb muss die Ausflussöffnung eine solche Lage haben, dass der Punkt, wo der Strahl in Tropfen zerfällt, dort liegt, wo sich die neutrale Linie des Leiters befinden würde, wenn wir diesen zuerst geschützt vor der äusseren Influenz entladen würden, und ihn dann frei und offen in seine dauernde Lage brächten, in welcher er durch die Induktion von der elektromotorischen Kraft der Luft geladen wird — —."

Wie der Apparat Thomsons eingerichtet war, damit der Punkt, wo der Wasserstrahl zerfällt, gerade auf die neutrale Linie kam, ist nicht in der betreffenden Abhandlung angegeben.

Wirkung einer Flamme. Von jeder Flamme steigt eine ziemlich hohe Säule von Verbrennungsgasen auf, welche die Elektricität in erhitztem Zustande gut leiten; erhält die Flamme eine elektrische Ladung, so werden die Teilchen auf der Oberfläche durch den elektrostatischen Druck fortgetrieben, und so die Elektricität zerstreut. Man könnte sich die Flamme durch einen verticalen leitenden Cylinder ersetzt denken, von dessen Oberfläche sich überall Teilchen lostrennen. Ein mit der Flamme verbundenes Elektrometer würde das Potential V' der Luftelektricität für einen Punkt annehmen, der auf der neutralen Zone des Cylinders liegt. Jedoch ist dieser Vergleich ungenau, denn die Flammengase sowie die von ihnen mitgeführte Elektricität steigen schnell nach oben; auch nimmt die Leitungsfähigkeit der Gassäule nach oben nur allmählich ab. Für welchen Punkt in der Luft wird mit einer Flamme die wahre Potentialdifferenz gemessen? Ich glaube, dass diese Frage bis jetzt nicht genügend beantwortet wurde, ebenso wie die analoge Frage für einen Wassercollektor.

---

15) *A. a. O. S. 222 (vom Jahre 1859).*

Diese Unbestimmtheit lässt sich durch die Anwendung von zwei ganz gleichen Flammen, oder von zwei Wassercollektoren umgehen. Man denke sich zwei Kugeln z' und z'' (Fig. 3) in verschiedener Höhe über der Erdoberfläche, die so weit von einander entfernt sind, dass die gegenseitige Influenz verschwindet, ausserdem sollen sich bei jeder Kugel unten an der tiefsten Stelle Teilchen lostrennen: Nach einiger Zeit wird dort die elektrische Dichte = Null werden, und die Anordnung und Menge der Elektricität wird auf beiden Kugeln gleich sein, selbst in dem Falle, wenn die eine der Kugeln mit dem Blättchen und die andere mit der Hülle des Elektrometers durch einen langen dünnen Draht verbunden ist, indem dann das Elektrometer nicht auf die Kugeln einwirkt.

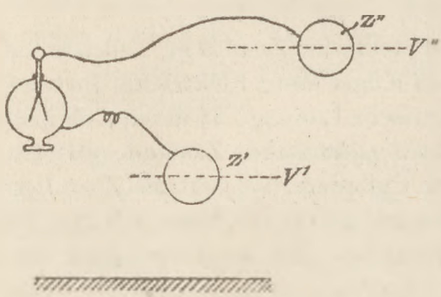


Fig. 3.

Wären beide Kugeln von Aluminium und dem Sonnenlichte ausgesetzt, so würde sich von jeder die − Elektricität zerstreuen, und nur die + bleiben; das Endresultat wäre dasselbe wie früher, wo sich Teilchen von b' und b'' lostrennten.

Ist das wahre Potential der Luftelektricität für den Mittelpunkt der unteren Kugel $= V'$, das Potential der eigenen Elektricität dieser Kugel $= v'$ und sind ferner V'' und v'' die entsprechenden Grössen für die obere Kugel, so ist das Gesammtpotential für die obere Kugel $V' + v'$ und für die untere $V'' + v''$. Das Elektrometer misst die Differenz beider Potentiale, welche $= V' - V''$ ist, indem $v' = v''$ beim Subtrahieren herausfällt.

Ähnliches würde sich, wie man leicht sieht, für zwei Wassercollektoren oder für zwei Flammen ergeben.

Anwendung von Spitzen. Die ältesten Versuche über atmosphärische Elektricität wurden mit Hilfe von Spitzen ausgeführt. Um eine gute Wirkung ohne Anwendung von grossen Höhen zu erzielen, müssten die Spitzen recht scharf sein, aber solche scharfe Spitzen sind in ihrer Wirkung höchst veränderlich; überdies ist selbst bei der schärfsten Spitze eine Potentialdifferenz von vielen Hundert Volt erforderlich, um ein Ausströmen der Elektricität zu bewirken. Wenn aber die Spitzen nicht zu genauen Messungen brauchbar sind, so werden sie doch mitunter zu vergleichenden Bestimmungen verwendet. So verbindet Weber eine sehr hohe Metallspitze mit einer Klemme am Galvanometer, dessen andere Klemme gut zur Erde abgeleitet ist. Oder es werden zwei Metallspitzen, die sich an zwei Papierdrachen in verschiedener Höhe befinden, mit dem Galvanometer verbunden; durch Ausströmen der Elektricität aus den Spitzen entsteht ein Strom, der mit dem Galvanometer gemessen wird.

Ist die Luft selbst elektrisch? Das gleichmässige elektrische Feld, wie es die Versuche in der Ebene innerhalb gewisser Grenzen ergeben, würde man am einfachsten erhalten, wenn blos die Erdoberfläche elektrisch wäre, die Luft aber nicht. Jedoch kann auch die Luft mit dem in ihr enthaltenen Wasserdampf und Staub elektrisch sein; diese Elektricität wirkt dann durch Influenz auf die Erdoberfläche, welche überdies selbst eine elektrische Ladung haben kann.

Um zu entscheiden, ob die Luft selbst elektrisch sei, muss ein Teil der Luft dem Elektrometer durch eine geschlossene leitende Fläche, z. B. durch einen

Kasten aus Drathgaze, abgegrenzt werden; dieses verhindert die Influenz aller äusseren elektrischen Körper.

Es sei der abgegrenzte Raum kugelförmig. Das Potential v der Luft in einemPunkte a in der Entfernung d von der Kugelmitte ist bekanntlich

$$v = 2\pi\delta\left(r^2 - \frac{d^2}{3}\right),$$

wo r den Halbmesser und δ die Elektricitätsmenge in einem cm^3 vorstellt. Ist die gesamte Elektricität der Luft $Q = {}^4/_3\, r^3 \pi\delta$, so befindet sich im Innern auf dem Drahtgitter, das zur Erde abgeleitet wird, die Menge $-Q$ der Influenzelektricität. Betrachtet man das Potential des zur Erde abgeleiteten Drahtgitters als Null, so ist das Gesamtpotential für den Punkt a

$$V = -\frac{Q}{r} + 2\pi\delta\left(r^2 - \frac{d^2}{3}\right) = 2\pi\delta\left(\frac{r^2 - d^2}{3}\right).$$

Befindet sich in a ein sehr kleines Flämmchen, das mit den Blättchen des Elektrometers verbunden ist, so erhalten diese das Potential V, während die mit dem Drahtgitter verbundene Hülle des Elektrometers das Potential Null hat. Den grössten Werth enthält man für V, wenn d = Null ist, oder wenn man die Flamme in die Kugelmitte verlegt. Ausserdem ist dieser Maximalwert r^2 proportional. Da δ gewöhnlich klein ist, so wird man ein möglichst grosses Drahtgitter verwenden. Wäre der abgegrenzte Raum nicht kugelförmig, sondern z. B. würfelförmig, so würde man ebenfalls das Flämmchen in die Mitte bringen.

Schon SIR W. THOMSON[16]) führte Versuche aus, und zwar im Zimmer mit einer Flamme und einem empfindlichen Elektrometer. Die Zimmerwände vertreten dann das Drahtgitter. THOMSON überzeugte sich zuvor, dass die Verbrennung selbst keine merkliche Elektricitätsmenge liefere. In der Regel war die Luft im Zimmer − elektrisch, selten +.

JOUBERT[17]) führt an, dass die Luft in einer Metallhülle gewöhnlich + sei; das wäre im Widerspruche mit THOMSONS Versuchen, sowie mit der Annahme EXNERS, dass wasserdampfhaltige Luft − elektrisch sei. Weitere Versuche über diesen wichtigen Punkt wären sehr erwünscht.

THOMSON elektrisierte auch zu Vorlesungszwecken die Luft im Zimmer durch eine Flamme, der durch eine Influenzmaschine längere Zeit Elektricität zugeführt wurde.

Ueber Gewitterelektricität. Dieses ist bis jetzt ein Gebiet voller Hypothesen, deren Wahrscheinlichkeit oft schwer zu beurteilen ist. Ich will blos einige besprechen.

Man könnte vermuten, die Gewitterelektricität sei dieselbe Elektricität, die sich auch bei heiterem Himmel zeigt. Nach EXNER gelangt die − Elektricität, welche die Erde schon seit jeher besitzt, mit den Wasserdämpfen in die Höhe, wo sich aus den Dämpfen Wolken bilden.

Jedoch ist die Elektricitätsmenge, die auf Grundlage der PELTIERschen Theorie auf 100 Quadratkilometer entfallen würde, sehr klein, nämlich 38×10^8 abs. el. Einheit, oder 3,8 Coulomb; jedoch befindet sich nur ein Teil dieser Elektricität in den Wolken, es könnten daher die Wolken auch nur wenig Elektricität enthalten, man müsste denn annehmen, dass sich diese Elektrizität

16) *A. a. O. S. 296.*

17) *A. a. O. S. 426.*

irgendwie verdichten oder verstärken könnte. Sollte an einer Stelle eine grössere Elektricitätsmenge angehäuft werden, so müssten dort die Wolken von einem grossen Raume zusammenkommen; dies ist aber unmöglich, indem die Wolken an die Luft, in der sie schweben, gebunden sind; Wolkenanhäufung wäre mit Luftanhäufung gleichbedeutend.

Nach Kohlrausch[18]) kann die Elektricitätsmenge, die sich in einem Blitz entladet, leicht den Wert von 270 Coulomb erreichen. Bedenkt man wie viel Blitze in einigen Stunden bei einem grossen Gewitter auf den Raum von einigen Quadratmeilen fallen, so dürfte man es kaum für wahrscheinlich halten, dass die Gewitterlektricität durch einfache Verdampfung von der Erdoberfläche entnommen werde.

Es könnte jedoch, wie Humboldt angenommen hat, die Elektricität in einer einzelnen Wolke dadurch verdichtet werden, dass sich die feinen Tröpfchen, welche die Wolke bilden, zu grösseren vereinigen (Regen). Falls sich z. B. eine Million kleiner Kügelchen von 0,02 mm Durchmesser zu einem Tropfen vereinigt, so steigt das Potential der Kügelchen auf das Zehntausendfache[19]). Diesen Umstand hat man als mitwirkende Ursache der grossen Länge des Blitzes angesehen. Jedoch ist bei dieser Berechnung nicht zu vergessen, dass für einen entfernten Punkt das Potential der Wolke $\Sigma g/r$ nicht geändert wird, falls sich kleinere Teilchen zu grösseren vereinigen.

Ist die Schlagweite des Blitzes von dem Potential der ganzen Wolke, oder von dem Potential eines einzelnen Tropfens abhängig? Die Antwort auf diese Frage dürfte wohl schwer sein, da man nicht weiss, wie sich eine aus Tropfen bestehende Wolke entladet, indem die Luft zwischen den Tropfen ein Isolator ist; wie verlässt die Elektricität bei der Entladung jeden einzelnen Tropfen?

Ausserdem ist es schwer einzusehen, wie sich die einzelnen Tröpfchen vereinigen sollen, da sie sich doch gegenseitig abstossen; woher rührt die zu ihrer Vereinigung nöthige Arbeit?

Bringt man weiter zwei unelektrische Tropfen zur Berührung, so zeigen sie kein Bestreben, sich zu vereinigen, falls man aus dem Verhalten zweier sich berührender Seifenblasen darauf schliessen darf, die man gegenseitig andrücken kann, ohne dass sie sich vereinigen[20]). Jedoch giebt es, wie mir scheint, einen Ausweg aus dieser Schwierigkeit. Es ist nämlich bekannt, dass sich zwei gleichnamig elektrische Kügelchen fast immer anziehen, wenn man sie hinlänglich nahe bringt. Dadurch dass grössere Tropfen schneller fallen als kleinere, kommen viele Tropfen nahe genug zu einander, um sich zu vereinigen; die zur Annäherung nötige Arbeit würde die Schwere liefern.

Wären die Tröpfchen blos durch Influenz elektrisch, so würden sich dieselben vereinigen, wenn die negative Seite des einen der positiven Seite des anderen hinlänglich nahe kommt. Man hänge zwei Markkügelchen an Seidenfäden nahe bei einander auf; bei Annäherung eines elektrischen Körpers ziehen sie sich bis zur Berührung an, um sich dann zu trennen. Zwei Tropfen würden wahrscheinlich bei der Berührung durch den erhaltenen Stoss in einen zusammenfliessen. Dass die Elektricität bei der Regenbildung eine Rolle spiele, scheint

[18]) Waltenhofen, *Absol. Maasse*, 2. *Aufl.*, *S. 108.*

[19]) Pfaundlers *Physik*, *III 308.*

[20]) Boys, *Seifenblasen*, *S. 54*; *1893.*

auch daraus hervorzugehen, dass nach einem starken Blitzschlag zumeist der Regen stärker einsetzt[21]).

Nippoldt[22]) vermutet, dass die Tropfen durch Vereinigung eine so hohe Ladung erhalten, dass die Elektricität in die Luft entweicht, und so wird die Luft selbst in der Nähe der Wolke elektrisch. Elster und Geitel[23]) wiederum setzen voraus, dass sich die Tropfen beim Herabfallen zerteilen; der kleinere Teil bleibt wegen dem Luftwiderstand hinter dem grösseren zurück, schon in dem Augenblick, wo der Tropfen anfängt zu reissen. Ist der Tropfen neutral, so wird er in dem elektrischen Felde der Erde durch Influenz elektrisch, und zwar der obere kleinere Teil −, der untere grössere +; dieser +Tropfen fällt schneller zu Boden, während die kleinen −Tropfen wegen dem Luftwiderstande noch einige Zeit im Bereiche der Wolke zurückbleiben, die dadurch eine −Ladung erhält. Jedoch ist es nicht klar, warum ein Tropfen beim Fallen reissen sollte, indem derselbe vermutlich durch den Luftwiderstand nicht in die Länge gezogen, sondern abgeplattet wird.

Über die Länge des Blitzes. Es ist bekannt, dass die Funkenlänge bei der elektrischen Entladung, wenn man eine gewisse Grenze überschreitet, viel schneller wächst als die Potentialdifferenz $V - V'$ zwischen den Elektroden. Für ein bestimmtes $V - V'$, das wahrscheinlich nicht sehr hoch ist, und das auch von der Form, Grösse u. s. w. der Elektroden abhängt, ist die Funkenlänge unendlich gross.

Exner[24]) bemerkt, dass schon eine ungeheure Potentialdifferenz zwischen Erde und Wolke dadurch entsteht, dass die Wolke in die Höhe steigt; dieses soll viel zur Länge des Blitzes beitragen.

Dagegen wäre einzuwenden, dass die blosse Potentialdifferenz, wie sie durch die Ortsänderung eines Körpers im elektrischen Felde entsteht, nicht maassgebend ist, wenn sich mit derselben nicht zugleich der elektrische Zustand des Körpers ändert, der hauptsächlich durch die Flächendichte und Electricitätsmenge bestimmt wird.

Für eine neutrale isolierte Kugel im elektrischen Felde der Erde ist die Potentialdifferenz $V - V'$ zwischen Kugel und Erde der Höhe n über dem Erdboden proportional, während die Dichte h der Influenzelektricität von $V - V'$ ganz unabhängig ist, soweit nämlich das Feld gleichförmig ist; für sehr grosse n und $V - V'$ ist h sogar noch kleiner, weil in grossen Höhen die elektrische Kraft abnimmt. Dieser Fall ist also mit dem gewöhnlich untersuchten, wo zwischen zwei Elektroden ein Funke überspringt, nicht vergleichbar; dort wächst mit $V - V'$ zugleich auch die elektrische Dichte.

Was die Elektricitätsmenge betrifft, so geben kleine Elektricitätsmengen auch bei grossen Potentialunterschieden keine Funken, sondern nur schwache Büschel.

---

21) Nach J. J. Thomson. *Anwendungen der Dynamik 1890, S. 199*, „besteht die Wirkung der Elektrisierung darin, dass sie die Dampfdichte vermindert, wenn die Flüssigkeit mit dem Dampf im Gleichgewicht ist. Sie steigert daher das Bestreben des Dampfes, sich auf der Flüssigkeit niederzuschlagen. Es lässt sich daher erwarten, dass elektrische Regentropfen grösser sind als unelektrische, und es ist denkbar, dass dieser Umstand bei der Bildung der grossen Regentropfen, die bei Gewittern niederfallen, mitwirkt."

22) *Elektrotechnische Zeitschrift, 1892, S. 82.*

23) *Sitzungsber. der Wiener Akad., Bd. 99, S. 82.*

24) *Vorlesungen, S. 147.* Pfaundler, *Physik, III 307.*

Schulversuche über atmosphärische Elektricität.

A. Um die gewöhnliche Methode der Messung mit Flamme und Eletrometer zu veranschaulichen,[25]) nehme man ein möglichst grosses Stück (wenigstens 1 m^2) mit Staniol belegter Pappe *gi* (Fig. 4), das auf Paraffinfüsse gestellt und mit einer schwach geladenen Leydner Flasche verbunden wird. Eine unendliche, gleichmässig mit Elektricität belegte Ebene würde ein gleichförmiges elektrisches Feld erzeugen; hier ist das Feld nur um die Mitte der Fläche herum in nicht zu grosser Höhenausdehnung gleichförmig.

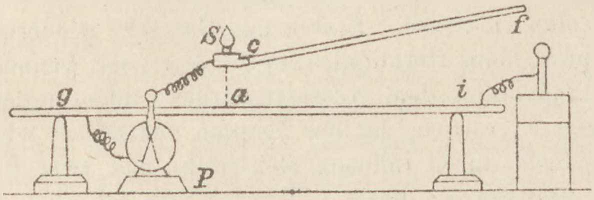


Fig. 4.

Auf einen Paraffinklotz *P* stelle man ein Beetzsches Elektroskop, verbinde die Metallhülle desselben mit der Pappe und die Blättchen mit einem sehr kleinen, niedrigen metallenen Weingeistlämpchen *S* (Durchmesser etwa 2 cm), das mit einem etwa 50 cm langen dünnen Ebonitstäbchen *cf* gehalten wird. Berührt man die Pappe mit dem Lämpchen, so ist die Potentialdifferenz zwischen Blättchen und Metallhülle des Elektroskops = Null, und die Blättchen fallen zusammen. Hebt man das Lämpchen, so ist für kleine Höhen *ac* die Potentialdifferenz der Höhe proportional.

B. Elektrisierung der Luft im Zimmer. Man verbinde den einen Pol einer Influenzmaschine mit der Flamme einer isolierten, recht weit von der Influenzmaschine aufgestellten Weingeistlampe, den anderen Pol mit der Erde und drehe die Maschine etwa eine Minute lang, worauf dieselbe aus dem Zimmer entfernt wird. Dann verbinde man eine isolierte Kerzenflamme mit einem Elektroskop und man wird auch nach längerer Zeit starke Anzeigen von Elektricität erhalten. Dieses scheint mir einer der auffallendsten Schulversuche über atmosphärische Elektricität zu sein.

Um den Versuch anzustellen, wird eine Siegellackstange *S* (Fig. 5) oben mit einer Nadel versehen, auf welche die Kerze mit dem Docht aufgespiesst wird. Die Divergenz wächst in der Regel, wenn man die Kerze hebt.

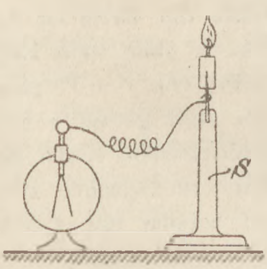


Fig. 5.

Um die Wirkung eines Wassercollektors in der elektrisierten Luft zu zeigen, setze man in ein mit Wasser gefülltes isoliertes Gläschen (Fig. 6) einen Heber, der bei *a* in eine Capillarröhre ausgezogen ist; das Wasser fliesst in einzelnen Tropfen ab. Das Ganze wird mit dem Elektroskop verbunden und etwas gehoben; nach kurzer Zeit divergieren die Blättchen des Elektroskopes.

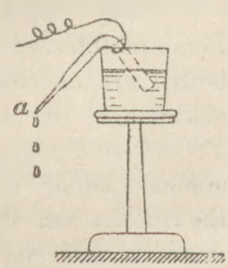


Fig. 6.

Agram, 11. November 1893.

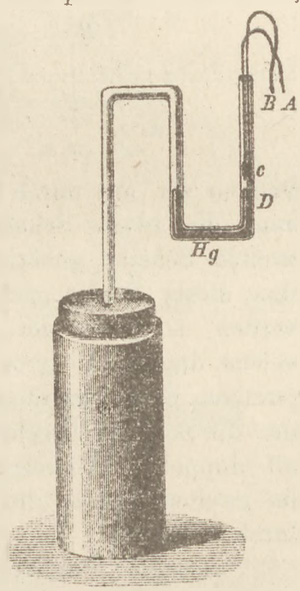
[25]) Nach Lecher.

Einfache Herrichtung eines Signalapparats für Diffusion, bestimmte Temperaturen, manometrische Versuche u. s. w.

Von
B. Schwalbe in Berlin.

Bei den verschiedenen Versuchen über Diffusion bietet sich neben verschiedenen Apparaten, wie sie von Weinhold u. a. beschrieben werden, als einfachster das Diffusionsmanometer dar, das leicht und schnell mit jeder Thonzelle herzurichten ist. Wird in die offene Manometerröhre (*D*) Quecksilber (*Hg*) gebracht, so kann man daraus zu gleicher Zeit einen einfachen Signalapparat herstellen. Bei der Anwendung des Elektromagnetismus zu Signalglocken weist man zweckmässig auf Kohlenoxydgaswecker, Signalthermometer u. s. w. hin, wie es überhaupt wünschenswert ist, dass die einzelnen Erscheinungen und Apparate mit einander in Beziehung gebracht werden, um so bei Wiederholungen von verschiedenen Ausgangspunkten zur „verständnisvollen Einprägung" (Auffassungseinprägung) zu gelangen.

Das gewöhnliche Signalmanometer besteht aus einer porösen Thonzelle, die mit einem Korke gasdicht geschlossen ist. Durch die Durchbohrung desselben geht, wie die Zeichnung zeigt, ein zweimal U-förmig gebogenes Rohr, in der untern Biegung befindet sich das Quecksilber; hält man die Zelle in die Nähe eines offenen Gashahnes oder stellt sie in ein Becherglas, in dem sich nur wenig Leuchtgas befindet, so steigt das Quecksilber bedeutend; in den offenen Schenkel ragen nun zwei umeinander geschlungene isolierte Kupferdrähte (*A*, *B*) hinein, deren untere metallische Spitzen durch ein Siegellackköpfchen (*c*) hindurchragen, das auch an der Glasröhre schleift, so dass es in jeder Höhe eingestellt werden kann. Die beiden obern Enden der Drähte sind mit Ösen versehen, um die Drähte, welche zum Signalapparat und zum Element führen, einzuhängen. Die Spitzen der Kupferdrähte lassen sich nun unmittelbar über die Quecksilberkuppe bringen, so dass dann unmittelbar nach dem Oeffnen des Gashahnes, wenn die Diffusion beginnt, die Kuppe des steigenden Quecksilbers den Strom schliesst und die Signalglocke ertönt.



Will man die langsamere Diffusion der Kohlensäure resp. schnellere der Luft gegen Kohlensäure zeigen, so taucht man die Spitzen zuerst in das Quecksilber, so dass das Läutewerk dauernd tönt, und stellt dann das Manometer in ein Becherglas mit Kohlensäure, das Läuten hört sofort auf.

Die kleine Herrichtung hat vor dem Einschmelzen der Drähte den Vorzug, dass sie sich leichter herstellen lässt und jede beliebige Füllung des Manometers sowie jede Empfindlichkeit der Einstellung gestattet. Auch als Signalthermometer lässt sich der Kopf des Apparats leicht verwenden; man setzt ihn — der Kork kann ja dabei beliebig gewählt werden — auf eine mit Luft gefüllte Flasche, die der höheren Temperatur ausgesetzt wird. Will man auf eine bestimmte Temperatur einstellen, so wird gleichzeitig ein Thermometer in die Flasche gesenkt und darnach die Einstellung reguliert.

Ähnlich lässt sich der kleine Apparat zum Nachweis von Druckvermehrung und zu vielen andren Zwecken verwenden.

Ein Apparat für die Zusammensetzung zweier gleichförmiger Rotationen zu einer harmonischen Schwingungsbewegung.

Von

J. van Dam in Wageningen (Holland).

Es seien AB und CD (Fig. 1) zwei aufeinander senkrechte Durchmesser des Kreises I. Beschreibt man um irgend einen Punkt C' des Kreisumfanges mit dessen Radius einen zweiten Kreis II, der den Durchmesser AB in den Punkten M und E schneidet, so ist der Winkel $MC'E$ gleich dem doppelten Winkel CMC'. (In dem gleichschenkligen Dreieck $MC'E$ ist die Winkelhalbierende des Winkels C' parallel MC.)

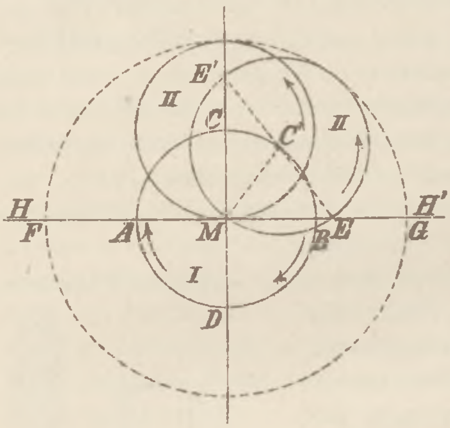


Fig. 1.

Es sei nun I eine kreisförmige Scheibe, die wir, z. B. mittels einer Schwungmaschine, in eine gleichförmige Drehung um eine Axe versetzen, welche durch ihren Mittelpunkt M geht und auf der Bildebene senkrecht steht. Im Punkte C des Umfanges befinde sich die Drehungsaxe einer zweiten, oberhalb I gelegenen Scheibe II von gleichem Durchmesser. Denken wir uns durch Umdrehung von I den Punkt C nach C' versetzt, so würde, wenn die zweite Scheibe (II) mit der ersten (I) f e s t verbunden wäre, der zur zweiten Scheibe gehörige über M gelegene Punkt seinen Ort nicht ändern. Soll aber dieser Punkt nach E auf der zu MC senkrechten Geraden HH' versetzt werden, so muss der Scheibe II eine Drehung um ihre Axe C' erteilt werden, welche doppelt so gross ist wie die Drehung der Scheibe I, aber im entgegengesetzten Sinne stattfindet. Das gilt für jede Lage des Punktes C. Dreht sich also die Scheibe II während der Drehung der Scheibe I in entgegengesetztem Sinne mit doppelter Winkelgeschwindigkeit, so beschreibt der Punkt M am Umfange der zweiten Scheibe die Gerade FG, deren Länge gleich dem doppelten Scheibendurchmesser ist.

Sind die Drehungen gleichförmig, so macht der Punkt M geradlinige harmonische Schwingungsbewegungen. Die Verschiebung des Punktes M längs der Geraden HH' ist stets doppelt so gross wie die der Projektion des Punktes C auf HH'. Wir erhalten also eine harmonische Schwingungsbewegung, deren Amplitude doppelt so gross ist wie der Durchmesser der Scheiben. Jeder Punkt des Umfanges der Scheibe II führt harmonische Schwingungsbewegungen aus in der Richtung seiner Verbindungslinie mit M. Einander diametral gegenüber liegende Punkte führen auf einander senkrechte Schwingungen von gleicher Amplitude und Schwingungsdauer aus, jedoch mit einer Phasendifferenz von einer Viertel-Schwingungsdauer. Offenbar haben wir es hier mit einem bekannten besonderen Fall der Hypocycloïdenbewegung zu thun. Es rollt der Kreis II innerhalb eines Kreises von doppelt so grossem Durchmesser. Man könnte also die besprochenen Schwingungen durch Rollen eines Zahnrades i n n e r h a l b eines anderen von doppeltem Durchmesser erzeugen. Ich schlug indessen einen anderen Weg ein und kam so zur Construktion einer Vorrichtung, welche als einfacher Demonstrationsapparat beim Unterricht mit Vorteil verwertet werden kann.

Beschreibung des Apparates.

Die auf die Schwungmaschine aufgeschraubte Axe einer kreisförmigen Kupferscheibe I (Fig. 2) geht frei durch eine centrale Durchbohrung des Zahnrades 1, welches mit dem gusseisernen Gestell der Schwungmaschine in einer aus Fig. 3 ersichtlichen Weise fest verbunden ist.

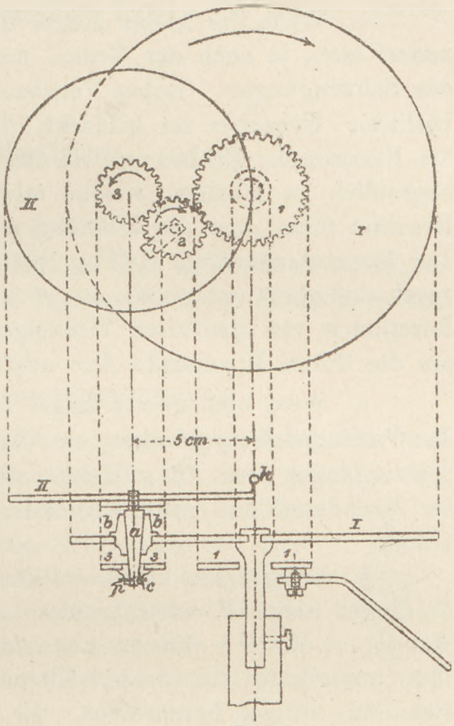


Fig. 2.

Die Scheibe I ist mit einer Durchbohrung versehen, welche 5 cm von der Axe entfernt ist. In diese Öffnung ist eine kupferne Hülse *b* eingeschraubt (siehe auch Fig. 3), in welcher die stählerne, schwach konische Axe *a* sich drehen kann. Das obere Ende dieser Axe ist mit der Scheibe II, deren Durchmesser 10 cm beträgt, fest verbunden. Um die Axe *a* in Rotation versetzen zu können, ist sie an ihrem unteren Ende von einer zweiten kupfernen Hülse *c* umgeben, an welche das Zahnrad 3 festgelötet ist. Der Stift *p* (siehe die Fig. 4, welche einen Teil der Fig. 2 in etwas grösserem Maassstabe wiederholt) geht durch die Hülse *c* und die Axe *a*, so dass letztere der Drehung des Zahnrades folgen muss. Das nur im Grundriss gezeichnete dritte Zahnrad 2 dreht sich um eine Axe, welche an der Unterseite der Scheibe I festgeschraubt ist. Das Zahnrad 1 hat bei meinem Apparat 68 Zähne, jedes der beiden Räder 2 und 3 aber 34 Zähne.

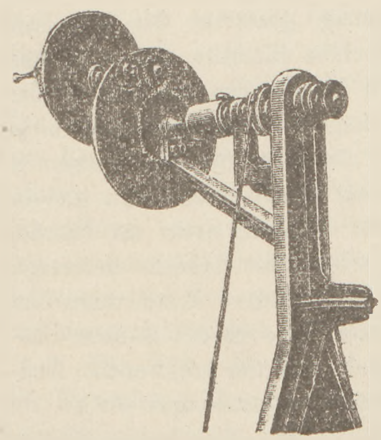


Fig. 3.

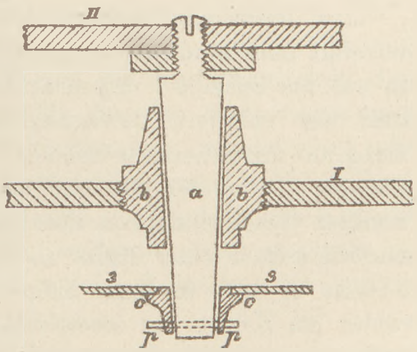


Fig. 4.

Wird die Scheibe I im Sinne des Pfeiles gleichförmig gedreht, so rollt das Zahnrad 2 auf dem Umfang des feststehenden Rades 1 und dreht sich also in gleichem Sinne wie die Scheibe aber mit doppelter Winkelgeschwindigkeit. Mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit, doch in entgegengesetztem Sinne, dreht sich dann auch das mit der Axe *a* verbundene Zahnrad 3 und mit ihm auch die Scheibe II.

Anwendungen des Apparates.

a. Befestigt man an irgend einer Stelle des Umfanges der Scheibe II einen Stift, der an seinem oberen Ende eine kleine, weiss angestrichene oder versilberte Kugel *k* (Fig. 2) trägt, so sieht man bei gleichförmiger Drehung die Kugel eine harmonische Schwingung ausführen, deren Amplitude 20 cm beträgt und die, wenn die Scheibe schwarz angestrichen ist, sowohl bei verticaler als auch bei horizontaler Stellung der Schwungmaschine, aus ziemlich grosser Entfernung recht gut sichtbar ist.

b. Wird die kleine Kugel längs dem Umfang ein wenig verschoben, so ändert sich, je nach der Grösse und dem Sinne der Verschiebung, die Richtung der Schwingungen. (Roher Vergleich mit der Drehung der Schwingungsebene des Lichtes). Nebenbei sei bemerkt, dass es eben die Schwierigkeit war, Schülern die Fresnelsche Erklärung von der Drehung der Polarisationsebene des Lichtes begreiflich zu machen, welche mich zu der Construktion des Apparates führte. Beachtet man, dass die Drehung eines Punktes am Umfange der Scheibe II um das Momentancentrum C (Fig. 1) einer Drehung um M mit der halben Winkelgeschwindigkeit entspricht, so ist es einleuchtend, dass unsere kleine Kugel zwei Rotationen von gleicher Winkelgeschwindigkeit, doch entgegengesetztem Sinne um die durch M gehende Axe ausführt.

c. Wird eine zweite Kugel an einen diametral gegenüber liegenden Punkt des Umfanges festgeklemmt, so führen die beiden Kugeln auf einander senkrechte Schwingungen aus. Man sieht dann bei genügend rascher Umdrehung, zufolge der Nachdauer des Lichteindruckes, ein glänzendes Kreuz auf schwarzem Hintergrund.

d. Bringt man an zwei einander diametral gegenüber liegenden Stellen des Umfanges kleine Klemmschrauben an, steckt man durch ihre Löcher eine dünne Stange, z. B. eine Stricknadel, und befestigt man an dieser Stange, zwischen oder ausserhalb der beiden Klemmschrauben, eine kleine Kugel, so sieht man diese eine Ellipse beschreiben. Es stellt die Stange eine Gerade dar, die sich so bewegt, dass zwei ihrer Punkte stets auf zwei festen, zu einander senkrechten Geraden bleiben. Bekanntlich beschreibt dann im Allgemeinen jeder Punkt der Geraden eine Ellipse.

e. Noch eine weitere recht nützliche Anwendung gestattet der Apparat. Befestigt man nämlich an dem Rande der Scheibe II einen Bleistift, dessen Spitze ein auf der Scheibe I angebrachtes Kartonblatt[1]) eben berührt, so zeichnet er die Bahn der relativen Bewegung des geradlinig hin und her gehenden Stiftes in Bezug auf die rotierende Scheibe I auf. Diese Bahn ist ein durch den Mittelpunkt M gehender Kreis, der während einer halben Umdrehung der Scheibe I mit gleichförmiger Geschwindigkeit durchlaufen wird. Wird der Bleistift nicht am Rande, sondern mittels einer Hülse an irgend einer anderen Stelle der Scheibe befestigt, so dass er sich in einer Ellipse bewegt, dann ist die relative Bahn natürlich wieder ein Kreis, der in derselben Zeit wie der vorige, also in der halben Umlaufszeit der Scheibe I, durchlaufen wird. (Trägheitsbahn auf der rotierenden Erdoberfläche in der Nähe der Pole. Vgl. Sprung, *Lehrbuch der Meteorologie § 7.*)

Es wäre gewiss nicht schwer, wie schon oben angedeutet, durch Rollen eines Zahnrades innerhalb eines anderen von doppeltem Durchmesser die erwähnten Bewegungen zu erhalten, und es könnte dann vielleicht in gewisser Hinsicht die Construktion einfacher ausfallen. In anderer Beziehung aber würde dieser Weg dem von mir eingeschlagenen nachstehen. Es wäre nämlich, um Schwingungen von der gleichen Amplitude hervorzubringen, ein Rad von 20 cm

---

[1]) Für diesen Zweck ist es vorteilhaft, die Scheibe I etwas grösser als bei meinem Apparate zu nehmen.

Durchmesser nötig gewesen. Eben in dieser grossen Amplitude liegt aber ein Vorteil auch für weitere Anwendungen, welche ich in kurzem zu beschreiben hoffe.

Der Apparat wurde vom Mechaniker der hiesigen Reichs-Landwirtschaftsschule, K. Grutterink, ausgeführt. Die Lieferung hat Herr J. W. Giltay (Firma P. J. Kipp & Zonen zu Delft übernommen.

Versuche über Wellenlehre.

Von

Dr. W. C. L. van Schaik in Rotterdam.

Folgende Versuche, welche im Winter 1892 bei den Abendvorlesungen der Batavischen Genossenschaft vorgeführt wurden, dürften, insoweit sie neu sind, einige Beachtung verdienen.

I. Zur Erläuterung des Resonanzprincips.

Ein gyroskopischer Kreisel, wie er überall als Spielzeug zu haben ist, wird an das obere Ende einer stählernen Feder, z. B. einer Florettklinge, gut befestigt, so dass seine Axe in der Verlängerung der Feder liegt (Fig. 1). Das untere Ende wird durch einen stark zugedrehten Schraubenstock festgehalten. Das System kann durch Biegung der Feder in Schwingungen versetzt werden, welche, wenn sie in der Breiterichtung der Florettklinge erfolgen, wegen der grösseren Biegungselasticität eine kürzere Dauer haben als die darauf senkrechten Schwingungen in der Richtung der kleinsten Elasticität.

Fig. 1.

Der Kreisel wird an seinem Umfang mit einer kleinen Bleimasse a beschwert, so dass seine Axe in dynamischem Sinne nicht mehr frei ist. Man versetzt ihn alsdann in eine schnelle Drehung. Hierbei wirkt auf die einseitig belastete Axe eine Centrifugalkraft ein, deren Richtung sich zugleich mit dem Kreisel umdreht, so dass das ganze System fast unmerkliche Zitterungen zeigt. Sobald nun die Geschwindigkeit des Kreisels soweit abgenommen hat, dass seine Periode der der Breitevibrationen der Feder nahekommt, gerät diese in heftige Schwingungen, welche rasch abnehmen, wenn der Unterschied zwischen beiden Perioden zu gross wird, so dass das System wieder zur Ruhe kommt. Später aber wird die Periode des Kreisels den langsamsten Schwingungen der Feder gleich, wodurch diese abermals in Schwingungen von grosser Amplitude versetzt wird, welche ebenso wie die vorigen von einer zahlreichen Gesellschaft gesehen werden können.

Die Feder darf nicht zu kurz und zu schlaff genommen werden, da sonst die Entstehung des gyroskopischen Kräftepaares die Erscheinung unnötigerweise complicieren würde. Die Dimensionen waren z. B.: freie Federlänge 26 cm, Breite der Feder am unteren Ende 7 mm, am oberen Ende 6 mm, Dicke unten 3 mm, oben 2 mm. Auch ein federnder Holzstab eignet sich gut zu dem beschriebenen Versuche.

II. Ein Transversalwellen-Apparat.

Um eine Punktreihe zu construieren, welche unter dem Einfluss innerer Kräfte langsame Transversalschwingungen ausführen kann, stellt man einige (z. B. 30 bis 40) Holzstäbe AB, $A'B'$ ... von etwa 36 cm Länge in einiger Entfernung (etwa 8 cm) von einander auf (Fig. 2). Diese werden von einer starken Klaviersaite *SS* getragen, welche durch die Einschnitte gezogen ist, die in der Nähe der Schwerpunkte *CC'* der Stäbe gemacht worden sind. Die Saite wird hier und da unterstützt; die Innenflächen der Einschnitte werden ein wenig geglättet, um die

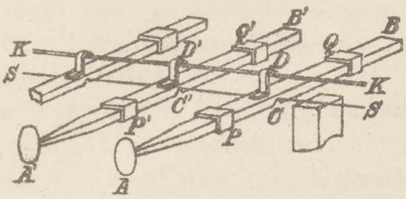


Fig. 2.

Reibung zu verringern. Man bringt die Stäbe mit Hilfe der Laufgewichte *P* und *Q* annähernd in ein indifferentes Gleichgewicht. Über dem Punkte *C* befindet sich auf jedem Stabe ein nicht zu dünnes, am oberen Ende umgebogenes Kupferblech. Ein Kautschukfaden *KK* wird durch die Öhren *DD'* hindurchgezogen und über der ganzen Stabreihe der Länge nach ausgespannt; alsdann werden die Öhren zugedrückt. Die Stäbe erhalten hierdurch in Bezug auf einander ein stabiles Gleichgewicht. Die Schwingungen, welche sie um die Saite als Axe zeigen können, werden nur durch die Kräfte geregelt, welche die Stäbe mittels des Fadens auf einander ausüben. Wie bei der aufgehängten Spiralfeder und den Luft- oder Wasserwellen sind es hier die in dem System erregten inneren Kräfte, welche die Wellenbewegung von einem Teile zum andern übertragen. Die Vorrichtung unterscheidet sich hierdurch von solchen Apparaten, wo die hintereinander folgenden Schwingungen durch eine äussere Kraft veranlasst werden. Das Moment der Federkraft wird durch die Spannung des Fadens oder durch die Kupferstreifen *D*, das Trägheitsmoment der Stäbe durch die verschiebbaren Metallhülsen *P*, *Q* geregelt. An den, dem Auditorium zugewandten Enden *AA'* . . . tragen die Stäbe Papierscheiben; diese stellen die Molekeln des schwingenden Systems dar. Die „Masse“ dieser Molekeln wird durch das Trägheitsmoment der Stäbe, und ihre „Wechselwirkung“ durch das statische Moment der Fadenspannung bestimmt.

Die Schwingungen können sehr langsam geschehen und eine am einen Ende erregte Welle kann z. B. mehrere Sekunden brauchen, um die Reihe zu durchlaufen. Namentlich zur Demonstration stehender Wellen eignet sich der Apparat sehr gut. Eine einzige dünne und schmale stählerne Feder (mit vertical gestellter Breite) kann auch die Stelle des Kautschukfadens und der Saite vertreten.

III. Zur Demonstration der Schwebungen.

Hierzu gebraucht man mit Vorteil die von Lord Rayleigh[1] entdeckte Wirkung einer Resonanzkugel auf eine sich vor der engen Öffnung derselben befindlichen Kerzenflamme. (Vgl. *diese Zeitschr. VI 186.*)

In einer Entfernung von 2 bis 3 m von einem Resonator, dessen Grundton z. B. *c* ist, wird eine gut ansprechende Labialpfeife von demselben Grundton aufgestellt. Der aus der engen Röhre der Kugel austretende Zugwind ist immer noch sehr gut an der Kerzenflamme bemerkbar, am Munde des Resonators ist der Zug noch so stark, dass man ihn direkt fühlt, wenn man, falls der Pfeifenton ein wenig zu niedrig ist, den Resonator mit der Hand richtig stimmt.

Mit zwei Pfeifen von demselben Grundton wird der Versuch auffallender und wenn eine derselben verstimmt wird, so zeigen sich die Schwebungen deutlich an den rhythmischen Bewegungen der Flamme. Falls die Töne der Pfeifen gleich sind, kann man gewöhnlich die eine Pfeife ein wenig verstimmen, ohne dass noch

---

[1]) *Theory of Sound, 1878 Art. 322.*

Schwebungen gehört werden; die resultierende Luftbewegung kann man auf diese Weise derart ändern, dass entweder die Wirkung des Resonators fortwährend verstärkt oder vermindert, ja sogar aufgehoben wird. Dies giebt sich auch zu erkennen, wenn man die Kugel mit Rauch füllt. Wirbelringe, wie die von Dvorak[2]) beschriebenen, werden hierbei auch ohne vibroskopische Betrachtung bemerkbar, wenn man die Pfeife etwas mehr verstimmt, so dass wieder Schwebungen entstehen; bei jeder Schwebung wird ein Wirbelring aus dem Munde des Resonators ausgehaucht.

Versuche mit Äther.

Von

Friedrich Brandstätter in Pilsen.

1. Schwere des Ätherdampfes.

Um die bedeutende Eigenschwere des Ätherdampfes in schöner Weise zu veranschaulichen, nimmt man ein kleines, etwa 25—30 ccm fassendes Pulverglas *a* (Fig. 1), füllt es nahezu zur Hälfte mit Äther und verschliesst die Öffnung mit einem zweifach durchbohrten Stopfen, der zwei Glasröhren *b* und *c* von etwa 2 mm Weite trägt. Das kurze, rechtwinklig gebogene Rohr *b* ragt nur ganz wenig in das Pulverglas hinein; das längere, s-förmig gebogene Rohr *c* befindet sich mit seiner innern Mündung ganz dicht über der Oberfläche des Äthers, ohne diese jedoch zu berühren, während das äussere, aufwärts gebogene Röhrenende etwa 6—8 cm tiefer als das Ätherniveau zu stehen kommt. Das Rohr *c* stellt sonach eine Art Heberrohr dar und bewirkt thatsächlich ein continuierliches Abfliessen des im oberen Teil des Pulverglases angesammelten und sich stetig erneuernden Ätherdampfes, sobald man nur anfangs durch das Rohr *b* ein wenig Luft eingeblasen hat, um den Ätherdampf in das Rohr *c* zu treiben. Der nun fortwährend aus dem äussern Ende desselben ausfliessende Dampf kann entzündet werden und brennt mit einem ruhigen, leuchtenden Flämmchen weiter. Übrigens beginnt das Abfliessen des Ätherdampfes auch ohne vorheriges Einblasen nach wenigen Augenblicken von selbst. Ein Zurückschlagen des Flämmchens in das Innere des Gefässes ist nicht zu befürchten, trotzdem der rasch abfliessende Ätherdampf auch Luft durch das Rohr *b* mitreisst, was man daran erkennt, dass beim Verschliessen dieses Rohres mit dem Daumen das Flämmchen sofort kleiner wird. Diese Luftcirkulation befördert eben das Verdunsten des Äthers im hohen Grade.

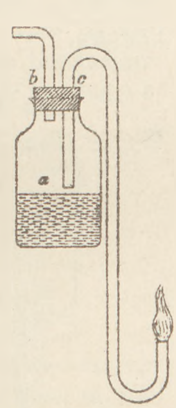


Fig. 1.

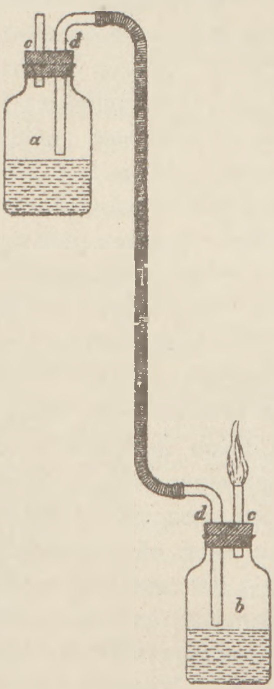


Fig. 2.

Noch interessanter und lehrreicher gestaltet sich der Versuch, wenn man zwei ebenso kleine Pulvergläser *a* und *b* (Fig. 2) von gleichem Rauminhalt nimmt, jedes zur Hälfte mit Äther füllt und mit doppelt durchbohrtem Stopfen versieht, durch den ein kurzes gerades

---

[2]) *Sitzungsberichte der Wiener Akademie, 1882 Bd. 84, Abt. 2, S. 715.*

Röhrchen *c* und ein rechtwinkelig gebogenes, mit seiner inneren Mündung bis nahe an die Ätheroberfläche reichendes Röhrchen *d* gesteckt ist. Die äussern Enden von *d* werden mittels eines 40—50 cm langen Kautschuckschlauches verbunden. Wird nun das Pulverglas *b* tiefer gehalten als *a*, so fliesst der Ätherdampf aus *a* nach *b* und wird hier an der Röhre *c* entzündet. Das Flämmchen ist um so grösser, je grösser der lotrechte Abstand beider Pulvergläser ist. Hebt man nun langsam das Pulverglas *b*, so wird das Flämmchen an dem Rohre *c* immer kleiner, bis es in demselben Momente erlischt, wo sich beide Pulvergläser in gleicher Höhe befinden. Wird nun *b* weitergehoben, so fliesst der Ätherdampf aus *b* nach *a* und wird hier am Rohr *c* entzündet. Das Flämmchen wird um so grösser, je höher man *b* über *a* emporhebt. Dies abwechselnde Herüber- und Hinüberfliessen des Ätherdampfes kann beliebig oft wiederholt werden und constatiert die Erscheinungen an communicierenden Gefässen auch für ausdehnsam-flüssige Körper. Bei beiden vorgenannten Versuchen ist jedes, auch geringe Schütteln oder Erschüttern der Gefässe zu vermeiden, damit kein flüssiger Äther in die dicht über der Ätheroberfläche mündenden Röhren gelange und so die Dampfcirculation verhindere.

2. Verdunstungskälte des Äthers.

Eine starkwandige Eprouvette von etwa 16 cm Länge und 2 cm innerer Weite (Fig. 3) wird mit einem dreifach durchbohrten Stopfen versehen. Durch eine Bohrung geht ein rechtwinkelig gebogenes Rohr *b* bis fast zum Boden der Eprouvette. Durch die zweite Bohrung ragt ein zweimal rechtwinklig gebogenes Rohr *c* — der horizontale Schenkel sei 15 cm lang — nur wenig in die Eprouvette hinein, während seine äussere, aufwärts gerichtete Mündung mit einem Schmetterlingsbrenner-Ansatz aus Speckstein versehen ist. Durch die dritte Bohrung geht ein Thermometer von der in *a* versinnlichten Gestalt bis zum Boden der Eprouvette. Man füllt diese zunächst mit etwa 5 ccm reinem Wasser und darüber etwa mit 7 ccm Äther, setzt den Stopfen auf und leitet nun aus einem Gasometer oder mittels eines Gebläses durch das Rohr *b* einen mässigen Luftstrom durch die Flüssigkeitsschichte. Der mitgerissene Ätherdampf wird nun an dem Rohre *c* entzündet und brennt wie eine Gasflamme vollständig gefahrlos weiter. Am Thermometer beobachtet man ein rasches Sinken der Temperatur; in zwei bis drei Minuten ist der Nullpunkt erreicht, das Wasser aber, weil es etwas Äther aufgelöst enthält, gefriert bei dieser Temperatur noch nicht. Erst wenn die Quecksilbersäule nach einer weiteren Minute eine Temperatur von —7° bis — 8° anzeigt, erstarrt die Flüssigkeit plötzlich zu einem Krystallbrei. Man kann also in wenigen Minuten eine Temperaturabnahme von 25°—30° constatieren. Der Äther ist dabei zum grössten Teile abgedunstet, und die anfänglich grosse leuchtende Flamme des Ätherdampfes wird im Laufe des Versuches immer kleiner und weniger leuchtend, bis sie im Momente des Gefrierens des Wassers erlischt. Hat man kein derartiges Thermometer zur Verfügung, so kann dies auch selbstverständlich wegbleiben; der Stopfen braucht alsdann nur die zwei Bohrungen für die Röhren *b* und *c* zu besitzen und man begnügt sich mit der Demonstration der Eisbildung.

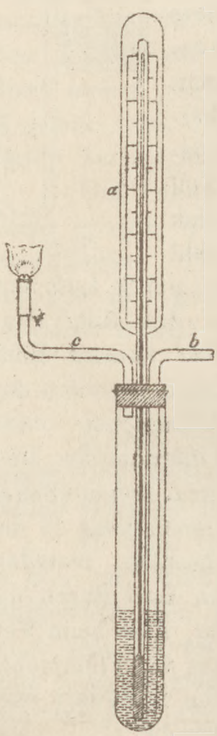


Fig. 3.

Der ganze Versuch hat neben der Einfachheit und Raschheit der Ausführung noch den Vorteil, dass man in keinerlei Weise von den betäubenden Ätherdämpfen belästigt wird, da diese sogleich zur Verbrennung gelangen.

Physikalische Aufgaben.

20. In welchen geographischen Breiten φ herrscht beständige Dämmerung, wenn die Declination der Sonne $= \delta$ ist[1])?

Auflösung: Die Sonne steht bei uns um Mitternacht um den Bogen $90° - \varphi - \delta$ unter dem Nordpunkt des Horizonts. Soll die Dämmerung von Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang währen, so muss jener Bogen zwischen 0° und 18° liegen, also φ zwischen $72° - \delta$ und $90° - \delta$. Zieht man auch südliche geographische Breiten und südliche Declinationen in Betracht, so kann $90° - \varphi - \delta$ grösser als 90° werden, dann ist die eigentliche Tiefe der Sonne das Supplement jenes Bogens, also $= 90° + \varphi + \delta$, gerechnet vom Südpunkt des Horizontes aus im Mittagskreise abwärts. Liegt dieser Bogen zwischen 0° und 18°, so findet beständige Dämmerung statt, die Bedingung geht also, wenn $\varphi + \delta$ negativ ist, in folgende über, dass φ zwischen $-(90° + \delta)$ und $-(72° + \delta)$ liegt. Hieraus ergiebt sich für verschiedene Werte von δ folgende Tabelle, welche zeigt, dass im allgemeinen sowohl auf der nördlichen als auf der südlichen Erdhälfte Gebiete beständiger Dämmerung vorhanden sind, nur bei grosser nördlicher und grosser südlicher Declination ist sie auf je eine Erdhälfte beschränkt.

Declination	23°	20°	18°	10°	0°	—10°	—18°	—20°	—23°
Grenzen der nördlichen Breite	49° 67°	52° 70°	54° 72°	62° 80°	72° 90°	82° 90°	90°		
Grenzen der südlichen Breite			90°	90° 82°	90° 72°	80° 62°	72° 54°	70° 52°	67° 49°

21. *Aufgabe.* Um wieviel ist ein astronomisches Fernrohr zu verkürzen oder zu verlängern, wenn ein Kurzsichtiger oder ein Weitsichtiger hindurchsieht, und wenn es zur Projektion der Sonne auf einen Schirm benutzt wird. Die Brennweite des Objektivs sei $F = 0{,}60$ m, des Okulars $f = 0{,}01$ m.

Auflösung: Ein kurzsichtiges Auge, dessen Fernpunkt in der Entfernung r (z. B. $^1/_2$ m) liegt, gleicht einem normalen Auge, welches durch ein convexes Brillenglas von der Brennweite r hindurchsähe, dieses Glas hat die Stärke $1/r = 2$ Dioptrien und kann durch zwei Meter-Linsen ersetzt werden. Fügt man die Anomalie des Auges (= 2 Dioptrien) zu der Stärke des Okulars, = 100 Dioptrien, hinzu, so erhält letzteres eine Stärke von 102 Dioptrien, seine Brennweite wird = 1 cm — $^1/_5$ mm. Die Länge des Fernrohrs, die immer gleich der Summe der Brennweiten von Objektiv und Okular ist, wenn die Strahlen parallel austreten, ist also um $^1/_5$ mm zu verkürzen. — Ein weitsichtiges Auge mit einer Anomalie von 2 Dioptrien gleicht einem normalen, für ∞ accommodierenden Auge, vor dem eine conkave Linse von 0,50 m virtueller Brennweite sich befände. Durch Zurechnung dieser Linse erhält das Okular eine Stärke von $100 - 2 = 98$ Dioptrien, eine Brennweite von $1/98$ m $= 1{,}02$ cm, also ist das Fernrohr um $^1/_5$ mm zu verlängern. — Wird ein Bild der Sonne auf einem Schirm in 0,5 m Entfernung aufgefangen, so würde eine dem Okular hinzugefügte Conkav-Linse von 50 cm virtueller Brennweite bewirken, dass der Schirm in unendliche Entfernung zu rücken wäre. Die Länge des Fernrohrs ist also so zu bestimmen, als ob das Okular $100 - 2 = 98$ Dioptrien hätte, das Fernrohr ist also um $^1/_5$ mm auszuziehen. *M. Koppe, Berlin.*

---

[1]) Die Aufgabe ist entnommen den *Beiträgen zum Unterricht in der mathematischen Erdkunde*, von Prof. Franz Reclam, Programm des Gymnasiums zu Neu-Stettin 1892. [Die Lösung ist dort unvollständig].

22. *Aufgabe:* Wie muss ein Schirm gegen die Axe einer Linse geneigt sein, um das Bild eines Pfeiles scharf aufzufangen, der mit der Axe den Winkel α bildet?

Auflösung: Das stumpfe Ende A des Pfeiles $AA' = l$ liege auf der Axe im Abstand a von der Linse, deren Brennweite $= f$ sei. Um von A zur Spitze A' zu gelangen, kann man von A längs der Axe um $l \cos\alpha$ bis A_1, dann senkrecht zur Axe um $p = l \sin\alpha$ bis A fortschreiten. Durch die erste Bewegung wachse der Abstand von der Linse auf $a_1 = a + l\cos\alpha$. Gehören zu a und a_1 als Entfernungen der Bildpunkte die Strecken b und b_1, so ist $1/a + 1/b = 1/f$ und $1/a_1 + 1/b_1 = 1/f_1$, also $(a_1 - a)/aa_1 = (b - b_1)/bb_1$, oder die Verschiebung des Bildpunktes ist $= (b - b_1) = (a_1 - a)(b/a)^2 = l\cos\alpha\,(b/a)^2$. Verschiebt man dann den leuchtenden Punkt unter Beibehaltung der Abscisse a_1 um $p = l\sin\alpha$ senkrecht zur Axe, so bewegt sich der Bildpunkt in eben solcher Richtung um eine Strecke $q = p\,(b_1/a_1)$, angenähert $q = l\sin\alpha\,(b/a)$. Es gelten also parallel und senkrecht zur Axe für die lineare Vergrösserung verschiedene Maassstäbe. Wird der Winkel des Bildes BB' mit der Axe mit φ bezeichnet, so ist $tg\varphi = q/(b - b_1) = l\sin\alpha\,(b/a) : l\cos\alpha\,(b/a)^2 = (a/b)\,.\,tg\alpha$. Dreht sich der Pfeil um A, sodass A' eine Kugelfläche beschreibt, so ist der Ort für das Bild der Spitze A' ein Rotations-Ellipsoid.

M. Koppe, Berlin.

Kleine Mitteilungen.

Zur Behandlung der Kreiselbewegung.

Von **M. Koppe** in Berlin.

Die Bewegung des Kreisels wäre uns schwerlich bekannt, wenn wir auf ihre Entdeckung aus den Gleichungen der Mechanik hätten warten müssen. Die Betrachtung des Kinderspielzeugs zeigte paradoxe Erscheinungen, die mit wachsender Rotationsgeschwindigkeit in immer grösserer Reinheit zu Tage treten, so dass sie sich mathematisch nur als Grenzfall für unendlich grosse Geschwindigkeit darstellen lassen. Die Theorie der Bewegung eines schweren Körpers um einen festen Punkt fällt daher mit der Kreisel-Theorie nicht zusammen, sondern enthält letztere nur als einen ganz speciellen Fall. Ähnliches gilt von der Wellentheorie. Die Beobachtung von Wasserflächen, die Erscheinungen der Akustik führten auf sie, einfache Gesetze ergeben sich aber mathematisch nur bei der Beschränkung auf unendlich kleine Schwingungen, und gerade diese sind von praktischer Wichtigkeit, obwohl bei den Experimenten nur endliche Schwingungen vorkommen. Die Theorie des Kreisels, wenn eine solche vorhanden ist, wäre auch im Unterricht heranzuziehen, weil man sonst fürchten müsste, die Meinung zu fördern, es gäbe Ausnahmen von den gewöhnlichen Bewegungen schwerer Körper, die Körper könnten durch schnelle Rotation sich der Einwirkung der Schwerkraft entziehen. Besonders dann wäre hier eine klare Einsicht nötig, wenn man sie als Grundlage für die Erklärung der astronomischen Praecession verwenden will. Die letztere schliesst allerdings so viele Schwierigkeiten in sich, dass man sich begnügen könnte, die Erscheinung an sich zu erläutern. Eine fühlbare Lücke entstände dadurch nicht, da ja auch andere Perturbationen nur angeführt werden.

In der *Zeitschrift für Realschulwesen XIX 83—87, 1894* veröffentlicht E. Maiss eine Arbeit über die Behandlung der Kreiselbewegung im Mittelschulunterricht. Der Verfasser schliesst sich der Poggendorffschen Erklärung an, die ihn nur deshalb nicht ganz befriedigt, weil sie die in der Schul-Mechanik üblichen Redefügungen nicht innehält. Hierauf beziehen sich seine Verbesserungen, aber was nützen alle Kunstgriffe der Didaktik, wenn sie einen Weg schulgerecht machen sollen, der zwischen Anfang und Ziel noch ein weites wüstes Feld zeigt?

Die horizontale Axe AA' eines Kreiselwulstes sei links im Punkte A unterstützt. Da die Schwere den nicht rotierenden Kreisel mit wachsender Geschwindigkeit um A herum abwärts drehen würde, so ist es erklärlich, dass Poggendorff und mit ihm Maiss von einer Senkung der Axe auch des rotierenden Kreisels ausgehen, hervorgebracht durch das Kräftepaar P der Schwere und des Gegendruckes in A. Aus später ersichtlichen Gründen nehmen wir lieber an, das Axenende A' werde durch äussere Gewalt mit constanter Geschwindigkeit gesenkt. Dadurch werden die Punkte des Wulstes, welche 90° zu beiden Seiten von dem tiefsten entfernt sind, gezwungen, sich in einem Geleise zu bewegen, welches sich aus der ursprünglichen Ebene der Kreiselscheibe herausbiegt, nach rechts für denjenigen Punkt, welcher infolge der Rotation gerade aufsteigt — auch jetzt noch trotz der Axensenkung — , nach links für den Gegenpunkt. Wie nun ein Wagen, der durch ein Schienengeleise gezwungen wird, eine Kurve zu beschreiben, einen Druck nach der convexen Seite ausübt, so entsteht auch hier an der Seite des aufsteigenden Massenteilchens ein Druck nach links, also nach der Seite des Ständers, auf dem A ruht, an der Seite des absteigenden Massenteilchens entsteht ein Druck nach rechts, beide Drucke geben ein Kräftepaar R, welches die Kreiselaxe in horizontaler Richtung um A herum zu drehen sucht und zwar so, dass der aufsteigende Punkt vorangeht. Der Unterschied gegen Poggendorff liegt darin, dass dieser die anfängliche Geschwindigkeit, v, etwa des aufsteigenden Punktes, in zwei Componenten zerlegte, von denen die eine seine spätere, durch Senkung der Axe anders gerichtete, Geschwindigkeit, v', darstellte, die andere, x, parallel der Kreiselaxe nach dem Ständer hin gerichtet war. Ebenso ergiebt sich eine Geschwindigkeit $-x$ in entgegengesetzter Richtung für den gegenüberliegenden Punkt der Scheibe. Wiederholt man diese Betrachtung für viele kleine Zeitteilchen (je $1/n$ sec), so erscheinen die kleinen Geschwindigkeiten x als Elemente einer Beschleunigung, die beiden Massen mit den ihnen anhaftenden Geschwindigkeits-Impulsen wirken auf das System wie bewegende Kräfte, man kommt also auch so zu dem Kräftepaar R. Der Begriff des Aussendrucks bei dem Durchfahren von Kurven (Fliehkraft nach Maiss) erledigt ökonomischer diese Einzelbetrachtungen ein- für allemal im voraus.

Nachdem nun das Kräftepaar P die Axe abwärts gedreht, also R erzeugt hat, wird P plötzlich nicht nur selbst ausser Thätigkeit gesetzt, sondern auch die hervorgerufene Geschwindigkeit abwärts nicht weiter beachtet, der Kreisel wird dem Paar R allein überantwortet, die Axe bewegt sich daher jetzt in horizontaler Ebene, dadurch entsteht aber — wie vorhin — ein neues Kräftepaar R', welches die Axe nicht nach unten, wie P, nicht nach der Seite, wie R, sondern nach oben dreht. Dieses könne bei geeigneter Stärke das Paar P aufheben. Dann bleibe R übrig, und dieses drehe jedenfalls die Axe in horizontaler Ebene, verursache somit die Praecessionsbewegung. Bliebe wirklich R übrig, so müsste doch aber diese Bewegung eine beschleunigte sein, sie erfolgt dagegen mit constanter Geschwindigkeit! In der That entstand ja R daraus, dass die Axe sich senkte; das soll sie jetzt nicht mehr thun, also ist $R = O$. Dann kann ja nun die Praecession, einmal eingeleitet, mit constanter Geschwindigkeit weitergehen. Wie ist sie aber eingeleitet? Wo erhielt die Axe den Anfangsstoss von passender Stärke, der sie gerade mit der Geschwindigkeit rotieren lässt, für welche das resultierende Paar R' die Schwere compensiert?

Das Mangelhafte der obigen Betrachtungen liegt darin, dass sie, aus gewissen richtig nachgewiesenen Kräften, welche die Rücksichtnahme auf die Rotation des Kreisels um seine Axe ersetzen, sofort auf die Bewegung und die Lagen der Kreiselaxe schliessen wollen, gerade so als ob man aus der Beschleunigung der Schwere direkt auf die Wurflinie eines Geschosses kommen könnte, ohne erst die Geschwindigkeiten zu bilden, die dem Einfluss von g zunächst unterliegen.

Wie die Lücke auszufüllen, darüber mögen folgende Andeutungen genügen, da eine erschöpfende Darstellung in dieser Zeitschrift (*IV 70—83*) steht. Wird die Axe AA' losgelassen, so dreht sie sich im ersten Augenblick wirklich mit gleichmässiger Beschleunigung abwärts. Hat ihr Endpunkt A' eine geringe Geschwindigkeit, so induciert dieses Sinken der Axe das Kräftepaar R, welches in jedem Zeitelement eine geringe seitliche Geschwindigkeit zu der verticalen Geschwindigkeit von A' hinzufügt. So wird allmählich die Geschwindigkeit von A' aus der senkrechten in die horizontale, dann aus dieser in die Richtung nach oben übergeführt, wobei sie ihrer Grösse nach zu einem Maximum wächst und wieder auf O abnimmt. Immer induciert die augenblickliche Geschwindigkeit eine zu ihr senkrecht stehende Kraft und bewirkt so eine Drehung ihrer Richtung. Der Punkt A' beschreibt daher wie ein Cykloidenpendel in kürzester Zeit (vielleicht $^1/_{100}$ sec) eine sehr kleine Cykloide mit nach oben gekehrten Spitzen, er schreitet dadurch um die Basis derselben horizontal fort. und bewegt sich in gleichen Sprüngen weiter, so dass anfangs eine gleichmässige Praecession nur ein Schein ist, hervorgerufen dadurch, dass man die kleinen Schwingungen der Axe nicht beachtet. Mit der Zeit werden diese gedämpft, und asymptotisch geht die Bewegung in eine wirkliche gleichmässige Praecession über.

Die Richtung der Praecession kann man nach Maiss durch folgende Drei-Finger-Regel finden. Geht die X-Axe nach rechts, die Y-Axe auf den Beschauer hin, die Z-Axe nach oben, so erfolgt die Drehung (um OX), welche Y nach Z führt, ebenso die Drehung (um OY), welche Z nach X führt, endlich die Drehung (um OZ), welche X nach Y bringt, in demselben Sinne, in welchem sich täglich der Himmel um uns dreht. Diese Drehungsrichtung gelte als positiv. Bringt man dann den Daumen der rechten Hand von A aus in die Richtung, um welche als Axe das Kräftepaar der Schwere den Kreisel in positivem Sinne dreht, den Zeigefinger in die Richtung der Kreiselaxe oder ihrer Verlängerung, so dass die Rotation in gleichem Sinne erfolgt, so geschieht um den Mittelfinger als Axe die Praecession in positivem Sinne. Sehr einfach ist die Regel nicht.

Der Aufsatz geht auch, zur Ergänzung eines früheren, über den in dieser Zeitschrift (*I 271*) berichtet ist, näher auf das Wesen der Fliehkraft ein. Der Standpunkt ist ein schwankender. Einerseits wird sie als fingierte Kraft der relativen Bewegung anerkannt, welche gestattet, eine im Kreise sich bewegende Masse als eine ruhende zu behandeln, andererseits soll sie in bestimmten Fällen eine eben so reale Existenz wie die Centripetalkraft haben, nämlich dann, wenn die im Kreise laufende Masse an einem Faden befestigt sei, dessen nach innen liegender Endpunkt unter direkter Einwirkung einer Kraft einen kleineren Kreis beschreibe. Man sehe dann den Faden gespannt. Eine dauernde Spannung „bei unveränderter Lage der Endpunkte“ könne nur durch zwei entgegengesetzt gerichtete Kräfte unterhalten werden, die eine sei die Centripetalkraft, die andere rühre von dem Widerstand der trägen Masse gegen die Richtungsänderung her. Der aufgestellte Grundsatz über dauernde Erhaltung einer Fadenspannung ist richtig. Sind denn aber hier die Endpunkte „in unveränderter Lage“? Sie sind es weder absolut, noch relativ, denn die Richtung ändert sich, nur der gegenseitige Abstand ist unveränderlich. Um zu völliger Klarheit zu gelangen, wählen wir ein einfacheres Beispiel. Da die Richtungsänderung einer Geschwindigkeit auch als Hinzufügung einer neuen Componente zu der vorhandenen Geschwindigkeit aufgefasst werden kann, so ist Widerstand einer trägen Masse gegen Richtungsänderung genau dasselbe wie Widerstand gegen Annahme einer Geschwindigkeit überhaupt. Wir gehen daher auf einen Fall geradliniger Bewegung über. Zwei Massen, M links und m rechts, sind ohne Reibung auf einer wagerechten Platte beweglich, sie werden durch einen Gummifaden verbunden, dessen natürliche Länge zu diesem Zweck etwas vergrössert werden musste, so dass er mit der Kraft von k Dyn gespannt ist. Sollen die Massen in Ruhe bleiben, so muss auf jede eine Kraft k wirken, in Richtung der verlängerten Verbindungslinie. Der Abstand beider Massen kann aber auch unverändert erhalten werden, wenn man die Masse M sich frei bewegen lässt. Sie setzt sich dann nach m zu in beschleunigte Bewegung, der Abstand würde sich vermindern, wenn man nicht beständig die Masse m um dieselbe Strecke zurückzöge, um die M näher kommt. Es wird dann schliesslich auch m dieselbe beschleunigte Bewegung erhalten haben, die der Masse M durch die Fadenspannung erteilt wurde, das ganze System hat also die Beschleunigung k/M, und die beschriebene Bewegung wird daher zu Stande kommen, wenn man an m die Kraft $(M+m)\,k/M$ angreifen lässt. Will man hier auch noch behaupten, die Masse M oder der Endpunkt des

Fadens bei M werde mit der Kraft k nach links gezogen, wie im ersten Falle, wo M ruhte?

Eine Bemerkung ist noch über den Ausdruck „Rückgang der Tag- und Nachtgleichen“ zu machen, den man jetzt vielfach findet, seit Epstein in seiner Geonomie die übliche Bezeichnung „Praecession der Äquinoctien“ für falsch erklärte. Unter Äquinoctien oder Tag und Nachtgleichen versteht man die Tage, an denen die Sonne zwölf Stunden über dem Horizont steht, unter Äquinoctialpunkten die Örter, die dann die Sonne in der Ekliptik einnimmt. Hätten wir das siderische Jahr, wie es nahezu die Ägypter hatten, so würden die Äquinoctien im Lauf der Jahre auf ein immer früheres Datum vorrücken. Durch den Julianischen Kalender wurde dieses Vorrücken zum Teil, durch den Gregorianischen vollständig aufgehoben, die Tag- und Nachtgleichen wurden mit bestimmten Tagen des Jahres fest verknüpft. Die Praecession der Äquinoctien ist also mit Rücksicht auf das siderische Jahr zu rechtfertigen, Rückgang der Äquinoctien aber gar nicht. Es kann nur Rückgang der Äquinoctialpunkte, des Frühlings- und Herbstpunktes, heissen, was gleichfalls längst gebräuchlich war. In sachlicher Hinsicht ist die Angabe Epsteins zu berichtigen, dass die Praecession vorzugsweise von der Sonne, statt vom Monde, herrühre. Jene verursacht 18″, dieser 34″ des jährlichen Gesamtbetrages.

Rotation eines Magnetpoles um einen vom Strome durchflossenen Leiter.

Von **E. Grimsehl** in Cuxhaven.

Man stelle auf den Tisch eine verticale Metallstange, z. B. eine messingene Stativstange, deren unteres Ende mit dem einen Pole eines Flaschenelementes verbunden ist, während man das andere Ende durch Berühren mit dem Leitungsdrahte mit dem zweiten Pole verbinden kann. Vertical über der Metallstange hänge man an der Zimmerdecke an einem langen dünnen Faden einen magnetisierten Stahldraht (Stricknadel) so auf, dass die Mitte des Stahldrahtes mit dem oberen Ende der Metallstange zusammenfällt. Berührt man nun mit dem freien Leitungsdrahte das obere Ende der Metallstange, so geht ein Strom durch den Stab und der Stahldraht rotiert mit seinem unteren Pole um den Stab. Nach jeder Umdrehung muss man natürlich für einen Augenblick die Berührung von Leitungsdraht und Metallstab unterbrechen, um den Magneten vorbeigehen zu lassen. Ein Wechsel der Stromrichtung oder ein Vertauschen der Pole bewirkt einen Wechsel der Rotationsrichtung.

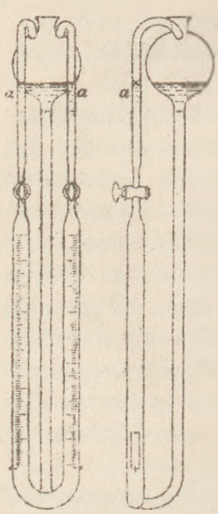
Diese einfache Anordnung ersetzt die sonst gebräuchlichen Rotationsapparate und ist dem Schüler wegen der Übersichtlichkeit leichter verständlich als diese Apparate. Dabei ist noch der Vorteil vorhanden, dass man mit einem einzigen Elemente unfehlbar eine Rotation erhält, was bei den Apparaten mit Quecksilbercontakt nur schwer gelingt. „Blickt man in der Richtung des positiven Stromes, so rotiert der Nordpol in der Richtung des Uhrzeigers um den Leitungsdraht.“ Diese Regel ersetzt die Ampèresche Regel vollkommen. Die Art der Ablenkung einer Magnetnadel ergiebt sich aus obiger Regel für jede Lage von Magnet und Leitung mindestens ebenso leicht, wie aus der Ampèreschen Regel. Untersucht man die Bewegung, welche durch einen geschlossenen Stromleiter hervorgebracht wird, so ergiebt sich die Regel: „Betrachtet man einen Stromleiter so, dass der Strom in der Zeigerrichtung fliesst, so bewegt sich der Nordpol vom Beobachter weg.“ Die so gefasste Regel ergiebt die Ablenkung der Magnetnadel einer Tangentenbussole ebenso leicht, wie die Lage der Pole eines Elektromagneten, indem auch hier der Nordpol am abgewandten Ende des Elektromagneten liegt, wenn der Strom als Zeigerstrom erscheint. Die Bewegung eines einzelnen Poles in dem angegebenen Sinne lässt sich leicht zeigen, wenn man die oben benutzte Stricknadel im Schwerpunkte an einem langen Faden aufhängt.

Hängt man die Nadel im Schwerpunkte auf und versieht das eine Ende der Nadel mit einem gabelförmig gebogenen Drahte, der die vorhin benutzte Metallstange ohne Reibung umfasst, so kann sich die Nadel um die Metallstange als Axe drehen. Leitet man nun durch die Stange einen Strom von beliebiger Stärke, so findet keine Rotation der Nadel statt, obgleich die Einwirkung des Stromes auf den nahe gelegenen Pol viel stärker ist als auf den entfernt liegenden. Nennt man die Kraft, mit welcher der Strom auf den nächsten, im Abstande a befindlichen Pol wirkt P_1, dagegen die Kraft auf den im Abstande b befindlichen Pol P_2, so würde eine Ablenkung der Nadel um den Winkel α beim ersten Pole den Arbeitsverlust $P_1 a\alpha$, beim zweiten Pole den Arbeitsgewinn $P_2 b\alpha$ hervorrufen, daraus folgt der Gesamtaufwand an Arbeit von $P_1 a\alpha - P_2 b\alpha$. Da nun infolge der Einwirkung des Stromes keine Bewegung erfolgt, so muss $P_1 a\alpha - P_2 b\alpha = 0$ sein. Hieraus folgt $P_1 : P_2 = b : a$, also: „Die durch einen unbegrenzten geradlinigen Stromleiter auf einen Magnetpol wirkende Kraft ist der einfachen Entfernung des Poles vom Leitungsdrahte umgekehrt proportional."

Eine kleine Änderung am Hofmannschen Voltameter.

Von **C. Zeissig** in Darmstadt.

Will man das Hofmaunsche Voltameter dazu benutzen, die Volumina der durch electrolytische Zersetzung gewonnenen Gase zu messen, also nicht die Gase selbst zu prüfen, so empfiehlt es sich, am Voltameter eine kleine, wohlfeile Abänderung anzubringen. Sie ist aus beistehender Figur zu ersehen. Es sind an den Enden der U-Röhre Rohrstücke a angeschmolzen, welche in das Flüssigkeitsreservoir münden. Diese Änderung gewährt folgende Vorteile:



1) Es wird die Absorption der entwickelten Gase durch die Flüssigkeit auf ein Minimum reduciert, da man vor Beginn der Beobachtung in jedem Schenkel der U-Röhre die Flüssigkeit mit dem Gase sättigen kann, welches nachher dort entwickelt werden soll. Zu dem Ende braucht man nur bei geöffneten Hähnen den Strom eine Zeit lang durch das Voltameter gehen zu lassen. Unterbricht man dann den Strom und schliesst, nachdem zuvor die Gasperlen völlig aufgestiegen sind, die Hähne, so ist der Apparat zum Gebrauch fertig.

2) Es kann keine Flüssigkeit aus dem Apparat verspritzt werden, was bei der Hofmannschen Einrichtung leicht eintritt, wenn ein weniger vorsichtiger Beobachter nach dem Versuch die Gase ausströmen lässt und die Hähne nicht rechtzeitig wieder schliesst.

3) Der Apparat hat durch die Verbindungsstücke a sehr an Stabilität gewonnen.

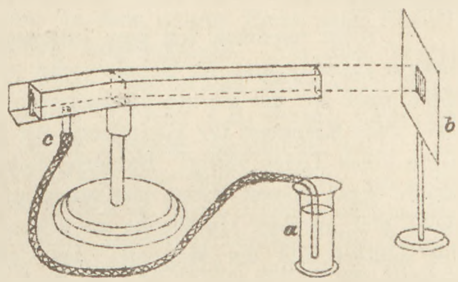
Wir benutzen den so veränderten Apparat seit längerer Zeit im Prakticum am hiesigen Physikalischen Institut als Wasserstoffvoltameter (zur Messung von Stromstärken). Er hat sich durchaus bewährt, besonders ist er wegen seiner Sauberkeit und Festigkeit zu empfehlen. Es sei noch erwähnt, dass an demselben Stativ, an welchem in üblicher Weise das Hofmannsche Voltameter befestigt ist, sich natürlich auch dieses veränderte Voltameter anbringen lässt.

Die Glasteile des Apparats sind von der Firma Greiner & Friedrichs in Stützerbach i/Th. hergestellt.

Darmstadt, Physik. Institut der Technischen Hochschule, Febr. 1894.

Für die Praxis.

Die Neumannsche Lichtbrechungsrinne. Von Dr. L. Bleekrode im Haag (Holland). Den in dieser Zeitschrift (*VII 29*) beschriebenen Apparat kann man zur objektiven Demonstration benutzen, indem man einen Schirm b vor die Öffnung des Rohres stellt, etwas schräg, damit alle Schüler zugleich das Bild der Öffnung erblicken können, sobald die Kerze angezündet und die mit Glasplatten verschlossene Abteilung mit Wasser gefüllt wird. Die Wasserfüllung lässt sich recht bequem ausführen, wenn man ein kleines Rohr bei *c* anlötet und durch einen Gummischlauch mit dem Wasserbehälter *a* verbindet. So lange die Abteilung bei *c* leer ist, erblickt man auf dem Schirme nichts. Wird aber der Schlauch vollgesaugt und sofort über die Röhre *c* gezogen, und wird das Gefäss *a* über die Rinne gehoben, so füllt sich durch die Hebervorrichtung der abgeschlossene Teil der Rinne rasch mit Wasser und es erscheint allmählich das Bild der quadratischen Öffnung auf dem Schirm. Hierbei braucht das Lehrzimmer nicht einmal ganz verdunkelt zu werden. Stellt man das Gefäss *a* wieder herunter, so entleert sich die Rinne, zu gleicher Zeit verschwindet wieder das Bild auf dem Schirme, ein Beweis, dass wirklich das Wasser die Ursache der Richtungsänderung des Lichtstrahles ist. Indem der Versuch sich schnell und beliebig oft wiederholen lässt, hat man nebenbei noch Gelegenheit, den Schülern in hübscher Weise einige Eigenschaften des Hebers nochmals zur Anschauung zu bringen.



Einfacher Versuch über die Verteilung der Elektricität in einem Conduktor. Von Dr. F. Niemöller in Osnabrück. Der Satz, dass die Elektricität sich nur auf der äusseren Oberfläche eines Leiters ausbreite, lässt sich bekanntlich sehr einfach an einem glockenförmigen Conduktor aus Drahtnetz demonstrieren, dessen untere Öffnung durch eine isolierte metallene Scheibe verschlossen ist, auf welcher ein mit der Scheibe leitend verbundenes Elektroskop steht. Die Blättchen des Elektroskops divergieren nicht, wenn der Scheibe eine starke elektrische Ladung zugeführt wird. Da die Maschenweite des Netzes innerhalb weiter Grenzen ohne Einfluss auf das Gelingen des Versuchs ist, so lässt sich derselbe noch einfacher auf folgende Weise ausführen. Man setzt auf den Conduktor einer Elektrisiermaschine eine Metallspitze mit einem elektrischen Flugrad, darauf stülpt man über das Flugrad eines der im stereometrischen Unterricht gebrauchten Modelle regelmässiger Körper aus Draht, zum Beispiel ein Dodekaeder oder ein Ikosaeder. Das Modell kann man mit der Hand oder auch mit einem Hartgummistab unterstützen. Dreht man darauf die Maschine, so gerät das Flugrad in Rotation, so lange das Drahtnetz den Conduktor nicht berührt. Die Rotation tritt nicht ein, bezw. das rotierende Rädchen kommt zum Stillstand, wenn das Drahtnetz auf den Conduktor gestellt wird, weil in diesem Falle die Elektricität sich nur auf dem Netze ansammelt. (Vergl. auch eine Arbeit von Herrn Poske in *d. Ztschr. III, 163*).

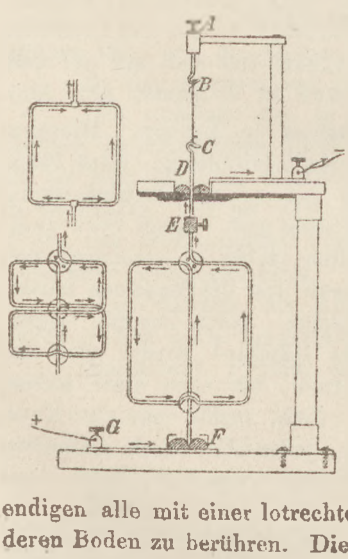
Fehler an Dynamomaschinen. Von Dr. Rittinghaus in Lennep. Hierüber brachte die *Elektrotechnische Zeitschrift* (*XIV 607*) eine lehrreiche Mitteilung. Eine lange unbenutzte Lahmeyersche funkenlose Lichtmaschine gab bei neuer Inbetriebsetzung 120 *V*, zeigte am Collektor winzige Funken, funktionierte sonst gut. Nach etwa zweistündigem Betriebe nahm jedoch diese Funkenbildung plötzlich rapide zu, steigerte sich zu einem starken Sprühen, die Spannung sank auf 30 *V* herab und die Maschine musste unter allen Anzeichen eines Kurzschlusses ausgeschaltet werden. Nach langem vergeblichen Suchen eines Fehlers in der Lichtleitung wurde die Maschine wieder versuchsweise in Gang gesetzt, arbeitete auch anfangs wieder normal, bis nach einer halben Stunde dasselbe starke Funkensprühen von Neuem eintrat. Jetzt suchte man den Kurzschluss im Collektor und mit Recht: die Isolierpappe war, jedenfalls durch Aufnahme von Feuchtigkeit und durch die beim Betriebe erzeugte Wärme gequollen, hatte dann den äusserst feinen Messingstaub aufgenommen und war so zum Leiter geworden. Entfernung der Isoliermase zwischen den Collektorlamellen auf mechanischem Wege beseitigte den beschriebenen Fehler vollkommen. Ein solches Vorkommnis beweist augenscheinlich den Vorzug der Siemensschen Stahlcollektoren mit Luftisolation und lehrt, dass man bei längerer Ausserbetriebsetzung der Maschine es nicht unterlassen soll, den Stromgeber mit Papier fest zu umwickeln, namentlich dann, wenn die Dynamo an einem feuchten Orte steht.

Kurz nachdem ich jene interessante Mitteilung gelesen, kam mir eine Störung an unserer Handdynamo für Schulzwecke vor. Unsere Maschine, von Gundermann-Zons in Köln, nach Art der kleinen zweipoligen Flachringmaschinen von Schuckert gebaut und mit zwei Paar Klemmen für Haupt- und für Nebenschluss eingerichtet (normal 15 *V* gebend), versagte eines Tages völlig. Beiderlei Schaltung mit Einschaltung grosser und kleiner Widerstände ergab keinen Strom, was schon an dem geringen mechanischen Widerstande des Handrades und an dem Geräusche zu erkennen war. Genaue Untersuchung der Wickelungen des Ankers und der Magnete, des Collektors und der Bürsten ergab keinerlei Fehler und keine Erklärung. Der Gedanke, ob vielleicht ein Schwinden des remanenten Magnetismus Schuld sei, der allerdings mit einer gewöhnlichen Magnetnadel nicht zu erkennen war, führte mich dazu, die Nebenschlussklemmen mit den Polen eines Tauchelementes zu verbinden: sofort trat beim Andrehen die alte Wirkung wieder ein. Derselbe Fall wiederholte sich bald darauf noch einmal. Da ich vor dem ersten Falle die Leitungswiderstände der Wickelungen gemessen und vor dem zweiten Male die Maschine zu elektrolytischen Versuchen und zum Laden eines Akkumulatorenmodells gebraucht hatte, so lässt sich vermuten, dass unter Einwirkung eines die Magnetkerne verkehrt umkreisenden schwachen Stromes der Magnetismus verändert oder aufgehoben worden war.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Neue Form des Ampèreschen Gestells. J. Brunhes beschreibt in den *Seances de la Société Française de Physique, Jan.-April 1893 S. 120*, ein Ampèresches Gestell, bei welchem die Reibung, die zwischen den beweglichen und festen Teilen stattfindet, soweit vermindert ist, dass die Wirkungen der Erde, der Magnete und der Ströme auf Ströme selbst unter dem Einfluss wenig beträchtlicher Kräfte zur Anschauung gebracht werden können. Der bewegliche Rahmen, der sich um seine lotrechte Axe drehen soll, ist an einem festen Häkchen *B* mittels eines Seidenfadens *BC* aufgehängt. In eine Schleife am unteren Ende des Fadens hakt sich das umgebogene obere Ende *C* eines Platindrahts ein. Dieser Draht geht durch eine kleine Kapsel *D*, deren Boden von einem Glimmerblättchen gebildet wird. Dieses Blättchen hat in seiner Mitte ein kreisförmiges Loch, dessen Durchmesser 0,2 bis 0,3 mm grösser ist als der des Drahtes. Man kann daher den Draht so durch die Öffnung des Blättchens hindurchführen, dass er den Rand nicht berührt. Das untere Ende des Platindrahts ist in die Axe eines kleinen Metallstückes eingelötet, das unten eine cylindrische Ausbohrung hat. Darin steckt ein Kupferdraht, welcher durch die Schraube *E* mit dem Metallstück fest verbunden werden kann. Der anfangs lotrechte Kupferdraht biegt ungefähr 2 cm weiter unten rechtwinklig um und bildet einen metallischen Rahmen, der vom Strome durchflossen werden soll. Dieser Rahmen kann durch andere ersetzt werden, welche auf dieselbe Weise an dem Metallstück befestigt werden und zu den verschiedenen bekannten Versuchen dienen. Sie



endigen alle mit einer lotrechten Spitze, die in die untere Kapsel *F* eintaucht, ohne jedoch deren Boden zu berühren. Diese Metallkapsel steht in der Mitte des Fussbrettchens. Ein Kupferstreifen führt von ihr zu einer Klemmschraube, mit der man einen der Drähte des Elementes verbindet. Auf diese Weise wird das Quecksilber, welches in die Kapsel gegossen das untere Ende des Kupferdrahtes umspült, eine der Elektroden. Die andere Elektrode ist die durchbohrte Kapsel D, welche sich oberhalb des Rahmens befindet Diese Kapsel sitzt auf einem Träger, welcher an dem oberen Ende einer Ebonitsäule befestigt ist. Letztere ist auf das Fussbrettchen aufgeschraubt. Auf dem Träger ist ferner eine kleine Metallsäule befestigt, welche einen wagerechten Querbalken trägt. An dessen Ende sitzt in einer Metallfassung der kleine Cylinder AB, dessen Ende das Häkchen B bildet. Indem man den Cylinder in seiner Fassung verschiebt, kann man das Häkchen und damit alle daranhängenden Stücke heben oder senken. Eine auf dem Träger sitzende Klemmschraube wird mit der oberen Kapsel D durch einen Metallstreifen mit einem Platindrahtfortsatz, der in die Kapsel eintaucht, leitend verbunden. Die Bodenöffnung der letzteren wird fast vollständig von dem hindurchgehenden lotrechten Platindraht verschlossen. Giesst man in die Kapsel D Quecksilber, so kann es infolge der Capillarwirkung nicht durch die sehr enge ringförmige Öffnung hindurchfliessen, welche den Platindraht umgiebt. Der Strom geht vom Quecksilber in den Draht oder umgekehrt, und letzterer kann sich in dem Quecksilber mit sehr schwacher Reibung drehen. Der Seidenfaden erleidet dann eine Torsion, aber die daraus entspringende elastische Rückwirkung ist sehr gering. Der Metallrahmen, welcher von einem Strome durchflossen und der Einwirkung der Erde oder eines Magneten oder eines anderen Stromes ausgesetzt wird, kann daher den auf ihn einwirkenden Kräften folgen und hat nur die Hindernisse zu überwinden, welche aus der Reibung des Platindrahtes an dem Quecksilber und aus der Torsion des Seidenfadens entspringen. *M.*

Induktionsfreie Widerstände. Als solche verwendet man häufig Glühlampen, die aber den Nachteil haben, dass sie gegen Erschütterungen nicht sehr widerstandsfähig sind, und dass bei der hohen Temperatur der Kohle der Temperaturcoefficient der Kohle in Betracht gezogen werden muss. Fast vollkommen induktionsfreie Widerstände stellt man bekanntlich her, indem man Drähte oder noch vorteilhafter flache Bänder in der Mitte kurz umbiegt und die Hälften isoliert sehr nahe nebeneinander legt. W. E. Ayrton und T. Mather (*Phil. Mag.* [5] *XXXIII 186, 1892*) stellen solche Widerstände folgendermassen her: Bänder aus Platinoid, einer Neusilberlegierung, von 6 m $\times$ 4 cm $\times$ 0,25 mm werden in der Mitte umgebogen und auf einander gelegt, nachdem die beiden Hälften durch eine doppelte Lage von Seide, die mit Schellack bestrichen, von einander isoliert worden sind. Die Seide ist breiter als die Bänder, damit kein Kurzschluss vorkommen kann. Das Ganze wird dadurch zusammengehalten, dass man ein schmales Seidenband spiralförmig so herumwickelt, dass zwischen den einzelnen Windungen genügend Raum zur Abkühlung des Widerstandsbleches bleibt. Diese Widerstandsbänder werden auf einem isolierten an der Wand angebrachten Holzrahmen befestigt. Je drei sind ständig hintereinander geschaltet, vier solcher Gruppen können durch Verbindungsstücke beliebig miteinander verbunden werden. Bei einer Belastung von 15 A für ein Band betrug die Widerstandsänderung infolge der Erwärmung nur etwa 0,001 des Wertes. Diese Art von Widerständen hat den Nachteil, dass die Enden, wo die grösste Potentialdifferenz herrscht, unmittelbar nebeneinander liegen. Frei davon ist eine andere von Ayrton und Mather angegebene Form, welche ausserdem leicht transportabel ist. Zwei unbesponnene Drähte werden zu Spiralen von nahezu gleichem Durchmesser gewickelt, die eine rechtsgängig und die andere linksgängig. Beide Spiralen werden ineinander gestellt und parallel verbunden. Die Selbstinduktion ist fast ebenso gering wie bei der vorigen Anordnung. Verbindet man die Enden der Spiralen so miteinander, dass einmal der Strom in beiden in demselben Sinne, das andere Mal aber in entgegengesetztem Sinne fliesst, so ist die Selbstinduktion in dem ersten Falle zehn Mal so gross wie in dem zweiten. (*Zeitschr. f. Instrumentenkunde XIII 468, 1893.*) *M.*

Thermometer mit Toluolfüllung. (D. R.-P. a.) R. A. Grosse in Ilmenau verwendet zur Füllung der Thermometer tiefdunkel gefärbtes Toluol, dessen Gefrierpunkt bei − 50° C.

und dessen Siedepunkt bei + 150° C. (?) liegt. Da das specifische Gewicht des Toluols 0,89 ist, so können die Flüssigkeitsbehälter gross und die Röhren weit gemacht werden. Diese neuen Thermometer dürften bald die Weingeist-Thermometer verdrängen. Da die tiefdunkle Färbung des Toluols selbst aus grösseren Entfernungen ein leichtes Ablesen des Standes der Flüssigkeitssäule gestattet, so können diese Thermometer in manchen Fällen auch mit Vorteil in den Schulen verwendet werden. (*Central-Zeitung f. Optik u. Mechanik XIV 273*).

Auch das Bureau international des poids et mesures verwendet auf Grund der Untersuchungen von Guillaume Toluolthermometer wegen des hohen Siedepunktes der Toluols und der verhältnismässigen Leichtigkeit seiner Reindarstellung zur Messung tiefer Temperaturen. Diese Thermometer sind so construiert, dass die Punkte 0° und 100° wie bei gewöhnlichen Thermometern bestimmt werden können, doch wird der grösste Teil des Zwischenraums (0—100) von einer Ampulle eingenommen, während das Hauptmessrohr unter Null Grad liegt. Die Calibrierung geschieht vor der Füllung mit Hilfe von Quecksilberfäden. Zur Reduktion der Thermometer auf die Wasserstoffskale und umgekehrt sind zwei Täfelchen angefügt, die von +30° bis −75° von Zehntel- zu Zehntel-Grad fortschreiten. Beim Gebrauche des Instruments sind einige Vorsichtsmaassregeln nötig: Man muss es immer senkrecht halten, auch die Röhre von Zeit zu Zeit erwärmen und bei absteigender Temperatur lange genug bis zur Beobachtung warten. (*Wied. Beibl. XVIII 175, 1894.*) *M.*

Versuche über simultane Contrastfarben. Alfred M. Mayer veröffentlichte in dem *American Journal XLVI, 1893* (= *Philosophical Magazine* [5] *XXXVI 153, 1893*) Studies of the phenomena of simultaneous constrast-colors and a photometer for measuring the intensities of lights of different colors. Der Hauptversuch weist den Farbenunterschied zwischen zwei gegebenen Lichtquellen z. B. dem Tageslicht und dem Licht einer Petroleumlampe nach. Man schneide aus der Mitte einer kreisförmigen Scheibe weissen Kartons von 22 cm Durchmesser eine Öffnung von 12 cm Weite aus. Zwischen zwei so erhaltene Kartonringe lege man eine Scheibe aus weissem durchscheinenden Papier von 15 cm Durchmesser. Den so zusammengesetzten Schirm bringe man zwischen einer Petroleumlampe und einem offenen Fenster an die Stelle, wo der Ölfleck eines Bunsenschen Photometers die Gleichheit der Beleuchtung anzeigen würde. Dann erscheint auf der der Lampe zugewandten Seite der Kartonring gelb und die durchscheinende Seite blau gefärbt. Auf der dem Fenster zugewandten Schirmseite hat man den umgekehrten Anblick. Der folgende Versuch zeigt, dass sowohl dieselben Teile des Schirmes auf den entgegengesetzten Seiten als auch die benachbarten Teile derselben Seite complementär gefärbt sind. Man stelle neben der Petroleumlampe einen Silberspiegel so auf, dass ein zwischen Schirm und Fenster befindliches Auge zugleich die gegen das Fenster gekehrte Seite des Schirmes und das Spiegelbild der anderen Seite sieht. Beobachtet man mit einem doppelbrechenden Analysator, so sieht man die beiden Bilder doppelt und, wenn man den Kalkspath richtig dreht, erhält man das in Fig. 1 dargestellte Bild. *A* und *B* sind die beiden Bilder der gegen das Fenster gerichteten Schirmseite und *C* ist eines der beiden Bilder der der Lampe zugewandten Seite, das durch den Spiegel erhalten wird. Die Figur erklärt sich selbst. Die weissen Gebiete, welche durch Übereinanderlagerung der Complementärfarben entstehen, sind durch *w*, die blauen Gebiete durch *b* und die gelben Gebiete durch *g* bezeichnet. Mayer benutzte diesen Apparat in wenig abgeänderter Form zu photometrischen Messungen, über welche die Originalabhandlung nachgelesen werden möge. Er beabsichtigte ausserdem eine Grenze für die Zeit zu suchen, welche für die Wahrnehmung des simultanen Farbencontrastes erforderlich ist. Er überzeugte sich wiederholt davon, dass in einem dunklen Zimmer der elektrische Funke einer Holtzschen Maschine, dessen Dauer sicherlich kürzer als

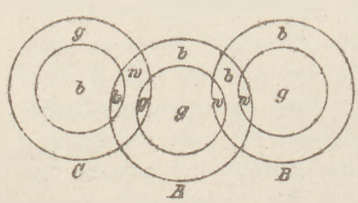


Fig. 1.

0,000001 Sekunde gewesen, lebhafte Contrastfarben hervorruft, indem ein grauer Ring auf smaragdfarbenem Grunde rot und auf ultramarinem Grunde hellgelb erschien. Sodann stellte er einen Stab vor einen Schirm, der aus einem weissen Kartenblatt bestand, und rief mittels einer Kerze einen Schatten des Stabes auf dem Schirm hervor. Die Kerze war so weit von dem Schirm entfernt, dass die weisse Karte gleich hell erschien, sowohl wenn sie durch die Kerze als wenn sie durch den elektrischen Funken beleuchtet wurde. In dem Augenblick, wo der Funke übersprang, sah man plötzlich von dem Schatten der Kerze einen dunklen Schirm hervorschiessen, der hell-orangegelb aussah, während der scheinbar unbedeckte Schatten der Kerze eine glänzend kobaltblaue Farbe hatte. Auf Mayers Auge machte es den Eindruck, als wenn von dem, mit einem Stück Kobaltglas bedeckten Spalte in einem Fensterladen eines dunklen Zimmers ein undurchsichtiger Schirm plötzlich entfernt worden wäre. Endlich wurde ein viereckiges Stück dünnen, grünen Glases von 4 cm $\times$ 6 cm auf ein Stück versilberten Glases von 4 cm $\times$ 12 cm so gelegt, dass man eine Platte erhielt, die halb aus Silberspiegel, halb aus grünem Glase bestand. (Fig. 2.) Diese Vorrichtung wurde so aufgestellt, dass die Elektroden der Maschine und der zwischen ihnen überspringende Funke von ihr in das Auge gespiegelt wurden. Das Zimmer war dunkel. In dem Augenblick, wo der Funke übersprang, sah man auf dem Spiegel die Entladungslinie weiss (w). Die Fortsetzung dieser Linie auf dem grünen Glase erschien jedoch rot (r); und vor dieser roten Linie und parallel zu ihr sah man eine grüne Linie (g). Diese wurde von dem Lichte des Funkens hervorgerufen, das von der Oberfläche des Silberspiegels zurückgeworfen wurde und also zweimal durch die Dicke des grünen Glas hindurchgegangen war.

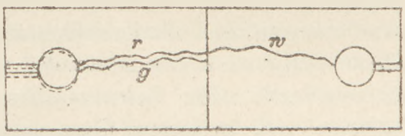


Fig. 2.

M.

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Über den Einfluss von Elektrisierung und chemischer Aktion auf einen Dampfstrahl und vom Wasserdampf auf die elektrische Entladung durch Gase. Von J. J. Thomson (*Phil. Mag.* [5] *XXXVI, 313, 1893*). Die Thatsache, dass die Condensation gesättigten Wasserdampfes durch die Anwesenheit von Staubteilchen, durch Elektrisiernng oder chemische Prozesse erleichtert wird, sucht Thomson daraus zu erklären, dass nach Lord Kelvin die Dampfspannung in der Nähe einer Wasserfläche um so grösser wird, je stärker dieselbe gekrümmt ist. Je kleiner hiernach ein Wassertropfen ist, desto stärker muss die ihn umgebende Luft mit Dampf übersättigt sein, damit er bestehen bleibe. Es wird deshalb die Nebelbildung in reiner Luft fast unmöglich sein. Enthält aber die Luft Staubteilchen, so bieten diese selbst Flächen von kleinerer Krümmung, an denen sich demnach die Dämpfe niederschlagen können, auch ohne dass die Dampfspannung in der Umgebung derselben einen so ungemein grossen Wert anzunehmen braucht. Befindet sich der Wasserdampf in einem elektrischen Felde, welches herrührt von einer durch den ganzen Dampfraum verteilten grossen Anzahl von geladenen Atomen, so ergiebt die Rechnung, dass die Elektrisierung den Einfluss der Dampfspannung an der Oberfläche des Wassertropfens überwindet, solange dessen Durchmesser eine bestimmte Grösse nicht überschreitet, so dass durch die Elektrisierung die Bildung gerade der kleinsten Wassertropfen begünstigt wird. Auch die Thatsache, dass das Stattfinden einer chemischen Aktion die Condensation des Wasserdampfes einleitet, folgt aus der Annahme, dass die während der chemischen Umlagerung dissocierten Atome elektrische Ladungen besitzen, welche auf die benachbarten Dampfmoleküle einwirken können, während sich im vollständigen Molekül die entgegengesetzten Elektricitäten der Atome in ihrer äusseren Wirkung aufheben. Dass die Gegenwart des Wasserdampfes den Eintritt einer chemischen Verbindung zweier Gase (z. B. der Salzsäure und des Ammoniaks) ermöglicht, wird dadurch erklärt, dass die Affinität der Gase die Lagerung der Atome in den Gasmolekülen ändere und so ein starkes elektrisches Feld erzeuge, durch welches der Wasserdampf condensiert werde. An der Oberfläche der so gebildeten Wassertropfen condensieren sich sodann die Gase und verbinden sich in diesem Falle leichter als im freien Zustande, weil durch die Gegenwart eines Körpers von so hoher Dielekticitätsconstante, wie das Wasser, die gegenseitige Anziehungskraft der das Gasmolekül bildenden Atome bedeutend verkleinert werde. Um den Einfluss des Wasserdampfes auf den Durchgang der Elektricität durch Gase, der ja auch mit chemischen Veränderungen verknüpft ist, zu untersuchen, bestimmte Thomson die Potentialdifferenz, welche erforderlich war, um zwischen den in eine Glaskugel eingeschmolzenen Elektroden eine Entladung hervorzurufen, falls die Kugel mit trockenem oder mit feuchtem Wasserstoff angefüllt war. Die Potentialdifferenz wurde dadurch erhalten, dass an zwei beliebig zu wählende Punkte eines Graphitwiderstandes, durch welchen der von 600 Accumulatoren gelieferte Strom geleitet wurde, zwei Nebenschlüsse gelegt wurden, von denen der eine die zu untersuchende Kugel, der andere ein W. Thomsonsches statisches Voltmeter enthielt. Durch Vergrössern des Abstandes der beiden Abzweigungspunkte wurde die Potentialdifferenz soweit erhöht, dass die Entladung eintrat; sodann wurde durch Verkleinern des Abstandes die Potentialdifferenz wieder erniedrigt bis der Funkenstrom erlosch. Die Potentialdifferenzen, bei welchen der Funkenstrom erlosch, waren bei feuchtem und trockenem Gase nahezu dieselben und zeigten sich constant; die Potentialdifferenz, bei welcher die Entladung begann, war im feuchten Gase von diesem Werte sehr wenig verschieden. Trockenes Gas hingegen vermochte eine zwei- bis dreimal so grosse Potentialdifferenz zu halten; es befand sich jedoch dann in einem labilen Zustande, denn sobald der Funke hergestellt war, sank die Potentialdifferenz auf ihren normalen Wert, den sie im feuchten Gase besitzt. Dieselbe Potentialdifferenz war dann auch imstande, die kurz darauf folgenden Funken hervorzurufen. Dasselbe Verhalten, wie feuchter Wasserstoff, zeigte eine nur mit Wasserdampf angefüllte Kugel. Die Erscheinung ist analog der bei der Condensation des Dampfes, dem Gefrieren des Wassers und Krystallisieren von Salzlösungen beobachteten Thatsache, dass trotz der niedrigen Temperatur die geforderten Zustandsänderungen bei Abwesenheit fremder Substanzen ausbleiben können. Thomson macht zur Erklärung derselben die Annahme, dass die elektrische Entladung durch Gase nicht in einem Zerreissen eines einzelnen Gasmoleküls in seine Atome bestehe, sondern in einem Abreissen von Atomen aus einem complexen Aggregate von Molekülen. Damit also eine Entladung durch ein Gas stattfinden könne, müssen zuvor seine Moleküle sich zu solchen Aggregaten condensieren, ein Vorgang, der durch die Gegenwart von fremden als Kerne dienenden Substanzen sehr erleichtert werde. *H. R.*

Über etwaige Änderungen des Gesamtgewichtes chemisch sich umsetzender Körper. Bekanntlich ist die Proutsche Hypothese durch die sorgfältigen Arbeiten von Stas, Marignac und anderen Chemikern endgültig widerlegt worden. Demgemäss ist es nicht gestattet, die Atomgewichte aller Elemente als ganze Vielfache desjenigen des Wasserstoffs aufzufassen und bei ihren Zahlen die Decimalen zu streichen. Trotz dessen sprechen theoretische Gründe für die Annahme eines einzigen wirklichen Grundstoffes, der in allen sogenannten Elementen enthalten sei. So meinte Marignac selbst, die Proutsche Hypothese hätte die Gültigkeit eines Gesetzes, und es wären nur sekundäre Ursachen vorhanden, welche in diesen Verhältnissen Störungen hervorbrächten. Herr Lothar Meyer ging noch einen Schritt weiter, indem er sich über die Art dieser sekundären Ursachen aussprach. Er hält es für möglich, „dass die Atome aller oder vieler Elemente doch der Hauptsache nach aus kleineren Elementarteilchen einer einzigen Urmaterie, vielleicht des Wasserstoffs, bestehen, dass aber ihre Gewichte darum nicht als genaue Vielfache von einander erscheinen, weil ausser den Teilchen dieser Urmaterie etwa noch grössere oder geringere Mengen der vielleicht nicht ganz gewichtlosen, den Weltraum erfüllenden Materie, welche wir als Lichtäther zu bezeichnen pflegen, in die Zusammensetzung der Atome eingehen.“ Ähnlich ist die Annahme des Botanikers C. v. Nägeli, die Atome seien von Schichten äusserst stark verdichteten und daher wägbaren Äthers umgeben. An diese

Vorstellungen knüpfen die Untersuchungen des Herren H. Landolt an (*Sitzungsberichte der Preuss. Akademie der Wiss. zu Berlin 1893, XXII*); er folgert aus ihnen die Möglichkeit, „dass bei sehr genauer Wägung das Gesamtgewicht zweier Körper vor und nach ihrer chemischen Umsetzung nicht völlig gleich“ sein möchte; es brauchte ja nur im Verlaufe der Reaktion eine gewisse Menge wägbaren Äthers durch die Wandungen des verschlossenen Gefässes ein- oder ausgetreten zu sein. Thatsächlich hat nun J. S. Stas bei seinen Synthesen des Jod- und Bromsilbers stets einige Milligramme weniger erhalten, als der Summe der abgewogenen Elemente entsprach, allerdings möglicherweise in Folge von Versuchsfehlern und nicht aus den vorher angedeuteten Gründen. Herr Landolt beschloss daher, die Frage, ob die Chemiker mit einem wägbaren Äther zu rechnen hätten, von neuem experimentell zu prüfen, und zwar wählte er hierzu folgende Vorgänge: 1. Umsatz von Silbersulfat und Ferrosulfat in Silber und Ferrisulfat, 2. Umsetzung von Jodsäure und Jodwasserstoff in Jod und Wasser. 3. Überführung von Jod in Jodwasserstoff mit Hülfe von Natriumsulfit und Wasser, und 4. Umsetzung von Chloralhydrat und Kaliumhydroxyd in Chloroform und Kaliumformiat. — Über die unter Beobachtung der sorgfältigsten Vorsichtsmassregeln angewandten Methoden, denen zufolge die Umsetzungen in zugeschmolzenen Glasgefässen stattfanden, lässt sich in Kürze nicht berichten. Das Ergebnis ist, dass bei den Vorgängen 3 und 4 — ebenso wie bei einigen Versuchen über etwaige Gewichtsänderungen beim Lösungsprozess — die Gewichtsänderungen völlig innerhalb der Grenzen der Wägungsfehler blieben, während bei den beiden ersten Reaktionen stets über diese bedeutend hinausgehende Gewichtsverluste stattfanden. Jedoch meint der Verfasser, diese Differenzen seien wahrscheinlicher auf das Verhalten der von ihm angewandten Wage als auf wirkliche Gewichtsverluste zurückzuführen. Sollten aber selbst solche bestehen, so wären sie jedenfalls zu klein, als dass sie die stoechiometrischen Rechnungen und die Atomgewichtszahlen wesentlich beeinflussen könnten. „Demzufolge ist auch die der ganzen Arbeit zu Grunde gelegte Frage, ob die Abweichungen der Atomgewichte von ganzen Zahlen etwa davon herrühren, dass bei den chemischen Umsetzungen der Körper eine gewisse Menge wägbaren Äthers aus- oder eintritt, im verneinenden Sinne entschieden. Damit schliesst sich der letzte Ausweg, welcher der Proutschen Hypothese noch offen geblieben war.“ *J. S.*

Über die Beurteilung der Glasgefässe zu chemischem Gebrauche. II. Von Dr. F. Foerster. (Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.) *Zeitschrift für Instrumentenkunde XIII 457, 1893.*

Die vorliegende Abhandlung bezieht sich auf das Verhalten des Glases gegen Wasser, gegen wässerige alkalische und saure Lösungen; die Versuche wurden grössenteils mit dem zu chemischen und physikalischen Apparaten verwendeten Kalk-Alkali-Glas angestellt. Das Wasser wirkt in zweifacher Weise auf das Glas ein: einerseits löst es Alkali auf, andererseits Kieselsäure. Bei gewöhnlicher Temperatur ist die Menge des aufgelösten Alkalis bedeutend grösser als die der Kieselsäure; erst bei 100° nimmt das Wasser gleiche Mengen Kieselsäure und Alkali aus dem Glase auf. Bei Temperaturen über 100° überwiegt die Menge der aufgelösten Kieselsäure, und es zeigt sich, dass dann kalkreiche Gläser (wie Fensterglas) widerstandsfähiger sind als kalkarme (wie böhmisches Kaliglas); als bestes Glas aber erweist sich in diesem Falle das Jenaer Thermometerglas 59^{III}.

Die Wirkung des Wassers ist keine einfach auflösende, so dass einerseits nur unverändertes Glas, andrerseits fertige Lösung vorhanden wäre; vielmehr bindet das Glas, indem es aufquillt, etwas Wasser chemisch, und es entstehen Zwischenprodukte (Glashydrate), aus denen sich das Wasser nur durch höhere Temperatur wieder austreiben lässt. Dieser Vorgang des Aufquellens wird durch die Gegenwart von Alkalien begünstigt; bei Anwendung reinen Wassers befördert das Alkali, welches aus dem Glase aufgelöst wird, die Aufquellung, so lange es sich in einiger Concentration an der Gefässwand befindet. Bei seiner Entfernung von derselben wird es so verdünnt, dass es nicht mehr auf den Quellungsvorgang einwirken kann; denn selbst eine tausendstel Normal-Kalilauge wirkt nicht anders auf das Glas wie gewöhnliches Wasser.

Alkalien verstärken bei genügender Concentration den Angriff des Wassers, indem sie zuerst eine reichlichere Auflösung der Kieselsäure und schliesslich auch des Calciumsilikates bewirken. Eine doppelt normale Natronlauge löst das Kalk-Alkaliglas als solches auf; bei noch grösserer Concentration verringert sich die Einwirkung auf das Glas wieder, und eine 33 proc. Natronlauge greift das Glas weniger an als eine doppelt normale. Kohlensaure Alkalien zeigen eine ähnliche Einwirkung wie die kaustischen Alkalien, nur ist bei diesen die Stärke und Zusammensetzung der gelösten Mengen noch mehr von kleinen Unterschieden in der Zusammensetzung des Glases abhängig als bei dem reinen Wasser. Für das Verhalten gegen die wässerige Lösung anderer Salze konnten bisher keine gemeinsamen Gesichtspunkte gefunden werden.

Auch wässerige Säurelösungen wirken in ähnlicher Weise wie reines Wasser und verdünnte Alkalien, sie lösen sowohl Alkali wie auch Kieselsäure auf. Indessen ist diese Einwirkung nicht so stark wie in den beiden anderen Fällen, offenbar, weil das aus dem Glase freigemachte Alkali von der Säure neutralisiert wird und dann das Quellen des Glases nicht mehr fördern kann. Dementsprechend wirken auch Schwefelsäure, Salzsäure und sogar Essigsäure in gleichem Maasse verzögernd auf die Auflösung des Glases ein. Der Gehalt an Säure macht ebenfalls keinen grossen Unterschied, nur wird von sehr concentrierten Säuren das Glas noch bedeutend weniger angegriffen als von verdünnten Säuren und von reinem Wasser.

Am Schlusse der Abhandlung findet sich noch eine tabellarische Zusammenstellung von acht verschiedenen Glassorten hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung und ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Wasser, Natronlauge und Sodalösung bei verschiedenen Temperaturen, aus denen unter anderem hervorgeht, dass das beste der hier untersuchten Gläser in seiner Zusammensetzung dem von Stas zu seinen Atomgewichtsbestimmungen benutzten sehr nahe kommt. *Rr.*

---

3. *Geschichte.*

Der Erfinder der Methode des Schwebens zur Dichtebestimmung bei festen Körpern. Die Bestimmung von specifischen Gewichten fester Körper durch Herstellung einer Flüssigkeit, in welcher sie eben schweben, wurde von Retgers (*Zeitschr. f. phys. Chemie XI 328*) auf Dufour zurückgeführt, der das Verfahren 1860 angewendet hat. Ostwald teilt (*a. a. O. XII 94*) mit, dass die Sache mindestens ein halbes Jahrhundert älter ist, da sie schon von Davy bei seiner berühmten Untersuchung über die Zerlegung der Alkalien benutzt worden ist. Die Beweisstelle (*Phil. Trans. 1808 S. 21, Ostwalds Klassiker d. ex. Wiss. No. 45 S. 68*) lautet in deutscher Übersetzung: „Sein (des Metalls aus Natron) specifisches Gewicht ist kleiner als das des Wassers. Es schwimmt in Sassafraöl von 1,096, Wasser gleich 1 gesetzt, und sinkt in Naphta vom specifischen Gewicht 0,861 unter. Dieser Umstand ermöglichte mir, den Punkt mit Genauigkeit zu bestimmen. Ich mischte Sassafraöl und Naphta, welche sich sehr vollständig vereinigen, unter Beobachtung der Verhältnisse zusammen, bis ich eine Flüssigkeit hatte, in welcher es oben oder unten in Ruhe blieb, und diese Flüssigkeit bestand aus nahezu 12 Teilen Naphta und 5 Sassafraöl, was ein specifisches Gewicht ergiebt, das sich zu dem des Wassers nahezu wie 9 zu 10 verhält; oder genauer, wie 0,9348 zu 1." *M.*

Bemerkungen zur Geschichte der Mehrphasenmotoren. In der *Elektrotechnischen Zeitschrift XV 45, 1894* macht Chas. Proteus Steinmetz einige Angaben über die Geschichte dieser neuen Motoren, die erst durch die Frankfurter Ausstellung weiteren Kreisen bekannt wurden. Ein halbes Jahrhundert vor den ersten Anfängen der Elektrotechnik hatten Arago und andere gezeigt, dass eine beweglich aufgehängte Kupferscheibe oder ein Kupferrahmen in einem magnetischen Drehfeld in lebhafte Rotation versetzt wird. Da indess Arago das magnetische Drehfeld durch mechanische Rotation von permanenten Stahlmagneten erzeugte, so kann dieser Apparat nicht als Drehstrommotor bezeichnet werden. Der Mehrphaseninduktionsmotor erscheint das erste Mal in der Litteratur vor

14 Jahren, als in dem *Philosophical Magazine* im Oktober 1879 unter dem Titel: *A mode of producing Arago's rotation* ein Vortrag veröffentlicht wurde, den Walter Baily am 28. Juni dieses Jahres vor der Physical Society in London gehalten hatte. Baily wies in diesem Vortrag theoretisch die Möglichkeit der Erzeugung eines magnetischen Drehfeldes mittels feststehender Elektromagnete nach, die von sich verändernden Strömen derart erregt werden, dass, wenn der Strom in dem einen Magnet zunimmt, der in dem anderen abnimmt u. s. w. Er zeigte, dass mindestens zwei Elektromagnete zur Erzeugung des Drehfeldes nötig sind, die von Strömen erregt werden, welche um eine Viertelperiode verschoben sind, und gab bereits das Diagramm für die in diesem Falle vorhandenen vier Elektromagnetpole an. Zugleich lieferte Baily die theoretische Erklärung für die Rotation und zeigte, dass die Kupferscheibe sich in der Richtung des rotierenden Drehfeldes bewegt. In dem Aufsatze beschrieb auch Baily einen von ihm gebauten Drehfeldmotor, der aus zwei Elektromagneten und einer vor den Polen derselben angebrachten Kupferscheibe bestand und von Wechselströmen umflossen wurde, welche um eine Viertelperiode verschoben waren und durch eine Primärbatterie und einen besonderen Commutator erzeugt wurden. Er zeigte, dass die Wirkung durch Anbringung eines magnetischen Rückschlusses hinter der Scheibe d. h. durch Benutzung eines geschlossenen magnetischen Kreislaufes erhöht wird. Abgesehen von der construktiven Ausbildung enthielt daher Bailys Motor alle wesentlichen Teile der Erfindung des Mehrphaseninduktionsmotors. 1884 baute Prof. Ferrari seinen bekannten Motor und 1888 erhielt Tesla seine Patente für Mehrphasenmotoren (vgl. *d. Zeitschr. IV 316, V 43, 157, 186, 189, VI 7, 53, 55*). Aber auch von anderen Seiten war man unterdessen der Lösung des Problems des Mehrphasenstrommotors näher getreten. Die alten Grammeschen Maschinen, welche in den siebziger Jahren in Paris und anderswo Jablochkoffsche Kerzen speisten, waren Mehrphasengeneratoren, deren Stromkreise indess unabhängig von einander benutzt wurden. 1880 hatte Marcel Deprez mit Zweiphasensynchronmotoren experimentiert (*Comptes Rendus 19. April 1880, La Lumière Electrique 12. Juni 1880*). 1879—80 baute Prof. E. Thomson seine Bogenlichtmaschine, die wohl die älteste Anwendung einer verketteten Dreiphasenwindung darstellt. Trotz der ausgebreiteten Litteratur und der zahlreichen Patentanmeldungen jener Zeit fanden damals die Mehrphasenmotoren in Amerika keine praktische Verwendung und in Europa nicht die geringste Beachtung. Erst der Erfolg der Kraftübertragung von Lauffen nach Frankfurt lenkte die allgemeine Aufmerksamkeit auf diese neuen Maschinen. Damals kam auch der Name von Tesla zum ersten Male in aller Mund. Die Aufmerksamkeit ist vor kurzem von neuem auf diesen geistreichen Erfinder und Experimentator gelenkt worden durch die Zusammenstellung seiner *Experimente mit Strömen hoher Wechselzahl und Frequenz* durch Etienne de Fodor, die bei Hartleben in Wien erschienen ist, und durch einen Aufsatz von H. Ebert in der *Naturwissenschaftlichen Rundschau IX 1, 17 u. 29, 1894*. Über den Bildungsgang, die Erfindungen und Forschungen dieses merkwürdigen Mannes machte Prof. A. v. Ettingshausen, Rektor der Technischen Hochschule in Graz, in seiner Immatriculationsrede (*Zeitschr. f. Elektrotechnik IX 581, 1893*) einige interessante Angaben. Nicola Tesla wurde im Jahre 1856 zu Smilyan in der Militärgrenze geboren, wo sein Vater griechisch-orientalischer Pfarrer war. Nach Absolvierung der Oberrealschule in Rakovac studierte er in Graz von 1875 bis 1877 Chemie, hörte aber daneben auch Vorlesungen über Mathematik und Physik. Dann ging er nach Wien. Später war er bei der Einrichtung des Fernsprechwesens in Budapest thätig. Nachdem er vorübergehend bei der Firma Ganz & Comp. in Budapest beschäftigt gewesen war, trat er in die Dienste der Société continentale Edison in Paris, wo er die Edisonsche Dynamomaschine umconstruierte. Die Edison-Gesellschaft sandte den jungen Elektriker nach Amerika, wo Tesla gegenwärtig lebt und forscht, aber nicht mehr bei Edison, sondern selbständig als Consulting Engineer of the Tesla Company, einer Gesellschaft, welche mit sehr grossem Kapital zur Ausbeutung der Teslaschen Ideen gegründet wurde. *M.*

4. Unterricht und Methode.

Elementare Ableitung des Potentiales des Stroms aus dem Ohmschen Gesetz. Von KOSTA KARAMATA, wirklichem Lehrer an der kgl. nautischen Schule zu Buccari. *Glasnik hro naravoslovnog drustva, S. 310 bis 313. (1892).*

Tritt ein galvanischer Strom durch eine fast punktförmige Elektrode, z. B. die Spitze eines isolierten Drahtes, in einen nach allen Seiten ausgedehnten Elektrolyten ein, um ihn durch eine zweite in grosser Entfernung eintauchende Elektrode wieder zu verlassen, so ist das Potential in der Nähe der Eintrittsstelle, wenn man die allernächste Umgebung ausschliesst, eine Funktion des Abstandes r, deren Bestimmung den Zweck des Aufsatzes bildet. Da punktförmige und unendlich weit entfernte Elektroden nicht existieren, so fassen wir die Aufgabe bestimmter, indem wir annehmen, dass der Elektrolyt den Raum zwischen zwei concentrischen, als Elektroden dienenden, kupfernen Kugelschalen erfülle, deren Radien r_0 und r' seien, und auf denen die Potentiale V_0, V' herrschen, so lange der Strom fliesst. Um den Widerstand der den Kern (r_0) umschliessenden Kugelschale vom äusseren Radius r ($\leqq r'$) zu finden, zerlegt sie der Verfasser durch concentrische Kugelflächen, deren Radien $r_0, r_1, \ldots r_n$ nach dem festen Verhältnis μ wachsen, in viele dünne Schichten. Der Strom durchfliesst die erste Schicht auf der Strecke $r_1 - r_0$ und sie hat den Querschnitt $4\pi r_0^2$ bis $4\pi r_1^2$, daher ist ihr Widerstand $= (r_1 - r_0)/4\pi K r_1^2$, wo K das spezifische Leitungsvermögen ist. Der Gesamtwiderstand wird

$$W = \frac{1}{4\pi K}\left(\frac{r_1 - r_0}{r_1^2} + \frac{r_2 - r_1}{r_2^2} + \ldots + \frac{r_n - r_{n-1}}{r_n^2}\right) = \frac{1}{4\pi K r_0}\frac{\mu - 1}{\mu^2}\left(1 + \frac{1}{\mu} + \ldots + \frac{1}{\mu^{n-1}}\right)$$
$$= \frac{1}{4\pi K r_0 \mu}\left(1 - \frac{1}{\mu^n}\right)$$

Hier ist natürlich $\mu^n = r_n/r_0$ und an der Grenze $\mu = 1$, also $W = \frac{1}{4\pi K}\left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r}\right)$. Ist die Stärke des Stromes $= J$, so ist $J = (V - V_0)/W$, also $V = V_0 + \frac{J}{4\pi K}\left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r}\right)$. Der Wert der Constante J ergiebt sich, wenn man $r = r'$, $V = V'$ setzt. Das Potential ändert sich also wie r^{-1}. Dies erklärt sich daraus, dass auf den beiden Kugelflächen (r_0) und (r') gewisse Elektrizitätsmengen E_0 und E' vorhanden sein und beständig erhalten bleiben müssen, die hinreichen, um die Potentiale V_0 und V' hervorzubringen. Sie sind zu bestimmen aus den Gleichungen $E_0/r_0 + E'/r' = V_0$, $E_0/r' + E'/r' = V'$ und veranlassen in einem beliebigen Punkte des Zwischenraumes das Potential $V = E_0/r + E'/r'$, welcher Wert mit dem oben gefundenen übereinstimmt, wenn man für J, E_0, E' die berechneten Werte einsetzt.

Der Verfasser bestimmt für die oben ausgeführte Summation den Querschnitt der einzelnen durchströmten Schichten genauer, indem er einen Mittelwert zwischen $4\pi r_0^2$ und $4\pi r_1^2$ anwendet. Für die Richtigkeit des Resultates ist das nicht erforderlich. Der angewandte Mittelwert, $\frac{4}{3}\pi(r_0^2 + r_0 r_1 + r_1^2)$ ist noch dazu derjenige, welcher für die genaue Berechnung des Volumens des Leiters als mittlerer Querschnitt anzuwenden wäre, für die genaue Berechnung des Widerstandes des Leiters ist dieser nicht verwendbar, er leistet hier nicht mehr als das arithmetrische Mittel $2\pi(r_0^2 + r_1^2)$. Dagegen ist es allerdings für Ausführung der Rechnungen manchmal empfehlenswert, statt eines extremen Wertes einen passenden Mittelwert einzuführen, ein solcher wäre hier das geometrische Mittel $4\pi r_0 r_1$, denn dann wird das Element des Widerstandes $= \frac{r_1 - r_0}{4\pi K r_0 r_1} = \frac{1}{4\pi K}\left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r_1}\right)$, so dass sich die Summation auch ohne die Annahme ausführen lässt, dass die Radien eine geometrische Reihe bilden.

M. Koppe.

Über den Wert der Mineralogie und Geologie als Unterrichtsfach spricht sich Oberlehrer Dr. JULIUS WILBRAND in einem, dem Jahresbericht des Gymnasiums und Realgymnasiums zu Bielefeld (Ostern 1893) vorgedruckten Aufsatz näher aus. Nur sechs Seiten sind es, welche der Verfasser seinem Thema widmet — und doch gelingt es ihm, seinen

Standpunkt genügend klarzulegen und im allgemeinen zutreffend zu begründen. Er bedauert zunächst lebhaft die Schmälerung, welche der mineralogische Unterricht am Realgymnasium und Gymnasium durch die neuen Lehrpläne erfahren hat, dass nunmehr „die Mineralogie als selbständiges Unterrichtsfach gestrichen“ und „für Gesteinslehre und Geologie überhaupt kein Platz mehr gelassen“ ist. Der Verfasser führt dann im einzelnen aus, wie der mineralogische Unterricht, dem soviel natürliches Interesse von den Schülern entgegengebracht werde, fruchtbringend wirken könne, beispielsweise auch durch eine stärkere Berücksichtigung der Krystallographie und gelegentliche Mitteilungen aus der Technologie. Seine Ansichten über den Wert der Geologie legt er dar, indem er ein von ihm verfasstes, seiner Zeit für eine westfälische Direktorenconferenz bestimmtes Gutachten über die *„Geologie von Geikie“*, eins der bekannten *„Naturwissenschaftl. Elementarbücher“*, wiedergiebt. Er tritt darin mit überzeugender Wärme für diese Disciplin ein, deren grosser unterrichtlicher Wert auch von anderer Seite, z. B. von B. Schwalbe, betont worden ist. Es gelingt ihm vorzüglich, die grosse Lücke aufzudecken, welche in der naturwissenschaftlichen Bildung eines Abiturienten noch besteht, selbst wenn die Physik ihre hervorragende Aufgabe gelöst hat, da demselben ein tieferer Einblick in die Entwicklungsgeschichte unseres Erdballes nicht gewährt worden ist. Mit der Begründung ist Referent nicht überall einverstanden. So tritt der Verfasser von Neuem für einen mineralogischen Unterricht ein, der wie früher nur die physikalischen und krystallographischen Eigenschaften der Mineralien berücksichtigt. Die Mängel dieses Verfahrens und die Vorzüge der anderen, die chemischen Eigenschaften besonders hervorhebenden Methode sind indessen so oft, auch in dieser Zeitschrift, dargelegt worden, dass hier nichts hinzugefügt werden soll. Immerhin waren aber die berührten Mängel nicht derart, dass es notwendig war, die Mineralogie als selbständiges Unterrichtsfach gänzlich zu streichen, wie es nun leider geschehen ist. Auch die als „Anhang“ beigegebene Disposition des Unterrichtsstoffes in der Mineralogie ist anfechtbar: die Sonderung des Stoffes in einen allgemeinen Teil, in welchem die physikalischen und morphologischen Eigenschaften vorweg zusammengestellt werden und in einen speciellen Teil mit Aufführung der Mineralspecies, würde wohl besser durch eine Stoffanordnung zu ersetzen sein, bei welcher jene Eigenschaften successive aus der induktiven Behandlung der einzelnen Mineralien herauswachsen. Dem, was über den Nutzen eines eingehender betriebenen krystallographischen Unterrichts gesagt wird, kann man wohl beistimmen, nur würde ein umfangreicheres, sicheres Ausbauen der nicht leichten, stereometrischen Anschauungen in den mathematischen Unterricht gehören; in der eigentlichen Mineralogie, woselbst in der kurzen Zeit dringendere Sachen zu erledigen sind, ist die Krystallographie auf das Notwendigste zu beschränken. Noch ein Punkt sei erwähnt: Der Verfasser bespricht, wie die örtlichen Verhältnisse mitunter zu einer Berücksichtigung der Mineralogie und Geognosie geradezu aufforderten, z. B. auch in Bielefeld, wo man „von der Schule auf die schichtenreichen Züge des Teutoburger Waldes“ blickt, und hebt dann hervor: „In wohlbegründeten Fällen sollten Verschiebungen innerhalb der naturwissenschaftlichen Fächer gestattet sein.“ Hierin liegt implicite eine Art Vorwurf, als ob die Behörden derartige Anträge nicht mit Wohlwollen behandelten. Nach den Erfahrungen des Ref., die gewiss von vielen Fachgenossen bestätigt und ergänzt werden könnten, ist glücklicherweise das Gegenteil der Fall. Beispielsweise sind ihm mehrere Anstalten bekannt, an welchen gerade für die neugeordneten naturwissenschaftlichen Fächer Pläne genehmigt sind, die von den officiell vorgeschriebenen nicht unerheblich abweichen. Ref. durfte ferner jahrelang den mineralogischen Unterricht in der Gymnasial-Obertertia mit ausdrücklicher Berücksichtigung der chemischen Eigenschaften erteilen, obgleich bekanntlich (vor 1892) eine Beschränkung auf die physikalischen Merkmale vorgesehen war. Einem motivierten Wunsch des Verfassers, die Mineralogie und Geologie irgendwie wieder einzufügen, würde also wahrscheinlich das Entgegenkommen nicht fehlen. Es ist gerade ein rühmlicher Vorzug unserer Aufsichtsbehörde, dass sie auf diesem Gebiete Freiheit gestattet, wohl geleitet von der Erkenntnis, dass auf diese Weise das innere Wesen des Unterrichts, als eines sich von innen heraus entwickelnden lebendigen Organismus, am besten gewahrt wird.

Jedenfalls ist es dankbar anzuerkennen, dass der Verfasser so entschieden eine Lanze einlegt für zwei Unterrichtsgegenstände, die so fruchtbar sein könnten, aber leider jetzt darniederliegen, und es ist nur noch der Wunsch anzufügen, dass diese Bestrebungen nicht nur bei den Fachgenossen, sondern auch an massgebender Stelle die verdiente Beachtung finden möchten. *O. Ohmann, Berlin.*

5. Technik und mechanische Praxis.

Zur Kenntnis des Aluminiumverfahrens der Gegenwart. Von Alfred H. Bucherer *Ztschr. für angew. Chemie 1893, 515—517.* Das ergiebigste Verfahren der Aluminiumgewinnung auf elektrolytischem Wege beruht auf der Elektrolyse einer Lösung von Aluminiumoxyd in geschmolzenem Kryolith. Die Construktion des angewendeten Ofens ist ähnlich derjenigen des zur Herstellung von Aluminium- und Siliciumlegierungen dienenden Héroult-Ofens. Über die im Ofen vor sich gehenden Prozesse, deren Kenntnis für die weitere Entwickelung des Verfahrens sehr wichtig sein würde, ist man noch nicht im Klaren. Um dieselben zu ergründen, handelt es sich nach Bucherer zunächst darum, zu ermitteln, welche von den in der Schmelze vorhandenen Verbindungen primär zersetzt wird. Dass der Strom direkt das Aluminiumoxyd zerlege, scheint ihm von vornherein ausgeschlossen. Da ferner der Dissociationsgrad eines geschmolzenen Elektrolyten, der zur sicheren Lösung jener Frage führen würde, nicht unmittelbar zu ermitteln ist, so geht Bucherer von den Bildungswärmen der in Betracht kommenden Verbindungen aus. Nun ist aber nach der Dissociationstheorie von Arrhenius sowohl in einem gelösten wie in einem geschmolzenen Elektrolyten eine beträchtliche Anzahl der Moleküle in ihre Jonen gespalten, und diese treten sämtlich mit einander in Wechselwirkung. Folglich sind im elektrolytischen Bade des Ofens nicht blos Moleküle von Al_2O_3, NaF und Al_2F_6, sondern auch solche von Na_2O anzunehmen. Bucherer berechnet ferner aus den Bildungswärmen dieser vier Verbindungen diejenigen elektromotorischen Kräfte, die ein Strom mindestens haben müsste, um sie zerlegen zu können, und findet für Na_2O, Al_2O_3, Al_2F_6 und NaF die Zahlen 2,1, 2,8, 3,4 und 4,5 Volt. Er kommt somit zu folgender Erklärung der im Ofen stattfindenden Reaktionen. Der Strom zerlegt primär das Na_2O. Der Sauerstoff desselben verbindet sich mit der Kohlenanode zu CO oder CO_2. Das Natrium wirkt sekundär auf Al_2F_6 unter Bildung von Fluornatrium und Abspaltung von Aluminium, das an die Kathode wandert. Das Fluornatrium aber tritt mit dem in genügender Menge vorhandenen Aluminiumoxyd in Reaktion, so dass wiederum Natriumoxyd und Aluminiumfluorid entstehen. Diese Ansicht wird durch die Thatsache gestützt, dass sich metallisches Natrium im Ofen ansammelt, falls es an der gehörigen Menge Aluminiumfluorid fehlt. Eine solche Ansammlung von Natrium liesse sich aber nicht erklären, wofern das Aluminiumoxyd primär zersetzt würde; und wenn andrerseits das Natrium durch die direkte Zerlegung des Natriumfluorids entstehen sollte, so müsste nach Bucherer freies Fluor auftreten, was nicht der Fall ist. *R. Lüpke.*

Über die Herstellung von Chlor und Natronhydrat auf elektrolytischem Wege. Von C. Haeussermann. *Zeitschr. f. angew. Chemie 1893, S. 392 bis 394.* Nach der von Cross und Bevan in *Journ. of the Soc. Chem. Ind. 1892, 963* veröffentlichten Abhandlung giebt Haeussermann einen Bericht über das Problem der fabrikmässigen elektrolytischen Gewinnung von Chlor und Natronhydrat resp. Soda. So einfach auch der Vorgang der Elektrolyse einer wässrigen Chlornatriumlösung ist, insofern an der Anode Chlor in Freiheit gesetzt wird, und die Natriumjonen an der Kathode Natriumhydroxyd bilden, so macht doch die Ausführung dieses Prozesses im Grossen Schwierigkeiten, die trotz zahlreicher Versuche noch nicht völlig überwunden sind. Einerseits handelt es sich darum, für die Elektroden und das dieselben scheidende Diaphragma Materialien zu finden, welche gegen die entstehenden Produkte beständig genug sind. Andererseits kommt der Umstand in Betracht, dass sich der Gehalt der Kathodenflüssigkeit an Natriumhydroxyd nicht über 10% steigern lässt, weil von diesem Grenzwert an das Natriumhydroxyd selbst die Rolle des Elektrolyten übernimmt. Den besten Erfolg hat nach Cross und Bevan das Verfahren von Greenwood, nach welchem in England bereits gearbeitet wird. In dem aus Schiefer oder Eisen hergestellten Gefäss ist ein eigenartiges Diaphragma angebracht, das (ähnlich den Fensterjalousien) aus übereinander angeordneten Platten von Porzellan besteht, deren Zwischenräume mit Asbest ausgefüllt sind. Die Kathode ist von Eisen. Die Anode stellt einen aus Retortenkohle gefertigten Block dar, dessen Inneres nach Einführung der Zuleitung mit Letternmetall ausgegossen ist. Als Bad dient eine angewärmte koncentrierte Kochsalzlösung. Die Anodenzelle ist mit einer Cementplatte bedeckt. Durch ein in derselben befestigtes Rohr wird das Chlor in die Chlorkalkkammer abgeleitet. Das Natriumhydroxyd der Kathodenflüssigkeit wird durch Abdampfen in besonderen Pfannen unter fortwährendem Aussoggen des Kochsalzes, das sich bis auf 2 bis 3% entfernen lässt, gewonnen. Nach Lesueur wird es direkt in der Kathodenzelle durch Einleiten von Kohlendioxyd in Bikarbonat übergeführt. In betreff der Herstellungskosten der nach Greenwoods Verfahren erhaltenen Produkte lassen sich zwar wegen der wechselnden örtlichen Verhältnisse bestimmte Zahlen nicht angeben, doch dürften dieselben im Allgemeinen nicht höher ausfallen, als bei der rein chemischen Fabrikationsweise.

Man kann aber erwarten, dass die elektrolytischen Methoden noch weitere Verbesserungen erfahren und daher in Zukunft einen völligen Umschwung in der Sodafabrikation hervorrufen werden. Insbesondere ist die Diaphragmafrage zu lösen. Nach Haeussermanns Meinung dürfte in dieser Hinsicht die von Pukall hergestellte hartgebrannte Thonmasse, die bereits als Filtermaterial vielfach mit bestem Erfolg benutzt wird, in Betracht kommen. Auch ist schon ein Verfahren in Betrieb, nämlich das von den Engländern Richardson und Holland, bei welchem das Diaphragma ganz wegfällt. (*Zeitschr. f. Elektrotechnik von Josef Kareis 1893, 417.*) *R. Lüpke.*

Celluloidspiegel. Die Herstellung geschieht in der Weise, dass eine völlig durchsichtige, glasähnliche und polierte Celluloidplatte auf der Rückseite gerade wie eine gläserne Spiegelplatte mit einem Silberspiegel versehen, letzterer aber noch mit einer Celluloid-Schutzhülle überzogen wird. Auch diese Schutzhülle lässt sich als Spiegelfläche benutzen, so dass eigentlich zweiseitige Spiegel erhalten werden. Ausser ihrer Unzerbrechlichkeit haben die Celluloidspiegel den Vorzug der Leichtigkeit. Auch stellen sie sich nicht teurer wie Glasspiegel und die bei Glasspiegeln so schwierige Herstellung mathematisch genauer, parabolisch und anders geformter Spiegel ist wesentlich erleichtert. (*Central-Zeitung für Optik und Mechanik XV 46, 1894.*) *M.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die Bestimmung des Molekulargewichts. Von Dr. Karl Windisch. Berlin, Julius Springer, 1892. 542 S. M. 12,—.

Das Werk ist eine mühevolle Zusammenstellung der verschiedensten Methoden, welche zur Bestimmung des Molekulargewichts, einer der wichtigsten Grössen der Chemie, in Betracht kommen. Es beschränkt sich nicht auf die bekannteren Methoden der Molekulargewichtsbestimmung, welche heute allgemein in die Laboratoriumspraxis eingeführt sind, sondern giebt auch die mannigfachen Modifikationen derselben an, die nur für besondere Fälle geeignet sind, sowie diejenigen Methoden, die blos noch historisches Interesse haben. In letzterer Hinsicht enthält es daher einen wesentlichen Abschnitt der Geschichte der theoretischen Chemie dieses Jahrhunderts.

Der Verfasser hat den Stoff übersichtlich geordnet. Nachdem in der Einleitung die Theorie entwickelt ist, auf welcher die Bestimmung des Molekulargewichts beruht, werden zunächst die nur in beschränktem Grade anwendbaren chemischen Methoden angeführt. Ihnen folgen die Bestimmungen auf physikalischem Wege. Dieselben setzen voraus, dass sich die Stoffe entweder im Gaszustand oder im Zustand verdünnter Lösungen befinden. Der sich anschliessende grössere Abschnitt des Buches handelt demnach über die Ermittelung des Gasvolumgewichts, und zwar einerseits der gasförmigen, andererseits der vergasbaren festen und flüssigen Substanzen. Darauf wird die kinetische Gastheorie entwickelt, die mit zwingender Notwendigkeit auf das Avogadrosche Gesetz führt, und weiter wird auseinandergesetzt, inwiefern Druck und Temperatur bei Dämpfen und leicht kondensierbaren Gasen von Einfluss sind, wenn diese dem Boyleschen und Gay-Lussacschen Gesetz im erforderlichen Grade genügen sollen. Sehr ausführlich werden dann diejenigen Stoffe besprochen, die bei der Verflüchtigung eine Dissociation erleiden. In der zweiten kleineren Hälfte des Buches werden die Methoden der Molekulargewichtsbestimmung im Zustand der verdünnten Lösung behandelt. Da dieselben schon jetzt für den Chemiker eine grosse Bedeutung gewonnen haben, so wird zunächst auf die grundliegende Theorie van 't Hoffs eingegangen, welche bekanntlich die Gültigkeit des Avogadroschen Gesetzes auch für verdünnte Lösungen behauptet. Hierauf werden die Methoden der Bestimmung des Molekulargewichts aus dem osmotischen Druck, der Gefrierpunktserniedrigung und der Dampfdruckverminderung beschrieben, und ihnen wird das Kapitel über die Dissociation der Elektrolyte in wässriger Lösung angeschlossen. Am Ende des Buches vermisst man zwar ein Register, doch bietet dafür die voranstehende Inhaltsübersicht ausreichenden Ersatz.

Der Wortlaut des Buches ist leicht verständlich. Es stellt an den Leser ausser einigen Kenntnissen der Experimental-Chemie keine grösseren Anforderungen. Die vorkommenden Begriffe der theoretischen Chemie werden sämtlich erklärt und meistens durch Beispiele erläutert. Selbst zu einfacheren Berechnungen, wie sie zur Auffindung der empirischen Formel aus den Daten der quantitativen Analyse oder zur Reduktion der Gasvolumina erforderlich sind, wird die nötige Anleitung gegeben. Dagegen wird von schwierigeren mathematischen Deduktionen abgesehen, vielmehr werden dann die Formeln, besonders diejenigen, die sich aus den thermodynamischen Prinzipien rechnerisch ergeben, ohne Ableitung angeführt, aber doch durch tabellarische Übersichten der experimentellen Daten dem Verständnis zugänglich gemacht. Finden sich im Text auch vielfach Wiederholungen, so ist dies dem Umstand zuzuschreiben, dass der Verfasser bemüht war, den Leser, der sich über den einen oder anderen Punkt möglichst schnell orientieren will, zu befriedigen. Doch wird es als ein Mangel empfunden, dass dem Text zu wenig Abbildungen beigedruckt sind. Denn ohne solche ist es meist sehr schwierig, aus der blossen Beschreibung die Construktion der in Frage stehenden Apparate zu verstehen, so dass man unter diesen Umständen genötigt ist, die Originalarbeiten, auf welche verwiesen wird, nachzulesen.

Immerhin ist das Buch denen wohl zu empfehlen, welche häufiger Molekulargewichtsbestimmungen auszuführen haben; sie werden in jedem speziellen Fall die brauchbare Methode finden. Aber auch denen hat der Verfasser einen grossen Dienst erwiesen, die von den so wichtigen Fortschritten der physikalischen Chemie, deren Ergebnisse in den Annalen sehr zerstreut sind, Kenntnis nehmen möchten, ohne sich der Mühe schwierigerer Rechnungen zu unterziehen.

R. Lüpke.

Der Ätherdruck als einheitliche Naturkraft. Von H. Januschke. Teschen, Prochaska, 1893. 68. S. M. 1,80.

In vorliegender Abhandlung ist der Versuch gemacht, sämtliche Naturkräfte auf statischer Grundlage durch die Elasticität des Äthers zu erklären. Der Äther wird als Elektricität betrachtet, und eine Kugel heisst positiv geladen, wenn sich auf ihrer Oberfläche eine neue Ätherschicht ausbreitet. Dadurch tritt eine Verschiebung des Äthers ein, und es ergeben sich die bekannten Formeln für die Ladungsarbeit und das Potential.

Diese Verschiebungstheorie — die nicht identisch ist mit der Maxwellschen — führt schon bei der Erklärung der Influenz und der Condensatoren auf Schwierigkeiten, die der Verfasser dadurch umgeht, dass er die Elektricitätsmengen auf Leitern frei beweglich annimmt, wie bei der gebräuchlichen Betrachtungsweise. Auch im Folgenden stimmen die Ergebnisse mit den allgemein anerkannten überein, weil zur Erklärung des elektrischen Stroms und der optischen Erscheinungen gleichzeitig die Maxwellschen Grundgleichungen benutzt werden, die hier unter der Annahme von Wirbelbewegungen des Äthers abgeleitet sind. Die allgemeine Zustandsgleichung ist wohl nicht so weitgehender Anwendung fähig, wie der Verfasser angiebt, denn die Annahme, dass beim Durchgang des Lichtes jedes Molekel Kupfer in 2 und jedes Molekel Eisen in 21 Molekel zerlegt wird, erscheint zu wenig begründet.

Die statischen Betrachtungen werden ergänzt durch eine Hypothese über die Constitution der Materie, wonach die Äther- und Körperatome als Wirbel von verschiedener Grösse erklärt werden.

A. Schülke.

Grundbegriffe der Meteorologie für höhere Schulen und zum Selbstunterricht zusammengestellt von Dr. E. Wilk, Schuldirektor in Gotha. 2. A. Mit 5 Karten und 8 in den Text gedruckten Figuren. Leipzig, J. Baedecker, 1892. 58 S. M. 1,—.

Der Verfasser behandelt die Wärmeverteilung, die Luftdruckverteilung und die dadurch bedingten Winde, die Regenverteilung, die Gewitter und Orkane und im Anhange die Wettervorhersage. Er setzt dabei zunächst stets eine Erde voraus, deren Oberfläche überall die gleiche Beschaffenheit hat, und erhält so die regelmässige Verteilung von Wärme, Luftdruck, Wind und Regen. Er verbessert dann durch schrittweise Einführung der störenden Ursachen allmählig diese Ergebnisse, bis sie den thatsächlichen Verhältnissen entsprechen. Die zunächst erhaltenen regelmässigen Verteilungen von Wärme und Wind durch Beispiele zu erhärten, welche nicht recht stichhaltig sind, ist misslich. Es ist doch besser, rasch zu den Isothermen und Isobaren fortzuschreiten, um dann auf dieser sicheren Grundlage die Wärme-, Luftdruck- und Windverhältnisse auf der Erde zu betrachten. Die Zustände im Gebiete der Cyklonen und Anticyklonen, die die Witterung in unserem eigenen Vaterland bedingen, hätten noch mehr hervorgehoben werden sollen. Die treffliche Anleitung zur Wettervorhersage, die wir van Bebber verdanken, hat anscheinend auf die Abfassung des Anhanges keinen Enfluss ausgeübt. Auch ist nicht zu billigen, dass die Wetterkarten und Wetterberichte, welche heutzutage fast jede Zeitung bringt, nicht hinreichend berücksichtigt und verwertet worden sind. *H.*

Das Lehrverfahren beim physikalischen und chemischen Unterricht in Deutschland.

Aus der von Dr. Conrad Rethwich für die Weltausstellung zu Chicago im Auftrage des Kgl. Preussischen Ministeriums der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten bearbeiteten Schrift *Deutschlands höheres Schulwesen im neunzehnten Jahrhundert* (*Berlin*, *R. Gärtner*, *1893*) teilen wir die folgenden, von Dr. F. Poske und Dr. H. Böttger verfassten Abschnitte über den physikalischen und chemischen Unterricht mit:

Der physikalische Unterricht fürs erste hat nicht sowohl blosses Wissen mitzuteilen, als vielmehr in die Art, wie dieses Wissen gewonnen wird, einzuführen. Auf allen Stufen des Unterrichts liefert das Experiment die Grundthatsachen und Grundbegriffe, auf denen sich das System physikalischer Einsichten aufbaut. Der physikalische Unterricht hat sich daher je länger desto mehr von einem bloss dogmatischen zu einem heuristischen und experimentellen Lehrverfahren hingewendet.

Durch die preussischen Lehrpläne von 1892 ist der physikalische Lehrstoff auf zwei Stufen verteilt worden. Der Unterstufe (Obertertia und Untersekunda) fällt die Aufgabe zu, die physikalischen Vorbegriffe und die einfachsten Erscheinungen, die dem Interesse und dem Verständniss der Schüler m nächsten liegen, zu behandeln. Die hierfür angesetzte Zeit ist nur gering, an den Gymnasien nach Abzug der für Chemie und Mineralogie bestimmten Stunden in der Regel nur zwei Semester mit je zwei wöchentlichen Stunden, an den Realgymnasien annähernd die gleiche Zeit, an den Oberrealschulen noch zwei weitere Semester mit je zwei wöchentlichen Stunden. Bezüglich der Auswahl des Lehrstoffes lassen die Lehrpläne grosse Freiheit; sie empfehlen nur, bei der Fülle des Stoffes auf diesen Gebieten und der verhältnismässig geringen dafür verfügbaren Stundenzahl, auf eine angemessene Auswahl die grösste Sorgfalt zu verwenden. Man hat sich darüber verständigt, dass man verzichten müsse, ein vollkommen abgerundetes Bild der wichtigsten physikalischen Lehren den von der Mittelstufe abgehenden Schülern in das praktische Leben mitzugeben; vielmehr ist man bestrebt, nur die einfachsten Lehren darzubieten, diese aber so durchzuarbeiten, dass ein klares, auf Anschauung begründetes und durch eigenes Nachdenken befestigtes Verständnis der betrachteten Naturerscheinungen erzielt wird. Eine genauere Zusammenstellung des Stoffes, der in diesem vorbereitenden physikalischen Unterricht behandelt werden kann, findet man in der Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht, Jahrgang V. Heft 4 (April 1892).

Die Oberstufe des physikalischen Unterrichts umfasst drei volle Jahreskurse mit je zwei wöchentlichen Stunden auf den Gymnasien, mit je drei auf den Realgymnasien und Oberrealschulen. Das physikalische Wissen wird hier unter nochmaliger Durcharbeitung aller Gebiete der Physik, einschliesslich der mathematischen Erd- und Himmelskunde, vertieft und erweitert. Der methodische Unterschied von der Unterstufe besteht hauptsächlich darin, dass die quantitative Seite der Erscheinungen und die mathematische Formulierung ihrer Gesetze mehr in den Vordergrund tritt. Von einer rein deduktiven Behandlung der Physik kommt man auch auf der Oberstufe mehr und mehr zurück. Man ist vielmehr bestrebt, bei der Entwicklung der physikalischen Erkenntnisse das logische Verfahren deutlicher hervortreten zu lassen und darauf hin zu wirken, dass der Schüler an dem denkbar einfachsten Stoff die denkbar exaktesten Methoden geübt sieht. Daneben wird Wert gelegt auf die Anwendung der erkannten Gesetze zur Lösung von physikalischen Aufgaben. Da die verfügbare Zeit dies nur in beschränktem Maasse zulässt, so geht eine stets wachsende Bewegung dahin, die Behandlung physikalischer Aufgaben, soweit sie mathematische Methoden erfordern, dem mathematischen Unterricht zu überweisen, wodurch dieser ebenso sehr befruchtet, wie der physikalische Unterricht entlastet wird.

Mit Experimentier-Übungen der Schüler unter Leitung des Lehrers ist an einigen Anstalten, auch Gymnasien, ein Anfang gemacht, der bereits die Ausführbarkeit und den Nutzen solcher Übungen erwiesen hat, so dass eine weitere Verbreitung dieser fakultativen Einrichtung zu erwarten steht. Näheres in der Zeitschr. f. d. physikal. und chem. Unterricht, V. 57 und 223. Für die Weltausstellung in Chicago hat Dr. K. Noack in Giessen eine Sammlung von Apparaten für Schülerübungen zusammengestellt.

Für die Beschaffung der Lehrmittel sind fast durchweg von den staatlichen oder städtischen Behörden feste jährliche Beträge angewiesen. Doch ist weder ein allgemein verbindliches Normalverzeichnis der zu beschaffenden Apparate vorgeschrieben, noch auch wird verlangt, dass die Apparate von einer bestimmten Centralstelle oder Lehrmittelhandlung bezogen werden. Man überlässt es vielmehr vertrauensvoll der Sachkenntniss der Fachlehrer, die ihnen geeignet scheinenden Apparate unmittelbar aus den mechanischen Werkstätten zu beziehen. Dadurch ist es ermöglicht, dass die namentlich in den letzten Jahren sehr zahlreichen Fortschritte in der Konstruktion der Unterrichtsapparate sogleich bei der Vervollständigung der Sammlung berücksichtigt werden können. Auch ist der Lehrer dadurch in den Stand gesetzt, Apparate nach eigener Angabe vom Mechaniker herstellen zu lassen.

Trotz der Freiheit der Auswahl stimmen die Sammlungen doch naturgemäss in vielem überein. An den Unterrichtsanstalten grösserer Städte dürfte es keine Sammlung geben, die nicht eine zweistiefelige Luftpumpe, einen Spektralapparat, einen Funken-Induktor besässe; auch kleinere Dynamomaschinen, namentlich Handdynamos verschiedener Systeme, sind viel verbreitet. Bei den zur Messung dienenden Apparaten geht das Bestreben mehr und mehr dahin, objektive Sichtbarkeit der Angaben mit möglichster Genauigkeit zu vereinigen. Die optische Bank, das Galvanometer, das Elektrometer sind häufig von gleicher Güte, wie die auf Universitäten benutzten Apparate. Als Norm für diese Apparate haben vielfach die von A. Weinhold in seinen Physikalischen Demonstrationen (2. Aufl. 1887) angegebenen Konstruktionen gedient. —

Die Lehrbücher und Leitfäden haben im allgemeinen mit der Entwickelung der Unterrichtsmethode nicht gleichen Schritt gehalten. Sie geben der Mehrzahl nach eine systematische Zusammenstellung des Stoffes, überlassen aber dem Lehrer mehr oder minder die methodische Bearbeitung. Indessen ist auch nicht zu wünschen, dass dem Lehrer in methodischer Hinsicht die Hände durch das Lehrbuch allzusehr gebunden werden. Es ist ferner ein Vorzug des bisherigen Systems, dass kein einheitliches Lehrbuch für den ganzen Staat oder auch nur für einen engeren Bezirk vorgeschrieben ist, sondern dass jeder Fachlehrer das Lehrbuch wählen kann, das den lokalen Verhältnissen und seinen persönlichen Anforderungen am meisten entspricht. Es ist daher die Zahl der Lehrbücher nicht gering, die nur an einer einzigen Anstalt eingeführt sind. Die Auswahl und Abgrenzung des Stoffes ist in diesen Lehrbüchern keine allzu verschiedene, sie unterscheiden sich vielmehr nur durch die grössere oder geringere Ausführlichkeit der Darstellung, durch die Art der Figuren und die Wahl der Beispiele. Bemerkenswert ist jedoch, dass dis deduktive Darstellung des Stoffes fast ganz zurückgetreten ist gegen eine rein systematische, und dass einzelne Lehrbücher auch eine methodische Anordnung in getrennten Kursen, mit Hinweisen auf die didaktische Behandlung des Stoffes, darbieten.

Der Unterricht in der Chemie hat wie jeder bildende und erziehende Unterricht den doppelten Zweck: den Geist allseitig zu wecken und durch Übung zu kräftigen, und denselben mit einem Schatz nutzbarer Kenntnisse zu versehen. Die spezielle Betrachtung einzelner Gebiete der Chemie, wie die Einzelheiten der Metallgewinnung, die Darstellung unorganischer und organischer Farbstoffe, die Anwendung der chemischen Thatsachen auf den Ackerbau und Ähnliches sind von vornherein als eigentlicher Lehrstoff ausgeschlossen und werden nur gelegentlich berührt. Von höchster Wichtigkeit hält man es dagegen im chemischen Unterricht, zuvörderst die Grundgesetze der Chemie, die man als stöchiometrische zu bezeichnen pflegt, zu behandeln, und ferner diejenigen Erscheinungen zu betrachten, welche wegen der Häufigkeit ihres Vorkommens und wegen ihrer praktischen Seite die grösste Bedeutung besitzen, wie z. B. Verbrennung und Reduktion, Salzbildung und Ähnliches. Daraus ergiebt sich dann von selbst, dass zunächst die Nichtmetalle und später die wichtigeren Metalle den Stoff darbieten, an welchem der Schüler mit den erwähnten Vorgängen bekannt zu machen ist. Während also die eigentliche chemische Technologie vom Unterricht auszuschliessen ist, muss doch der Schüler mit den wichtigsten Prinzipien bekannt gemacht werden, welche den einzelnen Zweigen der chemischen Technologie zu Grunde liegen. Die organische Chemie, als selbständiger Theil der Chemie, kann ebensowenig Gegenstand des Schulunterrichtes sein; dagegen sind diejenigen Veränderungen organischer Körper, welche von hervorragender praktischer Bedeutung sind, wie die Gärung, die trockene Destillation u. a., in den Rahmen des Schulunterrichts aufzunehmen.

Methodisch ist man darüber allgemein einig, dass auch die Chemie als Unterrichtsgegenstand zunächst induktiv behandelt werden müsse, damit der Schüler lernt, die Einzelerscheinung zu beobachten, um aus einer Reihe einzelner Beobachtungen zum Schlusse, und damit zur Herleitung der Gesetzmässigkeit zu gelangen. Der Unterricht geht also stets vom Experiment als der künstlich hervorgerufenen Naturerscheinung aus und es ist Sache des pädagogischen Geschicks des einzelnen Lehrers, namentlich im Anfang, die Versuche so zu wählen, dass möglichst wenig Nebenerscheinungen die Beobachtung dessen, was gezeigt werden soll, erschweren. Im allgemeinen wird deshalb wohl immer mit solchen Stoffen begonnen werden, die unmittelbar anschaulich dem Schüler vorgeführt werden können, also mit festen Körpern. An ihnen werden die stöchiometrischen Grundgesetze erörtert, wobei zunächst allein auf die Unveränderlichkeit der Gewichtsmengen der in Wechselwirkung tretenden Stoffe hingewiesen wird. Die Einführung der Volumenregelmässigkeiten erfolgt erst später, wenn das Anschauungsvermögen der Schüler durch den Unterricht in genügender Weise geübt worden ist.

Bei der erwähnten Methode des chemischen Unterrichts ist demnach für den Anfang ein zusammenhängender Vortrag des Lehrers selbstverständlich unmöglich. Der Unterricht muss vielmehr heuristisch erteilt werden. Nur gelegentlich, wenn es sich um Übermittlung historischer oder biographischer Mitteilungen handelt, oder wenn die Hauptpunkte eines bearbeiteten Gebietes nochmals scharf und prägnant hervortreten sollen, wird der Lehrer einen kurzen Vortrag halten. Ist die Fähigkeit des Schülers im Beobachten von Erscheinungen genügend ausgebildet, so tritt an die Stelle der bisher befolgten induktiven Methode die deduktive: der Schüler wird veranlasst, auf Grund der erworbenen Kenntnisse über die Eigenschaften der chemischen Elemente selbständig Schlüsse auf ihr Verhalten in einem bestimmten Fall zu ziehen, und wo dies noch nicht möglich ist, bietet der Lehrer den Unterrichtsstoff in einem kürzeren zusammenhängenden Vortrag dar, um auf diese Weise gleichzeitig die Schüler allmählich daran zu gewöhnen, die Hauptpunkte seines Vortrags durch schriftliche Vermerke für die Wiederholung zu sichern.

Die Verteilung des Lehrstoffes ist meist derart, dass zuerst die Nichtmetalle, dann die Leichtmetalle, endlich die Schwermetalle im Unterricht behandelt werden. Die Betrachtung der wichtigsten Verbindungen (sog. organischen) des Kohlenstoffs bildet den Abschluss des chemischen Unterrichts.

Die vorhandenen Lehrbücher lassen sich in zwei Gruppen einteilen: in die systematischen und die methodischen. Die ersteren bieten den Stoff nach Art der grösseren Handbücher der Chemie dar; in ihnen liegt der Beschreibung der einzelnen Stoffe im wesentlichen dieselbe Disposition zu Grunde, der zufolge nach einander Vorkommen, Darstellung, Eigenschaften (a. physikalische, b. chemische) und das Geschichtliche erörtert werden. Diese Lehrbücher enthalten im allgemeinen das Material, welches durch die Repetition geistiges Eigentum der Schüler werden soll und überlassen es dem Lehrer, dasselbe methodisch zu gliedern. Die methodischen Lehrbücher bringen den Stoff sogleich methodisch geordnet, binden den Lehrer also mehr oder minder streng an einen bestimmten Unterrichtsgang. Die technischen Unterrichtsmittel gliedern sich in solche, welche für den Vortrag des Lehrers, und in solche, welche für die praktischen Arbeiten der Schüler im chemischen Laboratorium bestimmt sind. Jede Schule ist im Besitz der zur Ausführung der Schulversuche nötigen Gerätschaften und Reagentien. Die Ausstattung selbst ist zwar bei den einzelnen Anstalten verschieden, indes gestattet fast überall eine jährlich zu verbrauchende Geldsumme Fehlendes allmählich zu ergänzen und für Verbrauchtes Ersatz zu schaffen. Zur Veranschaulichung wichtiger technologischer Prozesse dienen Wandtafeln, wie die von Kopp (Artistisches Institut in München) und Schröder (G. Fischer in Kassel) herausgegebenen. Die den einzelnen Schülern für eigene Thätigkeit zur Verfügung stehenden Gerätschaften gestatten die Ausführung einfacher Analysen und die Herstellung einfacherer Präparate. An diesen praktischen Übungen nehmen zumeist nur die Schüler der letzten beiden Jahreskurse teil.

Programm-Abhandlungen.

Über die Einwirkung der deutschen Geistesarbeit auf die Physik. Von Prof. Hüttig. K. Stifts-Gymnasium zu Zeitz. Ostern 1893. Pr. No. 260. 16 S.

Der Entwicklungsgang der Physik und Astronomie in Deutschland, in grossen Zügen, ist hier zum Gegenstande einer Kaiser-Geburtstagsrede gemacht. Von Albertus Magnus zu Copernicus und Kepler, weiter zu Otto v. Gericke und dann gleich zu A. v. Humboldt, Ohm und den anderen grossen deutschen Physikern dieses Jahrhunderts führt die Darstellung, um mit einem Hinweis auf die Leistungen der modernen Technik und auf die Hertzschen Entdeckungen zu schliessen. Auf gut vorbereitete Primaner hat die Rede ihren Eindruck sicher nicht verfehlt, auch ist es gewiss dankenswert, wenn auch die Physik gelegentlich bei solchen Anlässen herangezogen wird. Nur wäre vielleicht zu erwägen, ob nicht für diesen Zweck der biographische Gesichtspunkt noch mehr in den Vordergrund zu rücken wäre. Dass die Grundanschauungen von Humboldts Kosmos mit den jetzigen Resultaten der Forschung nicht mehr übereinstimmen, dürfte doch in dieser Allgemeinheit nicht zutreffen. Auch dass das geistige Übergewicht Deutschlands über Frankreich in den exakten Naturwissenschaften im friedlichen Wettstreit schon einige Jahrzehnte vor 1870 errungen war, bedarf sehr beträchtlicher Einschränkungen.

P.

Fünfzig stereometrische Aufgaben aus der Optik für Ober-Prima. Von Martin Switalski. Gymnasium zu Braunsberg. 1892. Pr. No. 3. 26 S.

Der allgemeine Typus der Aufgaben ist der folgende. Auf der Axe einer Rotationsfläche sind zwei Punkte angenommen, und es werden die Strahlen bestimmt, welche durch einfache oder mehrfache Reflexion an der Fläche, oder auch, wenn die Fläche zwei verschiedene Medien von einander trennt, durch Brechung von dem einen zu dem andern Punkte gelangen, fernern wird gefragt, an welchen Stellen der Fläche zwei auf der Axe gegebene Lichtpunkte gleiche Helligkeit verbreiten. Einer derartigen Aufgabe genügen eine Menge von Strahlen, welche Rotationskegel, oder Kegelstumpfe und Cylinder bilden. Es wird nun jedesmal die Grösse dieser Flächen, und der Inhalt der zwischen ihnen und den ursprünglichen Flächen enthaltenen Körper bestimmt. Als Beispiele der zu Grunde gelegten Flächen führen wir an: Kegel, Cylinder mit ebenen Grundflächen, zwei mit der Basis vereinigte Kegel, Kugeln. Um den überall hinzugefügten Resultaten eine einfache Gestalt zu geben, sind die Daten oft künstlich gewählt, z. B. $2\sqrt{2}$ als Verhältnis der Intensitäten von Lichtquellen, $\sqrt{3}$ als Brechungsexponent. In anderen Aufgaben ist die Axe nicht von einer Rotationsfläche, sondern von einem regulären Körper umgeben, es giebt dann nur einzelne Strahlenwege, die durch Spiegelung von einem Punkte der Axe zu einem anderen führen. Diese bilden die Kanten von Polyedern, deren Inhalt und Oberfläche zu bestimmen sind. Auch einige Maximalaufgaben kommen vor. Die durchweg neuen Aufgaben bieten eine schätzbare Erweiterung des für die Stereometrie gebräuchlichen Übungsmaterials.

M. Koppe.

Abriss der Meteorologie und Elektrizitätslehre. Von Robert Glass. Städt. Realschule zu Plauen i. V. Ostern 1893. Pr. No. 575. 48 S.

Der Verfasser bietet eine gedrängte und sehr reichhaltige Stoffauswahl aus den bezeichneten Gebieten dar. Er tritt namentlich warm für eine ausgedehntere Berücksichtigung der Meteorologie ein, aus der er auf den ersten 24 Seiten seiner Abhandlung folgende Kapitel behandelt: Sonne, Luftmeer, Strömungen der Atmosphäre, Luftfeuchtigkeit, relative Feuchtigkeit, Niederschläge, Tau, Gewitter, Blitzableiter, meteorologische Stationen. In der Elektrizitätslehre will er die Theorie von Faraday-Maxwell-Hertz zur Geltung bringen und die Elektrostatik als Lehre von den stehenden Wellen, die Elektrodynamik als Lehre von den fortschreitenden Wellen definiert sehen. „Zukünftig dürfte den Schülern zu lehren sein, dass auf den geriebenen Körpern stehende elektrische Wellen sich bilden, die ihre Wirkung nach allen Richtungen hin äussern und, mit gleichgerichteten Wellen zusammentreffend anziehende, mit entgegengesetzt gerichteten Wellen zusammenkommend abstossende Kräfte zeigen.“ — „Man bezeichnet die Transversalwellen eines elektrischen Körpers als Kraftlinien, weil dieselben vermöge der ihnen innewohnenden Energie ausser den Wärme- und Lichterscheinungen auch noch anziehende oder abstossende Wirkung auf andere Körper ausüben können.“ — „Nimmt man, wie bei dem bewegten Wasser, in den elektrischen Schwingungen auch Wellenberge und Wellenthäler an und fasst man die positiven Schwingungen als Wellenberge, die negativen als Wellenthäler auf, so ersieht man leicht, weshalb sich positive oder negative Schwingungen teilweise oder ganz neutralisieren, wenn sie zusammentreffen.“ — Wir können nicht zugeben, dass mit solchen Neuerungen einstweilen für den Unterricht irgend etwas zu gewinnen ist, so bedeutsam die zu grunde liegenden Entdeckungen zweifellos sind. Klarheit der Anschauungen und Deutlichkeit der Begriffe wird bei den Schülern dadurch nicht gefördert werden, dass man mit Theorieen an die Erscheinungen herantritt, die nicht aus diesen Erscheinungen selbst, sondern aus entlegenen Teilen des Gebiets entnommen sind. Das wohlgemeinte Streben, die allerneuesten Errungenschaften, die man soeben erst selbst kennen gelernt hat, sofort auch den Schülern zugänglich zu machen, führt nicht nur zu einer Überbürdung in quantitativer Hinsicht, sondern auch zu einer Verwirrung des Wissens. Wir können es auch nicht für eine ‚Pflicht der Schule' ansehen, die Hertzschen Versuche womöglich selbst anzustellen. Vertreter des Universitätsunterrichts haben wiederholt in Ferienkursen davor gewarnt, die von ihnen vorgeführten Versuche in den Schulunterricht hineinzuziehen. Und wer den Bildungszweck des Physikunterrichts in anderem sieht, als in der Anhäufung unverdaulichen Stoffes, der wird diese Warnung gerechtfertigt finden. In sachlicher Hinsicht hat der Verfasser viel Interessantes zusammengetragen, auf den hier nicht weiter eingegangen werden kann. Nur beiläufig sei bemerkt, dass der Machsche Versuch zur Erläuterung der elektrostatischen Einheit der Elektrizitätsmenge nur als idealer Versuch zu denken ist, dessen Ausführung in Schulräumen nicht entfernt den Wert haben würde, den der Verfasser ihm beilegt. *P.*

Versammlungen und Vereine.

Internationaler Elektrotechniker-Congress in Chicago.

Auf dem im August 1893 abgehaltenen Congress wurden nach der *Zeitschr. f. Elektrotechnik* (*XII 14, 1894*) über die Feststellung und Benennung der Einheiten für elektrische Maasse[1]) folgende Beschlüsse gefasst:

Den einzelnen Regierungen, welche durch Delegierten bei dem Internationalen Elektrotechniker Congress in Chicago vertreten sind, möge empfohlen werden, in formeller Weise als gesetzliche Einheiten für die elektrischen Maasse die folgenden Einheiten anzunehmen:

Als Einheit des Widerstandes das internationale Ohm, das auf dem Ohm beruht, welches gleich 10^9 elektromagnetischen Widerstandseinheiten des C.G.S.-Systemes ist und welches durch den Widerstand dargestellt wird, den ein unveränderlicher Strom in einer Quecksilbersäule erfährt, welche 14,4521 g Masse, einen constanten Querschnitt, die Länge von 106,3 cm und die Temperatur des schmelzenden Eises hat.

Als Einheit des Stromes das internationale Ampère, das gleich dem 10. Teile der elektromagnetischen Stromeinheit des C. G. S.-Systemes ist und das für praktische Zwecke hinreichend genau durch einen unveränderlichen Strom dargestellt wird, welcher beim Durchgang durch eine Lösung von Silbernitrat in Wasser bei Einhaltung der unten[2]) angegebenen Bedingungen in jeder Sekunde 0,001118 g Silber ausfällt.

---

[1]) Vgl. auch die in *dieser Zeitschr.* (*VII 147*) besprochenen *Vorschläge zu gesetzlichen Bestimmungen über elektrische Maasseinheiten, entworfen durch das Curatorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.*

[2]) In der folgenden Erläuterung ist unter Silber-Voltameter ein Apparat verstanden, welcher es ermöglicht, einen elektrischen Strom durch eine Lösung von Silbernitrat in Wasser zu senden. Das Silber-Voltameter misst die gesamte Elektricitätsmenge, welche während der Dauer des Versuches durch die Lösung floss. Wenn man diese Zeit kennt, so kann man den Mittelwert des Stromes während dieser Zeit, oder, wenn der Strom constant erhalten wird, den Strom selbst ermitteln. Wenn man das Silber-Voltameter zur Messung von Strömen von ungefähr 1 A verwendet, soll man die folgenden Anordnungen treffen:

Die Kathode, auf der sich das Silber niederschlägt, soll die Form eines Platintiegels von nicht weniger als 10 cm Durchmesser und 4 bis 5 cm Tiefe haben.

Die Anode soll eine Platte von reinem Silber sein, die ungefähr 30 cm^2 Fläche und 2 bis 3 mm Dicke hat.

Diese Platte wird in der Flüssigkeit nahe dem Niveau der Lösung von einem Platindraht wagerecht gehalten, welcher durch zwei in gegenüberliegenden Ecken der Platte angebrachte Löcher hindurchgeht. Um zu verhüten, dass Silberteilchen, die von der Anode abbröckeln, auf die Kathode fallen, soll man die Anode mit reinem Filtrierpapier umhüllen, das an ihrer Rückseite mit Siegellack zu befestigen ist.

Die Lösung soll eine neutrale Lösung von reinem Silbernitrat sein; auf 15 Gewichtsteile des Nitrates sollen 85 Gewichtsteile Wasser entfallen.

Der Widerstand des Voltameters ändert sich ein wenig in Folge des durchgehenden Stromes. Um zu verhindern, dass diese Änderung einen grossen Einfluss auf die Stromstärke hat, soll man ausser dem Voltameter noch einen Widerstand in den Stromkreis einschalten. Der gesamte metallische Widerstand des Stromkreises soll nicht kleiner als 10 Ohm sein.

Als Einheit der elektromotorischen Kraft das internationale Volt, das gleich ist einer elektromotorischen Kraft, welche, in unveränderlicher Stärke auf einen Leiter vom Widerstande 1 intern. Ohm wirkend, in diesem Leiter einen Strom von 1 intern. Ampère erzeugt, und die für praktische Zwecke hinreichend genau durch $^{1000}/_{1434}$ der elektromotorischen Kraft dargestellt wird, welche zwischen den Polen des als Clark-Element bekannten hydroelektrischen Elementes bei 15° C besteht, wenn dieses Element nach der noch zu gebenden Anweisung[3]) verfertigt ist.

Als Einheit der Elektricitätsmenge das internationale Coulomb, das gleich der Elektricitätsmenge ist, welche dem Strome von 1 intern. Ampère in einer Sekunde entspricht.

Als Einheit der Capacität das internationale Farad, das gleich der Capacität eines Condensators ist, welcher durch die Elektricitätsmenge von 1 intern. Coulomb zum Potential von 1 intern. Volt geladen wird.

Als Einheit der Arbeit das Joule, das gleich 10^7 Arbeitseinheiten des C. G. S.-Systemes ist und das für praktische Zwecke hinreichend genau durch die Arbeit dargestellt wird, welche 1 intern. Ampère in 1 intern. Ohm in der Sekunde verbraucht.

Als Einheit der Leistung (des Effektes) das Watt, das gleich 10^7 Arbeitseinheiten des C. G. S.-Systemes ist und das für praktische Zwecke hinreichend genau durch die Leistung von 1 Joule in jeder Sekunde dargestellt wird.

Als Einheit der Induktion das Henry, das gleich der Induktion eines Stromkreises ist, in welchem die E. M. K. von 1 intern. Volt induciert wird, wenn der inducierende Strom sich um 1 Ampère in der Sekunde ändert.

Man kam auch zu dem Entschluss, dass man gegenwärtig eine Einheit des Lichtes weder empfehlen noch annehmen könne.

Von dem Congress wurde ferner ein Comité beauftragt, über eine international einzuführende Nomenclatur und Buchstabenbezeichnung für die gebräuchlichsten elektrischen und mechanischen Einheiten zu beraten. Den Verhandlungen dieses Comités lag eine Buchstabenliste zu Grunde, welche von Hospitalier schon dem Frankfurter Congress vorgelegt und in ihren Grundzügen zwar nicht angenommen, aber doch gebilligt worden war. Von den Ergebnissen dieser Beratungen ist besonders hervorzuheben, dass für die Einheit der Leitungsfähigkeit der von Lord Kelvin vorgeschlagene Name Mho verwendet werden soll, dass das Kilogramm Kraft von dem Kilogramm Masse dadurch unterschieden werden soll, dass es einen Stern in Exponentialstellung erhält. Wenn also die Kraftgrössen gemeint sind, soll kg*, g*, mg* u. s. w. geschrieben werden. Die von dem Comité ausgearbeitete Buchstabenliste, die der Vertreter des Deutschen Reiches in dem Comité, Herr Prof. Budde, der Zeitschrift zur Verfügung gestellt hat, ist in der nachstehenden Tafel abgedruckt. Jedoch wurde die Spalte, welche die Abkürzungen für die C. G. S.-Einheiten enthält, weggelassen, weil darin nur die bekannten Zeichen cm, g, s und übliche Zusammensetzungen daraus vorkommen. In der vierten Auflage des *Hilfsbuchs für die Elektrotechnik von Grawinkel und Strecker*, die im Laufe des Sommers erscheinen wird, werden die Bezeichnungen im Anschluss an die Vereinbarungen des Elektrotechniker-Congresses zu Chicago gewählt werden. Es hat sich bei der Durchführung dieser Bezeichnungsart in dem genannten Werke herausgestellt, dass die Bestimmungen der Chicagoer Liste für die Technik nicht überall praktisch und zum Teil nicht ausreichend sind. Daher wird in dem Hilfsbuch die Winkelgeschwindigkeit mit n statt ω, die Polstärke mit $\mathfrak{m}$ statt m, der magnetische Strom $\mathfrak{S}$ statt Φ, die Ampère-Windung mit $A.W$ statt $A.t$, die elektromotorische Kraft nur mit E, die Potentialdifferenz mit e statt U, u[4]), die Leitungsfähigkeit mit G statt g und die Abkürzung ihrer technischen Einheit mit M statt Mho bezeichnet werden.

Es wäre dringend wünschenswert, wenn der eine oder andere Fachgenosse und vor allem die Verfasser von physikalischen Lehrbüchern und Aufgabensammlungen einmal versuchten festzustellen, inwieweit sich die Chicagoer Liste oder noch besser die neue Bezeichnungstabelle des Hilfsbuchs für Elektrotechnik in dem Schulbetrieb verwerten lassen. Es bedarf keines Beweises, dass es für Lehrer und Schüler von dem grössten Werte ist, wenn die üblichen Bezeichnungen der physikalischen Grössen in Schule und Technik so viel wie nur möglich übereinstimmen.

---

[3]) Ein aus den Herren von Helmholtz, Ayrton und Carhart bestehendes Comité wurde ermächtigt, die specielle Beschaffenheit des Clark-Elementes festzustellen. Der Bericht dieses Comités ist noch nicht erschienen.

[4]) In dem Hilfsbuch bezeichnet der Buchstabe U das Potential, welches in der Chicagoer Liste, ebenso wie der Querschnitt Q, q, nicht vorkommt.

Physikalische Grosse	Zeichen	Beziehung	Dimension	Name der C. G. S.-Einheit	Technische Einheit Name	Technische Einheit Zeichen
Grundmaasse.						
Länge	L, l		L	Centimeter	Meter	m
Masse	M		M	Gramm	Kilogramm	kg
Zeit[5])	T, t		T	Sekunde	Minute, Stunde	m, h
Geometrische Grössen.						
Fläche	S	$S = L.L$	L^2	Quadratcentimeter	Quadratmeter	m²
Raum, Volumen	V	$V = L.L.L$	L^3	Kubikcentimeter	Kubikmeter	m³
Winkel	α, β, γ	$\alpha = \frac{\text{Bogen}}{\text{Radius}}$		Radiant	Grad, Minute, Sekunde	
Mechanische Grössen						
Geschwindigkeit	v	$v = L/T$	LT^{-1}	Centimeter in der Sekunde	Meter in der Sekunde	m/s
Winkelgeschwindigkeit	ω	$\omega = v/L$	T^{-1}	Radiant in der Sekunde	Umdrehungen in der Minute	
Beschleunigung	A	$A = v/T$	LT^{-2}			m/s²
Kraft	F, f	$F = M.A$	LMT^{-2}	Dyn	Gramm-Gewicht Kilogramm-Gewicht	g* g*
Arbeit	W	$W = F.L$	L^2MT^{-2}	Erg	Kilogrammeter	kgm
Leistung, Effekt	P	$P = W/T$	L^2MT^{-3}	Erg in der Sekunde	Kilogrammeter in der Sekunde	kgm/s
Druck, Spannung	p	$p = F/S$	$L^{-1}MT^{-2}$	Dyn für den Quadratcentimeter	Kilogramm für den Quadratcentimeter	kg*/cm²
Magnetische Grössen.						
Magnetische Menge, Polstärke	m	$F = m^2/L^2$	$L^{3/2}M^{1/2}T^{-1}$			
Magnetisches Moment	$\mathfrak{M}$	$\mathfrak{M} = mL$	$L^{5/2}M^{1/2}T^{-1}$			
Stärke der Magnetisierung	$\mathfrak{J}$	$\mathfrak{J} = \mathfrak{M}/V$	$L^{-1/2}M^{1/2}T^{-1}$			
Feldstärke	$\mathfrak{H}$	$\mathfrak{H} = F/m$	$L^{-1/2}M^{1/2}T^{-1}$			
Magnetischer Fluss, Zahl der Kraftlinien	Φ	$\Phi = \mathfrak{B}.S$	$L^{3/2}M^{1/2}T^{-1}$			
Magnetische Induktion	$\mathfrak{B}$	$\mathfrak{B} = \mu.\mathfrak{H}$	$L^{-1/2}M^{1/2}T^{-1}$			
Magnetische Kraft[6])	$\mathfrak{H}$	$\mathfrak{H} = 4\pi NI/L$	$L^{-1/2}M^{1/2}T^{-1}$			
Magnetisierende oder magnetomotorische Kraft	$\mathfrak{F}$	$\mathfrak{F} = 4\pi NI$	$L^{1/2}M^{1/2}T^{-1}$		Ampère-Windung	A.t
Magnetischer Widerstand	$\mathfrak{R}$	$\mathfrak{R} = \nu L/S$	L^{-1}			
Magnetische Durchlässigkeit, Permeabilität	μ	$\mu = \mathfrak{B}/\mathfrak{H}$				
Magnetisches Aufnahmevermögen, Susceptibilität	$\varkappa$	$\varkappa = \mathfrak{J}/\mathfrak{H}$				
Specifischer magnetischer Widerstand	ν	$\nu = 1/\mu$				

[5]) Das Bureau International des Poids et Mesures hat einen wichtigen Unterschied in der Schreibung der „Zeit“ aufgestellt, je nachdem sie sich auf die Epoche, die Angabe der Tageszeit, oder auf die Dauer einer Erscheinung bezieht. In dem ersteren Falle werden die Buchstaben als Exponenten geschrieben, in dem letzteren Falle aber stehen sie mit den Zahlen auf derselben Zeile; ein Versuch z. B. begann um $2^h\ 15^m\ 46^s$, dauerte 2 h 15 m 46 s und endigte um $4^h\ 31^m\ 32^s$.

[6]) N ist die Zahl der Windungen und L die Länge des Solenoids, welches die magnetische Kraft erzeugt.

Physikalische Grösse	Zeichen	Beziehung	Dimension	Name der C. G. S.-Einheit	Technische Einheit	
					Name	Zeichen
			Elektrische Grössen.			
Widerstand	R, r	$R = E/I$	$L T^{-1}$		Ohm	Ohm
Elektromotorische Kraft	E, e	$E = RI$	$L^{3/2} M^{1/2} T^{-2}$		Volt	V
Potentialdifferenz, Spannung	U, u	$U = RI$	$L^{3/2} M^{1/2} T^{-2}$		Volt	V
Stromstärke	J, i	$I = E/R$	$L^{1/2} M^{1/2} T^{-1}$		Ampère	A
Elektricitätsmenge	Q	$Q = IT$	$L^{1/2} M^{1/2}$		Coulomb, Ampère-Stunde	C, A.h
Capacität	C	$C = Q/E$	$L^{-1} T^2$		Farad	F
Elektrische Arbeit	W	$W = EIT$	$L^2 M T^{-2}$		Joule, Watt-Stunde	J, W.h
Elektrische Leistung	P	$P = EI$	$L^2 M T^{-3}$		Watt	W
Specifischer Widerstand	ρ	$\rho = RS/L$	$L^2 T^{-1}$		Ohm-Centimeter	Ohm.cm
Leitungsfähigkeit	g	$g = 1/R$	$L^{-1} T$		Mho	Mho
Specifisches Leitungsvermögen	γ	$\gamma = 1/\rho$	$L^{-2} T$			
Induktionscoefficient	L	$L = \Phi/I$	L		Henry	H

H.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung am 12. Mai 1893. Herr E. Pringsheim sprach über die Strahlung von Lithium, Thallium und Kalium (*Wied. Ann. 49, 347, 1893.*)

Sitzung am 2. Juni 1893. Herr H. Rubens sprach über die Durchlässigkeit von Metallgittern für polarisierte Wärmestrahlen. Die betreffenden Versuche waren gemeinsam mit Herrn H. E. J. G. du Bois ausgeführt worden (*Wied. Ann. 49, 593, 1893.*) — Herr O. Krigar-Menzel berichtete darauf über die gemeinsam mit Herrn F. Richarz angestellten Versuche über die Abnahme der Schwere mit der Höhe (*Berl. Ak. Ber. 1893.*)

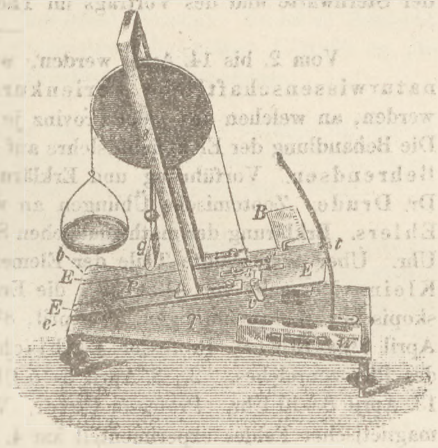
Sitzung am 16. Juni 1893. Herr A. König besprach einen von Herrn F. Wolff construierten künstlichen Kehlkopf. Der Vortrag gab eine Geschichte der bisherigen Versuche zur Construktion künstlicher Kehlköpfe und erläuterte eingehend die Vorteile, welche der Wolffsche Kehlkopf gegenüber den früheren hat. Die Leistungsfähigkeit des Wolffschen Kehlkopfs wurde demonstriert, indem ein Patient, dem Herr J. Wolff den Kehlkopf wegen Carcinoms exstirpiert und nachher einen künstlichen Kehlkopf eingesetzt hatte, der Gesellschaft in dem grossen Hörsaale mit lauter Stimme etwas deklamierte und sogar vorsang. — Die Herren B. Fränkel und Schmid sprachen darauf über eine sogenannte Pseudostimme und stellten den betreffenden Patienten ebenfalls vor. — Herr O. Krigar-Menzel trug dann vor über eine gemeinsam mit Herrn A. Raps ausgeführte Untersuchung über die Bewegung gezupfter Saiten (*Wied. Ann. 50, 444, 1893.*) — Herr W. Wien sprach darauf über die obere Grenze der Wellenlänge in der Wärmestrahlung, gefolgert aus einer Eigenschaft Hertzscher Wellen und dem zweiten Hauptsatze der mechanischen Wärmetheorie (*Wied. Ann. 49, 633, 1893*).

Mitteilungen aus Werkstätten.

Apparat zur Messung des Druckes auf die schiefe Ebene nach Dr. von Foller.

Von Ferd. Ernecke, Berlin S.W. Königgrätzer Strasse 112.

Die Platte P zeigt am vorderen Ende eine Schneide s, welche einer ganz ähnlichen Schneide s' an der schiefen Ebene E entgegensieht. Auf der schiefen Ebene steht ein Galgen, in dem sich ein um seine Axe drehbares Rad befindet. Die an der Platte P befestigte Schnur ist in der Weise angebracht, dass sie nicht im Schwerpunkt der Platte, sondern so weit von der Drehungsaxe bc entfernt angreift, dass der Hebelarm doppelt so lang ist, als die Entfernung des Schwerpunktes von der Axe bc. Die Schnur läuft um das Rad und trägt an der entgegengesetzten Seite eine Wageschale. — Da man mit einem Rade keine Gewichtsbestimmungen machen kann, da sich dasselbe im indifferenten Gleichgewicht befindet, so musste an dem Rade der Schwerpunkt unter die Axe verlegt werden. Es trägt daher das Rad an seinem unteren Umfang eine Stange mit einer Bleikugel. Ausserdem ist an der Axe des Rades ein Gewicht g an zwei Stäben frei beweglich angebracht, welches stets senkrecht herabhängt. — Bei dem Gebrauch des Instruments wird die schiefe Ebene um irgend einen Winkel α, den man am Gradbogen B abliest, gehoben und mittels der Stellschraube t festgestellt. Die Platte wird am Faden bis zum Niveau der schiefen Ebene gehoben und mittels der Vorrichtung v arretiert. Nunmehr wird das Rad so gedreht, dass die Bleikugel senkrecht über dem Gewicht g steht. Da die Kraft am doppelten Hebelarm angreift, so braucht man nur ungefähr halb soviel Gewichte in die Wageschale zu legen als die Platte schwer ist. Die Platte wiegt 100 g, folglich legt man ca. 50 g in die Wageschale und löst nun die Arretierung v. Die Vorrichtung gerät nunmehr in ein Schwanken ganz ähnlich wie eine Wage, und man hat das richtige Gewicht erreicht, sobald die beiden Schneiden s und s' sich genau gegenüberstehen und gleichzeitig die Bleikugel genau senkrecht über das Gewicht g gestellt ist. Das Doppelte der in der Wageschale liegenden Gewichte giebt dann den Druck an, den ein Körper von 100 g auf eine schiefe Ebene ausübt, welche den Winkel α mit der Horizontalen bildet. — Damit das ganze Instrument horizontal gestellt werden kann, sind Stellschrauben an dem Tische T und eine Wasserwage W angebracht.



Correspondenz.

Über den Vortrag des Herrn Prof. Ostwald über „chemische Energie“ schreibt uns ein Mitarbeiter der Zeitschrift folgendes:

Die von dem Referenten in der Fussnote S. 152 des vorigen Heftes gemachte Bemerkung in betreff des Ostwaldschen Begriffs der chemischen Energie finde ich nicht gerechtfertigt. Die bei chemischen Reaktionen aufgenommenen oder abgegebenen Energiemengen sind ein genaues Maass für die Zunahme oder Abgabe von chemischer Energie, wofern die Reaktionen nicht noch von sonstigen Energieänderungen, welche die chemische Natur der entstehenden Produkte nicht beeinflussen, also z. B. Änderungen der Volumenergie, insbesondere Änderungen des Aggregatzustandes, begleitet sind. Letzteres ist nun meistens der Fall, und demgemäss kann der Energieinhalt der Reaktionsprodukte grösser oder kleiner sein als den Änderungen der chemischen Energie entspricht. Nun sind aber jene sonstigen Energieänderungen schwer messbar, und daher ist die absolute Bestimmung der chemischen Energie ein Problem, dessen Lösung gegenwärtig noch nicht vollkommen gelungen ist.

Programm für den in der Zeit vom 28. März bis 7. April 1894 in Berlin abzuhaltenden naturwissenschaftlichen Ferienkursus für Lehrer an höheren Schulen: Prof. Dr. Schwalbe, Methodik des physikalischen Unterrichts, 3 St.; Dr. Rubens, neuere Versuche auf elektrodynamischem Gebiet, 4 St.; Subdirektor Dr. Szymański, Versuche aus den Gebieten der Optik, der Elektricität und des Magnetismus, der Mechanik und Akustik, $5^1/_2$ St.; Dr. Lüpke, ausgewählte Kapitel aus der Theorie und Praxis der Elektrochemie, 3 St.; Geh. Regierungsrath Prof. Dr. Klein, Rundgang durch die mineralogisch-petrographische Sammlung und das betreffende Institut der Universität; Demonstration der optischen Eigenschaften der Krystalle, 3 St.; Prof. Dr. Wahnschaffe, Entstehung des norddeutschen Flachlandes, 2 St.; Dir. Dr. Vogel, Beschaffung des botanischen und zoologischen Anschauungsmaterials, Besichtigung und Erläuterung der Sammlungen der Anstalt, $1^1/_2$ St.; Dr. Potonié, Haupttypen der fossilen Pflanzen, ihre wesentlichen botanischen Eigentümlichkeiten und ihre Bedeutung als Leitfossilien, 3 St.; Prof. Dr. H. Virchow, Knochensystem und Muskelsystem mit Berücksichtigung der Bewegungsfragen, 6 St.; Besichtigung der Königl. geologischen Landesanstalt und der Bergakademie unter Führung des Geheimen Ober-Bergrathes Dr. Hauchecorne, des Museums für Naturkunde (zoologische

Abteilung) unter Führung des Geheimen Regierungsrates Prof. Dr. Möbius, des astro-physikalischen und des meteorologischen Instituts in Potsdam, der Königl. Porzellan-Manufaktur, einer Centralstation der Berliner Elektricitäts-Werke, des zoologischen Gartens und der Urania (Besuch der Sternwarte und des Vortrags im Theater).

Vom 2. bis 14. April werden, wie die „Tägliche Rundschau" mittheilt, in Göttingen naturwissenschaftliche Ferienkurse für Lehrer an höheren Schulen abgehalten werden, an welchen aus jeder Provinz je sechs Lehrer teilnehmen. Das Programm ist folgendes: Die Behandlung der Elektricitätslehre auf höheren Schulen, 5.—7. April, $^1/_2$9—10 Uhr. Oberlehrer Behrendsen. Vorführung und Erklärung der Hertzschen Versuche, 9.—12. April, $^1/_2$4—5 Uhr. Dr. Drude. Zootomische Übungen an wirbellosen Thieren, 3., 4. April, 8—10 Uhr. Professor Ehlers. Erklärung der mathematischen Sammlung u. s. w. der Universität, 2., 3. April, 11—12$^1/_2$ Uhr. Über ausgewählte Teile der Elementargeometrie, 7., 9. April, 11—12$^1/_2$ Uhr, Beides Prof. Klein. Versuche von Abbe über die Entstehung mikroskopischer Bilder und die Grenze mikroskopischer Wahrnehmungen, 9. April, 8$^1/_2$—10 Uhr. Demonstrationen an Lehrmitteln, 10., 11. April 8$^1/_2$—10 Uhr, Professor Liebisch. Übersichtliche Darstellung der Entwicklungsgesetze des Pflanzenreiches, 2., 3. April 3—5 Uhr. Besprechungen von Lehrmitteln der Botanik, 12., 13. April 8—10 Uhr. Professor Peter. Weiter wird Prof. Riecke Maxwells Theorie des elektromagnetischen Feldes experimentell am 4. April 11—1 Uhr entwickeln und Demonstrationen zur Lehre an den dynamoelektrischen Maschinen am 6. April 11—1 Uhr vorführen. Schliesslich wird Professor Wallach am 12. April $^1/_2$11—$^1/_2$1 Uhr Verbrennungserscheinungen demonstrieren und Atommodelle und deren Verwendung für den Unterricht am 13. April $^1/_2$12—$^1/_2$1 Uhr vorführen.

Der Physikalische Verein zu Frankfurt a. M. veranstaltet mit Genehmigung des Königlichen Unterrichts-Ministeriums einen Ferienkursus für Lehrer höherer Schulen. Der Kursus findet in der Zeit von Mittwoch, den 28. März bis Samstag, den 7. April im Institut des Physikalischen Vereins, Stiftstrasse 32, statt. Er umfasst Vorlesungen, praktische Übungen in den Laboratorien und im Maschinenraum, sowie Excursionen in technische Etablissements. I. Vorlesungen: 1. Neuere physikalische Demonstrationen, Herr Dr. W. König, Professor an der Universität Leipzig, z. Z. Docent am Physikalischen Verein: a) Polarisation; b) Elektrische Wellen, Hertzsche Versuche; c) Besprechung und Vorführung einfacher Demonstrations-Apparate. 2. Die Entwicklungsgeschichte der Newtonschen Physik, Herr Dr. F. Rosenberger, Professor an der Musterschule: Newtons erste optische Arbeiten bis zu seiner grössten Annäherung an die Undulationstheorie; Newtons mathematische Theorie der Himmelsbewegungen. Gravitation als kosmische Kraft; die „Optik" von 1704; die Attraktion als allgemeine Eigenschaft der Materie; die Schicksale der Attraktionstheorie bis zu ihrer allgemeinen Anerkennung. 3. Elektrotechnische Vorlesungen, Herr Dr. J. Epstein, Docent am Physikalischen Verein, Leiter der Elektrotechnischen Lehr- und Untersuchungsanstalt des Vereins. a) Dynamokunde: Elektrotechnische Grundbegriffe; Kraftlinientheorie, Hysteresis; Induktion, Selbstinduktion; Grammescher Ring; Hauptstrommaschine, Nebenschlussmaschine, Compoundmaschine; Gleichstrom-Elektromotor; Wechselstrommaschine, Erzeugung und Verwendung mehrphasiger Wechselströme; Transformator. b) Besprechung der elektrotechnischen Excursionen. 4. Vorlesungen aus der Chemie, Herr Dr. R. de Neufville, Docent am Physikalischen Verein, Vorsteher des chemischen Laboratoriums: a) über comprimierte Gase; b) chemische Grundlagen der Photographie und des Lichtdruckes; c) Gasfabrikation; d) über Edelmetalle. II. Übungen: 1. Elektrotechnisches Prakticum, Herr Dr. J. Epstein: Aichung technischer Strom- und Spannungsmesser, Elektricitätszähler; Widerstandsmessungen mit technischen Brücken; Gebrauch des Compensationsapparates; Capacitätsmengen an Akkumulatoren; Betriebsmessungen an Gleich- und Wechselstrommaschinen; Regulierung von Gleich- und Wechselstrom-Bogenlampen; Bremsung mittels Pronyschen Zaumes. 2. Übungen im Anschluss an die chemischen Vorlesungen, Herr Dr. R. de Neufville: a) Experimentieren mit flüssigen Gasen; b) Übungen im Anschluss an die Vorlesung über Photographie. III. Excursionen: Besichtigung elektrotechnischer und chemischer Betriebe und Anlagen; Besuch der Sammlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft.

Die dritte Hauptversammlung des Vereins zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und in den Naturwissenschaften findet zu Pfingsten 1894 in Wiesbaden statt. Anmeldungen zu Vorträgen für die allgemeinen, wie für die Abteilungs-Sitzungen dieser Versammlung werden bis Ostern erbeten und sind an die Adresse des Prof. Pietzker in Nordhausen zu richten. Die Tagesordnung der Versammlung wird später rechtzeitig bekannt gemacht werden. Ein Tag wird auf einen Besuch in Frankfurt a. M. verwendet werden, wo die Sammlungen des Physikalischen Vereins und der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft besichtigt werden sollen. (Demonstrationsvortrag im Physikalischen Verein.) Es ist in Aussicht genommen, bei den Unterrichtsverwaltungen um die Erteilung eines allgemeinen Urlaubs an die Teilnehmer der Versammlung für die zweite Hälfte der Pfingstwoche einzukommen.

Herr Prof. Dr. Richter in Wandsbeck übersendet uns nachfolgende Vorlage für den in der Versammlung des Vereins zur Förderung des Unterrichtes in der Mathematik und den Naturwissenschaften um Pfingsten 1894 in Wiesbaden zu haltenden Vortrag über das Thema: Wie ist das physikalische Pensum der Gymnasien zu umgrenzen?

A. Einzuschliessen ist, weil es zur vollständigen höheren allgemeinen Bildung gehört: α) In der Akustik das zum Verständniss der entsprechenden musikalischen Bildung Erforderliche: die Ableitung der wichtigsten Tonleitern, mindestens g-dur und f-dur; die Beispiele müssen den wirklich in der Musik angewandten Tönen und namentlich den gebräuchlichsten 4 Oktaven zwischen C mit 66 und c''' mit 1056 Schwingungen entnommen werden; die vorkommenden Töne sind sowohl auf der Klaviatur und auf der Geige, als auch durch die übliche Schreibweise der Noten zu veranschaulichen. β) In der Witterungskunde müssen ausser Jahresisothermen auch Isochimenen und Isotheren sowie Regenkarten, und zwar sowohl allgemeine von der ganzen Erde, als auch genauere von Deutschland, vorgeführt werden, desgleichen charakteristische Wetterkarten von 2 oder mehr auf einander folgenden Tagen. Das Gesetz von Buys-Ballot ist zu lehren. γ) In der Elektricität dürfen die gebräuchlichsten Elemente nicht fehlen, nämlich die von Leclanché (wegen der Mikrophone und Haustelegraphen), Krüger (Reichstelegraphenverwaltung) und das Chromsäuretauchelement (Schule und Ärzte). Von elektrischen Einheiten sind Volt, Ampère und Ohm unentbehrlich. δ) In der mathematischen Erdkunde: die in den Atlanten üblichsten Gradnetze, d. h. nach Mercatorprojektion, nach stereographischer Projektion und nach konischer Abwickelung. Die trigonometrische Berechnung des Abstandes des Mondes von der Erde aus irgend einer Parallaxe ist auszuführen (z. B. nach der astronomischen Geographie von Martus). Das Gravitationsgesetz ist aus den Kepplerschen Gesetzen für elliptische Bahnen abzuleiten. ε) Die organische Chemie ist ungefähr in dem Umfange zu lehren, wie sie in dem Leitfaden von Arndt enthalten ist, nämlich aus der Technologie: Petroleum, Leuchtgas, geistige Gährung, Kohlehydrate, aus der Physiologie die Ernährung der Pflanzen und Menschen.

B. Auszuschliessen a) als nicht zur allgemeinen Bildung gehörend: α) Mechanik: Poinsots Lehre von den Kräftepaaren und die mathematische Formulierung des Mittelpunktes paralleler Kräfte, arithmetische Schwerpunktsbestimmungen mathematischer Figuren und Körper; Abhängigkeit des Ausschlagswinkels von der Beschaffenheit der Wage, konisches Pendel, hydraulische Presse, Apparat von Pascal, Aräometer, Oberflächenspannung; Ausströmungsgesetze der Gase. β) Akustik: Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in anderen Körpern als Luft, Einfluss der Temperatur auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit, Interferenz, Schwebungen und Combinationstöne (Obertöne und Erklärung des Klanges unentbehrlich). γ) Optik: Aberration, kaustische Kurve und Fläche, totale Reflexion, Betrachtungen über den kleinsten Ablenkungswinkel beim Prisma, Complementärfarben, Fluorescenz, anomale Dispersion, sphärische Aberration der Linsen, Polarisation, Interferenz, Beugung und Doppelbrechung. Vom Spiegelteleskop genügt eins z. B. das Newtonsche. δ) Wärmelehre: Alle Arten Hygrometer (nicht das Psychrometer). ε) Elektricität. Elektrophor, Pyroelektricität der Krystalle, genaue (dritte Potenz der Entfernung) mathematische Formulierung der magnetischen Wirkung, Elemente von Daniell, Grove und Zamboni, Diamagnetismus, rotierende Magnete, Geisslersche Röhren, Rühmkorffs Induktionsapparate, Thermoelektricität und tierische Elektricität. b. Aus anderen Gründen auszuschliessen: α) Wegen zu grosser Schwierigkeit für Gymnasiasten: absolute Einheiten Dyn, Erg u. s. w. (weil die Vorstellung fehlt), die Ableitung der Formel für die Schwingungszeit des Pendels, das Potential und die Berechnung des Trägheitsmomentes. β) Wegen zu geringer Wichtigkeit für Gymnasiasten: Zusammensetzung der Bewegungen neben der der Kräfte (letztere genügt), Hebelgesetze, wenn die Richtungen der Kräfte mit den Hebelarmen oder letztere unter einander schiefe Winkel bilden, der Fesselsche Rotationsapparat (Bohnenbergers Maschine genügt), die Bestimmung der specifischen Wärme nach Bunsen und nach Dulong und Petit (es genügt die Mischungsmethode und die ältere des Eisschmelzens nach Lavoisier und Laplace).

Himmelserscheinungen im Mai und Juni 1894.

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

	Mai							Juni						
Monatstag	1	6	11	16	21	26	31	5	10	15	20	25	30	
Helio-centrische Längen.	324°	344	8	34	65	96	126	152	174	193	210	225	240	☿
	267	275	283	290	298	306	314	322	330	338	346	354	2	♀
	221	226	231	235	240	245	250	255	259	264	269	274	279	♁
	281	284	287	290	293	296	299	302	305	308	311	314	317	♂
	71	71	72	72	73	73	73	74	74	75	75	76	76	♃
	202	203	203	203	203	203	203	204	204	204	204	206	204	♄
Aufst. Knoten.	9°	9	8	8	8	7	7	7	7	6	6	6	6	☾
Mittl. Länge.	355	61	127	192	258	324	30	95	162	228	294	0	65	☾
Geo-centrische Recta-scensionen.	350°	54	134	196	259	324	21	97	170	229	296	354	56	☾
	21	29	38	48	59	71	82	92	102	110	116	121	124	☿
	356	0	5	10	15	20	26	31	36	42	48	53	59	♀
	39	43	48	53	58	63	68	73	78	84	89	94	99	☉
	327	330	334	337	340	344	347	350	353	356	359	2	5	♂
	64	65	67	68	69	70	72	73	74	75	77	78	79	♃
	200	200	199	199	199	198	198	198	198	198	198	198	198	♄
Geo-centrische Dekli-nationen.	— 6°	+23	+22	— 8	—28	—19	+10	+28	+ 6	—22	—26	— 4	+24	☾
	+ 6	+10	+14	+18	+21	+24	+25	+26	+25	+24	+22	+20	+19	☿
	— 3	— 1	+ 1	+ 3	+ 4	+ 6	+ 8	+10	+12	+14	+15	+17	+18	♀
	+15	+17	+18	+19	+20	+21	+22	+23	+23	+23	+23	+23	+23	☉
	—15	—14	—13	—12	—11	— 9	— 8	— 7	— 6	— 4	— 3	— 2	— 1	♂
	+21	+21	+21	+21	+22	+22	+22	+22	+22	+22	+22	+23	+23	♃
	— 5	— 5	— 5	— 5	— 5	— 5	— 5	— 5	— 5	— 5	— 5	— 5	— 5	♄
Aufgang.	16^h29^m	16.19	16.11	16.3	15.56	15.50	15.45	15.42	15.39	15.39	15.39	15.41	15.43	☉
	15^h25^m	16.46	22.54	4.24	10.45	13.11	14.3	17.31	23*33	6.10	10.42	11.48	13. 8	☾
Untergang.	7^h24^m	7.33	7.41	7.49	7.56	8.3	8.9	8.15	8.19	8.22	8.24	8.24	8.24	☉
	2^h17^m	9.29	13.55	14.52	16.51	22.40	3.53	10.52	12.40	13.44	17.56	24.11	5.53	☾
Zeitglchg.	-3^m2^s	—3.32	—3.48	—3.50	—3.38	—3.12	—2.34	—1.46	—0.49	+ 0.13	+1.17	+2.21	+3.23	☉

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

Mai	5	3^h 35^m	Neumond	Juni	3	11^h 50^m	Neumond
„	7	17	Mond in Erdnähe	„	4	19	Mond in Erdnähe
„	11	19 15	Erstes Viertel	„	10	2 8	Erstes Viertel
„	19	5 37	Vollmond	„	17	20 0	Vollmond
„	23	14	Mond in Erdferne	„	20	1	Mond in Erdferne
„	27	8 58	Letztes Viertel	„	25	22 56	Letztes Viertel

Constellationen. Mai: 1 12^h ♀ ☌ ☾; 3 23^h ☿ ☌ ☾; 6 18^h ♃ ☌ ☾; 16 6^h ♄ ☌ ☾; 20 5^h ☿ obere ☌ ☉, wird Morgenstern; 22 18^h ☿ in Sonnennähe; 25 21^h ☿ ☌ ♃; 27 21^h ♂ ☌ ☾; 28 7^h ♀ in Sonnenferne; 31 10^h ♀ ☌ ☾. — Juni: 3 14^h ♃ ☌ ☾; 4 3^h ♃ ☌ ☉; 4 17^h ☿ ☌ ☾; 12 10^h ♄ ☌ ☾; 17 1^h ♂ □ ☉; 21 0^h ☉ im Krebs, Sonnen-Solstiz; 21 21^h ☿ in grösster östlicher Elongation; 25 20^h ♂ ☌ ☾; 30 5^h ♀ ☌ ☾.

Meteore. Maxima Mai 2, 4, 8, 26, 27.

Helle Nächte. Vom 18. Mai bis 26. Juli dauert die Dämmerung die ganze Nacht hindurch. (Nördlich von Berlin ist die Periode etwas länger, südlich etwas kürzer.) Die Beobachtung der veränderlichen Sterne wird hierdurch sehr erschwert. Minima von δ *Librae* treten Mai 7, 14, 21, 28 in den späten Abendstunden ein. Von sonstigen Sternen sind β und *R Lyrae*, η *Aquilae* bequem zu beobachten.

J. Plassmann, Warendorf.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Otto Lange in Berlin C.