

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische pädagogische Zeitschrift
<b>Band:</b>	19 (1909)
<b>Heft:</b>	1-2
<b>Artikel:</b>	Physikalisches Praktikum : im Anschluss an H. Wettsteins "Leitfaden für den Unterricht in der Naturkunde"
<b>Autor:</b>	Gubler, Theodor / Wartenweiler, Traugott
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-788955">https://doi.org/10.5169/seals-788955</a>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 14.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Physikalisches Praktikum

im Anschluss an H. Wettsteins

## Leitfaden für den Unterricht in der Naturkunde.

Von Theodor Gubler, unter Mitwirkung von Traugott Wartenweiler.

### Vorbemerkungen.

Die Sekundarschulen des Kantons Zürich erhielten vor 35 Jahren eine Sammlung obligatorischer Apparate für den Unterricht in Physik und Chemie, die in genauer Übereinstimmung mit dem obligatorischen individuellen Lehrmittel erstellt waren. Im Laufe der Zeit machte sich das Bedürfnis nach einer Revision und Erweiterung dieser Sammlung geltend. Im Auftrage des Erziehungsrates wurde ein neues Verzeichnis hergestellt, das, entsprechend der ersten Einführung, neben obligatorischen auch empfohlene Apparate aufführt. Nachdem eine Mustersammlung angelegt war, die im Pestalozzianum aufgestellt ist, wurde die Lieferung der Apparate vergeben. Bis Ende dieses Jahres werden die Schulen im Besitz sämtlicher Neuanschaffungen sein.

Mit der Einführung neuer Apparate machte sich der Wunsch geltend, es möchte eine Anleitung zu ihrem Gebrauch in die Hand des Lehrers gegeben werden.

Da das naturkundliche Lehrmittel von Wettstein in einer Reihe von Kantonen eingeführt ist, wird auch die Anleitung weiteren Kreisen dienen können. Damit ist wohl ihr Erscheinen in der Pädagogischen Zeitschrift gerechtfertigt.

Als Grundlage konnte das „Physikalische Praktikum“ dienen, das an gleicher Stelle im Jahr 1895 erschien. Um der neuen Bearbeitung keine zu grosse Ausdehnung zu geben, wurde das Beobachtungsmaterial weggelassen. Ebenso wurden die Anleitungen zur Erstellung von Apparaten mit wenigen Ausnahmen gestrichen, da das Bedürfnis nach weitem Hülfsmitteln nun weniger gross ist. Dafür wurden die Lösungen der im Lehrmittel vorhandenen Rechnungsaufgaben aufgenommen.

Die im Verzeichnis der Apparate mit M. W. bezeichneten Nummern sind nach Modellen von Hrn. Sekundarlehrer Wartenweiler in Oerlikon hergestellt, der auch die Anleitung zum Gebrauch dieser Apparate ver-

fasst hat. Die betreffenden Abschnitte sind mit W. unterzeichnet. Die zusammenhängende methodische Behandlung von zwei derselben brachte es mit sich, dass eine Anzahl Versuche — allerdings in anderm Zusammenhang — zweimal aufgeführt sind.

Der Abschnitt „Elektrizität“ hat eine grosse Ausdehnung erhalten, einmal um der Bedeutung des Gebietes willen, dann, weil hier eine Anleitung am notwendigsten war. Die „Einführung in die elektrischen Masse“ erfuhr eine zusammenhängende elementare Darstellung; es soll gezeigt werden, wie dieser schwerere Stoff in einer für die Schüler fassbaren Weise behandelt werden kann.

Wo zur Ableitung eines Gesetzes mehrere Versuche angegeben sind, wird der Lehrer nach den zur Verfügung stehenden Mitteln die Wahl treffen. Nicht die Zahl der Versuche ist die Hauptsache, sondern die Art und Weise, wie ein prägnanter Versuch ausgewertet wird.

Die Lehrer an den VII. und VIII. Klassen, deren Apparat in der Hauptsache eine Auswahl aus demjenigen der Sekundarschule ist, finden am Schlusse eine Zusammenstellung von Versuchen, die für diese Stufe passen.

Bei der Bearbeitung wurden namentlich benutzt:

Bertram, Physikalisches Praktikum.

Frick, Die physikalische Technik.

Glazebrook, Grundriss der Wärme.

Hahn, Physikalische Freihandversuche.

Müller, Technik des physikal. Unterrichts.

Müller-Pouillet, Lehrbuch der Physik.

Netoliczka-Kraus, Experimentierkunde.

Peters, Salomon & Meyer, Chemische Experimente.

Rosenberg, Experimentierkunde.

Tissandier, La Physique sans appareils.

Tyndall, Vorträge über Elektrizität.

Weiler, Physikbuch und der praktische Elektriker.

Weinhold, Vorschule der Experimentalphysik und Physikalische Demonstrationen.

Wiedemann & Ebert, Physikalisches Praktikum.

Zwick, Induktionsströme.

(Mit „L. Fig. 3“ wird auf die betreffende Figur des Lehrmittels\* verwiesen).

\* H. Wettsteins Leitfaden für den Unterricht in der Naturkunde. 8. Aufl. II. Teil, Physik, bearbeitet von Th. Gubler, Zürich, Kantonaler Lehrmittelverlag, 278 S. mit 264 Illustr. gb. Fr. 1.80.

Verzeichnis der Apparate für den Unterricht in der  
Physik an den zürcherischen Sekundarschulen.

**I. Mechanik.**

1. Senkblei.
2. Setzwage von Holz. Kathete 25 cm.
- 3.\* Kardanische Aufhängung mit Schiffskompass. M. W.
4. Zwei Prismen von Holz.
5. Hebelgestell von Holz. Balken 1 m lang, eingeteilt in Zentimeter.
6. 15 gleiche Kugelgewichte zu 50 g mit Doppelhaken, zwei mit Schleifen.
7. Wage mit Balkenärretierung, zwei langen und einer kurzen Bügelschale, mit Gewichtssatz von 0,01—1000 g.
8. Modell der Dezimalwage mit sichtbarer Teilung.
9. Zwei feste und eine bewegliche Rolle mit Klemmen zur Befestigung an Nr. 13 mit Kompensationsgewicht.
10. Flaschenzug, zwei Rollen in jeder Flasche mit Kompensation.
11. Wellrad. Verhältnis der Radien 1 : 2 : 3.
12. Welle, Haspel und Kurbel auf dem gleichen Gestell.
13. Eisenrahmen, 1 m<sup>2</sup> zum Anbringen von Nr. 9, 10, 11, 22, 28, 91.
14. Schiefe Ebene mit Stütze.
15. Gewölbe. M. W.
16. Normalschraube.
17. Schraubenflieger.
- 18.\* Schneckengetriebe.
- 19.\* Übersetzung durch konische Räder.
- 20.\* Fallrinne von Holz, 2 m lang.
21. Fallröhre, zu Nr. 39.
22. Fadenpendel mit drei gleichschweren und einer schwereren Eisenlinse. Pendellänge 1, 4 und 9 dm, bifilar.
- 23.\* Sekundenuhr mit offenem Werk.
24. Schwungmaschine.
- 25.\* Drahtbügel, zu Nr. 24 mit Lot Nr. 1.
26. Abplattungsmodell, zu Nr. 24.
27. Gefäß für Flüssigkeiten, zu Nr. 24.
- 28.\* Parallelogramm der Kräfte, zwei Rollen zu Nr. 13, Schnur und Zeichnungen.
29. Kommunizierende Röhren.
- 30.\* Segners Wasserrad.
- 31.\* Hydraulische Presse von Glas.
32. Apparat für Auftrieb, Glaszyylinder mit Glasplatte.
33. Archimedisches Prinzip.
34. Wasserwage.
35. Aräometer mit Standglas.
- 36.\* Milchwage. (Standglas von Nr. 35.)
37. Kapillarröhren.
38. Apparat für Osmose.
39. Einstiefelige Luftpumpe mit Rezipient und Barometerprobe.
40. Magdeburger Halbkugeln, 100 mm Durchmesser, zu Nr. 39.
41. Ring zum Blasensprengen, zu Nr. 39.
42. Barometerröhre auf Stativ (Torricellis Versuch).
43. Gefäßbarometer.
- 44.\* Aneroidbarometer.
45. Stechheber.
- 46.\* Giftheber.
47. Saugpumpe von Glas.
48. Druckpumpe von Glas.
49. Kollodiumballon,  $\frac{3}{4}$  Liter Inhalt.

**II. Akustik.**

50. Stimmgabel mit Schreibspitze und Glastafel.
51. Sirene mit Halter zu Nr. 24 und Blasvorrichtung.
- 52.\* Lippenpfeife mit Fuss.
- 53.\* Zungenpfeife, Fuss von Nr. 52.

Mit \* versehene Nummern sind fakultativ. M. W. = Modell Wartenweiler.

### III. Optik.

54. Ebener Spiegel. 55.\* Konvex- und Konkavspiegel. 56. Gebrochene Lineal (Strahlenbrechung). 57. Glasprisma, 16 cm lang. 58.\* Sechs Streifen farbiges Glas, 4 à 15 cm (rot, orange, gelb, grün, blau und violett). 59. Fünf Farbenscheiben,  $d = 25$  cm. 60.\* Geradsichtiges Spektroskop. 61.\* Optische Bank mit vier Linsen, Mattglasplatte, Leuchter und Papierschirm. 62. Camera obscura (Erklärung des Auges.) 63. Stereoskop, amerikanisches Modell. 64. Mikroskop, Vergrösserung 20- bis 450 fach.

### IV. Wärmelehre.

65. Pneumatisches Feuerzeug. 66. Reibungsapparat nach Tyndall, zu Nr. 24. 67. Thermometer. 68. Ausdehnungsapparat. 69. Kompressionsstreifen; Eisen und Messing, 25 cm lang. 70. Apparat für Ausdehnung von Wasser. 71. Apparat für Ausdehnung von Luft. 72.\* Apparat für Wärmeleitung. M. W. 73.\* Wasserhammer. 74. Woods Metall, 50 g in Fläschchen. 75. Haarhygrometer. 76.\* Psychrometer. 77. Apparat für Papins Versuch. 78.\* Modell der Schiebersteuerung. M. W. 79.\* Watts Regulator. 80.\* Manometer. 81. Kühlgefäß mit Rohr.

### V. Magnetismus und Elektrizität.

82. Zwei Stabmagnete, 1 à 2 à 27 cm, mit Anker auf Brettchen. 83. Hufeisenmagnat, Schenkel 15 cm. 84. Streubüchse für Eisenfeilspäne. M. W. 85. Glasrohr mit Stahlfeilspänen. 86. Zwei Magnetnadeln (Stativ Nr. 94). 87.\* Prisma und Ring aus weichem Eisen, 1 cm dick,  $d = 8$  cm. 88. Sechs Stahlstreifen mit Körnern zu Magnetnadeln, in Schachtel, Stativ Nr. 94. M. W. 89.\* Inklinationsnadel. 90. Schachtel mit zwei Glas- und zwei Ebonitstäben; Reibzeug aus Wolle, Seide; Hanfschnur, Seidenschnur und Draht. 91. Aufhängebügel, zu Nr. 13. 92. Elektroskop mit Aluminiumblättchen, oder 93.\* Elektroskop mit vertikaler Aluminiumnadel. 94. Zwei Stativen mit isolierten Nadeln. 95. Elektrophor, Ebonitscheibe mit Schild,  $d = 20$  cm. 96.\* Elektrisiermaschine mit doppelter Drehung (sog. Wimshurst); 25 cm Scheibendurchmesser. Nebenapparate hiezu Nr. 97—108 (aus Koll. Scola usw.). 97.\* Universalstativ. 98.\* Papierbüschel. 99.\* Glockenspiel. 100.\* Flugrad. 101.\* Blitzröhre. 102.\* Geisslersche Röhre und Halter. 103.\* Kugellauf. 104.\* Handhaben zum Elektrisieren. 105. Leidenerflasche mit Auslader. 106.\* Oberflächen-Apparat. 107.\* Blitzableiter-Apparat. 108.\* Ketten. 109. Zink- und Kupferplatte mit Klemmen, in Glasgefäß. 110. Vier Elemente mit Schaltungswähler. M. W. 111.\* a) Daniell- und b) Bunsen-Element. 112. Stromwender

System Ruhmkorff oder 113.\* Stromwender. M. W. 114. Galvanoskop. 115. Vertikalgalvanometer oder 116.\* Schlittengalyanometer. M. W. 117.\* Elektromagnet, Spule mit Eisenkern und Drahtbüschel. 118.\* Telegraphenmodell. M. W. oder 119. Telegraphenapparat (ausrangerter). 120. Läutwerk mit Druckknopf, oder 121.\* Stromverteiler mit Läutwerk, Tableaunummer und Glühlicht. M. W. 122. Ampères Gestell mit Elektromagnet, Solenoid, Drahtviereck und Drahtviereck auf Stab. 123.\* Ampermeter, Demonstrationsapparat. M. W. 124.\* Voltmeter (Hitzdraht), Demonstrationsapparat. M. W. 125. Schlitteninduktor. 126.\* Elementardynamo. M. W. 127.\* Dynamomaschine mit Handbetrieb. 128. Elektromotor. 129.\* Pixi-Motor. M. W. 130. Apparat für Zündversuche mit Eisendraht und Pyroxilgarn. 131.\* Telephon, Demonstrationsapparat. M. W. 132. Telephonstation, Telephon zerlegbar. 133. Mikrophon. M. W. 134. Kleine Glühlampe mit Gestell. 135. Kleine Bogenlampe. 136. Wasserzersetzungssapparat. M. W. 137. Akkumulator mit Glasgefäß. M. W. 138. Apparat für Galvanoplastik. M. W. 139.\* Thermoelement, Antimon-Neusilber. 140.\* Widerstand von 1 Ohm, M. W. 141.\* Kurbel-Rheostat, 1—5 Ohm. 142. 30 m Leitungsdraht 0,7 mm grün und 30 m rot, baumwollumspinnen. 143. Kabelprobe.

## VI. Werkzeug

Hammer. Beisszange. Kombinationszange. Spizzange. Zwei runde und eine dreikantige Feile. Schraubenzieher. Schraubzwinge. Schraubstock. Diverse Schrauben.

## Allgemeine Winke.

1. Die Sammlungen sollen vor Feuchtigkeit, Staub und Raubinsekten geschützt werden.
2. Im Schrank habe jeder Gegenstand seinen bestimmten Platz. Die Anordnung richte sich so viel als möglich nach der Verwendung im Unterricht.
3. Alle Sammlungsgegenstände, über deren Natur Zweifel entstehen können, sollen mit deutlicher Aufschrift versehen sein.
4. Die Chemikalien verwahre man in gut etikettierten Glasgefäßen in besonderem Schrank auf. Säuren und Batteriefüllungen trenne man räumlich von den Apparaten.

5. Man begnüge sich nie damit, bloss über einen Versuch zu reden, sondern führe ihn aus, auch wenn er einfach und wohlbekannt ist: Man belehre stets das Auge zugleich mit dem Ohr.
6. Versuche einfacher Art verdienen den Vorzug. Bei der Vorführung richte man das Hauptaugenmerk darauf, dass das Wesentliche hervortritt. Die Schüler sollen angeleitet werden, alles richtig wahrzunehmen.
7. Durch hinreichende Übung verschaffe man sich die erforderliche manuelle Geschicklichkeit.
8. Apparate und Stoffe müssen vor dem Gebrauch auf ihre Zuverlässigkeit geprüft werden.
9. Man führe vor der Klasse keinen Versuch aus, von dem man nicht sicher weiß, dass er gelingt. „Ein missglückter Versuch ist weniger wert, als gar keiner.“ Man merke sich die Umstände, die ein Misslingen herbeiführen können.
10. Man bereite die Versuche vor der Stunde vollständig vor, so dass man nicht nötig hat, während des Unterrichts das Zimmer zu verlassen, um noch Fehlendes zu holen.
11. Vor der Klasse sollen sich auf dem Tisch nur die zum Versuch notwendigen Apparate und Materialien befinden, damit die Aufmerksamkeit der Schüler nicht abgelenkt wird.
12. Hat man für einen bestimmten Versuch eine Zusammenstellung gemacht, so lasse man die Anordnung beisammen, schreibe sie an und benutze nicht Teile davon für andere Versuche.
13. Kein Gas darf entzündet werden, bevor man mit einer kleinen Menge desselben die Entzündungsprobe gemacht hat. Nie dürfen während eines Versuches, bei dem man eine Flamme braucht, Flaschen mit brennbaren Flüssigkeiten auf dem Tische stehen.
14. Giftige und gefährliche Stoffe gebe man nicht in die Hände der Schüler.
15. Phosphor berühre man nie mit bloßer Hand; schneide ihn immer unter Wasser; habe stets ein Glas Wasser bereit, um im Fall der Entzündung den brennenden Phosphor hineinwerfen zu können.
16. Bringe Quecksilber, das rein bleiben soll, nie mit Metallen (Eisen ausgenommen) in Berührung. Vermeide, solches zu verschütten. Verschüttetes Quecksilber wird mit einer Pipette aufgenommen. Vor dem Arbeiten mit Quecksilber ziehe man die Metallringe von den Fingern.
17. Nach der Benutzung reinige man die Vorrichtungen sorgfältig und bringe sie an ihren bestimmten Platz, oder stelle sie zum Trocknen hin, damit man sie vor Beginn der nächsten Präparation wegräumen kann.

# I. Mechanische Physik.

## A. Feste Körper.

### I. Die Schwerkraft.

1. Mehrere Lote werden nebeneinander am quadratischen Rahmen aufgehängt; ihre Fäden sind parallel. Mehrere Lote. Quadr. Rahmen.
2. Ein fallender Körper (Bleikugel) fällt in der Richtung der Lote. Lote. Bleikugel.
3. Mit dem Senkblei wird untersucht, ob Säulen, Fensterrahmen usw. Senkblei. im Zimmer lotrecht stehen.
4. Auf ein Reissbrett wird die Setzwage in zwei sich schneidenden Richtungen gesetzt; durch untergelegte Papierstücke wird das Brett horizontal gelegt. Setzwage; Reissbrett.
5. Die Setzwage wird so gehalten, dass ihre Hypotenuse mit der ruhenden Wasserfläche zusammenfällt; diese ist horizontal. Setzwage. Wasserbecken.
6. Man lässt die Schüler über die horizontale Wasserfläche weg nach Glas mit Wasser. Häusern und Hügeln in der Nachbarschaft visieren. (Horizont.)

### 2. Der Schwerpunkt.

1. Ein Lineal wird auf dem Finger balanziert; ebenso ein Buch, eine Federschachtel nach verschiedenen Richtungen auf der Kante des Lineals. Lineal, Buch, Federschachtel.
2. Auf das eine Ende des Lineals legt man eine Münze; nun muss Lineal. Münze. es ausserhalb der Mitte unterstützt werden.
3. Eine aus steifem Papier ausgeschnittene Kreisfläche wird im Mittelpunkt balanziert. Ein gleichseitiges Dreieck, dann ein ungleichseitiges Dreieck werden zuerst in der Richtung der drei Mittellinien, ein Quadrat und ein Rechteck in der Richtung der Diagonalen auf der Kante des Lineals, dann im Schnittpunkt dieser Richtungen auf der Bleistiftspitze oder einer Nadelspitze balanziert. Kreis, gleichseitiges und ungleichseitiges Dreieck, Quadrat und Rechteck aus steifem Papier. Bleistift. Lineal.
4. Der Schwerpunkt eines unregelmässigen Vielecks aus steifem Papier wird bestimmt, indem es in den Eckpunkten an einer Nadel aufgehängt wird. (L. Fig. 3.) Mittels eines Lotes, das an die Nadel befestigt wird, werden auf der Fläche die Senkrechten gezogen. Der Schwerpunkt liegt im Schnittpunkt derselben, was durch Auflegen der Fläche auf die Bleistiftspitze gezeigt wird. Unregelmässiges Vieleck. Nadel, Lot.

### 3. Das Gleichgewicht.

- Pendel.
1. Das Pendel wird aus der Gleichgewichtslage herausgebracht.
- Rechteckiges Kartonblatt, Nadel.
2. Ein rechteckiges Kartonblatt mit zwei Löchern, einem im Schwerpunkt, einem ausserhalb desselben, aber in der Mittellinie, wird an einer wagrecht in die Wand gesteckten Nadel aufgehängt,
    - a) dass die Nadel durch den Schwerpunkt geht,
    - b) dass der Schwerpunkt senkrecht unter dem Aufhängepunkt,
    - c) dass er senkrecht über dem Aufhängepunkt liegt.

Das Kartonblatt wird aus seiner Lage gebracht und sein Verhalten in den drei Fällen beobachtet.
- Stehauf-männchen.
3. Abgerundete Stücke von Holunder- oder Sonnenblumenmark, in die man einen Schuhnagel steckt, stellen sich aufrecht. (Stehauf-männchen.)
- Federmesser, Bleistift.
4. Man stecke die halbgeöffnete Federmesserklinge etwa 3 cm von der Spitze des Bleistiftes in das Holz desselben, so dass die Spitze des Bleistiftes gegen das Heft des Messers zeigt, und balanziere die Vorrichtung auf der Fingerspitze.
- Kork, Münze, 2 Essgabeln, Ständer mit Nadel.
5. In die ebene Fläche eines Korkes macht man mit dem Messer einen Einschnitt und klemmt in denselben eine Münze; unter spitzem Winkel werden zwei Essgabeln oder zwei Zirkel in den Kork gestochen. Die Vorrichtung nimmt auf einer Nadelspitze (Apparat No. 94) ziemlich sichere Stellung ein.
- Würfel, Prisma.
6. Man versucht, den Würfel und das Prisma umzuwerfen (L. Fig. 5).  
Man stellt beide Körper auf den Tisch und neigt diesen, bis das Prisma umfällt. Damit die Körper auf dem Tisch nicht rutschen, steckt man vor ihnen einen Reissnagel in den Tisch.
- dito.  
Schiefe Ebene.
7. Man befestigt die Schnur der schiefen Ebene mit einem Reissnagel oben an beiden Körpern, stellt diese auf die horizontale Ebene und führt die Schnur über die Rolle. Durch Auflegen von Gewichten bringt man die Körper zum Fallen.
- Zylinder, Konus.
8. Ebenso versuche man einen Zylinder und einen Konus mit gl. Grundfläche zum Fallen zu bringen.
- Kardanische Aufhängung.
9. Die kardanische Aufhängung mit Schiffskompass. Setzen wir die Magnetnadel auf die Nadelspitze, so stellt sie sich in den magnetischen Meridian ein und behält infolge der kardanischen Aufhängung die horizontale Lage bei allen möglichen Wendungen des Modells bei, was bei der Verwendung auf Schiffen von grosser Wichtigkeit ist. (W.)

#### 4. Der Hebel.

1. Der gleicharmige Hebel (L. Fig. 7). Man hänge an den Hebel des Hebelgestells in gleicher Entfernung vom Drehpunkt die beiden Anhängegewichte mit Schleifen. Man vermehre die Anhängegewichte zu beiden Seiten und wähle auch andere Entfernungen vom Drehpunkt.

Hebelgestell.  
Anhänge-  
gewichte.

2. Der ungleicharmige Hebel (L. Fig. 9). Eines der Anhängegewichte wird nach innen verschoben, das Gleichgewicht ist gestört. Durch Anhängen weiterer Kugeln wird wieder Gleichgewicht hergestellt. Man lasse die Schüler die Länge der Hebelarme und die an ihnen wirkenden Kräfte miteinander vergleichen.

Nachdem das Gesetz abgeleitet ist, löse man am Gestell eine Reihe einfacher Aufgaben.

3. Der einarmige Hebel (L. Fig. 12). Der Hebelarm wird im untern Loch des Gestells befestigt. Ein Ende hängt man vermittelst eines Bindfadens an den Haken der kurzen Wagschale. 10 cm vom Drehpunkt werden fünf Kugeln angehängt; in die lange Wagschale bringt man eine Kugel. Dann verschiebt man die Last bis 20 cm vom Drehpunkt und muss nun zwei Kugeln in die Wagschale legen; bei 30 cm drei Kugeln usw. Durch ein im Retortenhalter befestigtes Stück Karton kann man die zweite Hälfte des Hebelarmes zudecken.

4. Man erkläre die Krämerwage (die Schalenwage), die Schnellwage und die Dezimalwage und nehme mit jeder Wage auch Wägungen vor.

Krämerwage.  
Schnellwage.  
Dezimalwage.

5. Die Zentesimalwage (Brückenwage) wird am Modell erklärt.

Modell der Zen-  
tesimalwage.

In die Ecken eines Brettchens befestigt man senkrecht vier kurze Säulchen; auf denselben ruhen zwei gabelförmige Hebel mit Stiften, die an ihren Enden eingeschlagen sind. Ihre spitzen Enden liegen im ersten Fünftel eines einarmigen Hebels auf. Derselbe liegt ebenfalls horizontal, aber rechtwinklig zu ihnen. Das Ende des letzteren hängt mit einer Zugstange an einem zweiarigen Hebel, dessen Hebelarm der Kraft viermal so gross ist, als derjenige der Last. Die aus einem dünnen Brettchen hergestellte Brücke ruht auf vier Stiften, die im ersten Fünftel der gabelförmigen Hebel eingeschlagen sind. Die Einteilung der Hebel wird dadurch deutlich gemacht, dass je der zweite Teil schwarz angestrichen wird.

Ist kein Modell einer Zentesimalwage vorhanden, so kann ihre Einrichtung auch auf folgende Art erklärt werden: Ein Lineal wird an einem Ende durch einen Gewichtstein oder eine Federschachtel unterstützt. In den ersten Fünftel hängt man ein Gewicht und legt das andere Ende des Lineals auf den ersten Fünftel eines zweiten, senkrecht zum ersten liegenden Lineals, das am Ende ebenfalls unterstützt ist. Die am andern Ende des zweiten Lineals wirkende Kraft muss  $1/25$  der Last sein. Legt man das zweite Lineal auf den ersten Viertel eines dritten Lineals, so muss die am Ende desselben wirkende Kraft  $1/100$  der Last betragen.

Aufgabe 36. Skizziert die Hebel mit folgenden Verhältnissen und berechnet das fehlende Glied:

a)  $L = 200 \text{ kg}$ ,  $l = 15 \text{ cm}$ ,  $K = 25 \text{ kg}$ . Es ist  $200 \times 15 = 25 \times x$ ;

$$x = \frac{200 \cdot 15}{25} = 120 \text{ cm}.$$

b)  $l = 12 \text{ cm}$ ,  $K = 50 \text{ kg}$ ,  $k = 60 \text{ cm}$ . Es ist  $12 \cdot x = 50 \cdot 60$ ;  $x = \frac{50 \cdot 60}{12} = 250 \text{ kg}$ .

c)  $L = 6 \text{ kg}$ ,  $K = 20 \text{ kg}$ ,  $k = 15 \text{ cm}$ . Es ist  $6 \cdot x = 20 \cdot 15$ ;  $x = \frac{20 \cdot 15}{6} = 50 \text{ cm}$ .

Aufgabe 37. An einem Ziehbrunnen mit zweiarmigem Pumpenhebel messen die Hebelarme  $35 \text{ cm}$  und  $150 \text{ cm}$ . Welche Last ist zu überwinden, wenn ein Druck von  $6 \text{ kg}$  ausgeübt werden muss.

$$35 \cdot x = 150 \cdot 6; x = \frac{150 \cdot 6}{35} = 25,7 \text{ kg}.$$

Aufgabe 38. An den Enden eines  $3 \text{ m}$  langen Hebels wirken parallele Kräfte von  $60 \text{ kg}$  und  $40 \text{ kg}$ . Wo muss der Drehpunkt liegen, wenn sie sich das Gleichgewicht halten sollen? Die Hebelarme verhalten sich wie  $4:6$  oder wie  $2:3$ . 5 Teile sind  $3 \text{ m}$ ; 1 Teil =  $60 \text{ cm}$ ; 2 Teile =  $120 \text{ cm}$ ; 3 Teile =  $180 \text{ cm}$ . Der Drehpunkt ist  $120 \text{ cm}$  vom Angriffspunkt der grösseren Kraft entfernt.

Aufgabe 53. Auf der Wagschale der Dezimalwage liegen  $1512 \text{ g}$ ; wie gross ist die Last?  $15,12 \text{ kg}$ .

Aufgabe 54. Eine Last ist  $3,54 \text{ q}$ ; welches Gewicht muss man auf die Wagschale der Dezimalwage legen?  $35,4 \text{ kg}$ .

## 5. Die Rollen.

Quadratischer Rahmen.  
Feste Rolle.  
Anhängegewichte.

Feste Rollen.

Flaschenzug.

Flaschenzug.

1. Die feste Rolle (L. Fig. 15) wird am quadratischen Rahmen befestigt und darüber eine Schnur gelegt. Auf beiden Seiten wird die gleiche Zahl Anhängegewichte angehängt.

2. Man führe die Schnur noch über andere Rollen, die auch seitlich am Gestell befestigt werden können (Rollen zum Parallelogramm der Kräfte), um zu zeigen, dass der Kraft jede beliebige Richtung gegeben werden kann. Man vergleiche die Wege von Kraft und Last!

3. Der einfache Flaschenzug (L. Fig. 17) wird zusammengestellt und das Kompensationsgewicht angehängt. Mit den Anhängegewichten wird gezeigt, dass die Kraft nur die Hälfte der Last betragen muss. Vergleichung der Wege von Kraft und Last (L. Fig. 18).

4. Der zusammengesetzte Flaschenzug wird zusammengestellt und das Kompensationsgewicht befestigt. Kraft und Last werden wieder durch Anhängegewichte dargestellt. Vergleichung der Wege von Kraft und Last.

Aufg. 60. Eine Last von  $200 \text{ kg}$  soll mit einer  $3 \text{ kg}$  schweren, beweglichen Rolle gehoben werden. Wie gross muss die Kraft mindestens sein? Gesamtlast (ohne Seil)  $203 \text{ kg}$ . Kraft =  $101,5 \text{ kg}$ .

Aufg. 61. Mit einem Flaschenzug, dessen bewegliche Flasche 3 Rollen enthält und 8 *kg* wiegt, sollen 1500 *kg* gehoben werden. Welche Kraft ist hiezu notwendig? Gesamtlast 1508 *kg*; Kraft =  $\frac{1508}{6} = 251,3 \text{ kg}$ .

## 6. Rad an der Welle, Haspel und Kurbel.

1. Das Wellrad (L. Fig. 19) wird am quadratischen Rahmen befestigt. Man legt die Schnüre zuerst über die erste und zweite Rolle und hängt an ihre freien Enden Anhängegewichte. Dann legt man die Schnüre über die erste und dritte Rolle und endlich über die zweite und dritte Rolle.

Wellrad.  
Quadr. Rahmen.  
Anhäng-  
gewichte.

2. Das Gestell mit Rad an der Welle, Haspel und Kurbel, ist zerlegbar. Will man das Rad an der Welle erklären, so schraubt man die Kurbel ab und zieht die vier Zapfen des Haspels heraus (L. Fig. 20).

Gestell mit Rad  
an der Welle,  
Haspel und  
Kurbel, Anhäng-  
gewichte.

Um das Rad und die Welle werden Schnüre gelegt, in deren andern Enden die Anhängegewichte eingehakt werden. Der Radius des Rades ist das Vierfache dessen der Welle.

3. Hierauf schraubt man das Rad ab, steckt die vier Zapfen in die Löcher und erklärt den Haspel (L. Fig. 21). Die Länge der Speichen ist das Siebenfache des Radius der Welle.

4. Man entfernt die Zapfen des Haspels und schraubt die Kurbel an. (L. Fig. 21). Ihre Länge ist das Fünffache des Radius der Welle.

5. Man befestigt die Schnur des Flaschenzuges an der Welle des Wellbockes und hebt eine Last. Das Gestell des Wellbocks muss hiebei beschwert werden. Die Kraft muss  $\frac{1}{20}$  der Last sein.

dito  
Flaschenzug.

Man vergleiche immer die Wege von Kraft und Last.

Aufg. 63. An einem Wellbock misst der Radius der Welle 8 *cm*, der Kurbelarm 45 *cm*; die zu hebende Last ist 150 *kg*. Wie gross muss die zur Hebung der Last notwendige Kraft sein, wenn von Reibungswiderständen abgesehen wird?

$$150 \cdot 8 = 45 \cdot x; x = \frac{150 \cdot 8}{45} = 26,67 \text{ kg.}$$

## 7. Die schiefe Ebene (L. Fig. 23.)

1. Man bestimme zum voraus die Gewichte der Walze und der Wagschale getrennt und notiere sie auf das Grundbrett. Zeige, dass das Gewicht der Wagschale genügt, um die Walze auf horizontal gestellter Ebene in rasche Bewegung zu versetzen. Stelle hierauf die Stütze, deren Höhe gleich ist einem der Teile, die am Rand der schießen Ebene angegeben sind, unter den achten Teilstrich. Beschwere die Wagschale mit  $\frac{1}{8}$  des Gewichtes der Walze, vermindert um das Gewicht der Wagschale,

Schiefe Ebene.  
Gewichte.

so wird die Walze auf der schiefen Ebene im Gleichgewicht gehalten. Legt noch zirka 5 g zu, so bewegt sich die Walze aufwärts. Stelle hierauf die Stütze unter den 7. Teilstrich, und lege  $\frac{1}{7}$  des Gewichtes der Walze weniger das Gewicht der Wagschale auf. Bringt durch Auflegen von zirka 5 g Übergewicht die Walze in Bewegung. Damit man rasch arbeiten kann, notiert man  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{7}$ ,  $\frac{1}{6}$  usw. des Gewichtes der Walze auf dem Grundbrett.

Aufg. 66. Auf einer Strasse mit 5% Steigung soll eine Last von 30 q fortgeschafft werden. Wie viel grösser muss die Kraft sein, als auf horizontaler Strasse?

Bei 5% Steigung ist die Höhe der schiefen Ebene 20 mal in der Länge enthalten. Die Zugkraft muss also  $\frac{1}{20}$  von 30 q =  $1\frac{1}{2}$  q mehr betragen.

Aufg. 67. Auf einer schiefen Ebene soll ein Mann mit 30 kg Zugkraft eine Last von 1500 kg im Gleichgewicht erhalten. Wie viel Prozent darf die Steigung betragen? 30 kg =  $\frac{1}{50}$  von 1500 kg. Die Höhe der schiefen Ebene muss 50 mal in der Länge enthalten sein; die Steigung darf 2% betragen.

## 8. Der Keil.

Gewölbe.  
2 Backsteine.  
Gewichtsteine  
10—20 kg.

1. a) Das Gewölbe. Zwei Gewölbesteine, die man aufeinanderlegt, stehen fest aufeinander; ein dritter aber fällt, weil sein Schwerpunkt nicht mehr unterstützt ist.

b) Die halbkreisförmige Biege wird aufgestellt (wenn möglich auf eine nicht zu glatte Fläche) und die Gewölbesteine aufgelegt. Die Biege wird sorgfältig durchgeschoben; die Steine stützen sich und bilden ein Gewölbe. Bei geringer Belastung steht es noch, bei stärkerer Belastung stürzt es ein, da die Widerlager nachgeben.

c) Bauen wir das Gewölbe wieder auf und legen wir zu beiden Seiten je einen Backstein, so vermag es 10 kg und mehr zu tragen. Entfernt man aber ein Widerlager (einen Backstein), so stürzt es ein.

d) Mit Hülfe der Spitzbogenbiege und dem dazu passenden Schlussstein lässt sich ein Spitzbogen (gotisches)-Gewölbe erstellen, das ebenfalls belastet werden kann. (W.)

## 9. Die Schraube.

Papierdreiecke.  
Zylindrischer  
Gegenstand.

1. Man schneide aus Zeichenpapier einige rechtwinklige Dreiecke, deren längere Katheten gleich lang sind, und wickle sie, mit der kleinern Kathete beginnend, um einen zylindrischen Gegenstand (Lampenzyylinder) (L. Fig. 25). Um die Schraubenlinie deutlich zu machen, ziehe man längs der Hypotenuse der Dreiecke eine farbige Linie.

2. Die Schraube wird am Modell erklärt.

(Ausser als Veranschaulichungsmittel für die Physik soll dieses Modell, wie auch die weiteren Schrauben, die mit dem Werkzeug geliefert wurden,

Normalschraube.

hamentlich dem geometrisch-technischen Zeichnen dienen; siehe die beigelegte Zeichnung.)

3. Im Freien lässt man den Schraubenflieger emporsteigen. Bei Schraubenflieger. einiger Übung fliegt er haushoch.

4. Das Schneckengetriebe (L. Fig. 29) wird am Modell erklärt.

Schnecken-  
getriebe.

## 10. Transmissionen (L. Fig. 30, 31).

1. Man zeige die Wirkung der Schnur ohne Ende an der Schwungmaschine, der Elektrisiermaschine, der Dynamomaschine.

Schwung-  
maschine.  
Elektrisier-  
maschine.

2. Man lasse die Schüler an einer Übersetzung durch Stirnräder und einer durch konische Räder die gegenseitige Lage der Wellbäume, die Bewegungsrichtung und das Verhältnis der Übersetzung angeben.

Konische Räder.

Aufg. 74. Wenn das Rad *D* (L. Fig. 31) eine Umdrehung macht, machen *C* und *B* 4 und *A* 12 Umdrehungen.

Aufg. 75. Das Rad *D* macht in 12 Stunden eine Umdrehung.

## 11. Arbeit einer Kraft.

Aufg. 78. Wie viel Wasser vermag eine Dampfmaschine von 10 PS in einer Stunde 10 m hoch zu heben? 1 PS hebt in einer Sekunde 75 l 1 m hoch, 10 PS heben in einer Sekunde 750 l 1 m hoch, oder 75 l 10 m hoch; in einer Stunde  $60 \cdot 60 \cdot 75 l = 2700 \text{ hl}$  10 m hoch.

Aufg. 79. Eine Gemeinde will 200 Minutenliter Wasser in ein 40 m höher liegendes Reservoir pumpen lassen. Wie viel Pferdestärken muss die Maschine mindestens haben?  $\frac{200 \cdot 40}{60 \cdot 75} \text{ PS} = 1,8 \text{ PS}$ .

Aufg. 80. Welches ist die Arbeitsleistung einer Lokomotive, die mit 750 kg Zugkraft 20 m in der Sekunde zurücklegt?  $\frac{750 \cdot 20}{75} \text{ PS} = 200 \text{ PS}$ .

Aufg. 81. Welches ist die tägliche Arbeitsleistung in Meterkilogramm eines Arbeiters, der, nach Abzug der Stillstände, die durch die Arbeit bedingt sind acht Stunden an einer Kurbel arbeitet, mit einem Kraftaufwand von durchschnittlich 10 kg, und dessen Hand 0,9 m in der Sekunde zurücklegt?  $10 \cdot 0,9 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 8 = 259,200$  Meterkilogramm.

Aufg. 82. Welches ist in diesem Falle die durchschnittliche Arbeitsleistung in der Sekunde, wenn die Arbeitszeit 10 Stunden beträgt?  $\frac{259,200}{10 \cdot 60 \cdot 60} \text{ smkg} = 7,2 \text{ smkg}$ .

## 12. Das Beharrungsvermögen.

a) Ruhende Körper haben das Bestreben, in der Ruhe zu verharren.

1. Aus einer Schicht Dominowürfel wird mit dem Messer je der unterste oder einer aus der Mitte der Säule herausgeschlagen.

Dominowürfel.

Münze,  
Papierstreifen.

Trinkglas,  
Postkarte, Münze.

Visitenkarte.  
Münze.

Griffel. Dünner  
Faden. Lineal.

Gewicht. Faden.

Gewicht.  
Zwei Fäden.

Teller mit  
Wasser.

Pendelgestell.  
Pendel.

Kreisel oder  
Sirene mit Halter.

2. Eine Münze wird nahe am Tischrand mit dem Rande auf einen Papierstreifen gestellt, der über den Tisch vorspringt. Mit kräftigem Schlag wird der Papierstreifen weggeschlagen.

3. Auf ein Trinkglas legt man ein Kartonstück — Postkarte — und auf dieses eine Münze. Man schnellt mit dem Finger den Karton weg.

4. Auf den Zeigfinger der linken Hand legt man eine Visitenkarte und darauf ein Fünffrankenstück. Schnellt man die Visitenkarte weg, so liegt die Münze auf dem Finger.

5. Ein Schüler hält horizontal einen Griffel, der an zwei dünnen Fäden hängt. Schlägt man mit dem Lineal kräftig auf den Griffel, so wird er zerschlagen, ohne dass die Fäden reissen.

6. An ein Gewicht befestigt man einen Faden, der es gerade noch zu tragen vermag. Man hebt es zuerst langsam — der Faden reisst nicht, — dann mit einem Ruck — der Faden reisst.

7. Ein Gewicht wird an einem Faden aufgehängt; an dasselbe befestigt man einen zweiten Faden. zieht man an diesem langsam abwärts, so reisst der erste Faden; zieht man mit einem Ruck, so reisst der zweite.

8. zieht man einen Teller voll Wasser rasch auf die Seite, so fällt das Wasser auf den Tisch.

*b)* In Bewegung begriffene Körper haben das Bestreben, in der Bewegung zu verharren.

1. Das Pendel schwingt lange Zeit.

2. Der Kreisel dreht sich lange.

Als Kreisel benutze man die Sirene im Halter. Man fasst sie am Halter und versetzt sie in drehende Bewegung.

Erklärt folgendes Ereignis: Bei einem Eisenbahnunglück in Belgien im Februar 1899 fuhr ein Schnellzug im Nebel von hinten in einen Personenzug. Der Zugführer des Schnellzuges liess die Westinghouse-Bremse plötzlich wirken; sein Zug stand still, seine Maschine aber riss sich los und stiess auf den Personenzug. An diesem wurden die drei hintersten Wagen zertrümmert, die mittleren erlitten wenig Schaden, die unmittelbar hinter der Maschine des Personenzuges folgenden Wagen wurden ineinandergeschoben. (30 Tote und zirka 80 Schwerverwundete.)

### 13. Von den Bewegungen der Körper.

Fallrinne  
mit Kugel und  
Eisenstäbchen.

1. Man legt unter das obere Ende der Fallrinne ein dickes Buch und lässt eine Kugel die Rinne hinunterrollen. Die Schüler erkennen, dass die Bewegung immer rascher wird. Hierauf legt man in die Rinne unter den ersten Teilstrich den Eisenstab und zählt: Null!, wenn man die Kugel loslässt, Eins!, wenn sie auf den Eisenstab trifft. Man wieder-

holt den Versuch, bis man mit einiger Sicherheit den Zeitabstand markieren kann. Beim ersten Teilstrich schiebt man an die Latte eine Messingzwinge und verschiebt den Eisenstab bis zum zweiten Teilstrich. Wieder lässt man auf: Null! die Kugel los, zählt: Eins!, wenn sie unter der Zwinge durchläuft. Ehe man: Zwei! zählt, schlägt die Kugel an. Man verschiebt den Eisenstab auf den dritten, dann auf den vierten Teilstrich. Erst jetzt schlägt die Kugel auf: Zwei! an. Man schiebt beim vierten Teilstrich die zweite Zwinge an die Latte, verschiebt den Eisenstab immer einen Teilstrich weiter und findet, dass die Kugel auf: Drei! an das Hindernis anschlägt, wenn sie neun Teile weit rollen kann.

Man wiederhole die Versuche bei stärkerer Neigung der Fallrinne.

2. An einer Schnur befestige man Bleikörper oder grosse Schraubenmuttern in den Entfernungen von z. B. 1 m, 4 m und 9 m vom Ende, und halte die Schnur so, dass das Ende den Boden berührt. Lässt man die Vorrichtung fallen, so schlagen die Körper in gleichen Zwischenräumen auf den Boden. Der zweite Körper legt den 4fachen Weg in der doppelten Zeit, der dritte den 9fachen Weg in der 3fachen Zeit zurück.

Schnur mit  
3 Gewichten.

Um den Beginn des Versuches auch zu markieren, befestige man an das Ende der Schnur ein kleines Gewicht und halte die Schnur so, dass dieses Gewicht nur ganz wenig über dem Boden ist.

3. Im Treppenhause des Schulhauses lässt man einen Körper 2 m hoch fallen, während die Schüler Sekunden zählen. Die Fallzeit ist weniger als eine Sekunde. Fällt der Körper 8 m hoch, so ist die Fallzeit mehr als eine Sekunde, bei 5 m Fallhöhe gleich eine Sekunde.

Kugel.  
Messlatte.

4. Man lässt Schrotkörner aus bestimmter Höhe zuerst einzeln fallen; dann legt man sie in ein kleines Säckchen und lässt sie miteinander fallen.

Schrotkörner,  
kleines Säck-  
chen.

5. Man lasse aus einem hochgelegenen Fenster gleichzeitig gleich grosse Kugeln aus verschiedenem Material (Stein, Holz, Eisen, Blei) in eine offene Kiste fallen. Sie schlagen im gleichen Augenblicke auf.

Kugeln aus  
versch. Material.

6. Die Fallröhre wird luftleer gemacht und ihr Inhalt (Schrot, Papierschnitzel, Federchen) mehrmals durch dieselbe fallen gelassen. Der Versuch wird wiederholt, nachdem die Röhre mit Luft gefüllt wurde.

Luftpumpe und  
Fallröhre.

7. Auf ein Fünffrankenstück wird ein kleines Papierstück von der Grösse eines Zehnrappenstückes gelegt und beide fallen gelassen. Die beiden Körper lässt man auch getrennt fallen.

Fünffranken-  
stück. Papier-  
schnitzel.

8. Man zerschneidet ein Blatt Papier in zwei gleiche Teile und formt aus dem einen Teil eine Kugel. Man lässt Blatt und Kugel aus gleicher Höhe fallen.

Blatt Papier.

Pa Wurfapparat.

9. Von zwei Kugeln, die sich in gleicher Höhe befinden, wird die eine durch einen Stoss fortgeworfen, während die andere senkrecht fällt. Die beiden Kugeln schlagen gleichzeitig auf den Boden auf.

Post

Vi

Grund  
Fach

Gew

Z

2 gr. Stecknadeln.  
2 leere Faden-  
spulen.  
Kartonstreifen.

An ein Brettchen von etwa 35 cm Länge und 10 cm Breite befestigt man unten ein horizontales Brettchen mit einem Loch von 4 cm Durchmesser. Auf dasselbe leimt man ein 4 cm hohes Klötzchen, welches das Loch tangiert. Oben am senkrechten Brettchen befestigt man an ein aufgeleimtes Klötzchen ein federndes Holzblatt — Stück einer Reissschiene —, das bis nahe an das Grundbrettchen reicht. Mit der Schiene wird genau über dem Loch im Grundbrett eine Kugel von 3 cm Durchmesser gegen das seitliche Klötzchen gepresst. Dicht an die Schiene legt man eine zweite Kugel. Schlägt man mit der Hand an die Schiene, so wird die davorliegende Kugel fortgeschleudert, die andere, nun freigewordene Kugel fällt senkrecht zu Boden. Damit die Fallhöhe grösser werde, stellt man sich auf einen Sessel.

Pe

K

Sire

Pendel.

Die Verwandlung einer Form der Energie in eine andere kann gut am Pendel erklärt werden.

Das Pendel wird aus der Lage gebracht, dabei wird Arbeit geleistet, die Energie ist auf das Pendel übertragen worden; es besitzt nun Energie der Lage. Lässt man das Pendel los, so fällt es; die Energie der Lage verwandelt sich in Energie der Bewegung. Je tiefer das Pendel sinkt, um so mehr verschwindet die Energie der Lage, um so grösser ist die Energie der Bewegung. Wenn das Pendel die tiefste Lage erreicht, ist nur noch Energie der Bewegung vorhanden. Beim Steigen setzt sie sich wieder in Energie der Lage um. Wenn das Pendel die höchste Lage erreicht, ist nur noch Energie der Lage vorhanden.

## 15. Das Pendel.

Quadrat.  
Rahmen.  
Pendel.

Die Pendel werden bifilar aufgehängt.

1. Man lässt ein Pendel bald weiter, bald weniger weit ausschlagen und lässt die Schüler die Schwingungsdauer beobachten.
2. Die zwei gleichlangen Pendel mit ungleichschweren Linsen werden in Schwingung versetzt.

3. Die Pendel mit den Längen 1 und 4 werden am Rahmen aufgehängt. Der eine Teil der Schüler zählt die Schwingungen des einen, der andere Teil die des andern Pendels. Ebenso die Pendel mit den Längen 1 und 9, hierauf 4 und 9.

4. Man lasse ein 994 m langes Pendel schwingen.

Sekundenpendel.

5. Man befestigt auf die Schwungmaschine die Sirene und auf diese den Drahtbügel mit Pendel. (Senkblei.) (L. Fig. 34.) Das Pendel wird wenig aus der Lage gebracht und hierauf die Maschine in Drehung versetzt. Scheinbare Drehung der Pendelebene.

6. Man hält zuerst über den Nordpol des Globus, dann über einen Punkt mittlerer Breite — Zürich —, dann über einen Punkt des Äquators ein Lineal in bestimmter Richtung, z. B. Nord—Süd, und dreht den Globus langsam um seine Achse, wobei man Sorge trägt, dass das Lineal die Nord—Süd-Richtung beibehält.

Globus.  
Lineal.

7. Die Metallplatte zum Befestigen der Sekundenuhr wird am besten dauernd an der Wand angeschraubt; an ihr wird das Uhrwerk durch die grosse Schraube befestigt. Um die Uhr aufzuziehen, hebt man den kleinen Hebel vorn über dem Zifferblatt, schiebt die Achse des Steigrades zurück und dreht den grossen Zeiger in Gegenzeigerrichtung. Hierauf wird der kleine Hebel wieder gehoben, die Achse vorgeschoben und festgelegt. Die Pendelstange wird von unten in die Öffnung der Achse geschoben und festgeschraubt. Hierauf wird die Pendellinse an ihr befestigt. Der grosse Zeiger zeigt Sekunden und macht die Umdrehung in einer Minute, der kleine braucht eine Minute von einer Stundenzahl zur andern. Die kurze Pendelstange ist ein Viertel der langen; sie führt die Schwingung in einer halben Sekunde aus. Um die Uhr auseinander zu nehmen, löst man die grosse Schraube oben und die Schräubchen im Zifferblatt.

Sekundenuhr.

## 16. Die Schwungkraft.

1. Schwingt man ein Pendel im Kreis, so bleibt die Schnur immer gestreckt; die Hand verspürt einen Zug.

ende.

2. Wird ein Körper an einer elastischen Schnur oder einem dünnen Kautschukschlauch im Kreise geschwungen, so verlängert sie sich um so mehr, je rascher man schwingt.

Elastische  
Schnur oder  
dünner Kaut-  
schukschlauch.

3. Setzt man das Glasgefäß, das die Form eines Lampenbehälters hat (L. Fig. 38), auf die Schwungmaschine und giesst in dasselbe Wasser, so bildet dieses beim raschen Drehen einen Ring, der deutlicher wird, wenn man das Wasser färbt. Giesst man Quecksilber hinzu, so bildet dieses einen zweiten, äussern Ring.

Schwung-  
maschine. Glas-  
gefäß.

- P Abplattungsmodell. 4. Man setzt das Abplattungsmodell (L. Fig. 36) auf die Maschine.
- P Watts Regulator. 5. Die Kugeln von Watts Regulator gehen um so rascher voneinander, je schneller man dreht.
- Po Grosser Glaskolben. 6. Ein grosser Glaskolben, in dem sich Wasser befindet, wird aufrecht rasch in horizontalem Kreise geschwungen. Das Wasser bildet einen Trichter.
- F Federhalter. Schnur. 7. Man knüpfe einen Federhalter (Bleistift, kleine Schere usw.) mit einem Ende an eine 40—50 cm lange dünne Schnur, fasse ihr anderes Ende mit Daumen und Zeigfinger und drehe sie rasch stets im gleichen Sinn zwischen den Fingern. Der Federhalter beschreibt einen wagrechten Kreis.
- Ge Fünffrankenstein. 8. Kreisel. Ein auf den Rand gestelltes Fünffrankenstein fällt leicht um. Setzt man es in rotierende Bewegung, so behält es seine Stellung.
- Frisches und hartgesottenes Ei. 9. Man fasst ein Ei mit Daumen und Mittelfinger der rechten Hand an beiden Enden und setzt es in drehende Bewegung. Das frische Ei dreht sich wenige mal; das hartgesottene Ei stellt sich bald auf das eine Ende und rotiert längere Zeit.
- Kreisel. Karton. 10. Man stecke, um einen Kreisel zu erhalten, durch den Mittelpunkt einer kreisrunden Kartonscheibe von 10—15 cm Durchmesser ein zugespitztes Zündhölzchen. Der ruhende Kreisel fällt um, der sich drehende nicht. Mit einem steifen Stück Karton werfe man den ruhenden Kreisel wiederholt in die Höhe und fange ihn auf; er kommt in allen Richtungen an. Der sich drehende Kreisel fällt immer mit der Spitze auf die Unterlage. Er setzt Richtungsänderungen Widerstand entgegen.

## 17. Das Zusammenwirken von Kräften.

- Reissbrett, Reisssschiene. 1. Man ziehe längs der Reisssschiene eine Linie, während man gleichzeitig die Reisssschiene gegen sich zieht.
- Zylinder. Lot. 2. Man wickle um einen Zylinder die Schnur des Lotes und lasse die Schnur sich abwickeln, während der Zylinder auf dem Tischrand fortgerollt wird.
- Rollen u. Schnur zum Parallelogramm der Kräfte. Quadrat. Rahmen. Anhängegewichte. 3. Am oberen Schenkel des quadratischen Rahmens oder am oberen und an einem seitlichen oder an beiden seitlichen Schenkeln in verschiedener Höhe befestigt man die zwei Rollen (Apparat No. 28), legt über sie die Schnur und hängt an ihre drei Enden Anhängegewichte (L. Fig. 40). Man veranschauliche die durch Zeichnungen dargestellten Verhältnisse, wobei man die Zeichnungen hinter die Schnüre hält.
- Aufgabe 120. Wie lang steigt ein Körper, der mit der Anfangsgeschwindigkeit von 200 m senkrecht in die Höhe geworfen wird?  $\frac{200}{10}$  Sek. = 20 Sekunden.

Aufgabe 121. Wie hoch steigt er?  $20^2 \cdot 5 \text{ m} = 2000 \text{ m}$ .

Aufgabe 122. Mit welcher Schnelligkeit kommt er am Boden an, wenn vom Luftwiderstand abgesehen wird?  $20 \cdot 10 \text{ m} = 200 \text{ m}$ .

## 19. Die Reibung.

1. Die „schiefe Ebene“ wird horizontal gestellt, ihre Schnur mit einem Reissnagel am Prisma befestigt und über die Rolle gelegt. Man untersucht, wieviel Gewicht auf die Wagschale gelegt werden muss, um das Prisma zu bewegen, wenn es

- a) auf die kleine Fläche,
- b) auf die grosse Fläche gelegt,
- c) wenn es beschwert wird.

Schiefe Ebene.  
Prisma.  
Gewichte.

dito.

2. Man lege Bleistifte als Rollen auf die „schiefe Ebene“ in Abständen, die kleiner sind als die Länge des Prismas, und untersuche, wie viel Kraft jetzt notwendig ist, um das Prisma zu bewegen.

Aufgabe 136. Welche Arbeit muss aufgewendet werden, um einen Eisenbahnwagen von  $100 \text{ q}$  Gewicht  $200 \text{ m}$  weit fortzubewegen, wenn die Reibungswiderstände  $\frac{1}{250}$  der Last betragen?  $\frac{10000}{250} \cdot 200 \text{ m kg} = 8000 \text{ m kg}$ .

Bleistifte.

## 20. Die Kohäsion.

### Teilbarkeit.

1. Einige Fuchsinkristalle werden in wenigen Tropfen Weingeist gelöst. Mit der Lösung wird das Wasser in einem Becherglas gefärbt. Mit einem Teil des gefärbten Wassers kann man den Inhalt eines zweiten Becherglases noch deutlich färben.

Fuchsins, Wein-geist, Batterie-gläser. Probier-gläschen. Wein-geistlampe.

Man löst  $0,1 \text{ g}$  Fuchsins in etwas Weingeist in einem Probiergläschen über der Weingeistflamme (Vorsicht) und giesst die Lösung in 1 Liter Wasser. Mit  $1 \text{ cm}^3$  der verdünnten Lösung kann man 1 Liter Wasser noch ganz deutlich rot färben. Verdünnung:  $1 : 10,000,000$ .

2. Etwas übermangansaures Kalium, Kaliumpermanganat. ( $\text{K}_2\text{Mn}_2\text{O}_8$ ) wird in Wasser gelöst und ein Tropfen in ein Becherglas mit Wasser geschüttet. Der Tropfen verteilt sich.

Übermangan-saures Kalium.  
Probiergläschen.  
Batterieglas.

Man löst  $0,1 \text{ g}$  übermangansaures Kalium in etwas Wasser in einem Probiergläschen und giesst die intensiv violettrote Flüssigkeit in 1 Liter Wasser.  $10 \text{ cm}^3$  der neuen Lösung färben einen Liter Wasser noch deutlich. Verdünnung:  $1 : 1,000,000$ .

Die Versuche über Teilbarkeit können auch mit Anilin, Fluorescein, Eosin gemacht werden.

Bei Atmosphärendruck und  $0^\circ \text{ C}$ . sind in  $1 \text{ cm}^3$  Gas etwa  $10^{20}$  Moleküle enthalten. Das Gewicht von einem Atom Wasserstoff würde demnach etwa  $10^{-24} \text{ g}$  betragen.

### Festigkeit.

Flaches Lineal.

1. Man lege ein flaches Lineal (Wandtafellineal) mit beiden Enden flach auf zwei benachbarte Tische und drücke mit der Hand darauf. Hierauf lege man das Lineal auf die schmale Seite, und versuche wieder, es zu biegen.

2. Man befestige zwei flache Brettchen mit Nägeln rechtwinklig zu einander:  $\perp$  oder  $\perp$  und zeige die Festigkeit der Verbindung.

Quadratischer Rahmen.  
Nähfaden.  
Bindfaden.  
Metalldraht.

3. Befestige am quadratischen Rahmen Nähfaden, Bindfaden, Kupferdraht, Eisendraht gleicher Länge; hänge an ihr unteres Ende eine Wagschale und lege Gewichte auf, bis sie reissen. Ein ausgeglühter Eisendraht von 0,5 mm Dicke und 70 cm Länge trägt ca. 7900 g.

### Dehnbarkeit.

Glasröhre.  
Weingeistlampe.  
Blei, Hammer.

1. Man ziehe eine Glasröhre zu einem dünnen Faden aus.  
2. Man hämmere ein Stück Blei dünn aus.

### Elastizität.

Uhrfeder.  
Marmorplatte.  
Elfenbeinkugel.

1. Strecke eine Uhrfeder aus und gib sie frei.  
2. Eine Elfenbeinkugel, die gegen eine Marmorplatte geworfen wird, springt auf. Man schwärze die Marmorplatte mit Russ. (Wattebausch an Draht mit Terpentin getränkt.) Legt man die Kugel darauf, so ist an ihr nur ein schwarzer Punkt zu bemerken; wirft man sie gegen die Platte, so entsteht ein kreisrunder schwarzer Fleck.

## 21. Die Adhäsion.

Geldstück.

1. Ein angehauchtes Geldstück (Fünffrankenstück), das an die Stirne gepresst wird, haftet an derselben.

2 Glasstreifen.

2. Zwei Glasstreifen (Objektträger für mikroskopische Präparate) werden trocken aufeinandergelegt, sie haften nicht aneinander. Werden sie befeuchtet, so kann man mit dem einen den untern in die Höhe heben.

Ölpapier oder  
befettete Glas-  
scheibe.

3. Man spritzt Wasser auf Ölpapier oder eine befettete Glasscheibe.

4. Man taucht einen Finger, einen Schlüssel in Quecksilber; sie werden nicht nass; auch das Glas-, das Porzellangefäß, in welchem das Quecksilber sich befindet, bleibt trocken.

Stanniol oder  
Zinkplatte.

5. Man bringt einen Tropfen Quecksilber auf ein Stück Stanniol; es zerfliesst. Der Versuch kann auch mit einer Zinkplatte gemacht werden, die mit verdünnter Schwefelsäure gereinigt wurde. (Amalgamieren.)

2 Stck. Siegellack.  
Weingeistlampe.

6. Zwei Stücke Siegellack werden an der Weingeistlampe bis zum Schmelzen erwärmt und in ein Stück vereinigt.

Blechstück. Messing- od. Kupfer-  
draht. Lötwasser.

7. An ein Weissblechstück wird ein Messing- oder Kupferdraht gelötet.

Weingeistlampe,  
Zange.

## B. Flüssige Körper.

### 22. Die Verbreitung des Druckes in einer Flüssigkeit.

In Orten mit [zentraler Wasserversorgung] wissen die Schüler, dass das Wasser mit um so grösserer Lebhaftigkeit ausfliesst, je tiefer die Ausflussöffnung liegt, dass der Druck sich also durch die Röhrenleitungen fortpflanzt, ob sie senkrecht, wagrecht oder schief verlaufen.

1. In das mit Wasser gefüllte Standglas oder eine starke Flasche bringt man umgekehrt ein zum Teil mit Wasser gefülltes Probiergläschen, das im Wasser gerade noch schwimmt. Verschliesst man die Mündung des Gefäßes mit der Hand und drückt man auf das Wasser, so sinkt und steigt das Probiergläschen, je nach dem Druck, den man ausübt.

Kartesianischer  
Taucher.  
Standglas oder  
Flasche.

2. Eine weite und eine enge Glasröhre sind durch einen Kautschuk-schlauch untereinander verbunden. Man füllt sie zum Teil mit Wasser und gibt den Röhren verschiedene Stellungen gegeneinander.

Kommunizie-  
rende Gefässe.

#### 3. a) Springbrunnenversuch.

Ein langes, weites Glasrohr wird mit einem Ppropf geschlossen, durch welchen eine kurze, zweimal rechtwinklig umgebogene und in eine Spitze auslaufende Glasröhre geht. Das Rohr wird mit Wasser gefüllt.

Langes Glas-  
rohr. 2mal recht-  
winklig gebo-  
gene Glasröhre.

3. b) Oder: Aus einem höher gelegenen Gefäß wird vermittelst eines langen Kautschukschlauches Wasser herbeigeleitet. In den Schlauch steckt man ein Glasrörchen mit enger Öffnung.

Kautschuk-  
schlauch und  
Glasröhre.

Damit der aufsteigende Wasserstrahl durch die zurückfallenden Wassermassen nicht gehemmt wird, lässt man den Springbrunnen etwas schief aufsteigen.

4. Versuch mit dem Segnerschen Wasserrad (am besten am Segners Wasser-  
rad. Brunnen).

Man trage Sorge, dass der Träger des Rades nicht durchsticht. Im Schrank lege man das Rad neben den Träger.

### 23. Die hydraulische Presse.

Am gläsernen Modell der hydraulischen Presse kann gezeigt werden, dass der grosse Kolben um so langsamer in die Höhe geht, je mehr mal sein Querschnitt grösser ist, als der des kleinen Kolbens. Der grosse Kolben wird etwas eingefettet.

Modell der  
hydraul. Presse.

Aufg. 168. Welchen Druck vermag eine hydraulische Presse zu liefern, wenn die Kraft = 150 kg, der Kraftarm zehnmal grösser, als der Lastarm und der Presskolben einen zweihundert mal grösseren Querschnitt hat, als der Pumpenkolben?  $150 \cdot 10 \cdot 200 \text{ kg} = 300,000 \text{ kg} = 3000 \text{ q.}$

## 24. Das archimedische Prinzip.

I  
Apparat für  
Auftrieb.

1. Auftrieb. Falls die Glasplatte nicht ganz gut schliesst, befettet man den Rand des Zylinders ganz wenig. Zum Füllen des Zylinders verwendet man bei grossen Klassen mit Vorteil gefärbtes Wasser. Beschreibung des Versuches im Lehrmittel (L. Fig. 48).

2. Der Apparat zum Nachweis des archimedischen Prinzips (L. Fig. 49) wird an die kurze Wagschale gehängt und durch Auflegen von Gewichten Gleichgewicht hergestellt.

Hierauf wird

3. der massive Zylinder ins Wasser getaucht. Das Niveau des Wassers steigt; der Körper verdrängt eine Wassermasse, die seinem Volumen entspricht. An der Wage wird Gleichgewicht hergestellt, indem man den Hohlzylinder vermittelst eines Stechhebers mit Wasser füllt. Der Gewichtsverlust des Zylinders ist gleich dem Gewicht des verdrängten Wassers.

4. Dass der Gewichtsverlust nur scheinbar ist, zeigt man auf folgende Art: Auf die Wagschale stellt man ein zum Teil mit Wasser gefülltes Glas und daneben einen Körper, z. B. das Hundertgrammgewicht. Es wird Gleichgewicht hergestellt. Hierauf bringt man den Körper in das Glas; dann hängt man ihn vermittelst eines Fadens an die Wagschale und lässt ihn in das Wasser eintauchen.

5. Ein Körper wird gewogen, an die kurze Wagschale gehängt, ins Wasser getaucht und sein Gewichtsverlust bestimmt. Hierauf wird ein Glas mit Wasser auf die Wagschale gestellt und Gleichgewicht hergestellt. Dann wird der Körper am Retortenhalter aufgehängt, ins Wasser des Glases getaucht und die Gewichtszunahme des letzteren bestimmt. Sie ist gleich der Gewichtsabnahme des Körpers.

Wenn zwei Wagen zur Verfügung stehen, können beide Versuche miteinander verbunden werden.

Aufg. 171. Ein rechtwinkliger Körper ist 22 cm lang, 6 cm breit und 4 cm hoch. Welches ist sein Gewichtsverlust, wenn er ganz unter Wasser taucht? Inhalt =  $22 \times 6 \times 4 \text{ cm}^3 = 528 \text{ cm}^3$ . Verlust 528 g.

Aufg. 172. Ein Würfel von 5 cm Seitenkante wiegt in der Luft 700 g; wie viel im Wasser?  $700 - 5^3 \text{ g} = 575 \text{ g}$ .

P  
G  
F  
G  
s  
ebenso.  
Retortenhalter.

Apparat zum  
Nachweis des  
archimedischen  
Prinzips.  
Wage mit kur-  
zer Wagschale.  
Großes Glas-  
gefäß.  
Stechheber.

Wage.  
Glasgefäß.  
Gewicht.

## 25. Das Schwimmen.

2 verschiedene  
große Becher-  
gläser.  
Stück Holz.  
Wage.

1. In ein mit Wasser gefülltes Becherglas, das in einem grösseren leeren Glase steht, bringt man ein Stück Holz, dessen Gewicht man vorher bestimmt hat, und wägt das Wasser, das der Körper verdrängt. Es ist das Gewicht des verdrängten Wassers gleich dem Gewicht des Körpers.

2. Eine Porzellanschale, die auf das Wasser gestellt wird, schwimmt. Porzellanschale.  
Wird sie der Höhe nach in Wasser gestellt, so sinkt sie unter. Flaches Gefäß mit Wasser.
3. Öl schwimmt auf dem Wasser. Glasgefäß. Öl.
4. Die Luftblase der Wasserwage befindet sich an der höchsten Stelle des Rohres (L. Fig. 50). Die Wasserwage wird so gestellt, dass die Blase einspielt. Hierauf wird sie um  $180^{\circ}$  gedreht. Die Blase muss wieder einspielen. Wasserwage.
5. Mit Hilfe der Wasserwage wird eine horizontale Fläche hergestellt. Wasserwage. Reissbrett.  
Man stellt sie auf ein Reissbrett und legt Papierabschnitte unter dieses, bis die Luftblase einspielt. Hierauf wird die Wasserwage um  $90^{\circ}$  gedreht und das Einspielen der Blase herbeigeführt. Nachdem man sie noch einigermal in beide Stellungen gebracht hat, kann man zeigen, dass jede Linie des Reissbrettes horizontal liegt.

Mit der an der Schmalseite liegenden Wasserwage können auch senkrechte Flächen geprüft werden.

Aufg. 182. Welches Gewicht hat ein Schiff, das  $8000 \text{ m}^3$  Flusswasser verdrängt?  $8000 \text{ t}$ . (Das Schiff „Celtic“ der White Star Line verdrängt  $37,700 \text{ t}$  Wasser.)

Aufg. 183. Wie viel Kubikmeter Meerwasser verdrängt dasselbe, wenn  $1 \text{ dm}^3$  Meerwasser  $1035 \text{ g}$  wiegt?  $1 \text{ m}^3$  Meerwasser wiegt  $1,035 \text{ t}$ . Das Schiff verdrängt  $\frac{8000}{1,035} \text{ t} = 7730 \text{ m}^3$ .

Aufg. 184. Wie viel stärker kann dieses Schiff im Meer belastet werden, als im Süßwasser, wenn es gleich tief einsinken soll?  $8000 \text{ m}^3$  Meerwasser wiegen  $8280 \text{ t}$ . Die Mehrbelastung beträgt somit  $280 \text{ t}$ .

## 26. Das spezifische Gewicht.

1. Verschiedene Körper werden gewogen, an einem Faden an der kurzen Wagschale aufgehängt und ins Wasser getaucht. Ihr Gewichtsverlust wird bestimmt, ihr Rauminhalt angegeben und das Gewicht eines Kubikzentimeters berechnet. Wage. Glasgefäß. Gusseisen. Blei. Granit. Erz etc. Faden.
2. Ein Stückchen Tannenholz, dessen Gewicht bestimmt worden ist, wird mit einem spezifisch schweren Körper, z. B. dem Zweihundertgramm-gewicht verbunden, nachdem man den Gewichtsverlust des Gewichtsteins bestimmt hat. Man ermittelt den Gewichtsverlust der beiden Körper, zieht von demselben den Gewichtsverlust des Gewichtsteines ab und hat den Gewichtsverlust und somit auch den Inhalt des Stückes Tannenholz. Stück Tannenholz. Gewichtstein von  $200 \text{ g}$ . Wage. Grosses Glasgefäß. Faden.

Um rasch arbeiten zu können, sammelt man in ein Zigarrenkistchen verschiedene passende Körper, legt um sie einen dünnen Kupferdraht, den man oben zu einem Haken dreht, so dass sie ohne weiteres an die Wage gehängt werden können.

Wage. Kleines  
Fläschchen.  
Quecksilber.  
Schwefelsäure.  
Weingeist.  
Faden.

Porzellanschale.  
Quecksilber.  
Nagel. Blei-  
kugel. Marbel.

Aräometer,  
Standglas.  
Kochsalz.

Weingeist.

Milchwage.  
Standglas.  
Milch.

s

3. Ein Fläschchen, dessen Gewicht bestimmt worden ist, wird bis zu einer durch einen umgebundenen Nähfaden bestimmten Höhe nacheinander mit Quecksilber, Schwefelsäure, Weingeist und hernach bis zur gleichen Höhe mit Wasser gefüllt und gewogen. Das Gewicht des Wassers ohne Flasche in Gramm gibt den Rauminhalt in Kubikzentimeter an.

4. In eine Porzellanschale wird Quecksilber gegossen. Kleine Gegenstände, wie eiserne Nägel, Bleikugel, Marbel, Holzkugel, schwimmen auf demselben. Eisen taucht wenig mehr als zur Hälfte ein.

Man lege diese Gegenstände in einem Federschäckelchen in obiges Kistchen.

5. Das Aräometer wird in das mit Wasser gefüllte Standglas gestellt. Hierauf setzt man dem Wasser mehr und mehr Kochsalz zu; es sinkt immer weniger ein.

6. Füllt man das Standglas mit Weingeist, so sinkt das Aräometer bis zum oberen Rand der Teilung ein.

7. Durch Eintauchen des Gefäßes in kaltes oder warmes Wasser bringt man Milch auf  $15^{\circ}\text{C}$ . Man senkt die Milchwage ein und findet bei normaler, unverfälschter Milch ein spezifisches Gewicht von  $1,029-1,034$ .

Vermischen wir die Milch mit Wasser, so wird sie leichter, und die Wage sinkt tiefer ein.

8. Lassen wir Milch 24 Stunden in einem Standglas stehen, so scheiden sich  $10-12$  Raumprozente Rahm aus. Heben wir den Rahm ab und wägen die „blaue“ Milch nochmals (bei  $15^{\circ}\text{C}$ ), so ist sie um  $2\frac{1}{2}-3\frac{1}{2}^{\circ}$  schwerer geworden und hat jetzt ein spezifisches Gewicht von  $1,0325-1,0365$ .

Aufg. 185. Ein Körper wiegt in der Luft  $65\text{ g}$ , im Wasser  $55,8\text{ g}$ . Welches ist das Gewicht des verdrängten Wassers?  $65 - 55,8\text{ g} = 9,2\text{ g}$ .

Aufg. 186. Welchen Rauminhalt hat der Körper?  $9,2\text{ cm}^3$ .

Aufg. 187. Welches ist sein spezifisches Gewicht?  $65 : 9,2 = 7,07$ .

Aufg. 188. Wie schwer erscheint im Wasser ein Stein von  $120\text{ kg}$  und  $2,5$  spezifischem Gewicht? Der Inhalt des Körpers ist  $120 : 2,5 = 48\text{ dm}^3$ . Er wird  $48\text{ kg}$  leichter und wiegt  $120 - 48\text{ kg} = 72\text{ kg}$ .

Aufg. 189. Ein leeres Fläschchen wiegt  $30\text{ g}$ , mit Wasser gefüllt  $180\text{ g}$ ; wie viel Kubikzentimeter fasst es?  $180 - 30 = 150\text{ cm}^3$ .

Aufg. 190. Mit Olivenöl gefüllt wiegt es  $168\text{ g}$ ; welches ist das spezifische Gewicht des Olivenöls? Das Olivenöl wiegt  $168 - 30 = 138\text{ g}$ .  $150\text{ cm}^3$  Olivenöl wiegen  $138\text{ g}$ ; das spezifische Gewicht ist  $138 : 150 = 0,92$ .

## 27. Fliessende Bewegung.

Ein Turbinenrädchen aus Papier dreht sich in der Luft.

Ein kreisrundes Stück steifes Papier von  $8-12\text{ cm}$  Durchmesser wird radial in  $8-12$  Ausschnitte zerschnitten, so dass inwendig eine Kreisscheibe

Turbinenrad  
aus Papier,

von  $1-2\text{ cm}$  Durchmesser ganz bleibt. Im Mittelpunkt tropft man Siegellack auf und stösst von der anderen Seite her mit einem Nagel eine Vertiefung in dasselbe. Dann drückt man die Ausschnitte in der gleichen Richtung schief. Die Vorrichtung wird auf das Nadelstativ gesetzt. Bläst man aus einiger Entfernung senkrecht von oben dagegen, hält man es in die Nähe des warmen Ofens, wo die Luft aufsteigt, oder im Winter gegen die Brüstung des geöffneten Fensters, bewegt man das Stativ aufwärts oder abwärts, so dreht sich das Rädchen lebhaft.

Aufg. 200. Die mittlere Geschwindigkeit eines Wasserlaufs sei  $0,5\text{ m}$ , der Querschnitt des Wasserkörpers  $1,2\text{ m}^2$ . Welche Wassermasse fliesst in der Sekunde durch den Querschnitt?  $1,2 \times 0,5\text{ m}^3 = 600\text{ l}$ .

Aufg. 201. Die Fallhöhe beträgt  $4,8\text{ m}$ . Welches ist der absolute Effekt der Wasserkraft? In einer Sekunde fallen  $600\text{ l}$   $4,8\text{ m}$  hoch; der absolute Effekt ist somit  $4,8 \cdot 600 = 2880\text{ smkg} = 38,4\text{ PS}$ .

Aufg. 202. Die Wasserkraft wird durch ein oberschlächtiges Wasserrad von  $0,45$  Wirkungsgrad nutzbar gemacht. Wie gross ist der Nutzeffekt der Anlage?  $38,4 \cdot 0,45 = 17,28\text{ PS}$ .

Aufg. 203. Das Wasserwerk in Rheinfelden entnimmt dem Rhein im Mittel  $325\text{ m}^3$  Wasser in der Sekunde; das mittlere Gefälle beträgt  $4\text{ m}$ . Welches ist der absolute Effekt der verfügbaren Wasserkraft?  $325\text{ m}^3$  Wasser =  $325,000\text{ kg}$ .

Bei  $4\text{ m}$  Gefälle =  $325,000 \cdot 4 = 1,300,000\text{ smkg} = \frac{1,300,000}{75}\text{ PS} = 17,333\text{ PS}$ .

Aufg. 204. Bei einer Turbinenanlage beträgt das Gefälle  $30\text{ m}$ , die Wassermenge  $20\text{ l}$  in der Sekunde. Der Nutzeffekt der Turbine ist  $6,8\text{ PS}$ . Welches ist der absolute Effekt der Wasserkraft, und wie gross ist der Wirkungsgrad der Turbine? Absoluter Effekt =  $30 \cdot 20 = 600\text{ smkg} = \frac{600}{75}\text{ PS} = 8\text{ PS}$ . Von  $8\text{ PS}$  werden  $6,8$  ausgenützt; der Wirkungsgrad ist somit  $\frac{6,8}{8} = 0,85$ .

## 28. Von den Molekularkräften in flüssigen Körpern.

1. Das Wasser steigt an den Wänden des Glasgefäßes empor, so dass Glas mit Wasser die Oberfläche, von der Seite gesehen, etwa  $2\text{ mm}$  dick erscheint.
2. Man giesst unter schiefem Winkel Wasser aus einem Glase; es fliesst dem Gefäß nach hinab.
3. Quecksilber hat in einem Glasgefäß eine konvexe Oberfläche.
4. Man taucht den mit Bärlapp bestäubten Finger in Wasser.
5. Man taucht ein Stück Zucker mit einer Ecke in gefärbtes Wasser.
6. Man giesst in den Apparat mit den Kapillarröhren gefärbtes Wasser oder gefärbten Weingeist. Steigt die Flüssigkeit in einem Röhrchen nicht sofort, so sauge man ganz wenig daran und benetze dadurch die Röhrenwand.
7. Man reinige zwei Glasscheiben von etwa  $12\text{ cm}$  Seite gut mit heißem Wasser und Seife. Lege sie mit der einen Kante aufeinander, bringe

Quecksilber in Glasgefäß.

Bärlapp.

Zucker.

Apparat mit Kapillarröhren.

2 Glasscheiben.

### 34. Die Heber.

**Stechheber.**

1. Mit dem **Stechheber** wird Wasser aus einem Gefäss gehoben (L. Fig. 66).

**Saugheber.**  
2 **Glasgefässe.**

2. Der **Saugheber** wird zum Fliessen gebracht. Wenn der längere Schenkel gehoben wird, fliessst das Wasser langsamer; ist die Mündung im Niveau der Wasserfläche, so hört das Fliessen auf; hebt man höher, so fliessst das Wasser zurück (L. Fig. 67).

**Gummischlauch.**

Der Versuch kann mit einem **Gummischlauch** wiederholt werden.

**Giftheber.**

3. Mit dem **Giftheber** (L. Fig. 68) wird Flüssigkeit aus einem höherliegenden Gefäss in ein tieferliegendes geleitet. Beim Ansaugen schliesst man mit dem Finger die untere Öffnung. Wenn die Flüssigkeit in die Kugel steigt, gibt man die Öffnung frei und hört zu saugen auf.

### 35. Die Pumpen.

**Saugpumpe.**  
**Druckpumpe.**

**Glasgefäß**  
mit **Wasser.**

1. **Saugpumpe** und **Druckpumpe** werden in Tätigkeit gesetzt.

2. Wenn das Steigrohr der Druckpumpe mit dem Ppropf, durch den ein Glasröhrchen geht, verschlossen wird, hat man das Modell einer einstiefeligen Feuerspritze.

Man fette die Kolben gut ein. Die Packung muss von Zeit zu Zeit erneuert werden. Man wickle Baumwollgarn um.

### 37. Der Luftballon.

**Wasserstoff-**  
**Apparat.** **Kol-**  
**lodiumballon.**

1. Ein **Kollodiumballon** wird mit Wasserstoff (oder Leuchtgas) gefüllt; er steigt an die Zimmerdecke empor. Zwischen Wasserstoffapparat und Ballon setzt man eine mit Watte oder Chlorcalcium gefüllte Röhre ein.

Wenn man den Kollodiumballon sorgfältig behandelt und in besonderem Schäcktelchen aufbewahrt, kann der gleiche Ballon viele Jahre dienen.

Aufgabe 260. Wenn ein Kubikmeter gewöhnliche Luft 1300 g, ein Kubikmeter Leuchtgas 800 g schwer ist, wie gross ist dann die Steigkraft eines mit Leuchtgas gefüllten Ballons von  $500 \text{ m}^3$  Inhalt und einem eigenen Gewicht von 150 kg? Steigkraft von  $1 \text{ m}^3$  Leuchtgas = 500 g; von  $500 \text{ m}^3$  = 250 kg. Steigkraft des Ballons  $250 - 150 = 100 \text{ kg}$ .

### 38. Diffusion der Gase.

**Kohlendioxyd-**  
**Apparat.**  
**Kerze an Draht.**  
**Glasgefäß.**

1. Man füllt ein Glasgefäß mit **Kohlendioxyd** und zeigt, dass eine brennende Kerze darin erloscht. Hierauf lässt man das Glasgefäß während etwa einer halben Stunde stehen; eine eingetauchte brennende Kerze brennt nun darin weiter.

wird Wasser in den Trichter gegossen. Das Wasser fliest nicht, oder, wenn die Mündung etwas weit ist, stossweise in das Gefäss.

3. Auf den Boden eines weiten, mit Wasser gefüllten Glases stellt man einen Gewichtstein und stülpt ein Glas darüber; es entweichen aus ihm Luftblasen.

4. Die Fallröhre wird ausgepumpt, auf die Wage gelegt und Gleichgewicht hergestellt. Lässt man die Luft einströmen, so sinkt die Schale mit der Röhre.

Damit die Wage nicht zu lang einer schweren Belastung ausgesetzt ist, notiere man das Gewicht der Fallröhre und lege das ganze Gewicht gleichzeitig mit der Fallröhre in die Wagschale.

5. In einem grossen, starken Glaskolben wird etwas Wasser zum Sieden erhitzt und mit dem Erhitzen fortgefahrene, bis er wieder durchsichtig wird. Hierauf wird er mit einem Kautschukpropf luftdicht verschlossen. Durch die Bohrung des Propfs geht eine kurze Glasröhre, die aussen in eine geschlossene Spitze ausgezogen ist. Man hängt den Kolben mit einem Faden an die kurze Wagschale und stellt Gleichgewicht her. Dann wartet man, bis er sich abgekühlt hat und die Dämpfe sich verdichtet haben. Hierauf bricht man mit der Zange die feine Spitze der Glasröhre ab. Luft dringt ein, und die Wagschale mit dem Glaskolben sinkt. Wenn der Glaskolben zu dünnwandig ist, kann er vom Luftdruck zusammengedrückt werden; man verwende also einen starkwandigen Glaskolben.

Batterieglas,  
Trinkglas. Ge-  
wichtstein.

Fallröhre.  
Wage.  
Luftpumpe.

Kochflasche.  
Propf mit aus-  
gezogener Glas-  
röhre. Wage.  
Weingeist-  
lampe. Retorten-  
halter. Zange.

### 30. Die Luftpumpe.

Zum Dichten des Rezipienten darf nicht zu viel Fett verwendet werden. Nach dem Gebrauch ist der Rezipient wieder gut zu reinigen. Wenn das Fett verhärtet, darf nicht versucht werden, mit einem harten Instrument den Rezipienten zu entfernen. Man erwärme in diesem Fall den Teller, um das Fett zu schmelzen. Reinlicher macht sich die Verwendung eines Stückes Kautschuk von der Dicke, wie er zum Dichten der Einmachgläser gebraucht wird. Man schneidet ein Stück von der Grösse des Tellers heraus und macht in dessen Mitte ein Loch. Für die meisten Versuche genügt dieser Verschluss.

Die Höhlung der Stopfbüchse, durch welche die Kolbenstange geht, wird zum Teil mit Waffenfett oder Öl gefüllt.

Um zu prüfen, ob alle Teile der Pumpe luftdicht schliessen, bringt man die Barometerprobe unter den Rezipienten und entleert diesen. Das Quecksilber soll nun seinen Stand längere Zeit unverändert beibehalten.

Beim Pumpen den Kolben bis an den Boden und die Decke bewegen!

### 31. Elastizität der Luft.

1a. Ein teilweise mit Wasser gefüllter Glaskolben (L. Fig. 60) wird umgekehrt in ein zur Hälfte mit Wasser gefülltes Batterieglas gestellt

Glaskolben.  
Batterieglas.

und unter den Rezipienten gebracht. Schon beim ersten Kolbenhub dehnt sich die Luft im Kolben stark aus. Lässt man Luft in den Rezipienten einströmen, so wird die Luft auf ihr früheres Volumen zusammengepresst.

1b. Pumpt man weiter, so steigen Luftblasen aus dem Glaskolben, und er füllt sich nachher fast völlig mit Wasser. Am Raum, den die Luft noch einnimmt, erkennt man den Grad der Verdünnung.

2 Glasgefäße.  
Heberröhre.

2a. Zwei Glasgefäße (Medizinflaschen) werden durch eine zweimal rechtwinklig gebogene Glasröhre, die in beiden Gefäßen bis auf den Boden reicht, miteinander verbunden. Durch den Hals des einen Gefäßes, das zum Teil mit Wasser gefüllt ist, geht die Röhre luftdicht schliessend. Unter dem Rezipienten fliessst das Wasser ins zweite Gefäß. Lässt man die Luft eintreten, so fliessst es wieder zurück.

2b. Es kann auch zuerst das offene Gefäß, das etwas grösser sein sollte als das andere, mit Wasser gefüllt werden. Unter dem Rezipienten wird die Luft aus dem geschlossenen Gefäß gezogen. Wenn die Luft in den Rezipienten strömt, wird das Wasser ins zweite Gefäß gedrückt.

Heronsball.

3. Durch Einblasen von Luft wird der Heronsball zum Fliessen gebracht (L. Fig. 61).

Spritzflasche.

4. Man verschliesse die Flasche des Heronsballs mit einem doppelt durchbohrten Pfropf. Durch die eine Öffnung stecke man die Röhre des Heronsballs, durch die andere eine in stumpfem Winkel abgebogene Glasröhre. Man setzt die „Spritzflasche“ in Tätigkeit.

Heronsball.

5. Der Heronsball fliessst unter dem Rezipienten.

Heronsball und  
Glasgefäß.

6. Stellt man den Heronsball umgekehrt in ein Glas mit Wasser so entweicht unter dem Rezipienten zuerst Luft aus dem Heronsball. Wenn die Luft wieder in den Rezipienten strömt, entsteht im Innern des Heronballs ein Springbrunnen. Der verjüngte Teil der Glasröhre muss in den Heronsball gehen und darf nicht zu weit hineinreichen.

„Holunder-  
büchse“.

7. Eine starkwandige Glas- oder Metallröhre wird am einen Ende durch einen Pfropf verschlossen. Mit einem starken Lineal wird von der andern Seite ein gut anschliessender weicher Propf durchgestossen.

Um den Propf weich zu machen, werfe man denselben für kurze Zeit in siedendes Wasser.

### 32. Druck der Luft.

Kautschuk-  
schlauch.

1. Ein einerseits geschlossener Kautschukschlauch wird beim Aussaugen bandförmig.

Reagenz-  
gläschen.

2. Ein Reagenzgläschen (Fingerhut, kleine Flasche), aus dem man die Luft saugt, haftet an den Lippen.

3. Man lege den Deckel eines Zigarrenkistchens so auf den Tisch, dass der Schwerpunkt auf dem Rande liegt und der schwächste Stoss es zum Hinabfallen bringt. Über das Brettchen breitet man ein grosses Zeitungsblatt oder mehrere solcher aus und streicht sie auf dem Brettchen und dem Tisch glatt an. Mit der Faust schlägt man kräftig auf den vorspringenden Teil des Brettchens; es bleibt liegen. Mit einem Stock kann man den vorspringenden Teil abschlagen.

Deckel eines  
Zigarren-  
kistchens.

4. Saugt man am freien Ende einer ins Wasser gestellten Glasröhre, so steigt das Wasser empor.

Glasröhre.

5. Man dreht ein Trinkglas unter Wasser um und zieht es mit dem Boden nach oben empor, so dass der Rand unter Wasser bleibt.

Wassergefäß.  
Glas.

6. Ein Trinkglas mit ebenem Rand wird mit Wasser gefüllt und ein Blatt Papier daraufgelegt. Die eine Hand fasst das Glas, die andere wird auf das Papier gelegt; hierauf wird das Glas umgekehrt und die Hand weggezogen. Will man das Glas wieder aufrichten, so hebt man es senkrecht empor, drückt mit der Hand gegen das Papier und kehrt das Glas um.

Glas mit ebenem  
Rand.

7. Eine Glasröhre wird ins Wasser gestellt und oben mit dem Daumen verschlossen. Man kann eine Flüssigkeitssäule herausheben; zieht man aber den Daumen weg, so fällt das Wasser heraus.

Glasröhre.

8a. Der Rezipient wird teilweise entleert; er haftet fest am Teller.

Luftpumpe.

8b. Man saugt die Luft aus den Magdeburger Halbkugeln, indem man dieselben an den Mund ansetzt, und zeigt, dass es einige Kraft braucht, um sie auseinanderzureißen. Hierauf werden sie ausgepumpt.

Magdeburger  
Halbkugeln.

Beim Aufsetzen der Magdeburger Halbkugeln und der Fallröhre den Apparat am Hahn fassen, damit das darüber liegende Gewinde nicht ausgedreht wird!

Wenn man Knaben an ihnen reissen lässt, muss man Sorge tragen, dass weder diese noch die Kugeln Schaden leiden.

Nach dem Gebrauch das Fett entfernen!

9. Schweinsblase wird feucht mit einer Schnur glatt über den Ring gebunden; beim Trocknen zieht sie sich straff an. Vermag der Luftdruck nicht, sie einzudrücken, so schlage man gelinde mit einem stumpfen Körper (Messerheft) darauf. Schraubt man die untere Hälfte der Magdeburger Halbkugeln auf die Luftpumpe und legt den Ring auf diese, so wird der Knall stärker.

Ring zum  
Blasen-  
sprengen.

Es ist nicht ratsam, eine Glasscheibe einzudrücken, da die Glassplitter die Maschine beschädigen und umhergeschleudert werden.

10. Das kleine Heberbarometer wird unter den Rezipienten gestellt.

Barometer-  
probe.

Glasröhre. Kurz-  
er Kautschuk-  
schlauch.  
Quecksilber.

10a. Eine 95 cm lange Glasröhre wird 13 cm von einem Ende rechtwinklig umgebogen. Auf den Boden stellt man senkrecht unter den Tischrand das Gefäss mit Quecksilber, stellt die Röhre in dasselbe und verbindet das umgebogene Ende durch ein etwa 5 cm langes Stück Kautschukschlauch mit dem kurzen Rohrstück der Luftpumpe, so dass die Glasröhre an der Metallröhre anliegt. Nachdem man die Luft im Rezipienten verdünnt hat, stellt man den Hahn so, dass der Rezipient und die Glasröhre in Verbindung stehen. Das Quecksilber steigt in der Röhre empor; um so höher, je grösser die Verdünnung ist.

10b. Man kann auch die Röhre mit dem Zylinder der Pumpe verbinden. Wenn man den Kolben langsam emporzieht, steigt das Quecksilber nach. Bei einem zweiten Hub erreicht es beinahe die Höhe des Barometerstandes.

Lange Glasröhre  
mit Ppropf.  
Wassergefäß.

11. Eine etwa 1,5 m lange, etwas weite Glasröhre wird auf der einen Seite luftdicht verkorkt und mit Wasser gefüllt. Die Mündung wird mit der flachen Hand verschlossen und die Röhre umgekehrt in ein Gefäss mit Wasser gestellt. Hebt man die Röhre aus dem Wasser empor, so fliesst das Wasser aus derselben von unten herab.

(Torricellis Ver-  
such.) Gestell  
mit Baromete-  
röhre. Queck-  
silber. Batterie-  
glas. Papier-  
trichter.

12. Zum Füllen der Barometerröhre (L. Fig. 62) verwende man einen kleinen Papiertrichter. Die Röhre wird in ein grösseres Glasgefäß gestellt, um allfällig herunterfallende Quecksilbertropfen zu sammeln. Wenn sie bis an einige Zentimeter gefüllt ist, wird sie mit dem Daumen fest verschlossen und einige Mal vorsichtig umgekehrt, damit die Luftblasen entfernt werden. Jedesmal, wenn die grosse Luftblase wieder am offenen Ende angelangt ist, wird die Röhre etwas gedreht, damit alle Seiten der Wandung von der Blase abgespült werden. Ist die Röhre gefüllt, so giesst man den Rest des Quecksilbers ins Gläschen, verschliesst die Röhre mit dem Zeigfinger, kehrt sie um und taucht die Mündung ins Gläschen unter das Quecksilber. Man zieht den Finger schon weg, wenn die Röhre halb aufgerichtet ist, damit das Ausfliessen des Quecksilbers langsam geschehe. (Über das Reinigen von Quecksilber siehe am Schluss.)

Die Barometerröhre, die an die Primarschule abgeliefert wird, ist unten in Form einer Tabakpfeife umgebogen. Man füllt den kurzen, weiten Schenkel mit Quecksilber, verschliesst mit dem Daumen der rechten Hand und neigt die Röhre nach links, so dass das Quecksilber in die lange Röhre fliesst. Hierauf richtet man die Röhre auf. War sie nicht ganz gefüllt worden, so giesst man nochmals Quecksilber nach und wiederholt den Handgriff. Nachdem die Röhre im Gestell befestigt ist, giesst man noch etwas Quecksilber nach, oder nimmt solches aus dem kurzen Schenkel heraus, so dass das Niveau mit dem Nullpunkt der Skala zusammenfällt.

13. Die Barometerröhre wird seitlich geneigt, um zu zeigen, dass der Hohlraum sich völlig mit Quecksilber füllt, somit luftleer ist. Das Quecksilber schlägt mit hartem Ton an die Kuppe der Röhre.

14. Die gefüllte Barometerröhre wird samt dem Gläschen in ein grösseres Glas mit Wasser gestellt und hierauf die Mündung der Röhre über das Niveau des Quecksilbers im Gläschen gehoben. Das Quecksilber fällt und wird durch Wasser ersetzt, das die Röhre ganz ausfüllt. Hebt man das Barometerrohr aus dem Gefäss heraus, so kann man es gefüllt umhertragen, ohne dass Wasser ausfliesst. Bewegt man die Röhre rasch abwärts und hält an, so steigt eine Luftblase durch die Röhre empor.

Glas mit Wasser.  
Torricellische  
Röhre.

Aufgabe 228. Der Ring zum Blasensprengen hat einen innern Durchmesser von 8 cm; wie gross ist der Druck auf die Blase, wenn der Raum luftleer ist? Fläche  $4^2 \pi \text{ cm}^2 = 50,24 \text{ cm}^2$ ; Druck = 50,24 kg.

### 33. Das Barometer.

1. Man lasse die Schüler während längerer Zeit Barometer- und Thermometerbeobachtungen machen, in Tabellen eintragen und graphisch darstellen.

2. Man bespreche mit den Schülern mehrere aufeinanderfolgende Wetterkärtchen der meteorologischen Station.

Wetterkärtchen  
der meteorologi-  
schen Station.

Die Besprechung ist um so erfolgreicher, wenn die Kärtchen die jüngste Zeit betreffen, während welcher die Schüler Barometer- und Thermometerstand, Windrichtung und Bewölkung beobachtet haben.

3. Mit einem Aneroidbarometer besteigt man in Begleitung der Schüler eine Anhöhe und lässt das Zurückgehen des Zeigers beobachten.

Aneroid-Baro-  
meter.

4. Man veranschauliche durch eine Zeichnung das Verhältnis der Höhe der Bodenerhebungen und der Höhe der Atmosphäre. Durch einen stärkeren Farbenton gebe man die grössere Dichtigkeit der Luft in der Nähe der Erdoberfläche an.

Zeichnung:  
Durchschnitt  
durch die Atmo-  
sphäre.

Aufgabe 240. Die barometrische Höhenstufe beträgt für Zürich 12,08 m; für Basel 12,58 m; für Bern 12,02 m; für St. Gallen 11,98 m. Das Mittel aus den vier Werten ist 12,16 m. Diese Berechnung macht keinen Anspruch auf wissenschaftliche Genauigkeit; es lassen sich aber mit ihr für die Schulen befriedigende Resultate berechnen. So ergibt sich daraus als mittlerer Barometerstand für Aarau 727,9 (statt 727,4), für Altorf 722,6 (statt 722,8), für Lausanne 714,5 (713,9), Chur 709,8 (709,5), Einsiedeln 684,8 (684,0). Aus dem mittleren Barometerstand lässt sich auf wenige Meter genau auch die Meereshöhe berechnen. Angaben enthalten frühere Jahrgänge des Lehrerkalenders in der Tabelle: Meteorologische Mittelwerte schweizerischer Stationen.

### 34. Die Heber.

**Stechheber.** 1. Mit dem **Stechheber** wird Wasser aus einem Gefäss gehoben (L. Fig. 66).

**Saugheber.** 2. Der **Saugheber** wird zum Fliessen gebracht. Wenn der längere Schenkel gehoben wird, fliessst das Wasser langsamer; ist die Mündung im Niveau der Wasserfläche, so hört das Fliessen auf; hebt man höher, so fliessst das Wasser zurück (L. Fig. 67).

**Gummischlauch.** Der Versuch kann mit einem Gummischlauch wiederholt werden.

**Giftheber.** 3. Mit dem **Giftheber** (L. Fig. 68) wird Flüssigkeit aus einem höherliegenden Gefäss in ein tieferliegendes geleitet. Beim Ansaugen schliesst man mit dem Finger die untere Öffnung. Wenn die Flüssigkeit in die Kugel steigt, gibt man die Öffnung frei und hört zu saugen auf.

### 35. Die Pumpen.

**Saugpumpe.** 1. **Saugpumpe** und **Druckpumpe** werden in Tätigkeit gesetzt.

**Druckpumpe.** 2. Wenn das Steigrohr der Druckpumpe mit dem Ppropf, durch den ein Glasrörchen geht, verschlossen wird, hat man das Modell einer einstiefeligen Feuerspritze.

Man fette die Kolben gut ein. Die Packung muss von Zeit zu Zeit erneuert werden. Man wickle Baumwollgarn um.

### 37. Der Luftballon.

**Wasserstoff-Apparat. Kollodiumballon.** 1. Ein **Kollodiumballon** wird mit Wasserstoff (oder Leuchtgas) gefüllt; er steigt an die Zimmerdecke empor. Zwischen Wasserstoffapparat und Ballon setzt man eine mit Watte oder Chlorcalcium gefüllte Röhre ein.

Wenn man den Kollodiumballon sorgfältig behandelt und in besonderem Schäcktelchen aufbewahrt, kann der gleiche Ballon viele Jahre dienen.

Aufgabe 260. Wenn ein Kubikmeter gewöhnliche Luft 1300 g, ein Kubikmeter Leuchtgas 800 g schwer ist, wie gross ist dann die Steigkraft eines mit Leuchtgas gefüllten Ballons von 500 m<sup>3</sup> Inhalt und einem eigenen Gewicht von 150 kg? Steigkraft von 1 m<sup>3</sup> Leuchtgas = 500 g; von 500 m<sup>3</sup> = 250 kg. Steigkraft des Ballons 250 — 150 = 100 kg.

### 38. Diffusion der Gase.

**Kohlendioxyd-Apparat. Kerze an Draht. Glasgefäß.** 1. Man füllt ein Glasgefäß mit **Kohlendioxyd** und zeigt, dass eine brennende Kerze darin erloscht. Hierauf lässt man das Glasgefäß während etwa einer halben Stunde stehen; eine eingetauchte brennende Kerze brennt nun darin weiter.

2. Auf die Wagschale wird ein Glas gestellt und tarirt; dann Kohlendioxyd in dasselbe geleitet. Die Wagschale sinkt, kehrt aber nach einiger Zeit wieder ins Gleichgewicht zurück.

Kohlendioxyd  
Apparat.  
Glasgefäß.  
Wage.

3. Ein Kolben von etwa  $1/2$  l Inhalt wird zur Hälfte mit Wasser gefüllt. Hierauf lässt man Kohlendioxyd einströmen (Röhre nicht ins Wasser eintauchen). Man verschliesst den Kolben mit der flachen Hand und schüttelt tüchtig um. Das Kohlendioxydgas wird vom Wasser gelöst; es entsteht ein luftverdünnter Raum. Die Flasche haftet fest an der Hand.

Halbliter-Kolben.  
Kohlendioxyd.

4. Wasserlöslichkeit von Chlorwasserstoffgas. Versuch siehe Chemie; Abschnitt 5. (Fig. 221.)

Wasserlöslichkeit  
von Chlorwasser-  
stoffgas und  
Ammoniak.

5. Wasserlöslichkeit des Ammoniak. Mit Ammoniak gefüllte Stöpselgläser werden unter Wasser geöffnet; sofort stürzt dieses in die Gefässe hinein und füllt sie aus. Versuch siehe Chemie, Abschnitt 9, Fig. 225.

## II. Lehre vom Schall, Akustik.

### 39. Wesen des Schalls.

1. Die Stimmgabel wird angeschlagen und auf den Tisch gestellt; sie tönt, die Zinken sind nicht scharf begrenzt.

Stimmgabel.

2. Die tönende Stimmgabel wird mit dem Finger berührt. Sie hört auf zu tönen; die Zinken sind nun scharf begrenzt.

3. Auf eine Violinsaite werden Papierreiterchen gesetzt; wenn man sie in Schwingung versetzt, werden die Reiterchen abgeworfen.

Violinsaite.  
Reiterchen.

4. Fortpflanzung des Stosses. Man legt fünf bis sieben Münzen gleicher Grösse in gerader Richtung flach auf den Tisch, so dass sie sich berühren und bezeichnet durch einen Kreidestrich auf dem Tisch die Lage der mittleren. Mit einem Lineal wird eine gleiche Münze aus der Entfernung von 8—10 cm gegen die anderen geschnellt. Nur die letzte der Reihe wird weggeschleudert, die anderen bleiben in ihrer Lage. Werden zwei, drei Stücke gegen die anderen geworfen, so fliegen zwei, drei weg.

5—7 Münzen.

Der Versuch kann auch so angeordnet werden, dass man in die Rinne der wagrecht liegenden Fallrinne eine Anzahl Velolagerkugeln von etwa 10 mm Durchmesser legt und eine, zwei, drei gegen die Reihe rollt.

5. An die grosse Stimmgabel werden die Schreibspitze und das Gegengewicht angebracht; letzteres, da beide Zinken gleich schwer sein müssen. Mit der angeschlagenen Stimmgabel fährt man rasch über die

Stimmgabel  
mit Schreibspitze.  
Glastafel.  
Wattebüschchen  
an Draht.  
Terpentinöl.

berusste Glastafel weg, so dass die Schreibspitze die Glastafel leicht berührt (L. Fig. 73).

Um die Glasplatte zu schwärzen, befestigt man an ein Stück Draht ein Baumwollbäuschchen, taucht es in Terpentin und entzündet es. Mit dem stark rauchenden Bäuschchen fährt man unter der horizontal gehaltenen Glastafel hin und her.

#### 40. Ausbreitung des Schalls.

**Schnur.**

1. Über beide auf die Ohren gehaltenen Hände und den Kopf wird eine Schnur gelegt. Eine zweite Person fährt mit den Fingernägeln über die Schnur (Nachahmung des Donners).

**Silberner Löffel.  
Faden.**

2. Ein silberner Löffel wird an zwei zirka  $1/2\text{ m}$  langen Fäden aufgehängt; die Enden derselben werden um die Zeigfinger gewickelt und diese in die Ohren gesteckt. Der Löffel wird an einen Gegenstand, z. B. einen Sessel, angestossen (Nachahmung eines Geläutes).

**Latte.**

3. Am einen Ende einer etwa  $2\text{ m}$  langen Latte wird mit der Bleistiftspitze ein kratzendes Geräusch hervorgerufen. Das an das andere Ende gelegte Ohr nimmt das Geräusch wahr.

4. Auf einer Eisenbahnlinie wird in etwa  $150\text{ m}$  Entfernung mit einem Hammer gegen eine Schiene geschlagen. Man hört den Schall doppelt, zuerst aus den Schienen, dann durch die Luft.

**Fadentelephon.**

5. In die Mitte der Böden zweier Zigarrenkistchen, deren Deckel man weggenommen hat, bohrt man je ein kleines Loch und zieht durch dasselbe von innen her das Ende eines  $50-100\text{ m}$  langen Bindfadens. Auf der Aussenseite werden die Enden an kurzen Drahtstücken festgebunden. Der Faden wird so ausgespannt, dass er keinen festen Gegenstand berührt. Das gesprochene Wort, aber namentlich das Klopfen an das Kistchen, das Tönen der Stimmgabel, die Töne einer Musikdose pflanzen sich sehr deutlich fort.

**Kautschuk-  
schlauch.  
Trichter.**

6. In das eine Ende eines Kautschukschlauches steckt man einen Trichter; das andere Ende schiebt man in den Gehörgang. Eine schwach angeschlagene Stimmgabel, die vor den Trichter gehalten wird, tönt, als ob sie sich dicht am Kopf befände.

#### 42. Knall, Geräusch, Ton.

**Schraubstock.  
Stricknadel.**

1. Eine Stricknadel wird in den Schraubstock festgeklemmt. Sie schwingt um so rascher, je kürzer der überstehende Teil ist.

**Schwung-  
maschine mit  
Sirene und  
Gummischlauch.**

2. Auf die Schwungsmaschine wird die Sirene befestigt und das Blasrohr so festgeschraubt, dass die Mündung nur wenig über der Scheibe liegt. Anfänglich dreht man ganz langsam, um die Unterbrechungen

hörbar zu machen. Sobald man rascher dreht, entsteht ein tiefer Ton, der bei schnellerem Drehen steigt.

Man kann auch die Ecke eines Blattes steifen Papiers an die Löcherreihen halten (Nachahmung von Savarts gezahnten Rädern).

3. Man blase bei gleichmässigem Drehen zuerst die innerste, dann die äusserste Löcherreihe an (Oktave, Schwingungsverhältnis 1 : 2).

4. Man blase die vier Löcherreihen nacheinander an (Durakkord, Schwingungsverhältnis 4 : 5 : 6 : 8).

5. Um die Zahl der Schwingungen des *a*<sup>1</sup> wenigstens annähernd zu bestimmen, untersucht man, wie sich die Umdrehungsgeschwindigkeiten von Sirene und Schwungrad verhalten. Zu diesem Zweck macht man auf Schwungrad und Sirene zwei aufeinander passende Kreidestriche und dreht nun so lange, bis die Striche wieder die gleiche Lage einnehmen. Eine Abteilung der Schüler zählt die Umdrehungen der Sirene, die andere diejenigen des Schwungrades. Nun übt man einen musikalisch begabten Schüler ein, das Schwungrad so zu drehen, dass die äusserste Löcherreihe der Sirene das *a* der Stimmgabel, die häufig angeschlagen wird, gibt. Hat der Schüler die richtige Schnelligkeit gefunden, so zählen auf ein gegebenes Zeichen die Schüler die Umdrehungen des Rades, während man sich an der Sekundenuhr den Zeitpunkt merkt. Nach etwa einer Minute wird der Versuch abgebrochen. Nun wird berechnet, wie manchmal sich die Sirene gedreht hat, wie viele Löcher überhaupt am Blasrohr vorübergegangen sind, und wie viele in einer Sekunde. Wenn der Versuch ein nur annäherndes Ergebnis hat, so erkennen die Schüler auch die Fehlerquellen.

Ebenso.  
Stimmgabel.

Aufg. 287. Die Schwingungszahlen der Töne der eingestrichenen Oktave sind:

<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>c</i>
261	293,6	326	348	391,5	435	489,4	522.

### 43. Die Tonleiter.

1. Man spiele auf der Violine oder dem Klavier die verschiedenen Intervalle vor und lasse die Schüler entscheiden, welche konsonierend und welche dissonierend sind.

Violine  
(Klavier).

2. Man lasse die Schüler Drei- und Vierklänge singen.

Aufg. 288. Wie kann man aus der Schallgeschwindigkeit (340 *m*) und der Schwingungszahl die Entfernung zweier Verdichtungen, die Wellenlänge eines Tones berechnen? Beim eingestrichenen *a* kommen auf 340 *m* 435 Schwingungen; die Wellenlänge ist somit  $340\text{ m} : 435 = 0,78\text{ m}$ . Die Wellenlänge eines Tones mit 16 Schwingungen ist 21,25 *m*, eines solchen von 30,000 Schwingungen 11 *mm*.

## 44. Musikinstrumente.

### a) Saiteninstrumente.

Violine.

1. Mit Hilfe der Violine zeigt man: dass die kürzere Saite einen höheren Ton gibt. Halbiert man die Saite, so erhält man die Oktave; verkürzt man sie um  $\frac{3}{4}$  der Länge, so erhält man die folgende Oktave.
2. Die dünne *e*-Saite gibt einen höheren Ton, als die dicke *d*-Saite, diese einen höheren Ton, als die schwere *g*-Saite.
3. Wird die Saite weniger straff angezogen, so ist der Ton tiefer.

Stimmgabel.

4. Wirkung des Resonanzbodens: Hält man die angeschlagene Stimmgabel in die Höhe, so vernimmt man keinen Ton; stellt man sie auf den Tisch, eine Federschachtel, die Violine, so wird der Ton verstärkt.

### b) Blasinstrumente.

Stimmflöte.

5. Der Ton der Stimmflöte ist um so höher, je tiefer der Stöpsel in das Rohr gestossen wird.
6. Man blase die offene und die gedeckte Pfeife an und vergleiche die Tonhöhe.

Lippenpfeife.  
Zungenpfeife.

7. Mit Lippen- und Zungenpfeife werden Töne verschiedener Höhe hervorgebracht.

### c) Das menschliche Stimmorgan.

Kehlkopfmodell.

8. Über das Ende eines weiten Glasrohres, Lampenzyinders, stülpt man ein etwa 5 cm langes Stück eines weiten, dünnen Kautschukschlauches, so dass es etwa 3 cm vorspringt. Der Schlauch wird an zwei gegenüberstehenden Stellen gefasst und zu einer Ritze auseinandergezogen. Man bläst durch das Glasrohr und erhält einen um so höheren Ton, je stärker der Schlauch angespannt wird, oder einem um so kürzeren Stück man zu schwingen erlaubt.

Die Handhabung der Vorrichtung wird erleichtert, wenn man das andere Ende des Rohres durch einen Ppropf verschliesst, durch welchen ein umgebogenes Glasrohr geht.

## III. Lehre vom Licht, Optik.

### 45. Leuchtende und dunkle Körper; Durchsichtigkeit.

Goldblatt.

Gold ist in dünnen Blättchen dunkelblau durchscheinend.

Man legt auf das Goldblatt im Büchlein, in welchem es in den Handel kommt, ein Stück Fliesspapier und kehrt so um, dass das Fliesspapier unten liegt. Hierauf hebt man das obere Papier ab und legt das Fliesspapier mit dem daraufliegenden Goldblatt auf die Oberfläche des Wassers in einer grösseren Schüssel. Das Fliessblatt saugt sich allmählig voll Wasser und sinkt nach einiger Zeit unter, während sich das Goldblatt flach auf dem Wasser ausbreitet. Nun schiebt man eine Glasscheibe sorgfältig unter dem Goldblatt durch und hebt

sie langsam horizontal in die Höhe. Das zwischen Goldblatt und Glasplatte liegende Wasser lässt man durch ein Fliesspapier aufsaugen. Wenn das Goldblatt anfängt, am Glase festzuhalten, darf man etwas neigen, damit das Wasser rascher abfliesst. Das Goldblatt hält durch blosse Adhäsion genügend an der Glasscheibe. Nun schneidet man die Glasscheibe parallel zu den Kanten des Goldblattes in 2—3 cm Entfernung ab, leimt auf den Rand einen 1 cm breiten Streifen starkes Papier und auf diesen eine zweite Glasscheibe von gleicher Grösse, wie die erste. Den Rand kann man noch mit Buchbinderleinwand einfassen.

(Nach Weinhold.)

#### 46. Ausbreitung des Lichtes.

1. Ein Karton wird mit einer Stecknadel durchbohrt und senkrecht aufgestellt. Davor werden drei Kerzen in verschiedener Höhe befestigt. Auf einem Papierschirm, der sich hinter dem Karton befindet, liegen die Bilder der Kerze in umgekehrter Ordnung.
2. In der Verschlussvorrichtung des dunkeln Zimmers wird ein Loch Dunkles Zimmer. angebracht. Von einem Schüler, der sich vor dem Fenster hin- und herbewegt, erhält man an der Rückwand des Zimmers ein verkehrtes Schattenbild. Die vom Gegenstand ausgehenden Strahlen kreuzen sich in der Öffnung, so dass der von unten kommende Strahl oben ins Zimmer gelangt.
3. Auf ein Lattenstück befestige man in den Entferungen 1, 2, 3, 4 Quadrate, deren Seiten sich verhalten, wie 1:2:3:4, so dass die Ecken hintereinanderliegen. Die Spitze wird durch ein Drahtende angegeben (L. Fig. 77).

Die gleiche Vorrichtung erklärt die Abnahme von Licht, Schall, elektrischer und magnetischer Anziehung und dient in der Geometrie zur Veranschaulichung des Satzes von den parallelen Schnitten des pyramidalen Raumes.

Aufg. 296. Wie viel mal rascher bewegt sich das Licht, als der Schall?  

$$\frac{300,000,000}{340} = 882,470 \text{ mal.}$$

Aufg. 297. Als die Erde auf ihrer Bahn um die Sonne? (Angabe S. 13.)  

$$\frac{300,000}{30} = 10,000 \text{ mal.}$$

Aufg. 298. Als eine Kanonenkugel?  $\frac{300,000,000}{600} = 500,000 \text{ mal.}$

Aufg. 299. Wie viel Zeit braucht das Licht, um den Mondabstand (380,000 km); wie viel, um den Sonnenabstand (149,000,000 km) zu durchlaufen? 1,27 Sekunden und 8 Minuten 16,7 Sekunden.

Aufg. 300. Wenn das Licht vom nächsten Fixstern aus  $3\frac{1}{2}$  Jahre braucht, um auf der Erde anzulangen, wie viel mal weiter ist derselbe von uns entfernt, als die Sonne? 222,200 mal.

Karton.  
3 Kerzen.  
Papierschirm.

Parallele  
Schnitte des  
pyramidalen  
Raumes ver-  
halten sich wie  
die Quadrate  
der Abstände  
von der Spitze.

## 47. Zurückwerfung des Lichtes.

Spiegelscheibe.  
Retortenhalter.  
Kerze.

1. Auf den Tisch stellt man mit Hülfe des Retortenhalters senkrecht die Spiegelscheibe und zieht mit der Equerre auf die Scheibe eine Senkrechte und Schiefe unter gleichen Winkeln, z. B.  $45^0$ . Auf die Senkrechte wird eine brennende Kerze gestellt; man sieht ihr Bild bloss, wenn man über die Senkrechte in den Spiegel schaut. Stellt man sie auf eine der Schiefen, so sieht man das Bild in der Richtung der entsprechenden Schiefen auf der anderen Seite der Senkrechten. — An den Spiegel kann man auch den Wandtafeltransporteur legen. Die Kerze wird an demselben von der Senkrechten aus nach einer Seite verschoben (L. Fig. 81).

Ebener Spiegel.  
Zentimetermass.

2. Auf einen ebenen Spiegel wird ein Massstab senkrecht gestellt. Die Teilstiche erscheinen so weit hinter dem Spiegel, als sie davor sind. (Die Dicke der Scheibe muss berücksichtigt werden.) (L. Fig. 84).

Spiegel. Kerze.

3. a) Hält man eine Kerzenflamme vor einen Spiegel, so erblickt man, wenn man schief hineinschaut, neben dem starken, von der Belebung reflektierten Bild noch drei bis vier lichtschwache Bilder.

Spiegel. Messer.

3. b) Ebenso erscheint die auf den Spiegel gesetzte Messerspitze mehrfach.

2 Spiegel.  
Kerze.

4. Von einer Kerze, die zwischen zwei parallelen Spiegeln aufgestellt wird, erhält man in jedem Spiegel eine grosse Zahl Bilder.

2 Spiegel, oder  
Winkelspiegel.  
Kerze.

5. Stellt man zwei Spiegel rechtwinklig gegeneinander auf, so erhält man von einem Gegenstand, einer Kerze, drei Bilder, bei einem Winkel von  $60^0$  fünf Bilder, bei  $45^0$  sieben Bilder, bei  $40^0$  acht Bilder usw.

Prisma.

6. Man stellt, um Kaleidoskopbilder herzustellen, das Glasprisma senkrecht auf eine Zeichnung und schaut durch die Länge des Prismas hinunter. Wenn man das Prisma dreht, entstehen immer neue Bilder.

Hohlspiegel.  
Papier-schirm.

7. Man halte den Hohlspiegel so, dass die Sonnenstrahlen darauf fallen und fange die zurückgeworfenen Strahlen auf einem Papier-schirm auf. Indem man denselben nähert und entfernt, erkennt man den Verlauf der Lichtstrahlen nach der Zurückwerfung und findet man die Brennweite (L. Fig. 85).

Dunkles Zimmer.  
Hohlspiegel.  
Kerze.  
Papier-schirm.

8. Im dunklen Zimmer wird der Hohlspiegel an eine Wand gehängt und in 4—5 m Entfernung eine brennende Kerze aufgestellt. Das verkleinerte, verkehrte Bild wird auf einem undurchsichtigen Papier-schirm aufgefangen. Nähert man die Kerze dem Spiegel, so muss der Papier-schirm entfernt werden. Das Bild wird grösser (Fig. 86).

(Verfügt man nicht über ein dunkles Zimmer, so kann man das Bild eines entfernten Gegenstandes, eines Turmes, Baumes, mit dem Hohlspiegel

auffangen und direkt ins Auge werfen. Die Stelle, wo das Bild entsteht, muss für die Schüler durch einen Gegenstand, z. B. die Spitze eines Stabes, bezeichnet werden.)

9. Die Kerze wird dem Spiegel so weit genähert, dass auf dem Papier-schirm oder der Wand ein vergrössertes, verkehrtes Bild entsteht.

Ebenso.

10. a) Die Kerze wird noch mehr genähert. Man sieht nun ein aufrechtes, vergrössertes Bild im Spiegel (Fig. 87).

10. b) Man hält den Hohlspiegel in Schweite vor das Gesicht.

Einen erhabenen Spiegel kann man herstellen, indem man ein Glaskölbchen mit Tinte füllt oder inwendig mit Pech überzieht. Einfach gekrümmmt sind Gläser, Flaschen, Türen an Zylinderöfen usw. Kugeln, wie sie zur Christbaum-Verzierung verwendet werden, können ebenfalls benutzt werden.

11. In einer grossen Seifenblase sieht man in der Vorderseite das aufrechte verkleinerte Bild der Fenster (erhabener Spiegel), in der Rückseite das umgekehrte, verkleinerte Bild (Hohlspiegel).

Seifenwasser.  
Maurer-  
pfeifchen.

## 48. Brechung des Lichtes.

1. Sieht man schief von oben in ein mit Wasser gefülltes weites Glas, so scheint der Boden inwendig höher zu liegen, als auswendig. Eine am Boden des Glases liegende Münze erscheint doppelt.

Batterieglas.

2. Man legt auf den Boden eines Waschbeckens eine Münze und lässt die Schüler sich so aufstellen, dass sie von ihr bloss noch eine Spur bemerken. Hierauf giesst man Wasser in das Gefäss. Die Münze, sowie der Boden des Gefässes, erscheinen gehoben (L. Fig. 89).

Waschbecken.  
Münze.

3. Gebrochenes Lineal. Die zwei gebrochenen Schenkel werden in eine Gerade gestellt, die das ungebrochene Lineal unter spitzem Winkel ( $40 - 60^\circ$ ) schneidet. Man taucht den Apparat bis zur Schraube in ein tiefes Gefäss voll Wasser (pneumatische Wanne, Akkumulatorenglas, Brunnentrog), so dass das ungebrochene Lineal senkrecht steht (L. Fig. 90). Man lässt die Schüler über das schiefe Lineal hinunterschauen; es ist gebrochen; der im Wasser liegende Schenkel nähert sich der Horizontalen. Man dreht diesen Schenkel abwärts, bis die Schüler erklären, die beiden Schenkel bildeten eine Gerade. Hierauf zieht man das Lineal heraus und misst die beiden Winkel. Sie verhalten sich wie 4 : 3.

Gebrochenes  
Lineal.  
Tiefes Gefäss  
mit Wasser.

4. Sieht man schief von unten gegen die Wasseroberfläche eines grossen Glases, so erscheint sie als Spiegel; die über dem Wasser sich befindenden Finger werden erst gesehen, wenn sie ins Wasser eintauchen (L. Fig. 92).

Becherglas.

5. Klebt man  $1 - 1\frac{1}{2}$  cm unter der Wasseroberfläche eines weiten Glases einen Streifen schwarzes Papier von zirka 1 cm Breite, so sieht

Ebenso.  
Streifen  
schwarzes  
Papier.

man ihn doppelt, wenn man von der entgegengesetzten Seite von unten gegen die Oberfläche blickt. Die Erscheinung wird deutlicher, wenn man im Papierstreifen eine Öffnung, z. B. in der Form eines Kreuzes, ausschneidet und dahinter ein Licht stellt.

Becherglas.  
Probier-  
gläschchen.

6. Taucht man ein leeres Probiergläschen schief ins Wasser, so erscheint es glänzend, wie mit Quecksilber gefüllt. Füllt man es mit Wasser, so verschwindet der Glanz.

#### 49. Die Farben.

Prisma.

1. Man stellt das Prisma mit dem Retortenhalter auf das Fensterbrett an die Sonne. Auf dem Fussboden bemerkt man den Schatten desselben, also die Stelle, in welcher die Gerade Sonne-Prisma den Boden trifft. Kehrt man die brechende Kante nach oben, so liegt die von den gebrochenen Strahlen beleuchtete Stelle näher an der Wand, in der sich das Fenster befindet. Kehrt man die brechende Kante nach unten, so ist die beleuchtete Stelle weiter von der Wand entfernt.

Prisma.

2. Die Schüler halten das Prisma dicht vor die Augen. Ist die brechende Kante oben, so müssen sie stark nach oben schauen, um die Gegenstände des Zimmers zu sehen. Ist die brechende Kante unten, so erscheinen die Gegenstände nach unten verschoben.. Die Bilder sind aufrecht und haben farbige Ränder (L. Fig. 93).

Prisma.

3. Die eine Fläche des Prisma wird mit einem Papierstreifen bedeckt. Die Schüler halten das Prisma so vor die Augen, dass sie gegen den Papierstreifen sehen. Nun erscheinen die Bilder verkehrt und ohne farbige Ränder; es sind Bilder, die durch totale Reflexion entstanden sind.

Prisma.

4. Das Prisma wird den Sonnenstrahlen ausgesetzt und das Spektrum auf einer Wand oder einem Papierschirm aufgefangen (L. Fig. 94).

2 Prismen.

5. Mit einem zweiten Prisma werden Teile des Spektrums aufgefangen ; es entstehen keine neuen Farben.

Hohlspiegel.

6. Mit dem Hohlspiegel wird das Spektrum aufgefangen ; der Brennpunkt erscheint weiss. (Der Versuch gelingt mit einer grossen Linse besser.)

Farbscheiben.  
Schwung-  
maschine.

7. Auf die Schwungmaschine mit der Sirene werden die Farbscheiben geschraubt.

Die neuen Farbscheiben sind mit einem radialen Ausschnitt versehen, mit dessen Hülfe zwei und mehr Farbscheiben ineinander geschoben werden können. Man kann also ganz nach Belieben den Kreissektor einer Farbe vergrössern oder verkleinern.

Streifen  
von farbigem  
Glas.  
Prisma.

8. Man stellt in den Weg des Lichtes, bevor es auf das Prisma fällt, Stücke von farbigem Glas. In jedem Fall ist nur der entsprechende Teil des Spektrums sichtbar; bei blauem Glas erhält man einen blauen Fleck, bei rotem einen roten Fleck usw.

9. Durch ein rotes Glas betrachtet, erscheinen die Gegenstände — der blaue Himmel, die grüne Wiese usw. — rot, durch ein blaues blau, usw.

Rotes, blaues, grünes Glas.

10. Legt man ein rotes und ein grünes Glas aufeinander, so sieht man beinahe nicht hindurch, legt man noch ein blaues dazu, so sind die Gläser absolut undurchsichtig.

Rotes, grünes und blaues Glas.

11. Die Nebenfarben werden auch durch Mischen von Aquarellfarben hergestellt, wenn die Schüler mit der Farbenmischung nicht schon bekannt sind.

Aquarellfarben.

## 50. Das Spektroskop.

1. Man richtet das Spektroskop gegen eine Kerzenflamme und erhält ein kontinuierliches Spektrum.

Spektroskop. Kerzenflamme.

2. Man richtet es gegen eine weisse Wolke und bemerkt die dunkeln Frauenhoferschen Linien.

Hand-Spektroskop.

3. Im dunkeln Zimmer bringt man in eine Tuschschale Kochsalz und übergiesst es mit Weingeist, den man anzündet. Richtet man das Spektroskop auf die Flamme, so bemerkt man die gelbe Natriumlinie.

Dunkles Zimmer. Tuschschale. Weingeist. Kochsalz.

Wenn der Versuch in dieser Weise ausgeführt wird, kann eine ganze Klasse durchs Spektroskop sehen, ohne dass Kochsalz neu zugeführt werden muss. Man befestige das Spektroskop 1—2 cm von der Flamme entfernt.

4. Man bringt auf einem Platindraht ein Lithiumsalz, z. B. kohlensaures Lithium in die Weingeist- oder Wasserstoffflamme. Eine hellleuchtende Linie in Rot wird sichtbar, schwächere Linien in Orange, Grün und Grünblau.

Wasserstoff-Apparat. Kohlensaures Lithium.

5. Ebenso verdampft man Chlorbarium in der Wasserstoffflamme. Die charakteristischen Linien des Barium liegen im Grün.

Chlorbarium.

Der Platindraht, der zum Einführen der Substanzen in die Flamme dient, wird in folgender Weise hergerichtet: Ein Glasröhrchen von der Länge und Dicke eines Bleistiftes wird in eine Spitze ausgezogen, dann von dieser ein wenig abgebrochen. Durch die feine Öffnung schiebt man den Draht etwas ins Röhrchen und erhitzt in der Flamme, so dass das Glas an den Draht anschmilzt. Am freien Ende des Drahtes stellt man eine Öse von 1—2 mm Durchmesser her.

6. Ein Aufguss von Rosskastanienrinde erscheint im durchfallenden Licht bräunlichrot, im zurückgeworfenen prächtig blau.

Aufguss von Rosskastanienrinde.

Man schneide etwas Rosskastanienrinde klein und siede sie mit Wasser.

Die Erscheinung wird besonders schön, wenn man den Absud in einen Brunnentrog giesst, in den die Sonnenstrahlen fallen.

7. Chlorophyllfarbstoff erscheint im durchfallenden Licht grün, im auffallenden rot.

Chlorophyllfarbstoff.

Um Chlorophyllfarbstoff zu gewinnen, verfährt man nach Schleichert, Bot. Beobachtungen, in folgender Weise:

Die Blätter junger Weizen- oder Gerstenpflanzen werden mit der Schere in kleine Stücke zerschnitten. Man übergiesst das Material in einer Porzellanschale mit destilliertem Wasser, erwärmt auf dem Wasserbade und giesst die Flüssigkeit ab, nachdem sie etwa zehn Minuten lang in einer Temperatur von  $80^{\circ}$  auf die Pflanzen eingewirkt hat. Das Wasser wird nun durch Alkohol ersetzt und dieser abermals mit dem Untersuchungsmaterial vorsichtig auf dem Wasserbade erwärmt. Man wird finden, dass die Flüssigkeit sehr schnell eine intensiv grüne Farbe annimmt, während die extrahierten Blätter blassgelb bis weisslich gefärbt erscheinen. Der Inhalt der Porzellanschale wird nun auf ein Papierfilter gebracht und das Filtrat in einer Glasflasche gesammelt. Soll die alkoholische Chlorophyllfarbstofflösung aufbewahrt werden, so muss dies im Dunkeln geschehen, da sich der Farbstoff bei Lichtzutritt sehr leicht zersetzt.

Weitere fluoreszierende Stoffe sind: Petroleum, Eosin, Fluoreszein.

## 52. Die Linsen.

Bikonvexe  
Linse.  
Papierschirm.

1. Man hält die **konvexe** Linse so gegen die Sonne, dass ihre Strahlen senkrecht auf dieselbe fallen; die gebrochenen Strahlen werden auf einem Papierschirm aufgefangen. Entfernt man denselben von der Linse, so wird der beleuchtete Kreis kleiner, schliesslich ist er ein Punkt; entfernt man noch mehr, so erscheint wieder ein heller Kreis, der mit der Entfernung grösser wird.

Stärkere  
bikonvexe  
Linse.

2. Mit der stärker gewölbten Linse wird der Versuch wiederholt. Die Brennweite ist kleiner.

Linsen. Papier.  
Holz.

3. Papier, Holz, in den Brennpunkt gehalten, entzündet sich. Dunkle Körper können leichter entzündet werden, als helle.

Glaskolben.

4. Ein mit Wasser gefüllter Glaskolben wirkt wie ein Brennglas.

Optische Bank.

5. Auf der **optischen** Bank werden im verdunkelten Zimmer die weiteren Linsengesetze demonstriert:

(Die Linsen haben die Brennweiten  $35\text{ cm}$  ( $L_1$ ),  $8\text{ cm}$  ( $L_2$ ),  $5\text{ cm}$  ( $L_3$ )).

Von der brennenden Kerze, die  $250\text{ cm}$  vor der Linse  $L_1$  aufgestellt wird, erhält man auf dem kleinen Papierschirm in  $40\text{ cm}$  Entfernung ein Bild von etwa  $1/7$  natürlicher Grösse; bei  $150\text{ cm}$  Entfernung der Kerze ein Bild in  $45\text{ cm}$  Abstand in etwa  $1/3$  natürlicher Grösse; bei  $90\text{ cm}$  Entfernung ein Bild in  $55\text{ cm}$  Abstand. Ist die Kerze  $70\text{ cm}$  von der Linse entfernt (doppelte Brennweite), so ist das Bild so gross, wie der Gegenstand.

Rückt der Gegenstand näher, so erhält man ein vergrössertes Bild, das auf dem grossen Papierschirm aufgefangen wird. Ist die Flamme  $50\text{ cm}$  vor der Linse  $L_1$ , so entfernt sich das Bild auf  $110\text{ cm}$  und ist etwa doppelte natürliche Grösse; bei  $40\text{ cm}$  ist es  $230\text{ cm}$  entfernt und etwa fünffach; bei  $37,5\text{ cm}$  ist das Bild etwa  $6,5\text{ m}$  entfernt und etwa 16-fach. (Bild auf der Wand entstehen lassen.)

6. Die bikonvexe Linse wird als Lupe verwendet. Die Bilder sind **Bikonvexe Linse.** aufrecht, scheinbar.

7. Der **Projektionsapparat** (Bildwerfer) wird erklärt, und mit ihm werden Bilder entworfen.

8. Lässt man die Sonnenstrahlen auf die bikonkave Linse fallen, so erhält man auf dem Papierschirm einen beleuchteten Kreis, der grösser ist, als die Linse.

9. Durch die **Zerstreuungslinse** betrachtete Gegenstände erscheinen aufrecht und verkleinert.

**Bildwerfer.**  
(Projektions-  
apparat.)

**Bikonkave**  
**Linse.**  
Papierschirm.

**Zerstreuungs-**  
**linse.**

### 53. Die Dunkelkammer und das Auge.

1. Aus der **Camera obscura** (L. Fig. 104) wird der Spiegel *CD* **Camera obscura.** herausgenommen und die Mattglasscheibe *BF* in den senkrechten Falz geschoben. Bei richtiger Einstellung der Linse entstehen auf der Mattglasscheibe (Netzhaut des Auges, empfindliche Platte des Photographen) Bilder. Es wird gezeigt, dass die Distanz zwischen Linse und Mattglasscheibe grösser gemacht werden muss, wenn der Gegenstand näherrückt.

2. **Akkommodation** des Auges. Man halte die beiden Zeigfinger in ungleiche Entfernung vor das Gesicht und fixiere abwechselnd den einen und den andern. Nur der fixierte Finger wird deutlich wahrgenommen. Das Auge braucht einige Zeit, um sich einzustellen; es tritt rasch eine Ermüdung ein.

3. Um mit der **Camera obscura** Bilder zu zeichnen, setzt man den Spiegel *CD* in den schiefen Falz ein und bringt die Mattglasscheibe in den wagrechten Falz *EF*. Der hintere Teil des Deckels *EG* wird um etwa  $45^{\circ}$  gehoben. Man blicke senkrecht auf die Mattglasscheibe.

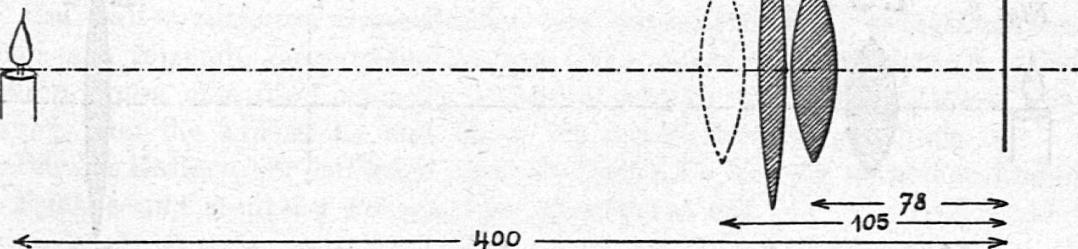
**Camera obscura.**

#### 4. Wirkung der Brillen.

**Optische Bank.**

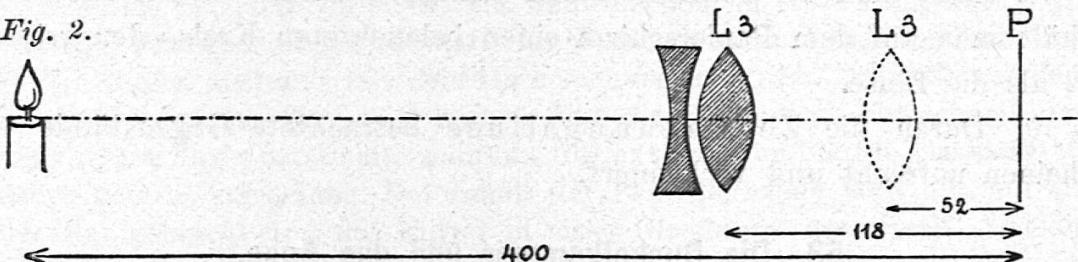
a) Das weitsichtige Auge (Fig. 1). Auf die Schiene der optischen Bank wird, etwa in der Mitte, der kleine Papierschirm *P* befestigt und 40 cm davor das Licht aufgestellt. Zwischen Licht und Schirm, 105 mm vor letzterem, wird die Linse *L<sub>2</sub>* befestigt; es entsteht auf dem Schirm ein deutliches Bild. Hierauf wird die Linse dem Schirm bis auf 78 mm genähert. Das Bild würde jetzt hinter dem Schirm entstehen. (Das Auge ist zu kurz.) Setzt man die Linse *L<sub>1</sub>* (als Brille) unmittelbar vor die Linse *L<sub>2</sub>*, so wird das Bild wieder scharf.

Fig. 1.



b) Das kurzsichtige Auge (Fig. 2). Entfernung von Licht und Schirm, wie bei a). Linse  $L_3$  wird 52 mm vor dem Papierschirm  $P$  aufgestellt; das Bild ist scharf. Nun entfernt man die Linse auf 118 mm. Das Bild entsteht nun vor dem Papierschirm. (Zu langes Auge.) Bringt man unmittelbar vor die Linse  $L_3$  die bikonkavie Linse, so wird das Bild wieder scharf.

Fig. 2.



#### 54. Das Stereoskop.

1. Das körperliche Sehen. Das eine Auge wird verschlossen. Mit dem Bleistift versucht man, von der Seite her einen Gegenstand, z. B. die Kante eines Buches zu treffen. (Nähen mit nur einem Auge.)

2. Der Zeigfinger der linken Hand wird in einiger Entfernung vor dem Gesicht senkrecht gehalten. Mit der rechten Hand schliesst man abwechselnd das rechte und das linke Auge und merkt sich den Ort, wo das Bild an der Wand erscheint. Hierauf betrachtet man den Finger mit beiden Augen.

3. Man hält ein dünnes Buch senkrecht genau mitten vor das Gesicht in der Entfernung von etwa 30 cm und betrachtet es abwechselnd mit einem Auge, dann mit beiden.

4. Auf stereoskopischen Bildern werden die Unterschiede zwischen beiden Darstellungen aufgesucht; sie sind besonders deutlich auf solchen mit nahem Vordergrund und entferntem Hintergrund.

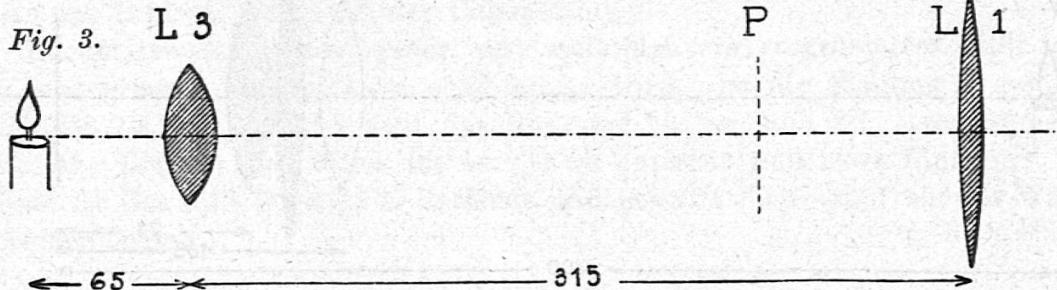
#### 55. Das Mikroskop.

Optische Bank.

##### Das Mikroskop. (Fig. 3.)

Linse  $L_3$  wird an einem Ende der Schiene aufgestellt und 65 mm davor die Kerze. 315 mm von  $L_3$  wird als Okular  $L_1$  angebracht. Verwendet man die Linsen  $L_2$  und  $L_1$ , so muss ihr Abstand 418 mm betragen, und die Flamme ist 120 mm von der Objektivlinse entfernt. Man stelle die Kerze so ein, dass man durch die Linsen nicht bloss die Flamme, sondern den Docht und den oberen Rand der Kerze sieht.

Fig. 3.



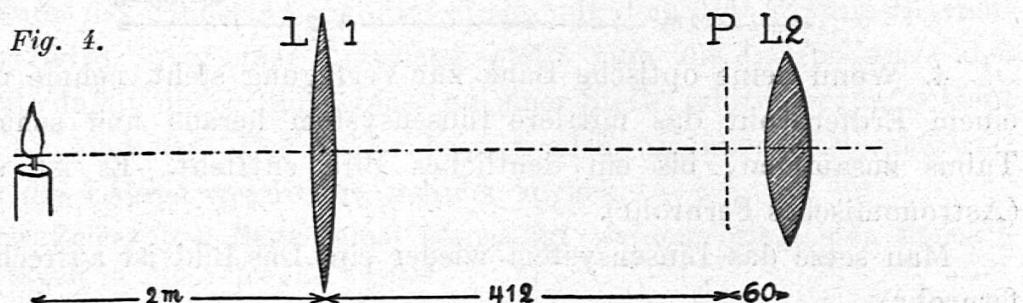
## 56. Das Fernrohr.

### 1. Das astronomische Fernrohr (Fig. 4).

Optische Bank.

Die Linse  $L_1$  wird als Objektiv am einen Ende der Schiene und 2 m davor das Licht aufgestellt. Auf dem kleinen Papierschirm entsteht in 412 mm Entfernung von der Linse ein deutliches Bild. Der Papierschirm  $P$  wird durch die Mattglasscheibe ersetzt und Linse  $L_2$  derselben genähert, bis durch sie das Bild deutlich wahrgenommen wird. — Entfernung von der Scheibe 60 mm. Wenn die Mattglasscheibe herausgenommen wird, ist das Bild schärfer. Verwendet man statt der Linse  $L_2$  die Linse  $L_3$ , so muss sie der Mattglasscheibe bis auf 42 mm genähert werden.

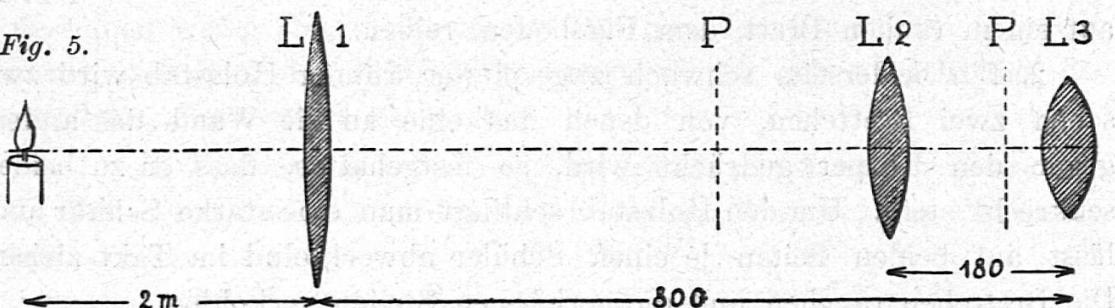
Fig. 4.



### 2. Das Erdfernrohr (Fig. 5).

Entfernung der Flamme 2 m. Man befestige die Linse  $L_1$  als Objektiv am einen Ende der Schiene und Linse  $L_3$  als Okular am anderen; dazwischen wird die Linse  $L_2$ , 180 mm von  $L_3$  entfernt, aufgestellt. Mit Hülfe des kleinen Papierschirms  $P$ , der zwischen  $L_1$  und  $L_2$  verschoben wird, kann das umgekehrte und zwischen  $L_2$  und  $L_3$  das aufrechte Bild gezeigt werden.

Fig. 5.



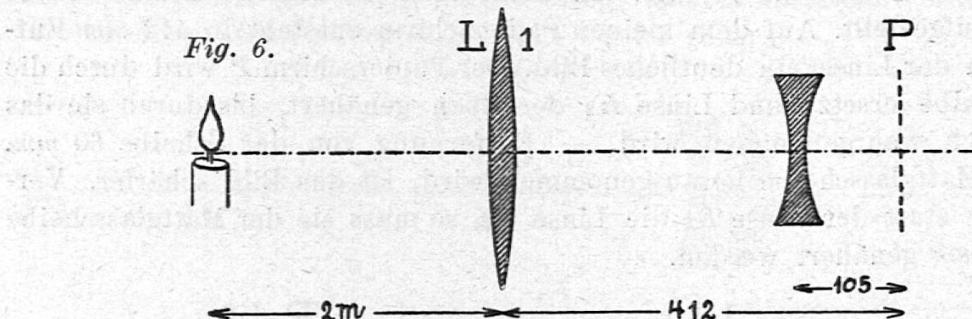
### 3. Das galileische Fernrohr (Fig. 6).

Entfernung der Flamme 2 m. Am Ende der Schiene wird wieder Linse  $L_1$  aufgestellt, 412 mm weiter der kleine Papierschirm  $P$ , auf dem das verkehrte Bild erscheint. Nun wird die bikonkav Linse zwischen Papierschirm und Linse  $L_1$  gebracht, 105 mm vom Schirm entfernt. Zieht man den Schirm weg, so sieht man durch die bikonkav Linse das aufrechte Bild der Flamme.

Um weiter entfernte Gegenstände, wie Turmspitze usw. wahrzunehmen, mache man folgende Zusammenstellungen: Ein astronomisches Fernrohr wird erhalten, wenn man die Linsen  $L_1$  (Objektiv) und  $L_2$  (Okular) in 410 mm Entfernung, oder die Linsen  $L_1$  und  $L_3$  in 388 mm Entfernung anbringt.

Für das Erdfernrohr befestigt man die Linsen  $L_1$  und  $L_3$  an beiden Enden der Schiene und stellt  $L_2$  155 mm von  $L_3$  entfernt auf.

Ein galileisches Fernrohr entsteht, wenn man die Linsen  $L_1$  und die bikonkave Linse im Abstand von 250 mm anbringt. In allen drei Fällen ist das Auge etwas (zirka 10 cm) von der Okularlinse zu entfernen.



#### Fernrohr.

4. Wenn keine optische Bank zur Verfügung steht, nehme man aus einem Erdfernrohr das mittlere Linsensystem heraus und schiebe den Tubus zusammen, bis ein deutliches Bild entsteht. Es ist verkehrt (Astronomisches Fernrohr).

Man setze das Linsensystem wieder ein. Das Bild ist aufrecht (Erdfernrohr).

## IV. Lehre von der Wärme.

### 57. Wärmequellen.

#### Geldstück.

1. Man lässt einen Schüler ein Geldstück oder einen Metallknopf auf einem rauhen Brett, dem Fussboden, reiben.

#### Bindnagel. 2 Brettchen. Schnur.

2. Ein beiderseits schwach zugespitzter, runder Holzstab wird zwischen zwei Brettchen, von denen das eine an die Wand, das andere gegen den Körper gedrückt wird, so festgehalten, dass er zu beiden senkrecht steht. Um den Holzstab schlingt man eine starke Schnur und lässt auf beiden Seiten je einen Schüler abwechselnd im Takt ziehen. Die Brettchen rauchen und die geriebenen Stellen verkohlen.

#### Schwung- maschine. Metallrohr. Reiber. Warmes Wasser oder Äther.

3. Auf die Schwungmaschine befestigt man das Metallrohr, bringt in dasselbe etwas erwärmtes Wasser, Äther oder Schwefelkohlenstoff und verpfropft. Der Ppropf darf nicht zu fest sitzen und wird am besten eingeölt. Mit dem Reiber umfasst man das Rohr und dreht die Maschine, bis der Ppropf herausfliegt. (L. Fig. 114.)

#### Bleistückchen. Hammer.

4. Ein haselnussgrosses Bleistück wird auf harter Unterlage mit dem Hammer breit geschlagen. Einige Schüler konstatieren, dass es wärmer geworden ist.

#### Pneumatisches Feuerzeug. Zunder.

5. An den Haken des pneumatischen Feuerzeuges (L. Fig. 113) befestigt man ein kleines Stück Zunder. Man fasse das Rohr mit beiden Händen, setze das Ende der Kolbenstange auf den Tisch auf und

stosse energisch abwärts. Die Entzündung erfolgt oft erst im zweiten Mal. Der Kolben muss gut eingefettet sein.

6. Unter dem Rezipienten der Luftpumpe sinkt das Thermometer um etwa  $2^{\circ}$ .

Luftpumpe.  
Thermometer.

### 58. Ausdehnung durch die Wärme.

1. Das mit Baumwolle gefüllte Blechgefäß des Ausdehnungsapparates (L. Fig. 115) wird mit Weingeist versehen. Man nimmt den Zeiger Z aus der Schwelle heraus und legt dessen Stift unter das umgebogene Ende des Stabes AB, worauf dieses mit dem 100 Gramm-Gewicht beschwert wird. Auf einer Unterlage stellt man die Lampe unter den Stab, und, damit dieser nicht bloss an einer Stelle erhitzt werde, schiebt man sie hin und her. Der Zeiger bewegt sich um über  $100^{\circ}$  vorwärts; wie man die Lampe wegnimmt, geht er zurück.

Damit Zeiger und Nadel nicht beschädigt werden, bringt man sie nach dem Gebrauch in die Schwelle zurück.

2. Eine Metallkugel, die kalt gerade noch durch einen Metallring geht, bleibt auf demselben liegen, wenn sie erhitzt worden ist.

3. Der Glaskolben des Apparates für Ausdehnung des Wassers wird mit gefärbtem Wasser gefüllt und der Ppropf mit der engen Glasröhre aufgesetzt, so dass alle Luft aus dem Gefäß getrieben wird. Hierauf schiebt man die Glasröhre etwas abwärts, so dass die Flüssigkeit in derselben wenig steigt. Erwärmt man nun den Glaskolben über der Flamme, so sinkt die Flüssigkeit zuerst wegen der Ausdehnung des Glaskolbens, dann steigt sie rasch.

Apparat für  
Ausdehnung  
von Wasser.

4. In ein Probierglas von 15—18 cm Länge giesst man bis 3 cm vom Rand Petroleum und taucht dasselbe in heißes Wasser. Das Petroleum steigt 1—2 cm.

Langes  
Probierglas.  
Petroleum.  
Heisses Wasser.

5. Man füllt das Probiergläschen des Apparates für Ausdehnung der Luft zum Teil mit gefärbtem Wasser, taucht die Glasröhre, an die der Ppropf geschoben ist, in dasselbe, bringt es in das Glaskölbchen und schliesst dieses mit dem Ppropf so, dass die Flüssigkeit nur wenig im Röhrchen steigt. Umfasst man das Kölbchen mit beiden Händen, so steigt die Flüssigkeit rasch empor; stellt man es in kaltes Wasser, so sinkt sie rasch.

Apparat für  
Ausdehnung  
der Luft.

6. Man fasst den Kompensationsstreifen mit der Zange und hält ihn über eine starke Flamme. Die Krümmung kann leicht wahrgenommen werden.

Kompensations-  
streifen.

Die beiden Apparate für Ausdehnung von Wasser und Luft werden, wenn sie einmal zusammengesetzt sind, unverändert gelassen.

Lampenglas.  
Kerze. Flanell-  
Lappen.  
Scheidewand.

7. **Lampenglas, Flanell-Lappen.** Man zündet eine Kerze an, stellt darüber ein Lampenglas so, dass unten Luft eintreten kann. Die Flamme verlängert sich. Schliesst man durch Aufsetzen des Lampenglases auf den Flanell-Lappen den Luftzutritt ab, so erlischt die Kerze. Setzt man oben ins Glas eine Scheidewand, die den Zylinder in zwei Teile teilt, so brennt die wieder angezündete Kerze auch ohne Luftzutritt von unten weiter. Durch die eine Hälfte des Zylinders wird frische Luft zugeführt, durch die andere entweichen die Verbrennungsprodukte.

Thermometer.  
Glas mit  
schmelzendem  
Schnee.

Kochflasche,  
doppelt durch-  
bohrter Ppropf.  
Weingeist-  
lampe.  
Retortenhalter.  
Sandbad.

Fenster-  
thermometer.

Hohes Glas.  
Schnee.  
Thermometer.

Kochflasche.  
Thermometer.  
Eis.

### 59. Das Thermometer.

1. **Prüfung des Nullpunktes.** Man taucht ein Thermometer bis nahe an den Nullpunkt der Skala in schmelzenden Schnee, den man mit einem Stäbchen umröhrt.

2. **Prüfung des Siedepunktes.** Man füllt eine Kochflasche mit langem Hals zur Hälfte mit Wasser und verschliesst sie mit einem doppelt durchbohrten Ppropf, durch dessen eine Öffnung das Thermometer so gesteckt wird, dass es nicht ins Wasser taucht, dass es sich aber bis nahe an den Siedepunkt der Skala im Hals der Flasche befindet. Durch die andere Öffnung des Ppropfs geht ein Glasrohr. Man setzt den Kolben ins Sandbad und bringt das Wasser zum Sieden. Für jeden Millimeter, um den das Barometer unter 760 *mm* steht, muss man 0,0378° C von 100° abziehen, um den Siedepunkt zu erhalten; bei 720 *mm* Barometerstand liegt der Siedepunkt somit bei 98,5° C.

3. Man lasse die Schüler die Aussentemperatur während längerer Zeit beobachten und die Ablesungen in eine Tabelle eintragen. Man berechne die Tagesmittel und lasse den Verlauf der Temperatur auch graphisch darstellen.

### 60. Die unregelmässige Ausdehnung des Wassers.

1. Man füllt ein hohes Glas (Einmachglas) zu  $\frac{3}{4}$  mit Wasser und bedeckt dieses mit einer Schicht Schnee. Stellt man den Versuch in einem ungeheizten Zimmer an, so zeigt das Thermometer, wenn seine Kugel an den Boden des Gefäßes gebracht wird 4°, höher oben 3, 2, 1° und im Schnee 0°. Das kältere Wasser liegt also auf dem wärmern und ist somit leichter. Macht man den Versuch im warmen Zimmer, so sinkt das Thermometer am Boden nur auf 5—6°.

2. Eine Kochflasche wird bis zum Rande mit gefärbtem Wasser gefüllt und dann mit einem doppeltdurchbohrten Gummistöpsel, durch den ein Thermometer und eine Glasröhre gesteckt sind, verschlossen. Das Wasser muss auch die Röhre bis fast obenhin anfüllen. Die Kochflasche

wird in ein Gefäss, das mit Wasser und Eis gefüllt ist, gestellt. Man kann beobachten, dass das Wasser in der Röhre fällt, bis die Temperatur  $+4^{\circ}$  C beträgt, dann aber wieder anfängt zu steigen.

(Chemische Experimente von Peters, Salomon und Meyer.)

## 61. Wärmemenge.

1. Wir füllen zwei Kochflaschen mit der gleichen Menge Wasser. Das Wasser in der einen Kochflasche wird auf  $60^{\circ}$  C erwärmt, das in der andern auf  $+10^{\circ}$  abgekühlt. Die verschieden temperierten Wassermengen werden zusammengegossen und vermischt. Dabei wird die Temperatur gemessen; sie beträgt  $35^{\circ}$ . Das warme Wasser hat  $25^{\circ}$  abgegeben, um die Temperatur des kälteren um ebensoviel zu erhöhen.

(Peters, Salomon und Meyer, Chemische Experimente.)

2. Ganz andere Ergebnisse bekommt man, wenn Wasser mit der selben Menge Terpentinöl gemischt wird. Das Terpentinöl soll  $+60^{\circ}$  C, das Wasser  $+10^{\circ}$  besitzen. Die Mischung zeigt  $24^{\circ}$ . Das Terpentinöl hat  $36^{\circ}$  abgegeben, um die Temperatur des Wassers um  $14^{\circ}$  zu steigern. Wenn also das Terpentinöl  $1^{\circ}$  abgibt, so wird die Temperatur des Wassers nur um  $\frac{14}{36} = 0,4^{\circ}$  erhöht. Die Wärmekapazität des Terpentinöls ist in runder Zahl 0,4.

2 Kochflaschen.  
Weingeistlampe.  
Thermometer.

Terpentinöl.  
Thermometer.

Das Terpentinöl kann wieder abgegossen werden.

3. 50 g Quecksilber werden in einem Probierglas, in das ein Thermometer gestellt ist, bis auf  $100^{\circ}$  C erhitzt. Es fällt bei dem Erhitzen auf, dass das Quecksilber sich sehr leicht erwärmen lässt; man braucht das Glas nicht einmal in die Flamme selbst zu halten. Dann giessen wir das Quecksilber schnell in  $50 \text{ cm}^3$  Wasser, dessen Temperatur vorher genau bestimmt ist und rühren mit dem Thermometer um. Die Temperatur fällt sehr rasch und zwar in dem Masse, dass auf je  $30^{\circ}$  C, die das Quecksilber an Wärme verliert, das Wasser  $1^{\circ}$  wärmer wird. Die Wärmekapazität des Quecksilbers ist 0,03.

Quecksilber.  
Probierglas.  
Thermometer.

(Nach: Chemische Experimente von Peters, Salomon und Meyer.)

4. Über die gleiche Flamme setze man nacheinander im gleichen Gefäss gleiche Gewichtsmengen Wasser, Terpentin, Quecksilber und beobachte die Zeit, die die Erwärmung auf eine bestimmte Temperatur beansprucht.

Weingeistlampe.  
Terpentin,  
Quecksilber,  
Wasser,  
Probiergläser.

## 62. Verbreitung der Wärme.

### a) Durch Leitung.

1. Hält man einen kurzen Kupferdraht in die Flamme, so empfinden die Finger bald die Wärme. Ein in die Flamme gehaltener Papierstreifen

Weingeist-  
lampe.  
Kupferdraht.

oder Strohhalm kann bis zum Finger abbrennen, ohne dass eine Zunahme der Wärme verspürt wird.

**Kerze.**  
**Kupferdraht.**

2. Hält man in den obersten Teil einer Kerzenflamme einen Kupferdraht, so verlängert sich die Flamme; der obere Teil ist trüb und rausst. Der Kupferdraht entzieht den Kohleteilchen die Wärme zum Brennen.

**Drahtsieb.**  
**Flamme.**

3. Ein engmaschiges Drahtnetz, das man auf eine Flamme niedersenkt, drückt dieselbe nieder. Die durch das Drahtnetz entweichenden Gase können angezündet werden. (Davys Sicherheitslampe.)

Hat man Gas zur Verfügung, so lässt man die Gasflamme durch den Ring des Retortenhalters schlagen. Legt man das Drahtnetz auf, so erscheint die Flamme wie abgeschnitten. Hierauf dreht man das Gas ab, lässt das Drahtnetz erkalten, öffnet den Gashahn wieder und zündet das Gas oberhalb des Netzes an. Nun erscheint die Flamme unten abgeschnitten.

**Grosser Schlüssel.**  
**Nähfaden.**  
**Weingeistlampe.**

4. Ein grosser Schlüssel wird mit Nähfaden mehrmals straff umwickelt und in die Flamme gehalten; der Faden verbrennt nicht.

**Federhalter**  
mit metallener  
Hülse.  
**Briefmarkenrand.**  
**Weingeistlampe.**

5. Man klebe längs eines Federhalters mit metallener Hülse einen kurzen Streifen Briefmarkenrand und halte ihn in die Flamme. Wo das Papier auf dem Holz aufliegt, verkohlt es, während es da, wo es auf dem Metall aufliegt, unverändert bleibt. (Tissandier.)

**2 Räucher-**  
kerzchen.  
**Zinkplatte.**  
**Brettchen.**

6. Von zwei Räucherkerzchen wird das eine auf Metall — eine Zinkplatte der Batterie — das andere auf ein Brettchen gestellt und beide angezündet. Das Kerzchen auf dem Metall brennt nicht völlig ab, während das andere ein Loch ins Brettchen brennt. Setzt man das Kerzchen vom Metall noch rechtzeitig auf das Holz, so brennt es weiter.

**Stricknadel.**  
**Kupferdraht.**  
**Stearinkerze.**  
**Retortenhalter.**  
**Weingeistlampe.**

7. Eine Stricknadel und ein Kupferdraht von gleicher Länge und gleicher Dicke werden erhitzt und durch Stearin gezogen, so dass sie einen dünnen Überzug bekommen. (Vertikal abtropfen lassen.) Man befestigt das eine Ende beider nebeneinander im Retortenhalter und erwärmt die andern Enden mit der Flamme. Ein längs der Drähte laufendes Stearintröpfchen zeigt, wie weit dieses geschmolzen ist. (Tissandier.)

**Probiergläschen.**  
Stückchen Eis  
oder Wachs  
(Stearin) mit  
weichem  
Kupferdraht  
umwunden.  
**Retortenhalter.**  
**Weingeistlampe.**

8. In ein mit kaltem Wasser gefülltes, langes Probiergläschen bringt man ein Stückchen Eis (oder Wachs, Stearin), das man mit weichem Kupferdraht umwunden hat, so dass es zu Boden sinkt. Hält man das Gläschen schief in die Flamme, so kann man das Wasser im oberen Teil zum Sieden erhitzen, ohne dass das Eis schmilzt.

Die Flamme darf den obersten Teil des Gläschens, soweit dieses leer ist nicht berühren, sonst zerspringt es.

9. Am Apparat für Wärmeleitung erwärmen wir mit der Spirituslampe die Kupfer- und Eisenstäbe und das freie Drahtende, das 5 cm vom Kamin entfernt ist. Dann machen wir die roten Klötzchen mit ihrem Wachs am Kupfer, die blauen am Eisen und das gelbe am Drahtende für die Luft haften. Stellen wir die brennende Spirituslampe unter das Kamin, so wird die entstehende Wärme vom Kaminende gleichmässig nach allen Richtungen sich ausdehnen.

Apparat für  
Wärmeleitung.

Das Wachs des ersten roten Klötzchens schmilzt zuerst, und das Klötzchen fällt ab. Kupfer leitet also von diesen drei Medien (Kupfer, Eisen und Luft) die Wärme am besten. Das erste blaue (Eisen) Klötzchen (5 cm) und das zweite rote (Kupfer) Klötzchen (10 cm) fallen miteinander ab: Kupfer leitet die Wärme doppelt so gut als Eisen.

Erwärmen wir so lange, dass alle roten und blauen Klötzchen abfallen, so bleibt das gelbe Klötzchen immer noch hängen, weil die Luftmoleküle zwischen dem Kaminende und dem Drahtende bei den erreichten Temperaturen die zur Schmelzung von Wachs nötige Wärme nicht zu leiten vermochten. (W.)

*b) Durch Strahlung.*

1. Man hänge zwei Thermometer, eines mit blanker, das andere mit schwarzer Kugel an die Sonne.

2 Thermometer,  
eines mit  
blanker, eines  
mit schwarzer  
Kugel.

Um die Kugel des Thermometers zu schwärzen, tauche man dasselbe in Tusch und lasse diesen trocknen.

2. In zwei gleich grosse Probiergläschchen giesst man Wasser und färbt das Wasser des einen Gläschens, indem man etwas Tusch eingiesst. Stellt man die beiden Gläschchen im Probiergläschchengestell an die Sonne, so ist nach kurzer Zeit das dunkle Wasser wärmer als das klare.

2 Probier-  
gläschchen.  
Tusch.  
Thermometer.  
Probier-  
gläschchengestell.

3. Mit einer Linse lässt sich schwarzes Papier leichter entzünden als weisses. Man führe z. B. den Brennpunkt der Linse über ein weisses Blatt Papier, auf dem sich schwarze Flecke von Tinte oder Tusch befinden.

Linse, schwarzes  
und weisses  
Papier.

4. Dem Apparat für Ausdehnung der Luft wird eine Flamme genähert; die Flüssigkeit fängt an zu steigen. Dann bringt man zwischen Flamme und Apparat einen Karton. Das Steigen hört auf.

Apparat für  
Ausdehnung  
der Luft.

## 64. Durch Wärme hervorgebrachte Änderung des Aggregatzustandes.

*a) Schmelzen und Erstarren.*

1. In einer Schüssel bringt man Schnee — oder Eisstücke — ins Zimmer und stellt ein Thermometer in dieselbe. Die Temperatur bleibt auf 0°, bis der Schnee geschmolzen ist.

Schnee. Gefäß.  
Thermometer.

Glaskolben.  
Retortenhalter.  
Weingeistlampe.  
Schnee.

Thermometer.

Je  $\frac{1}{2}$  Liter  
kaltes und  
warmes Wasser.  
Glasgefäß.  
Thermometer.

$\frac{1}{2}$  Liter  
Wasser von  $80^{\circ}$   
500 g. Schnee  
von  $0^{\circ}$ .

Thermometer.

Gefäß.

Glaskolben.

Thermometer.

Weingeistlampe.

Retortenhalter.

Glaskölbchen.  
Woods Metall.

Blechgefäß.  
Schnee.  
Kochsalz.

Unterschweflig-  
saures Natrium.  
Kölbchen. Wein-  
geistlampe.  
Thermometer.  
Äther.

Frischgebrannter  
Kalk. Spritz-  
flasche.

2. Auch wenn man Schnee in einem Glaskolben über die Flamme bringt, kann man denselben nicht über  $0^{\circ}$  erwärmen.

3. Man mischt gleiche Mengen, z. B. je einen halben Liter, kaltes und warmes Wasser. Die Temperatur des Gemisches liegt ungefähr in der Mitte zwischen den beiden Temperaturen. (Fehlerquellen.)

4. In ein Gefäß bringt man 500 g Schnee und übergiesst ihn mit 500 g Wasser von  $80^{\circ}$  C. Der Schnee schmilzt. Die Temperatur des Wassers ist annähernd  $0^{\circ}$ .

5. Man bringt in einen Glaskolben Schnee, stellt ein Thermometer in denselben und erwärmt. Man beobachtet a) die Zeit, die es braucht, bis der Schnee geschmolzen ist, b) bis das Wasser  $80^{\circ}$  warm ist.

6. In ein Glaskölbchen bringt man etwas Wasser und Woodsches Metall. Über der Flamme erwärmt man. Das Metall ist flüssig, ehe das Wasser kocht.

Man giesse das Metall auf ein Brett und bringe es wieder ins Gefäß zurück.

7. Kältemischung. In einem Blechgefäß mischt man ungefähr drei Teile Schnee und einen Teil Kochsalz, stellt in das Gemisch ein Thermometer und ein Probiergläschen mit Wasser. Auf den Tisch giesst man etwas Wasser und stellt das Gefäß auf dasselbe. Das Wasser im Probiergläschen gefriert, und das Gefäß gefriert an den Tisch. Das Blechgefäß beschlägt sich auswendig mit Reif. Das Thermometer sinkt bis  $-21^{\circ}$ .

Soll der Versuch gelingen, so darf man nicht zu kleine Mengen verwenden.

Arendt gibt u. a. noch folgende Kältemischungen an:

150 g Chlorkalium und 400  $cm^3$  Wasser; oder 200 g Ammoniumnitrat und 300  $cm^3$  Wasser; ein Teil Schnee und ein Teil absoluter Alkohol. Bei Verwendung von Brennspiritus ist die Temperaturerniedrigung geringer.

8. Unterschwefligsaures Natrium wird in einem Kölbchen unter Umschwenken vollständig zum Schmelzen erhitzt, worauf man das Gefäß verkorkt und ruhig stehen lässt. Nach einiger Zeit öffnet man den Kork und schüttelt heftig, bis die Kristallisation plötzlich eintritt. Sie lässt sich auch durch Einwerfen eines Kristalls des betreffenden Salzes hervorrufen. Die entstehende Temperaturerhöhung lässt sich durch das Thermometer oder dadurch konstatieren, dass man etwas Äther auf das erstarrte Salz giesst und den entweichenden Ätherdampf an der Gefäßmündung anzündet.

9. Ein faustgrosses Stück frisch gebrannter Kalk wird ins Wasser getaucht und das befeuchtete Stück in eine Porzellanschale ge-

legt. Nach kurzer Zeit ist auf den vollkommen trocken gewordenen Kalk mit Hülfe der Spritzflasche etwas Wasser aufzugiessen, worauf schliesslich unter lebhafter Dampfentwicklung das vollständige Zerfallen des Kalkstückes eintritt. Die Temperaturerhöhung kann wie im vorhergehenden Versuch durch Verdampfen von Äther gezeigt werden. Man giesst etwas Äther in ein Probiergläschen und umgibt dieses mit Kalkpulver. Die entweichenden Ätherdämpfe werden entzündet.

Porzellanschale.  
Probiergläschen.  
Äther.

10. Eine mit ausgekochtem Wasser gefüllte Flasche, deren gut-schliessender Ppropf mit Draht festgebunden und versiegelt wird, zerspringt, wenn sie während einer kalten Winternacht ins Freie gestellt wird.

Aufgabe 397. 2 kg Wasser von  $50^{\circ}$  enthalten 100 WE;  $\frac{1}{2}$  kg Eis braucht zum Schmelzen 40 WE; es bleiben somit für  $2\frac{1}{2}$  kg Wasser noch 60 WE übrig. Die Temperatur ist  $24^{\circ}$ .

Aufgabe 398. 2 kg Wasser von  $60^{\circ}$  enthalten 120 WE; diese werden durch das Schmelzen von  $1\frac{1}{2}$  kg Eis verbraucht.

### b) Sieden und Kondensieren.

1. Ein Kochfläschchen wird zur Hälfte mit Wasser gefüllt und erwärmt. Das Thermometer wird so aufgehängt, dass seine Kugel in die oberste Schicht Wasser taucht. Zuerst steigen Luftblasen auf, die nach oben grösser werden. Ist die Temperatur über  $60^{\circ}$  gestiegen, so bilden sich am Boden Dampfblasen, die beim Aufsteigen verschwinden; man hört das Singen. Bei  $100^{\circ}$  (resp.  $98,5^{\circ}$ ) geht die Dampfbildung in der ganzen Flüssigkeit vor sich, wobei die Temperatur unverändert bleibt. Entfernt man die Lampe, so hört das Sieden auf. Setzt man die Lampe wieder unter das Fläschchen, so beginnt das Sieden von neuem. Hebt man das Thermometer in den aufsteigenden Dampf, so zeigt es die Temperatur des Wassers.

Kochflasche.  
Retortenhalter.  
Weingeistlampe.  
Thermometer.

2. Im Wasserbad wird ein Probiergläschen mit Weingeist zum Sieden erhitzt. Das eingetauchte Thermometer zeigt  $78^{\circ}$ .

3. Die Temperatur einer siedenden Salzlösung, einer Pottaschelösung, liegt über  $100^{\circ}$ .

Probiergläschen.  
Weingeistlampe.  
Wasserbad.  
Retortenhalter.  
Weingeist.

4. Ein Stückchen Blei wird in einem Blechlöffel über die Weingeistlampe gehalten; es schmilzt bald. Bringt man aber in den Blechlöffel zum Blei Wasser, so schmilzt dasselbe erst, nachdem der letzte Tropfen Wasser verdampft ist.

Salzlösung oder  
Pottaschelösung.  
Glaskölbchen.  
Thermometer.  
Retortenhalter.  
Weingeistlampe.

5. Um die Verdampfungswärme des Wassers zu bestimmen, verfahre man in folgender Weise:

In ein Kochfläschchen bringe man 100 g Wasser. Durch den luftdicht schliessenden Ppropf gehe eine zweimal rechtwinklig gebogene

Blei. Blechlöffel.  
Weingeistlampe.

Kochfläschchen.  
Weingeistlampe.

Uförmig ge-  
bogene Glasröhre.  
Wage. Grosses  
Glasgefäß.

Röhre mit längerem abwärts gehendem Schenkel; sie taucht in ein Glasgefäß mit 1500 g Wasser von 10° C. Nun erhitzt man das Wasser im Glaskölbchen und lässt das Sieden einige Zeit andauern. So lange Luft hinübergetrieben wird, entweichen unter Wasser Luftblasen. Der Dampf aber verdichtet sich im abwärts gehenden Rohr. Hierauf wird das Kochfläschchen emporgehoben, so dass der abwärts gehende Schenkel des Glasrohres nicht mehr ins Kühlwasser taucht. Das Kühlwasser wird umgerührt; seine Temperatur betrage 18°. Nun wiegt man das Wasser im Glaskölbchen und findet, dass es 22,7 g leichter geworden ist. Um 1500 g Wasser von 10° auf 18°, also um 8° zu erwärmen, sind 12 WE notwendig. Diese sind durch die Verdichtung von 22,7 g Wasserdampf abgegeben worden. 1000 g Wasserdampf geben somit  $\frac{12 \cdot 1000}{22,7}$  WE, oder 528,6 WE ab. (Genau 536 WE.)

Glaskölbchen.  
Retortenhalter.  
Weingeistlampe.  
Ppropf.

Luftpumpe. Lau-  
warmes Wasser.

Pulshammer.

Kochfläschchen.  
Glasröhre von  
ca. 1 m Länge.  
Wein.

Porzellanschale.  
Weingeist.  
Kochflasche.  
Kühlgefäß.  
Weingeistlampe.

6. Ein dickwandiges Glaskölbchen wird zur Hälfte mit Wasser gefüllt und dieses über der Flamme zu lebhaftem Sieden erhitzt. Hierauf entfernt man die Flamme, verschliesst das Kölbchen luftdicht und kehrt es um. Das Kochen dauert noch einige Zeit fort. Giesst man kaltes Wasser über das Kölbchen, so beginnt das Sieden von neuem.

7. In einem Glasgefäß stellt man lauwarmes Wasser unter den Rezipienten der Luftpumpe. Bei fortschreitender Verdünnung der Luft steigen zuerst Luftblasen aus dem Wasser, nachher gerät das Wasser in wallende Bewegung, der Rezipient beschlägt sich von innen. Die Schüler konstatieren, dass das Wasser nicht wärmer geworden ist.

8. Der Weingeist im Pulshammer siedet, wenn man die Kugel mit der Hand umfasst. (Dass der Pulshammer luftleer ist, erkennt man am harten Schlag, mit dem der Weingeist auf das Glas auffällt, wenn man den Pulshammer schüttelt.)

9. Destillation. In ein Kochfläschchen bringt man etwas Wein, oder ein Gemisch von Wasser und Weingeist. Man verschliesst es mit einem Ppropf, durch den eine etwa einen Meter lange, oben in eine Spitze ausgezogene Glasröhre geht. Wenn man erwärmt, verdampft zuerst der Weingeist und seine Dämpfe können am Ende der Röhre angezündet werden.

10. In einer Porzellanschale stellt man ein Gemisch von Weingeist und Wasser her und zeigt, dass es nicht brennt. Das Gemisch bringt man in ein Kochfläschchen, durch dessen Ppropf ein Glasröhrlchen geht; dieses wird mit dem Kühlgefäß verbunden. Wenn etwas Flüssigkeit überdestilliert ist, wird der Versuch unterbrochen und die destillierte Flüssigkeit in einer Porzellanschale angezündet.

Aufgaben. 404. Auf ein Ventil von  $10 \text{ mm}^2$  Fläche übt der Dampf von 3 at. Spannkraft einen Druck von 0,3 kg aus. 405. Auf den Deckel von 28 cm Durchmesser einen Druck von 1846,3 kg. 406. Mit 1 kg Wasserdampf von  $100^{\circ}$  Wärme können 5,36 kg Wasser von  $0^{\circ}$  auf  $100^{\circ}$  erwärmt werden. 407. Um 1 kg Wasser von  $100^{\circ}$  in Dampf von  $100^{\circ}$  zu verwandeln, sind 228872 mkg erforderlich.

c) Verdunsten.

1. Man füllt ein enges Probiergläschen mit Wasser und giesst dieses auf einen flachen Teller. Hierauf füllt man das Probiergläschen nochmals und befestigt es senkrecht im Retortenhalter. Wenn das Wasser im Teller verdunstet ist, befindet sich noch viel Wasser im Probiergläschen.

Probiergläschen.  
Teller.  
Retortenhalter.

2. Man hänge drei Streifen Löschpapier, von denen der erste mit Wasser, der zweite mit Weingeist, der dritte mit Schwefeläther getränkt ist, frei auf und beobachte, wie viel Zeit nötig ist, bis die einzelnen Flüssigkeiten verdunstet sind.

Löschpapier.  
Wasser.  
Weingeist.  
Schwefeläther.

3. Unter eine Glasglocke, z. B. den Rezipienten der Luftpumpe, bringt man etwas Wasser. Erst beschlägt sie sich mit Wasserdunst. Stellt man sie hierauf an die Sonne, so verschwindet der Beschlag wieder.

Rezipient der  
Luftpumpe.

4. Giesst man Schwefeläther auf die Hand, so erscheint er kalt.

Schwefeläther.

Kleine Schmetterlinge erfrieren, wenn man Schwefeläther auf ihren Körper bringt.

5. Die Thermometerkugel wird mit etwas Baumwolle umwickelt und diese mit Faden festgebunden. Auf die Baumwolle tröpfelt man Schwefeläther und schwingt das Thermometer durch die Luft. Es sinkt auf  $-10^{\circ}$  bis  $-15^{\circ}$ .

Thermometer.  
Baumwolle.  
Faden.  
Schwefeläther.

6. Von einem wollenen Lappen schneidet man ein Stück in Form eines Kreisringes aus, legt ihn um die Glasflasche des Apparates für Ausdehnung der Luft und befeuchtet ihn mit etwas Schwefeläther. Das rasche Sinken der Flüssigkeit zeigt die Abkühlung durch Verdunstung an.

Apparat für Aus-  
dehnung d. Luft.  
Woll-Lappen.  
Schwefeläther.

7. Ein kleines Probierglas, das einige Kubikzentimeter Wasser enthält, wird mit einer Lage Fliesspapier so umgeben, dass dieses unten etwa 2 cm übersteht. Das Fliesspapier wird in Schwefelkohlenstoff getaucht. Derselbe steigt darin empor, verdunstet und erzeugt eine solche Kälte, dass das Wasser gefriert.

Probiergläschen.  
Fliesspapier.  
Schwefel-  
kohlenstoff.

Chemische Experimente von Peters, Salomon und Meyer.

8. Auf ein Brettchen bringt man einen Tropfen Wasser, legt darauf ein Uhrglas und giesst in dieses einige Tropfen Schwefeläther oder Schwefelkohlenstoff. Man bläst darüber, damit die Flüssigkeit rasch verdunste. Das Uhrglas gefriert an das Brettchen.

Uhrglas.  
Schwefeläther.

**Psychrometer.**

9. **Psychrometer.** Die Hülle des feuchten Thermometers (L. Fig. 121) muss öfters erneuert werden. Man schneidet einen etwa 8 cm langen und 4 cm breiten Musselinestreifen, den man durch Auswaschen in warmer Lauge von Fett und Stärkemehl befreit. Man bindet ihn oberhalb und unterhalb der Thermometerkugel lose zusammen, so dass er in einfacher Lage auf der Kugel liegt. Die Erneuerung des Wassers darf nie kurze Zeit vor der Beobachtung geschehen; am besten ist es, dies unmittelbar nach der Ablesung der Instrumente zu tun.

Tafeln zur Berechnung der absoluten und relativen Feuchtigkeit finden sich z. B. in der „Instruktion für die Beobachter der meteorologischen Stationen der Schweiz“, herausgegeben von der Direktion der meteorologischen Zentralanstalt.

## 65. Luftfeuchtigkeit und Niederschläge.

**Kerze.**

1. Wenn zwischen der Aussenluft und der Luft im Zimmer ein grösserer Temperaturunterschied besteht, führe man die brennende Kerze längs des Spaltes der wenig geöffneten Türe. Oben fliesst die warme Luft ab, die Flamme schlägt nach aussen; unten strömt kalte Luft ein, die Flamme schlägt nach innen. Ungefähr in der halben Höhe ist keine Luftströmung vorhanden.

**Kurze Darmseite.  
Nadel.**

2. An das untere Ende einer kurzen Darmseite hängt man ein Gewicht, steckt eine lange, leichte Nadel durch und befestige die Vorrichtung über dem Mittelpunkt eines eingeteilten Kreises. Man beobachte die Stellung der Nadel bei feuchter und bei trockener Luft. (Wetterhäuschen.)

**Haarhygrometer.**

3. Das Haarhygrometer nach Saussure (L. Fig. 122) gibt die relative Feuchtigkeit in Prozenten an.

**Glaskolben mit  
kaltem Wasser.**

4. Man bringe einen mit kaltem Wasser gefüllten Glaskolben ins warme Schulzimmer. Er beschlägt sich.

## 66. Vom Wetter.

**Wetterkärtchen.**

Man bespreche mit den Schülern mehrere aufeinanderfolgende Wetterkärtchen der meteorologischen Zentralstation aus den vorhergehenden Tagen, an denen die Schüler Beobachtungen über Barometer- und Thermometerstand, Windrichtung und Bewölkung gemacht haben.

## 67. Die Dampfmaschinen.

**Apparat für  
Papins Versuch.**

1. Apparat für Papins Versuch (L. Fig. 128.) Das engere Probiergläschen wird etwas eingefettet. In das weitere bringt man einige  $cm^3$  Wasser, setzt das engere ein und hält die Vorrichtung in die Flamme.

Wenn der Dampf das innere Reagensgläschen hebt, zieht man rechtzeitig weg und es senkt sich wieder.

2. Knallkugeln. Die Gewalt des Wasserdampfes zeigt man an den käuflichen Knallkugeln. Es sind dies zum Teil mit Wasser gefüllte Glaskugeln (10 Stück ca. 40 Rp.) Man legt auf den Ring des Retortenhalters ein Stück Drahtgeflecht und darauf die Kugel, die man durch die darunter gestellte Flamme erhitzt. Man zieht sich mindestens 5 m zurück. Die Kugel explodiert mit starkem Knall; die Glassplitter werden weit fortgeschleudert. Um sich vor diesen zu schützen, kann man den Versuch in einer Kiste ohne Deckel machen, die man mit der Öffnung hart an die Wand stellt.

Knallkugeln.  
Retortenhalter.  
Weingeistlampe  
Kiste.

3. Kondensation. In ein starkwandiges Glaskölbchen giesst man etwas Wasser und verschliesst es luftdicht durch einen Ppropf, durch den eine zweimal rechtwinklig gebogene Glasröhre geht. Den längern Schenkel der Glasröhre lässt man in ein zweites zum Teil mit Wasser gefülltes Kölbchen tauchen. Man bringt das Wasser des ersten Kölbchens zum Sieden und setzt das Sieden fort, bis das Wasser im zweiten Kölbchen heiss ist. zieht man die Lampe weg, so steigt das Wasser erst langsam in der Röhre zurück, dann aber ergiesst es sich in lebhaftem Strahl in das erste Kölbchen.

2 Glaskölbchen.  
Zweimal recht-  
winklig geboge-  
nes Rohr. Wein-  
geistlampe.  
Retortenhalter.

4. Eine Wasser enthaltende Kochflasche wird durch eine zweimal rechtwinklig gebogene Glasröhre mit einer zweiten, leeren Kochflasche verbunden. Durch den Ppropf der zweiten Flasche geht ferner eine nach unten gebogene, etwa 80 cm lange Glasröhre. Die Ppropfen müssen luftdicht schliessen. Man bringt das Wasser des ersten Gefäßes in lebhaftes Sieden. Im Augenblick, da man die Flamme wegzieht, stellt man unter die lange Glasröhre ein Gefäß mit Quecksilber, so dass sie eintaucht. Sofort beginnt das Quecksilber zu steigen, besonders lebhaft, wenn man das zweite Gefäß, den Kondensator, in kaltes Wasser eintauchen lässt.

2 Kochflaschen.  
Uförmige Röhre  
Quecksilber.  
Weingeistlampe.

5. Das Brennen durch die den Dampfkessel durchziehenden Kupferröhren kann auf folgende Weise erklärt werden: Wagrecht neben eine Kerzenflamme befestigt man eine 5—10 mm weite Glasröhre. Durch ein zweites Röhrchen, das unter rechtem oder wenig spitzem Winkel gegen das andere Ende derselben so gehalten wird, dass ein Teil der Mündung durch die erste Röhre verdeckt wird, bläst man einen kräftigen Luftstrom. Die Flamme schlägt völlig in die Röhre hinein.

2 Glasröhren.  
Kerzenflamme.  
Retortenhalter.

#### 6. Modell der Schiebersteuerung.

a) Übertragung der Hin- und Herbewegung des Kolbens durch Krummzapfen in die Kreisbewegung.

Modell der  
Schieber-  
steuerung.

b) Die Krummzapfen von Kolben und Schieber bilden einen rechten Winkel, folglich ist der Kolben im toten Punkt, wenn der Schieber mittlere Stellung hat und keinen Dampf in den Schieberraum strömen lässt.

c) Fixieren wir mittelst der Schraube das Schwungrad an der Achse, so werden die toten Punkte durch die Schwungkraft überwunden.

d) Bei stationären Dampfmaschinen muss das Schwungrad direkt von Hand oder mittelst eines Hebels mit Zahnstange angetrieben werden, um die Maschine in Gang zu setzen.

e) Bei der Lokomotive kann der Maschinist von Hand den Schieber etwas vorwärts oder rückwärts schieben zum Zwecke des Vor- oder Rückwärtsfahrens. Das Schwungrad ist durch zwei Kolben ersetzt, die stets ungleiche Stellung haben, deren Differenz die halbe Länge des Kolbenraums beträgt. Es können sich also nie beide Kolben gleichzeitig im toten Punkte befinden; sie helfen sich gegenseitig aus dieser Lage. (W.)

Watts Regulator.  
Schwung-  
maschine.

7. Der Versuch mit Watts Regulator wird wiederholt. Je rascher gedreht wird, um so rascher weichen die Kugeln auseinander.

Manometer.  
Luftpumpe.

8. Das Modell des Manometers wird auf die Luftpumpe aufgesetzt und deren Kolben langsam emporgezogen.

## V. Lehre vom Magnetismus und der Elektrizität.

### A. Magnetismus.

#### 69. Magnetische Grunderscheinungen.

Magneteisenstein.  
Gepulvert. Eisen.  
Stab- und Hufeisenmagnet.  
Schachtel mit versch. Stoffen.

1. Der Magneteisenstein zieht gepulvertes Eisen an.  
2. Man sammle in ein Schäckelchen kleine Stücke der verschiedensten Stoffe wie Eisen, Blei, Kupfer, Nickel, Silber, Holz, Leder, Glas, Tuch etc. und zeige das Verhalten des künstlichen Magneten.

Fünf-, Zehn- und  
Zwanzig-  
Rappenstücke.

3. Die Zwanzigrappenstücke werden angezogen, nicht aber die Fünf- und Zehnrappenstücke.

Gestell. Nagel  
an einem Faden.  
Glasscheibe.

4. Ein an einem Faden hangender Nagel wird auf einige Entfernung angezogen, auch wenn man zwischen denselben und den Magneten eine Glasscheibe, Papier etc. bringt.

Stück Papier.  
Karten.  
Brettchen.  
Nagel.

5. Ein Nagel wird auf ein Stück Papier, Karton, ein dünnes Brettchen gelegt. Indem man mit dem Magneten unter dem Papier etc. wegfährt, bewegt sich auch der Nagel.

Blatt Papier.  
Eisenfeile.

6. Man streut Eisenfeile auf ein Blatt steifes Papier und führt den Stabmagneten unter ihm hin und her.

7. Man legt in den Aufhängehaken ein Eisenstäbchen und zeigt, dass es vom Magneten angezogen wird; hierauf legt man den Magneten in den Aufhängehaken und nähert ihm das Eisenstäbchen.

8. Man legt den Stabmagnet, den Hufeisenmagnet in Eisenfeile. Polarität. Indifferenzzone. (L. Fig. 147.)

9. An den einen Pol des Stabmagneten bringt man einen grossen Nagel und verschiebt ihn längs des Magneten.

10. Man lege einen Stahlstreifen mit Körner auf das Stativ mit Nadel — er besitzt keine Richtkraft. Beide Enden werden von einem Pol auf ziemliche Entfernung angezogen.

Nun streicht man ihn mit einem Pol des Stabmagneten (L. Fig. 154) und legt ihn wieder auf die Nadel. Es ergeben sich zwei Tatsachen: 1. Der Stahlstreifen besitzt Richtkraft, 2. er stellt sich schief; das nach Norden schauende Ende sinkt. — Von einem brennenden Weihnachtskerzchen, wird ein Tröpfchen Wachs auf das Südende geklebt und der Streifen ins Gleichgewicht gebracht.

NB. Aufbewahrung! 1. Der einmal magnetisierte Stahlstreifen darf nicht mehr zu den übrigen, noch nicht magnetisierten, gelegt werden. Er kann in Stücke zerbrochen werden, um zu zeigen, dass an jeder Bruchstelle zwei entgegengesetzte Pole entstehen.

2. Die unmagnetischen Stahlstreifen dürfen auch nicht in der Nähe von Magneten aufbewahrt werden und müssen stets in Ost-West-Richtung gelagert werden.

Weihnachtskerze.  
Zündholz.

11. Die Gesetze der magnetischen Anziehung und Abstossung werden mit Hülfe des Stahlstreifens, der Magnetnadel und des Stabmagneten abgeleitet.

Magnetnadel  
auf Stativ.

12. Man legt die zwei Stabmagnete mit den gleichnamigen Polen aufeinander und in die Mitte zwischen sie ein kleines Geldstück. (Fünfrappenstück.) Sofort dreht sich der obere Magnet um das Geldstück als Achse und macht eine Bewegung von 180°.

Stabmagnete.  
Kl. Geldstück.

(Nachdem der Elektromagnet behandelt worden ist, kann man auf den Versuch zurückkommen. Wenn im Augenblick, da die ungleichnamigen Pole übereinander liegen, die Pole des rotierenden oder des stillliegenden Magneten umgekehrt werden, erhält man eine dauernde Rotation.)

13. Man bringe an den einen Pol des wagrecht gehaltenen Stabmagneten einen Nagel, der so schwer ist, dass er gerade noch getragen wird und schiebe den anderen Stabmagneten mit dem entgegengesetzten Pol voran über den ersten. Der Nagel fällt ab.

2 Stabmagnete.  
Starker Nagel.

14. Man lege die Stabmagnete mit den gleichnamigen Polen aufeinander und zeige, dass die magnetische Kraft nun grösser ist. Der Doppelmagnet kann mit mehr Nägeln beladen werden.

2 Stabmagnete.  
Nägel.

## 70. Magnetische Induktion.

Stab- und  
Hufeisenmagnet.  
Kleine Nägel.

1. Ein kleiner Nagel, der an einem Pol des Magneten hängt, zieht einen zweiten, dieser einen dritten etc. an. (L. Fig. 150.) Fasst man den obersten mit der Hand und zieht den Magneten weg, so fallen die Nägel auseinander. Am Hufeisenmagnet bildet man eine Kette Nägel vom einen Pol zum andern, die man erweitert.

Unmagnetisches  
Eisen  
Stabmagnet.  
Eisenfeile.

2. Ein Stäbchen aus unmagnetischem Eisen — ein starker Nagel — wird in Eisenfeile getaucht; er zieht nicht an. Nun nähert man dem einen Ende einen Magnetenpol. Die Eisenfeile wird angezogen, fällt aber sofort ab, wenn der Magnet entfernt wird. (L. Fig. 149.)

2 Zwanzig-  
rappensteinstücke.  
2 Stücke Blumen-  
draht von 10 cm  
Länge.  
Stabmagnet.  
Magnetenadel.  
auf Stativ.  
Stabmagnet.  
Unmagnetisches  
Eisen.

3. Zwei Zwanzigrappenstücke, die an einen Magnetenpol gebracht werden, stossen sich gegenseitig ab, ebenso zwei etwa 10 cm lange Stücke dünnen Drahtes.

4. Der Magnetenadel auf dem Stativ hält man den einen Pol des Stabmagneten bis auf einige Zentimeter gegenüber und nähert dem angezogenen Pol der Nadel unter rechtem Winkel einen unmagnetischen Eisenstab. Die Nadel wird merklich abgestossen. Im angenäherten Ende des Eisenstabes ist also ein entgegengesetzter Pol induziert worden. Das andere Ende erweist sich als gleichnamiger Pol.

Stricknadel oder  
Stahlstreifen.  
Stabmagnet.

5. Eine Stricknadel oder ein Stahlstreifen wird mit dem Nordpol des Stabmagneten gestrichen. In der Richtung des Streichens erhält man einen Südpol. Die Pole durch farbige Papierstückchen bezeichnen. (Südpol weiss, Nordpol blau.)

Kombinations-  
zange.  
Eisenfeile oder  
Eisenpulver.  
Magnetenadel.

6. Die Nadel (der Stahlstreifen) des vorigen Versuches wird an der Indifferenzstelle mit der Kombinationszange zerschnitten. Nachweis, dass zwei Pole entstanden sind. Durch Papierstückchen bezeichnen. Die Hälften werden wieder zerschnitten, etc. (L. Fig. 152.)

Glasrohr mit  
Eisenfeile.  
Magnetenadel  
auf Stativ.  
Stabmagnet.

7. Man nähert das mit Stahlfeilspänen gefüllte Glasrohr der Magnetenadel und zeigt, dass sie keine Polarität besitzt. Hierauf streicht man sie mit einem Magnetenpol, indem man sie sorgfältig dreht. Sie ist nun magnetisch geworden. Schüttelt man sie aber tüchtig, so ist sie wieder unmagnetisch. (L. Fig. 152 und 153.)

## 71. Magnetisches Feld und Kraftlinien.

Stabmagnet.  
Bogen Papier.  
Lineale.  
Büchse mit  
Eisenfeile.

1. Man legt auf den Tisch einen Stabmagneten, um ihn herum einige einen Zentimeter dicke Lineale und darüber einen Bogen weisses Zeichenpapier. Mit der Streubüchse wird Eisenfeile aufgestreut, während man leicht an den Tisch klopft. (L. Fig. 155.)

Retortenhalter.

2. Man befestigt den Stabmagneten senkrecht im Retortenhalter, legt ein Blatt Papier wagrecht darauf und bestreut es mit Eisenfeilspänen.

3. Die magnetische Anziehung und Abstossung wird gezeigt, indem man die beiden Stabmagnete in der Entfernung von 8—10 cm parallel nebeneinander legt, so dass

- a) die ungleichnamigen Pole einander gegenüberliegen (L. Fig. 156),
- b) dass die gleichnamigen Pole einander gegenüberliegen (L. Fig. 157) und die Kraftlinien herstellt.

4. Die Stabmagnete werden auch in eine Gerade mit einem Polabstand von 5—10 cm gelegt, die gleichnamigen und ungleichnamigen Pole einander gegenüber.

**Fixieren der Kraftlinien.** Im verinsterten Zimmer werden bei Kerzenlicht auf Lichtpauspapier, das auf einem Reissbrett befestigt ist, die Kraftlinienbilder hergestellt; dann bringt man das Brett sorgfältig an die Sonne. Wo Eisenfeile liegt, verändert sich das Papier nicht. Nach genügender Belichtung wird das Bild fixiert.

Die Eisenfeile kann direkt auf gut paraffiniertem Papier befestigt werden. Gut geleimtes Zeichenpapier wird durch geschmolzenes Paraffin gezogen. Nachdem die Kraftlinien darauf hergestellt sind, wird mit der Flamme einer Lötlampe, die über das Papier hin- und hergeführt wird, das Paraffin geschmolzen. Nach dem Erstarren hält die Eisenfeile am Papier. Sollen die Blätter gut erhalten bleiben, so muss man sie mit einem Rahmen aus starkem Karton umgeben.

5. Im Retortenhalter wird ein Stabmagnet wagrecht befestigt und die Magnetnadel im Kreise um ihn herumgeführt. Wenn man die Nadel an einem Faden aufhängt, kann man sie auch in einer geneigten Ebene um den Magneten führen. (L. Fig. 158.)

Zwei Stabmagnete.

Stabmagnet,  
Retortenhalter,  
Kleine Magnetnadel.

## 72. Erdmagnetismus.

1. An der durch Streichen des Stahlstreifens erhaltenen Magnetnadel wird das Wachströpfchen entfernt. Inklinationsnadel.

Inklinationsnadel.

2. Die in einer Schere aufgehängte Inklinationsnadel wird in die Ost-West-Richtung gebracht; sie stellt sich horizontal.

Inklinationsnadel in Schere.

3. Ein eiserner Turnstab, oder besser eine dünne Eisenstange von 2—2½ m Länge wird in der Richtung der Inklinationsnadel im Retortenhalter befestigt. Auf das obere Ende werden ein paar Schläge mit dem Hammer geführt und hierauf wird gezeigt, dass das untere Ende ein Nordpol, das obere ein Südpol ist. Man kehrt den Stab um, schlägt wieder mit dem Hammer dagegen und zeigt, dass auch die Polarität umgekehrt wurde.

Turnstab oder  
Eisenstange.  
Retortenhalter.  
Hammer.  
Magnetnadel.

4. Der Schiffskompass (Magnetnadel in kardanischer Aufhängung. L. Fig. 4.) Auf der Merkatorschen Projektion der Erde ziehen wir eine Linie z. B. vom Kap Horn bis Yokohama. Mittelst des Transporteurs messen wir den Winkel, den der Schiffskurs mit den Meridianen bildet:

Magnetnadel  
in kardanischer  
Aufhängung.

57,5°. Ist die Magnetnadel parallel dem Schiffskiel, so fahren wir in der Richtung des magnetischen Meridians. Drehen wir den Schiffskiel so nach Westen, dass er einen Winkel von 57,5° mit der Nadel bildet, so gelangen wir nach Yokohama. Da der Steuermann den Winkel nicht wochenlang einhalten könnte, wird jeden Tag astronomisch eine Ortsbestimmung vorgenommen und dadurch der Kurswinkel neuerdings bestimmt. Bei einer Fahrt nach Europa muss vom Kap Horn aus der Kiel nach Nordosten gerichtet sein. Selbstverständlich muss bei der Winkelbestimmung die magnetische Deklination berücksichtigt werden. (W.)

## B. Reibungselektrizität.

### 73. Elektrische Grunderscheinungen.

Voraussetzung für alle Versuche über Reibungselektrizität: Wärme, besonders aber trockene Luft, staubfreie Apparate. Man legt diese vor dem Gebrauch an die Sonne oder wärmt sie am Ofen.

Man streiche Glas- und Ebonitstab nur in einer Richtung. Der Seidenlappen wird mit Amalgam versehen.

1. Mit dem mit Seide geriebenen Glasstab und dem mit Wolle geriebenen Hartgummistab werden Kleie, Spreu, Papierschnitzel, Holundermarkkugelchen und andere leichte Gegenstände angezogen.

Wenn der Tisch lackiert ist, legt man auf denselben ein Reissbrett oder ein Blech.

2. Ein auf eine Kugel oder ein Ei gelegtes Lineal wird im Kreise vor- und rückwärts geführt, ebenso eine Latte von 2 m Länge.

Damit Lineal und Latte nicht von der Unterlage herabfallen, durchbohrt man sie in der Mitte, bringt eine Aufhängevorrichtung an, wie die Magnetnadel der Bussole sie besitzt, und setzt sie auf den Ständer mit Nadel auf, oder man hängt sie in der Mitte auf.

3. Ein Kautschukkamm wird einmal durchs trockene Haar gezogen; er zieht die Latte etc. an.

4. Leere Eischalen, Papierringe rollen über den Tisch, wenn der geriebene Stab vor ihnen her dem Tisch parallel geführt wird.

5. Der mit der trockenen Hand leicht geriebene Kollodiumballon haftet am Tisch, der Hand, den Kleidern und zieht lebhaft kleine Gegenstände an.

6. An Seidenfäden aufgehängte Holundermarkkugeln werden zuerst angezogen, dann abgestossen.

7. Ein Blatt Papier, Zeitung, wird an den warmen Ofen gelegt und mit der Hand gestrichen. Nimmt man es, indem man es an den vier Ecken fasst, vom Ofen weg, so kann man daraus Funken ziehen, die im

Glasstab.  
Reibzeug: Seide.  
Ebonitstab.  
Reibzeug: Wolle.  
Kleie, Spreu.  
Papierschnitzel.  
Holundermarkkugelchen.

Lineal und Latte auf Kugel oder Nadelspitze.

Kautschukkamm.

Eischalen.  
Papierring.

Kollodiumballon.

Holundermarkkugeln an Seidenfäden.

Blatt Papier.

Dunkeln sehr deutlich sind. Lineal und Latte werden vom Blatt Papier angezogen.

8. In den Aufhängehaken wird der ungeriebene Glasstab gelegt. Er wird vom geriebenen Glasstab angezogen. Ebenso wird der ungeriebene Ebonitstab vom geriebenen Ebonitstab angezogen.

9. Legt man einen geriebenen Glasstab in den Haken (L. Fig. 164), so wird er vom geriebenen Glasstab abgestossen, vom geriebenen Ebonitstab aber angezogen.

Der Versuch wird wiederholt, indem ein geriebener Ebonitstab in den Aufhängehaken gelegt wird. (Positive und negative Elektrizität.)

10. Ein zum Teil mit Leuchtgas oder Wasserstoffgas gefüllter Ballon, der leicht mit der trockenen Hand gestrichen wird, folgt dem geriebenen Glasstab durch das ganze Zimmer und kann mit dem geriebenen Ebonitstab im Zimmer umhergetrieben werden.

11. Zwei an Fäden nebeneinander schwebende gefüllte Kollodiumballons, die gestrichen werden, stossen sich ab; ebenso werden sie von einem dazwischen gehaltenen geriebenen Ebonitstab abgestossen.

#### 74. Das Elektroskop. Leiter und Nichtleiter.

1. Man nähert dem Elektroskop den geriebenen Glas- oder Ebonitstab. Die Blättchen weichen auseinander. Beim Entfernen des Stabes gehen sie zusammen.

2. Mit dem geriebenen Glasstab berührt man vorsichtig das Elektroskop. Der Ausschlag der Blättchen ist dauernd. Nähert man den Glasstab wieder, so weichen sie noch mehr auseinander, kehren aber beim Entfernen des Glasstabes in die frühere Stellung zurück. Nähert man dagegen den geriebenen Ebonitstab, so nähern sie sich und gehen bei dessen Entfernen wieder auseinander.

Der Versuch wird wiederholt, indem man das Elektroskop mit dem geriebenen Ebonitstab berührt.

Für grosse Klassen und für Vorträge eignet sich vorzüglich das Elektroskop mit vertikaler Aluminiumnadel, an dem oben ein Ring von etwa 10 cm Durchmesser angebracht ist. Das Instrument ist allerdings etwas weniger empfindlich, als das Goldblattelektroskop, dafür ist der Ausschlag der Nadel weithin sichtbar. Man verfährt in gleicher Weise wie beim Goldblattelektroskop. Die geriebenen Stäbe werden dem Ring immer von oben genähert.

3. Man berührt das geladene Elektroskop mit der Hand, einem Metallstab, dem unelektrischen Glas- oder Ebonitstab, mit Pelz, Wolle, Seide. Leiter und Nichtleiter.

Quadratischer Rahmen.  
Aufhängehaken an seidener Schnur.  
Zwei Glas- und zwei Ebonitstäbe.  
Reibzeug.

Goldblatt (Aluminium)  
Elektroskop.  
Reibzeug.  
Glas- und Ebonitstab.

Elektroskop mit vertikaler Aluminiumnadel.

Markkugelchen  
an Seiden-,  
Leinenfaden und  
an dünnem  
Draht.

Holzstäbchen.  
Metalldraht.

Isoliertes Stativ.  
Seidenfaden.

Zwei Stative mit  
isolierter Nadel.  
Universalstativ.

Fuchsschwanz.  
Schlüssel. Holz-  
stück. Buch.  
Seidene Schnur.  
Elektroskop.  
Latte.

Dünner Glasstab.  
Rohr des  
pneumatischen  
Feuerzeuges.

Isolierschemel.

Isolierschemel  
Elektroskop.  
Hartgummikamm.

4. Ein an einem Seidenfaden hangendes Markkugelchen wird vom geriebenen Glasstab zuerst angezogen, dann abgestossen. Ein an einem Leinen-, Baumwollfaden oder dünnem Draht aufgehängtes Kugelchen wird immer wieder angezogen.

5. Man befestigt am Elektroskop nacheinander das Holzstäbchen und den Metalldraht in der Schachtel und berührt das freie Ende mit dem geriebenen Glas- oder Ebonitstab.

6. Man verbindet das Elektroskop mit dem Universalstativ der Elektrisiermaschine (oder dem Stativ mit isolierter Nadel) durch einen zirka einen Meter langen Seidenfaden. Berührt man den Seidenfaden mit der geriebenen Glasstange, so gehen die Blättchen nicht oder nur sehr langsam auseinander.

Benetzt man den Faden, so geben die Blättchen sofort einen Ausschlag.

7. Mit Hülfe der zwei Stative mit isolierten Nadeln und dem Universalstativ, lässt sich eine mehrere Meter lange isolierte Leitung aus dünnem Draht herstellen und zeigen, dass die Ausbreitung der El. augenblicklich erfolgt.

8. An einer seidenen Schnur werden Schlüssel, Holzstück, Buch etc. aufgehängt und mit dem Fuchsschwanz gepeitscht. Man berührt mit ihnen das Elektroskop und zieht die Latte an. Man stelle fest, in welchem el. Zustand sie sich befinden.

9. An einen dünnen Glasstab steckt man das Rohr des pneumatischen Feuerzeuges, peitscht dasselbe mit dem Fuchsschwanz und zieht die Latte mit demselben an.

10. Ein Schüler stellt sich auf den Isolierschemel; man peitscht ihn mit dem Fuchsschwanz. Berührt er das Elektroskop, so gehen die Blättchen auseinander; er ist —el. Mit dem Finger kann er das im Schwerpunkt aufgehängte Lineal anziehen.

In Ermangelung eines Isolierschemels legt man auf vier trockene Trinkgläser ein Brettchen.

11. Berührt man den elektrischen Metallkörper oder den elektrisierten Schüler mit dem Finger, so leitet man die gesamte freie Elektrizität des Körpers ab, während der geriebene Glasstab auch nach der Berührung mit dem Finger noch elektrisch bleibt.

12. Mit einem Hartgummikamm kämmt man einen Schüler, der auf dem Isolierschemel steht, ohne ihn mit dem Körper zu berühren. Der Hartgummikamm wird öfters durch die linke Hand gezogen, um ihn zu entladen. Mit dem Fingerknöchel kann der Schüler die Latte anziehen. Am Elektroskop erkennt man, dass er positiv elektrisch, der Kamm dagegen negativ elektrisch ist.

13. Man stellt sich auf den Isolierschemel und reibt den Glasstab. Hierauf reicht man ihn, ohne dass beide Körper sich berühren, einem Schüler, der ihn durch die Hand zieht, um ihn zu entladen. Nachdem dies mehrmals wiederholt worden ist, erweist sich unser Körper als negativ elektrisch.

Macht man den Versuch mit dem Hartgummistab, so ist der Körper + elektrisch.

14. Von zwei in Gummischuhen Stehenden bürstet A den B aus, dann ist A + el., B — el. (Kleiber.)

(Wie man kein Loch graben kann, ohne einen gleich hohen Erdhaufen aufzuwerfen, so ist es auch unmöglich, den einen el. Zustand hervorzurufen, ohne gleichzeitig ebensoviel von dem andern zu erregen. W. Weiler.)

Isolierschemel.  
Glasstange.  
Reibzeug.  
Elektroskop.

## 75. Elektrische Induktion.

1. Ein Apfel (Rübe, Orange, Gurke etc.) wird auf ein Stativ mit isolierter Nadel gebracht. Der geriebene Glasstab wird ihm genähert und entfernt. Man berührt mit dem Apfel, ohne ihn selbst zu berühren, das Elektroskop. Es ist unelektrisch. (App. Nr. 94.)

Anstatt mit dem Apfel das Elektroskop zu berühren, kann man sich auch eines Überträgers bedienen. An eine Siegellackstange wird eine grosse Kupfermünze befestigt, indem man die erwärmte Münze auf das Ende der Stange legt. Mit dem Überträger berührt man den Apfel und dann das Elektroskop.

2. Der geriebene Glasstab wird dem Apfel wieder genähert und dieser mit dem Finger auf der entgegengesetzten Seite berührt. Finger und Glasstab werden miteinander entfernt. Er ist nun — elektrisch. (L. Fig. 166.)

3. Der geriebene Glasstab wird genähert und der Apfel auf der gleichen Seite berührt. Er ist wieder — el.

Die drei Versuche werden mit dem Ebonitstab wiederholt.

4. Auf dem zweiten Stativ mit isolierter Nadel wird ebenfalls ein Apfel aufgesteckt und die beiden Äpfel werden bis zur Berührung einander genähert. Nähert man dem einen den geriebenen Glasstab und entfernt die beiden Äpfel von einander, so ist der nähere — el., der entferntere + el.

5. Der Versuch über elektrische Induktion kann auch in folgender Form ausgeführt werden:

Eine auf dem Isolierschemel stehende Person hält die eine = ausgestreckte Hand über das geladene Elektroskop, dem andern ausgestreckten Arm nähert man den geriebenen Glasstab.

Apfel.  
Stativ mit iso-  
lierter Nadel.  
Glasstab. Ebonit-  
stab. Reibzeug.

Überträger.

Ebonitstab.  
Zweites Stativ.  
Apfel.

Draht oder  
Kette. 2 Nägel.  
Elektroskop.

6. Man verbindet die beiden Äpfel durch einen Draht, dessen Enden man in die Äpfel steckt, oder durch eine Kette, die man an zwei in die Äpfel gesteckte Nägel hängt. Der zweite Apfel wird zudem mit dem Elektroskop in Verbindung gesetzt. Nähert man dem ersten Apfel den Glasstab, so gehen die Blättchen des Elektroskops auseinander; entfernt man ihn, so fallen sie zusammen. Die Verteilung erfolgt augenblicklich.

7. Wird der entfernte Apfel mit dem Finger berührt, während der Glasstab angenähert wird, so fallen die Blättchen zusammen. Beim Entfernen von Finger und Glasstab schlagen sie aus. Das Elektrometer ist negativ geladen. Es kann auch der nähere Apfel berührt werden.

8. Die gleichen Versuche werden mit Anwendung des Ebonitstabes wiederholt.

9. Die Versuche 74.2 mit dem Elektroskop werden wiederholt und erklärt.

Das Elektroskop wird geladen, indem man einen geriebenen Glasstab annähert und gleichzeitig den Metallstab mit dem Finger berührt.

Elektroskop.  
Glasstab.  
Reibzeug.

Oberflächen-  
apparat.

Apfel auf  
Stativ.

Blitzableiter-  
apparat.

2 Konduktoren,  
einer mit Spitze.  
Dunkles Zimmer.

Papier-  
schirm.

## 76. Der Sitz der elektrischen Ladung.

1. Der Oberflächenapparat wird elektrisch gemacht (Benützung der Elektrisiermaschine [siehe Anleitung zur Maschine mit doppelter Drehung.])

2. In den Apfel, der sich an der Spitze des isolierenden Statives befindet, steckt man eine Spitze (langer Nagel ohne Kopf; Spitze nach aussen) und nähert ihr den geriebenen Glasstab. (L. Fig. 168.) Der Apfel wird + elektrisch, bei Annäherung des Ebonitstabes — elektrisch.

3. Kehrt man die Spitze vom Glasstab ab, so ist der Apfel — elektrisch. (L. Fig. 169.)

4. Versuch mit dem Blitzableiterapparat. (Siehe Anleitung.)

5. Spitzen auf unelektrischen Körpern strahlen entgegengesetzte Elektrizität gegen den Konduktor aus.

Ein unelektrischer Konduktor (Apfel) mit einer Metallspitze wird dem negativen Konduktor der Maschine genähert, so dass die Spitze in einigen Zentimetern Entfernung diesem gegenübersteht. Ganz nahe an die abgewendete Seite des Konduktors stellt man einen mit der Erde verbundenen Konduktor. Aus der Spitze strömt — im dunkeln Zimmer sichtbar — positive Elektrizität aus. Aus der entgegengesetzten Seite springen Funken auf den abgeleiteten Konduktor über.

Die abgewendete Seite des Konduktors kann auch mit dem Papier- schirm verbunden werden.

6. Nähert man dem mit der Elektrisiermaschine verbundenen Papierschirm eine Spitze, z. B. einen Nagel, so fallen die Papierstreifen zusammen; deckt man den Finger über die Spitze, so fahren sie auseinander.

7. Auf das Elektroskop wird eine Spitze aufgesetzt. In ziemlicher Entfernung vom geladenen Konduktor weichen die Blättchen auseinander. Wird mit einem Glasstab die Spitze entfernt, so zeigt sich, dass die Elektrizität gleichnamig mit derjenigen des Konduktors ist.

In einem etwas grossen Ppropf bringt man eine halbkugelige Aushöhlung an und steckt durch den Kork eine Nadel. Die Vorrichtung setzt man auf das Elektroskop.

8. Der Ppropf mit der Nadel wird auf die Leidenerflasche gesetzt; in der Nähe des geladenen Konduktors zeigt sie bald eine Ladung.

9. Die beiden letzten Versuche werden wiederholt, indem man auf Elektroskop und Leidenerflasche statt der Spitze eine brennende Kerze aufsetzt, die unten halbkugelig vertieft ist.

10. Spitzen auf elektrischen Körpern strahlen die Elektrizität aus.

Durch eine Siegellackstange steckt man nahe am einen Ende einen heißen Nagel und lässt ihn erkalten. Hält man den isolierten Nagel an den geladenen Konduktor, so wird dieser rasch entladen. Im dunkeln Zimmer sieht man die ausströmende Elektrizität.

11. Richtet man die Spitze gegen eine Kerzenflamme, so wird diese weggeblasen, sogar ausgelöscht.

12. Auch durch die aufgesetzte brennende Kerze wird der Konduktor rasch entladen.

13. Flugrad und Papierschirm werden mit dem Konduktor leitend verbunden. Im dunkeln Zimmer sieht man die aus dem Flugrad strömende Elektrizität.

## 77. Auf elektrischer Induktion beruhende Vorrichtungen.

### a) Der Elektrophor.

1. Die Ebonitplatte wird mit dem Fuchsschwanz gepeitscht, der Deckel aufgesetzt und abgehoben; er ist unelektrisch. Nachweis am Elektroskop!

2. Der Deckel wird beim Abheben mit dem Finger berührt und dem Elektroskop genähert. Er ist positiv elektrisch.

3. Der Deckel wird mit dem Elektroskop durch eine Kette (einen dünnen Draht) verbunden, deren anderes Ende auf dem Deckel durch einen aufgelegten Gewichtstein gehalten wird. Legt man den Deckel auf die Ebonitscheibe, so divergieren die Blättchen; hebt man ihn ab, so fallen sie zusammen. (I. Fig. 170.)

Papierschirm.  
Nagel.

Elektroskop.  
Ppropf mit  
Nadel.  
Glasstab.

Leidenerflasche.  
Ppropf mit  
Nadel.

Kerze mit  
Aushöhlung.

Siegellaak-  
stange mit  
Nagel.

Kerze.

Kerze mit  
Höhlung.

Flugrad und  
Papierschirm.

Elektrophor.  
Fuchsschwanz.  
Elektroskop.

4. Setzt man den Deckel auf und berührt ihn mit dem Finger, so fallen die Blättchen zusammen; beim Abheben schlagen sie kräftig auseinander. Das Elektroskop ist positiv geladen.

Es muss Sorge getragen werden, dass die Blättchen nicht weggeschleudert werden.

Isolierschemel.

5. Die Ebonitscheibe wird auf den Isolierschemel gelegt und leitend mit dem Elektroskop verbunden, indem man das eine Ende eines dünnen Drahtes unter die Scheibe legt und das andere Ende um die Kuppe des Elektroskops dreht. Die Scheibe wird mit Pelz gerieben, dieser aber nicht abgehoben. Das Elektroskop ist + el.; wie man den Pelz abhebt — el.

*b) Die Leidener Flasche.*

(Besitzt man keine Elektrisiermaschine, so bedient man sich zum Laden der Leidener Flasche des Cottrellschen Reibzeuges. An einen Seidenlappen näht man einen Streifen Drahtnetz, dessen Enden man rechtwinklig umbiegt. Das Reibzeug wird so um den Glasstab gelegt, dass die Spitzen gegen ihn schauen und ihn auf ihrem ganzen Umfange umgeben. Durch einen feinen Draht oder eine Kette wird das Drahtnetz mit der Leidener Flasche verbunden.)

Leidenerflasche.  
Elektrisier-  
maschine.  
Isolierschemel  
oder Ebonit-  
platte.  
Papierschirm.

1 a. Die Flasche wird isoliert aufgestellt und die äussere Belegung mit dem Papierschirm, die innere mit dem Konduktor verbunden. Die in der äusseren Belegung frei werdende Elektrizität geht nach dem Papierschirm, der sich ausbreitet. Lässt man Funken überspringen, so erfolgt das Ausbreiten stossweise.

1 b. Es kann auch die innere Belegung mit dem Papierschirm und die äussere mit dem Konduktor verbunden werden.

Latte.

2. Eine Person, die auf dem Isolierschemel steht, hält mit der einen Hand die Flasche und berührt mit dem Knopf derselben den Konduktor. Mit der andern kann sie die Latte anziehen.

Dito. Entlader.  
Kette.

3. Die innere Belegung der isoliert aufgestellten Flasche wird mit dem Konduktor und dem Papierschirm, die äussere mit der Erde leitend verbunden und die Flasche geladen. Dann wird die Ableitung nach der Erde aufgehoben und die innere und äussere Belegung abwechselnd mit dem Entlader, der durch eine Kette mit der Erde verbunden ist, berührt. Jedesmal wird der nicht gebundene Überschuss, der sich auf einer Belegung befindet, entfernt.

Dito. Entlader.

4. Die Flasche wird geladen und mit dem Entlader entladen. Es wird gezeigt, dass noch ein zweiter, dritter Funken überschlägt.

5. Die menschliche Leidenerflasche.

Eine isoliert stehende Person berührt mit der einen Hand den Konduktor und drückt mit der anderen Hand die Ebonitplatte gegen die

Isolierschemel.  
Ebonitplatte.

Hand einer auf dem Boden stehenden Person. Wenn die so gebildete Flasche geladen ist, nähern sich die beiden Personen die freien Hände.

*c) Die Elektrisiermaschine.*

Es wird auf die Anleitung verwiesen, die den Maschinen mit doppelter Drehung beigegeben wird.

**78. Wirkungen der Elektrizität.**

(Siehe Anleitung zum Gebrauch der Elektrisiermaschine.)

1. Die luftleere Fallröhre wird so auf eine Unterlage gelegt, dass das eine Ende den Konduktor der Elektrisiermaschine berührt. Das andere Ende wird mit der Erde oder mit dem andern Konduktor der Maschine leitend verbunden. Die Röhre erglänzt in violettem Licht. — Im Dunkeln ausführen!

Luftpumpe.  
Fallröhre.  
Elektrisier-  
maschine.

2. Auf die Schwungmaschine wird eine Scheibe, die in weisse und schwarze Sektoren eingeteilt ist oder eine Farbenscheibe befestigt. Wenn im dunklen Zimmer der Funke überschlägt, erscheinen die Felder bald stillstehend, bald vor-, bald rückwärtsgehend und scharf begrenzt.

Dunkles Zimmer.  
Schwung-  
maschine.  
Farbenscheibe.  
Elektrisier-  
maschine.

**79. Die Luftelektrizität.**

Die Versuche mit dem Blitzableiterapparat werden vorgeführt. (Siehe Anleitung zum Gebrauch der Elektrisiermaschine.)

Elektrisier-  
maschine.  
Blitzableiter-  
Apparat.

**C. Galvanismus.**

1. Für den Voltaischen Grundversuch setzt man dem Wasser etwa  $\frac{1}{10}$  des Gewichtes Schwefelsäure zu.

2. Das Bunsensche Chromsäure-Element. Zink- und Kohlenplatten tauchen in Chromsäurelösung. Natriumbichromat (doppeltchromsaures Natrium) ist nach Bruno Kolbe dem Kaliumbichromat (doppeltchromsaures Kali oder saures Kaliumchromat) vorzuziehen. Die Mengenverhältnisse für die Mischung werden sehr verschieden angegeben.

Bruno Kolbe empfiehlt: 100 Gewichtsteile Wasser, 25 Teile rohe Schwefelsäure, 12 Teile Natriumbichromat. Der fertigen Lösung kann man etwas schwefelsaures Quecksilber (oder Quecksilberoxyd) zusetzen (3—4 Gramm auf einen Liter Flüssigkeit), wodurch die Zinkplatten stets amalgamiert und blank erhalten werden. (Die Schwefelsäure wird der Lösung langsam zugesetzt.) Man lässt sich die Mischung am besten vom Apotheker herstellen.

Da die Elemente auch offen Zink verzehren, werden die Zinkplatten aus der Lösung gehoben, sobald die Batterie nicht gebraucht wird.

Nach dem Gebrauch sind die Kohlenplatten (oder Kohlenzylinder) längere Zeit ins Wasser zu stellen.

Die elektromotorische Kraft eines Elementes beträgt im Anfang etwa zwei Volt.

3. Das Daniellsche Element. Ein Zylinder aus Kupferblech wird in ein Glas mit konzentrierter Kupfervitriollösung gesetzt; in diesen stellt man einen Tonzyylinder mit verdünnter Schwefelsäure und in diese eine amalgamierte Zinkplatte. Die elektromotorische Kraft beträgt 1,1 Volt.

Die Kupfervitriollösung soll warm gesättigt sein. Die Säurelösung enthält 12—15 Gewichtsteile Schwefelsäure. Beim Zusammenstellen der Batterie bringt man die Zinkplatten in die Tonzellen und füllt diese mit der Säure, worauf sie in das Element eingesetzt werden. Die Säure soll etwas höher stehen als die Kupfervitriollösung, um das Durchdringen dieser zum Zink zu verhindern. Nach dem Gebrauch nimmt man die Zinkplatten heraus und wäscht sie ab. Die Tonzellen werden entleert und längere Zeit in ein Gefäß mit Wasser gelegt; das Wasser soll von Zeit zu Zeit erneuert werden. Wenn man nicht, oder zu wenig wässert, zerstören die sich bildenden Salze die Tonzelle.

4. Das Zinkkohlen- oder Bunsensche Element. Es besteht aus Zink in verdünnter Schwefelsäure und Kohle in konzentrierter Salpetersäure. Elektromotorische Kraft 1,8 bis 1,9 Volt.

Die verdünnte Schwefelsäure enthält einen Raumteil englische Schwefelsäure auf etwa 20 Raumteile Wasser. Man giesst die Schwefelsäure unter stetem Umrühren mit einem Glasstäbe in die entsprechende Menge Wasser. Das Gemisch wird dabei heiss; man lässt es erkalten, ehe man es in die Gefäße einfüllt. Die Salpetersäure wird während des Gebrauches verdünnter und muss von Zeit zu Zeit erneuert werden. Man giesst erst die Schwefelsäure in das Element, damit die Tonzelle mit derselben durchtränkt wird und möglichst wenig von der Salpetersäure zum Zink dringt. Die Schwefelsäure muss etwa  $\frac{1}{8}$  höher als die Salpetersäure stehen. Man muss sich sorgfältigst hüten, Salpetersäure zum Zink zu gießen, da sich sonst schädliche Dämpfe von Untersalpetersäure entwickeln. Sie bilden sich in geringer Menge stets, wenn das Element geschlossen ist. Die Elemente müssen daher womöglich im Freien oder in einem mit einem Abzuge versehenen Raum stehen. Nach dem Gebrauche nimmt man die Elemente auseinander. Die Tonzellen und Kohlen stellt man nach Abspülen mit viel Wasser in besonderen Gefäßen ganz unter Wasser, damit alle Säure, sowie die gebildeten Salze aus denselben ausgewaschen werden. (Wiedemann und Ebert, Physikalisches Praktikum.)

5. Um die Zinkplatten zu amalgamieren, werden sie gereinigt und rasch in verdünnte Schwefelsäure getaucht. Man bringt einige Tropfen Quecksilber darauf und verreibt es mit einem in die verdünnte Säure eingetauchten Lappen, bis die Platten silberglänzend sind.

Wenn die Platten noch ziemlich gut amalgamiert sind, kann man die Amalgamierung erneuern, indem man in die Tonbecher einige Tropfen Quecksilber giesst. Während die Batterie in Tätigkeit ist, steigt das Quecksilber empor.

Anmerkung. Quecksilber, das zum Amalgamieren verwendet wurde, darf nicht mehr mit dem andern Quecksilber zusammengebracht werden.

Zum Amalgamieren kann man sich auch folgende Flüssigkeit bereiten. 50 g Quecksilber werden in 250 g Königswasser (25 Teile Salpetersäure und 75 Teile Salzsäure) unter vorsichtigem Erwärmen gelöst. (Im Freien aus-

führen!) Nach dem Auflösen giesst man unter Umrühren 250 g Salzsäure zu. Die Zinkplatten taucht man einige Sekunden in die Flüssigkeit und wäscht sie ab. Die gleiche Flüssigkeit kann lange Zeit verwendet werden.

6. Das „Kriechen“ von Kupfervitriol an den Wänden der Glasgefässe wird verhindert, wenn man den Gefäßrand inwendig einige Zentimeter breit mit Fett einreibt.

7. Alle Kontaktstellen müssen durchaus metallisch rein sein, weil jede Art von Schmutz oder ein Überzug von Metalloxyd den Widerstand vermehrt und den Strom schwächt. Um diese Stellen zu reinigen, werden sie mit feiner Glas- oder Schmirgelleinwand gerieben. Die Löcher der Kontakt-schrauben reinigt man mit der Rundfeile.

## 81. Galvanische Grunderscheinungen.

1. Zwei mit Klemmschrauben versehene, gut gereinigte Kupferplatten werden in destilliertes Wasser gestellt und der Verbindungsdräht an der Magnetnadel auf dem Stativ vorbeigeführt. Es erfolgt kein Ausschlag.

2 Batteriegläser,  
eines mit reinem  
Wasser, eines  
mit verdünnter  
Schwefelsäure  
oder Salzwasser.

2 Kupfer- und  
2 Zinkplatten.  
Zink- und  
Kupferplatte.  
Magnetnadel  
mit Stativ.  
Leitungsdräht.

2. Ebenso zwei Zinkplatten.

3. Hierauf eine Zink- und eine Kupferplatte. Wieder kein Ausschlag.

4. Die drei Zusammenstellungen werden auch in angesäuertes Wasser gestellt und der Draht an der Magnetnadel vorbeigeführt. Nur im letztenmal erhält man einen Ausschlag der Nadel.

Verschiedene  
Elemente.

## 82. Galvanische Elemente.

1. Verschiedene Elemente werden zusammengestellt; die Ablenkung der Magnetnadel wird gezeigt.

2. Die verschiedene Art der Schaltung wird demonstriert. (L. Fig. 180 und 181.)

## 83. Magnetische Wirkung des Stromes.

### a) Das Galvanometer.

1 a. Man führt den Strom über der auf dem Nadelstativ ruhenden Magnetnadel nach Nord, dann unter der Nadel nach Süd, dann biegt man den Draht zu einer U-förmigen Schleife, so dass der Strom über der Nadel nach Nord und unter der Nadel nach Süd fliesst. Der Ausschlag des Nordpols der Nadel erfolgt nach West.

Magnetnadel  
mit Stativ.  
2 Elemente.

1 b. Die Versuche werden mit der umgekehrten Stromrichtung wiederholt. Der Nordpol der Nadel schlägt nach Ost aus. (L. Fig. 182.)

2. Die Versuche werden mit Hilfe des Galvanoskops wiederholt. (Zeigerstrom — Gegenzeigerstrom.)

Galvanoskop.

3. Das Vertikalgalvanometer (L. Fig. 183) wird in den Stromkreis eingeschaltet und für die folgenden Versuche wird bestimmt, in welcher Richtung der Zeiger ausschlägt. (In der Richtung des Stromes.)

Vertikalgalvanometer.

Stromwender  
M. W.

4. Die beiden untern Klemmen des Stromwenders M. W. werden mit den Polen der Batterie, die beiden oberen mit dem Galvanometer verbunden. Lässt man hinten das untere Gewicht mit seinen Seidenschnüren sinken, so bilden die Messinglamellen Kontakt und leiten den Strom. Legt man das untere Gewicht auf seine Stützen und lässt das obere Gewicht sinken, so bilden die sich kreuzenden Kupferlamellen Kontakt und der Strom fliesst in entgegengesetzter Richtung. W.

Stromwender  
System Ruhmkorff.

4 a. Am Stromwender, System Ruhmkorff, verbindet man die zwei in der Richtung der Achse liegenden Klemmen mit der Batterie, die zwei seitlichen mit dem Galvanoskop.

Stromwender  
Galvanoskop.  
Vertikal-  
galvanometer.

5. Nach Einschaltung des Stromwenders kann man die Nadel des Galvanoskops, des Vertikalgalvanometers, nach links und rechts ausschlagen lassen.

*b) Der Elektromagnet und seine Anwendung.*

Eisenstück.  
Umsponnener  
Draht.  
Magnetnadel  
auf Stativ.  
2 Elemente.  
Stromwender.

1. Man umwickelt ein weiches Eisenstück mit umsponnenem Draht. Es ist, so lange der Strom durchgeht, magnetisch. Man bestimme die Pole und die Stromrichtung am Nord- und am Südpol, kehre den Strom um und bestimme die Pole und die Stromrichtung wieder. Der Südpol wird von einem Zeigerstrom, der Nordpol von einem Gegenzeigerstrom umkreist. (L. Fig. 184.)

Modell des  
Telegraphen-  
apparates  
oder Elektro-  
magnet.

2. Man schickt durch einen Elektromagneten, z. B. das Modell des Telegraphenapparates, einen Strom und lässt den Anker anziehen. Man hält das Modell umgekehrt und lässt kleine Nägel anziehen. Man unterbricht den Strom — die Nägel fallen bis auf wenige ab. Remanenter Magnetismus.

Morse  
Telegraphen-  
apparat.

3. Durch das Schulzimmer erstellt man eine Doppelleitung. Am einen Ende werden Batterie und Taster — Stromwender — eingeschaltet, am andern der Morse-Telegraphenapparat. (NB. Drähte an die Klemmen 3 und 4 legen!)

Telegraphen-  
modell M. W.

4. Telegraphenmodell MW. In den kleinen Metalltrichter über dem Papierstreifen wird Tinte gebracht. Der Elektromagnet wird unter den Anker des Hebels geschoben und mit einem kurzen isolierten Draht mit einem Pol der Batterie verbunden. Die zweite Klemme des Elektromagneten wird durch einen etwa zehn Meter langen Draht mit einem Taster verbunden und dieser durch einen zweiten zehn Meter langen Draht mit der Batterie. Wird der Papierstreifen gleichmässig von Hand horizontal über die Rolle weggezogen, so erscheinen auf demselben je nach der Dauer des Stromschlusses Punkte oder Striche. W.

Stromwender.  
Vertikal-  
galvanometer.

5. Nachweis der Erdleitung. Von der Batterie aus führt man den Strom zum Stromwender, dem Galvanometer und durch einen

Leitungsdräht nach der Gas- und Wasserleitung oder dem Blitzableiter. Der andere Pol der Batterie wird mit dem Stromwender verbunden und dieser mit einem Turnstab, der in der Nähe des Schulhauses (in einem Gartenbeet) in den Boden gesteckt wird. Giesst man beim Turnstab Wasser auf den Boden, so wird der Ausschlag der Nadel vergrössert.

Batterie.  
Turnstab.  
Leitungsdrähte.

6. Im Schulzimmer oder zwischen benachbarten Zimmern wird eine Leitung erstellt. Am einen Ende wird das Läutwerk eingeschaltet, am andern die Batterie und ein Taster (oder Stromwender).

Läutwerk.  
Taster oder  
Stromwender.  
Leitungsdrähte.

7. Stromverteiler mit Läutwerk, Tableaunummer und Glühlicht. M. W.

Stromverteiler  
mit Läutwerk.  
Tableaunummer  
und Glühlicht.  
M. W.

a) Die mit + oder — bezeichnete Klemme links oben wird mit dem entsprechenden Batteriepol verbunden; der andere Batteriepol mit der Zentralklemme unten. (Um ein Verbrennen der 4-Volt-Glühlampe zu verhüten, werden nur so viele Elemente eingeschaltet, als zum hellen Leuchten der Glühlampe nötig sind.)

b) Durch die vier Messingkontakte werden nacheinander in Betrieb gesetzt: 1. Tableaunummer. Öffnen und Schliessen vermittelst Elektromagneten. (Solche Tableaunummern werden verwendet für die Übersicht betreffend Zimmer in Gasthöfen etc.) 2. Das Schutzbrettchen der elektrischen Klingel wird entfernt, um die einzelnen Teile und deren Funktion zu zeigen. 3. Das kleine Edisongewinde wird erklärt, dann die Glühlampe eingeschraubt und eingeschaltet.

c) Schliesst man gleichzeitig zwei oder mehr Kontakte, so verteilt sich der Batteriestrom auf verschiedene Bahnen. Die Stromstärke jeder Bahn wird dadurch verringert und die betreffenden Apparate funktionieren um so weniger gut.

d) Schrauben wir einerseits den einen Kontaktdraht der Tableaunummer mit demjenigen der Glühlampe — und anderseits den andern Kontaktdraht der Tableaunummer mit demjenigen der Klingel zusammen, so können durch einen Kontakt mechanische Bewegung der Tableaunummer und Glühlicht, oder mechanische Bewegung der Tableaunummer und Klingeln hervorgebracht werden.

e) Schraubt man die Kontaktdrähte der Glühlampe, der Klingel und einen Draht der Tableaunummer in einer Klemme zusammen, so erfolgt durch einen einzigen Kontakt: Mechanische Bewegung, Klingeln und Glühlicht. W.

### c) Das Solenoid.

Das Quecksilber, das zum Füllen der beiden konzentrisch liegenden Gefässen des Ampèreschen Gestells (a und b, Fig. 189 des Lehrmittels) dient, muss chemisch rein sein, darf also kein Häutchen an der Oberfläche haben. (Über das Reinigen von Quecksilber siehe am Schluss.)

Ampèresches  
Gestell mit  
Elektromagnet,  
Solenoid,  
Drahtviereck  
auf Stab.

Stabmagnet.  
Magnetenadel.  
Batterie.

Das Quecksilber soll im inneren Näpfchen wenig höher stehen als im äussern. Durch Eintauchen eines Bleistiftes kann man leicht Quecksilber aus dem inneren Näpfchen ins äussere verdrängen.

Man verwendet eine Batterie mit mindestens vier Elementen und frischer Füllung. Die Elemente werden parallel geschaltet; für die Versuche mit dem Solenoid schaltet man je zwei Elemente parallel und die beiden Gruppen hintereinander. Bei stärkerer Stromquelle gelingen die Versuche sicherer. Von der Batterie wird der Strom zum Stromwender und von diesem zum Gestell geführt.

Die Spitzen der beweglichen Apparate sind vor dem Gebrauch mit feinem Schmiergelpapier rein und ganz scharf zu machen. Vermittelst der dünnen Seidenfäden hängt man sie am Gestell auf; hierauf werden sie genau eingestellt. Durch Drehen des Armes und Einstellen der Stellschrauben wird bewirkt, dass die mittlere Spitze über dem inneren Näpfchen schwebt; dann wird der Arm gesenkt, bis die äussere Spitze ganz wenig, nur 0,5 mm, ins Quecksilber taucht. Wenn die Stromrichtung geändert wird, macht der aufgehängte Apparat eine Drehung von 180°. War er in seiner Lage völlig zur Ruhe gekommen, so kann die Bewegung ausbleiben, da das Drehmoment Null ist. Bringt man ihn aber durch leichte Berührungen oder durch einen Hauch aus der Lage, so tritt sie sofort ein und nach einigen Pendelschwingungen kommt er in der neuen Lage zur Ruhe. Während der Drehung hat man darauf zu achten, dass die innere Spitze immer im Zentrum des Näpfchens ist; durch leichtes Drehen des Armes kann nachgeholfen werden. Man lasse bei allen Versuchen die Schüler die Stromrichtung aufsuchen.

1. Der Elektromagnet (L. Fig. 189) wird aufgehängt. Die Stromrichtung wird wiederholt geändert. Bei stärkerem Strom kann der Elektromagnet in kreisende Bewegung geraten. Mit dem Stabmagneten wird gezeigt, dass er sich genau wie eine Magnetnadel verhält.

2. Auch das Solenoid (L. Fig. 190) stellt sich in die Nord-Süd-Richtung ein und dreht sich bei Stromwechsel um 180°. Die Pole des Stabmagneten werden seinen Enden genähert. Eine an einem dünnen Faden hangende Magnetnadel wird in das Solenoid hineingezogen. Im Moment, da man die Stromrichtung umkehrt, macht sie eine Drehung von 180°.

3. Das Drahtviereck stellt sich wie die Windungen des Solenoids in Ost-West-Richtung. Hält man in die Achse des Vierecks einen Stabmagneten, den Südpol nach Süden, und dreht ihn um die Mitte, so stellt sich das Viereck immer senkrecht zu ihm, so dass die Ampèreschen magnetischen Ströme und der galvanische Strom parallel laufen.

4. Man schaltet in den Stromkreis das Viereck auf dem Lineal ein und nähert die senkrecht verlaufenden Seiten der Rechtecke einander. (L. Fig. 192.) Es ergibt sich: Parallel gerichtete Ströme ziehen einander an, entgegengesetzt gerichtete Ströme stoßen einander ab.

5. Das Viereck auf dem Lineal wird so gegen das bewegliche Viereck gehalten, dass die wagrecht laufenden Seiten sich kreuzen: Sich kreuzende Ströme streben, sich in eine Lage zu bewegen, in welcher sie parallel und von derselben Richtung sind.

6. Wenn man einen Magnetpol seitlich gegen das bewegliche Drahtviereck hält, so sucht es sich senkrecht zum Magnetpol zu stellen. Kehrt man den Strom in den Augenblicken um, da eine Seite des Vier- ecks am Magneten vorübergeht, so gerät das Viereck in dauernde Rotation. Die Bewegung wird noch lebhafter, wenn die beiden Stab- magnete, die ungleichen Pole gegeneinander gerichtet, zu beiden Seiten des Drahtvierecks angebracht werden. (Dynamomotor.)

7. Das Verhalten von Strom und Magnet zu einander wird auch durch folgenden Versuch demonstriert: Im Retortenhalter befestigt man senkrecht einen Stabmagneten an seinem oberen Ende, so dass sein unteres Ende noch 10—15 cm vom Tisch entfernt ist. Neben dem Stab- magneten lässt man einen Faden Lametta (als Christbaumschmuck unter dem Namen „Engelhaar“ bekannt) lose herunterhangen und verbindet dessen Enden mit den Poldrähten der auf Spannung geschalteten Batterie. Wenn der Strom durchgeht, wickelt sich der biegsame Leiter in der Richtung der Ampèreschen Ströme um den Magneten. Kehrt man den Strom um, so wickelt sich die Lametta zuerst ab und dann in um- gekehrter Richtung wieder auf. Befestigt man die beiden Magnete so, dass die gleichnamigen Pole zusammenstossen, so haben die Windungen der Lametta auf beiden Magneten entgegengesetzte Richtung. Statt von der Batterie kann der Strom auch von der Dynamomaschine bezogen werden.

8a. Kraftlinienbild des Solenoids. Die Induktionsrolle des Induktionsapparates wird senkrecht befestigt. (Klemmen unten.) Darauf wird ein Blatt Papier gelegt und wenn der Strom durchgeht, Eisen- feilspäne aufgestreut.

8b. Der Versuch wird wiederholt, nachdem man in die Spule einen Kern aus Eisendraht gebracht hat. (Büschei Eisendrähte.)

9a. Man schneidet aus einem Bogen festem Papier ein Rechteck aus, gleich dem Längsschnitt der Induktionsrolle; legt es so über diese, dass die Induktionsrolle zur Hälfte herausschaut. Wenn der Strom durch- geht, streut man Eisenfeilspäne auf.

9b. Hierauf schiebt man das Drahtbüschel in den Hohlraum der Rolle und erzeugt wieder die Kraftlinien.

10. In den Hohlraum der senkrecht gehaltenen Induktionsrolle bringt man einen Nagel mittlerer Stärke. Wenn der Strom durchgeht,

Retortenhalter.  
Stabmagnete.  
Lametta.  
Batterie oder  
Dynamo-  
maschine.

Induktionsrolle.  
Batterie.  
Eisenfeilspäne.

Eisenkern.

Dito.  
Karton mit  
rechteckigem  
Ausschnitt.

Dito. Nagel.

schwebt er frei, bei Unterbrechung desselben fällt er heraus. (Regulierung der Bogenlampe.)

Drahtviereck.

11. Um das Kraftlinienbild eines Stromleiters hervorzubringen, genügt bei den schwachen Strömen, die zur Verfügung stehen, ein einziger Leiter nicht. Man schlage auf einem Brett vier Nägel in die Ecken eines Quadrates von etwa 20 cm Seite und wickle umspinnenden Kupferdraht von etwa 0,5 mm Durchmesser 20—25 mal herum. Die Windungen bindet man zusammen. Das Rechteck wird senkrecht im Retortenhalter befestigt. Auf ein horizontal gehaltenes Blatt Papier, durch das eine senkrechte Seite des Rechtecks geht, streut man Eisenfeilspäne und erhält kreisförmige Kraftlinien. Eine leichte Magnetnadel, die um den Draht geführt wird, stellt sich tangential. Kehrt man den Strom um, so kehrt auch die Nadel um.

#### 84. Einführung in die elektrischen Masse.

##### a) *Spannungsunterschied, elektromotorische Kraft.*

Mit einer Pumpe kann Wasser aus einem tieferliegenden Gefäß in ein höherliegendes geschafft werden. Durch ein Verbindungsrohr fliesset das Wasser wieder in den ersten Behälter zurück. So lange die Pumpe in Tätigkeit ist, besteht ein ununterbrochener Wasserstrom. Dadurch, dass das Wasser auf ein höheres Niveau gehoben worden ist, hat es das Bestreben, den Niveauunterschied wieder auszugleichen; es besitzt Energie, wasserbewegende oder aquamotorische Kraft. Die Grösse der aquamotorischen Kraft ist abhängig vom Niveauunterschied der Flüssigkeit in den beiden Gefässen und wird in Metern gemessen. Bei 10 m Niveauunterschied heisst die Kraft eine Atmosphäre.

\* \* \*

1. Versuch. Eine Kupfer- und eine Zinkplatte, die in verdünnte Schwefelsäure getaucht sind, werden mit dem Voltmeter verbunden. Der Zeiger des Voltmeters stellt sich annähernd auf den mit 1 Volt bezeichneten Teilstrich ein.

Durch die Einwirkung der Säure auf die Metalle wird die Kupferplatte in einen Zustand höherer Spannung versetzt, als die Zinkplatte; es besteht zwischen ihnen ein Spannungsunterschied. Durch den Verbindungsdrat wird dieser Unterschied ausgeglichen. Die in der Stromquelle tätige Kraft erhält den Spannungs- oder Niveauunterschied aufrecht; deshalb ist der „elektrische Strom“ ununterbrochen. Man nennt die in der Stromquelle wirkende Kraft elektrizitätsbewegende oder elektromotorische Kraft. Sie wird gemessen in Volt. Ein Daniellsches Element hat eine elektromotorische Kraft von 1,1 Volt. Das Mess-

instrument heisst Voltmeter. (Die Einrichtung des Instrumentes kann später erklärt werden.)

Wenn bei einer Pumpe bei sonst unveränderten Verhältnissen der Querschnitt des Pumpenzylinders und damit der Kolben vergrössert wird, so ändert sich die aquamotorische Kraft nicht, die durchfliessende Wassermasse(-menge) wird bloss grösser. Fig. 7.

2. Versuch. Man hebt in der vorigen Verbindung nach einander und gleichzeitig die Kupfer- und die Zinkplatte in der Säure, so dass schliesslich nur noch kleine Ecken eintauchen: der Zeiger des Voltmeters bleibt unverändert stehen; die Spannung ändert sich also nicht.

Zwischen einer Kupfer- und einer Zinkplatte, die in verdünnter Schwefelsäure stehen, besteht ein Spannungsunterschied, der unabhängig ist von der Grösse der in die Flüssigkeit eintauchenden Flächen. Die elektromotorische Kraft ändert sich mit der Vergrösserung der Metallplatten nicht, wohl aber die durchfliessende Elektrizitätsmenge.

Stellt man drei ( $n$ ) Pumpen nebeneinander auf nach Fig. 8, so ist die Druckhöhe  $h$  gleich der einer einzigen Pumpe. Die gelieferte Wassermenge ist aber das Dreifache der Wassermenge, die von einer Pumpe befördert wird. Die Parallelschaltung der Pumpe hat die gleiche Wirkung, wie die Vergrösserung des Kolbens.

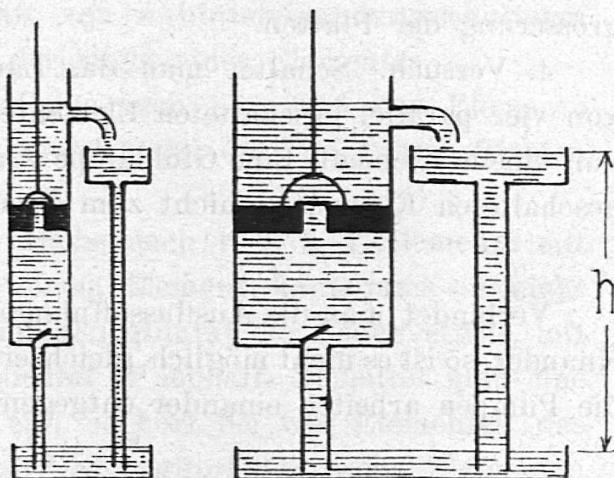


Fig. 7.

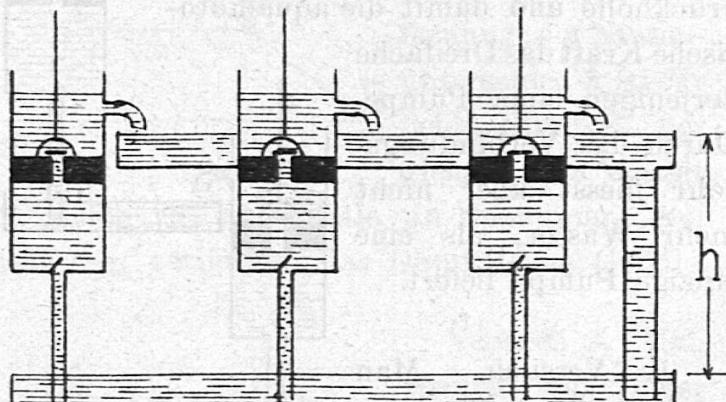


Fig. 8.

3. Versuch. Man schaltet drei ( $n$ ) Elemente parallel, indem man alle Kupferplatten unter sich und alle Zinkplatten unter sich verbindet (Fig. 181 des Lehrmittels); der Zeiger des Voltmeters bleibt bei 1,1 Volt stehen.

Bei Parallelschaltung wird die elektromotorische Kraft (die Spannung) nicht grösser, wohl aber die durchfliessende Elektrizitätsmenge. Die Parallelschaltung der Elemente hat die gleiche Wirkung, wie die Vergrösserung der Platten.

4. Versuch. Schaltet man das Läutwerk in den Verbindungsdraht von vier parallel geschalteten Elementen, so läutet es nicht stärker, als von einem Element. Eine Glühlampe von vier Volt kann mit vier parallel geschalteten Elementen nicht zum Brennen gebracht werden.

Verbindet man die Ausflussöffnungen von zwei gleichen Pumpen miteinander, so ist es nicht möglich, gleichzeitig beide Kolben niederzudrücken; die Pumpen arbeiten einander entgegen; es entsteht keine Strömung.

5. Versuch. Man verbindet den Kupferpol des ersten und den Zinkpol des zweiten Elementes mit der einen Klemme des Voltmeters, den Zinkpol des ersten und den Kupferpol des zweiten mit der zweiten Klemme, so dass die beiden Ströme einander entgegengesetzt laufen. Wenn die beiden Elemente genau gleich stark sind, stellt sich der Zeiger auf Null.

Verbindet man drei Pumpen nach Fig. 9, so dass eine der andern das Wasser liefert, so ist die Gesamtdruckhöhe und damit die aquamotorische Kraft das Dreifache derjenigen einer Pumpe. Durch das Verbindungsrohr fliesst aber nicht mehr Wasser, als eine einzige Pumpe liefert.

6. Versuch. Man schaltet die Elemente hintereinander, indem man das Zink des ersten Elementes mit dem Kupfer des zweiten usw. verbindet (Fig. 180 des Lehrmittels), so dass der Strom durch sämtliche Elemente fliessen muss. Man verbindet zuerst ein Element mit dem Voltmeter; der Ausschlag ist 1,1 Volt, bei zwei hinter-

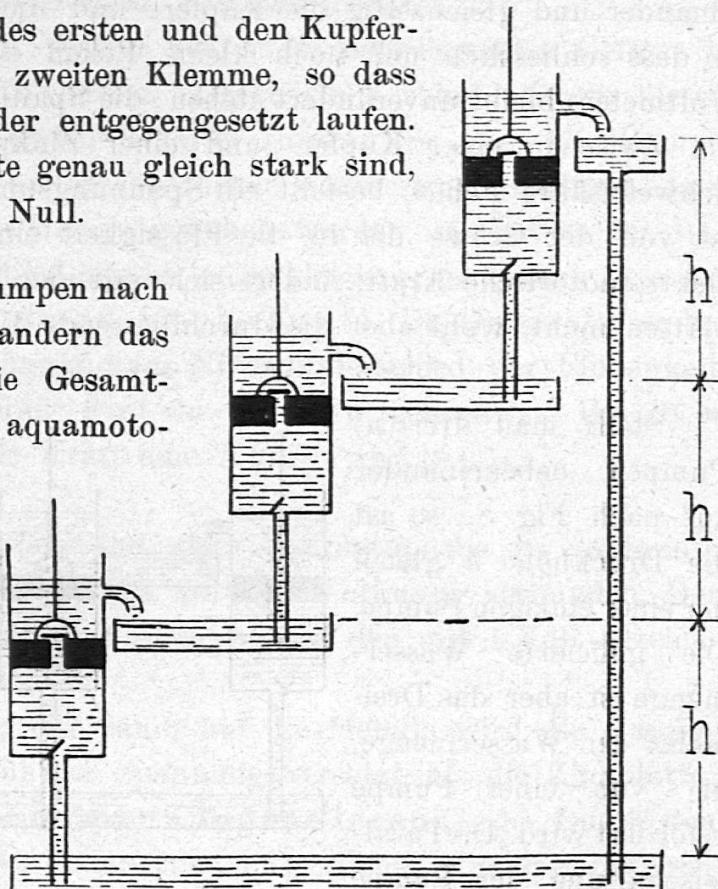


Fig. 9.

einander geschalteten Elementen 2,2, bei drei Elementen 3,3, bei  $n$ -Elementen  $1,1 \times n$ -Volt.

Jedes folgende Element vermehrt die Spannung um einen gleichen Betrag. Die elektromotorische Kraft von  $n$  hintereinandergeschalteten Elementen ist gleich dem  $n$ -fachen derjeniges eines Elementes.

7. Versuch. Man verbindet der Reihe nach 1, 2, 3, 4 usw. Elemente mit dem Läutwerk. Vom feinen Geklingel steigt der Ton zum heftigsten Gerassel.

8. Versuch. Man verbindet der Reihe nach 1, 2, 3, 4 Elemente mit einer viervoltigen Glühlampe. Mit einem Element kann man sie nicht zum Glühen bringen, mit zwei Elementen glimmt der Faden etwas, mit drei stärker, mit vier Elementen leuchtet er lebhaft. Schaltet man eine zweite Glühlampe hinter die erste ein, so hört bei vier Elementen das Glühen auf; es beginnt bei sechs Elementen wieder und ist bei 7 und 8 Elementen lebhaft.

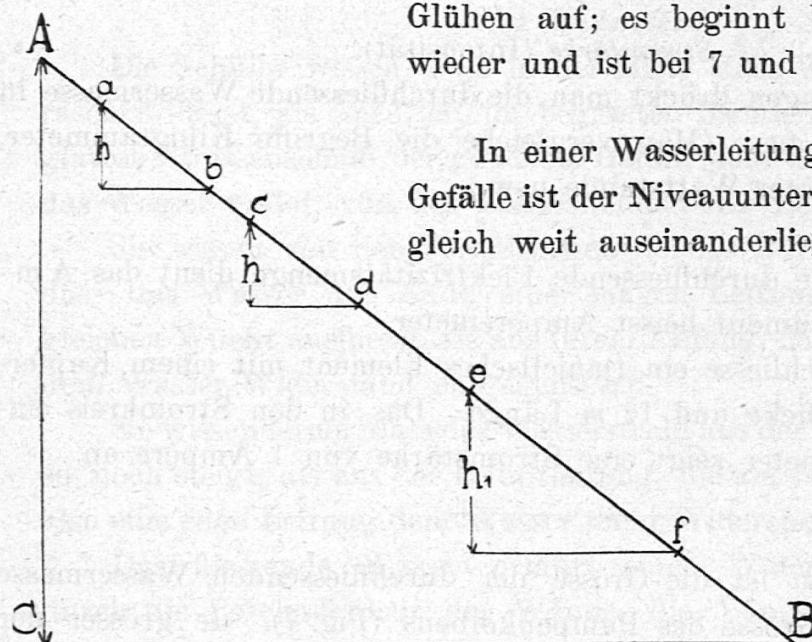


Fig. 10.

In einer Wasserleitung mit gleichmässigem Gefälle ist der Niveauunterschied zwischen zwei gleich weit auseinanderliegenden Punkten der gleiche. Auf der Schiefen A B, Fig. 10, gleicht sich das Gefälle A C aus. Die Punkte a-b, c-d haben gleiche Entfernung; der Niveauunterschied  $h$  ist für beide Strecken der gleiche. Das Wasser

verliert auf gleiche Strecken gleich viel an Gefälle, an Spannung. Auf der doppelt so grossen Strecke e-f verliert es das Doppelte an Gefälle.

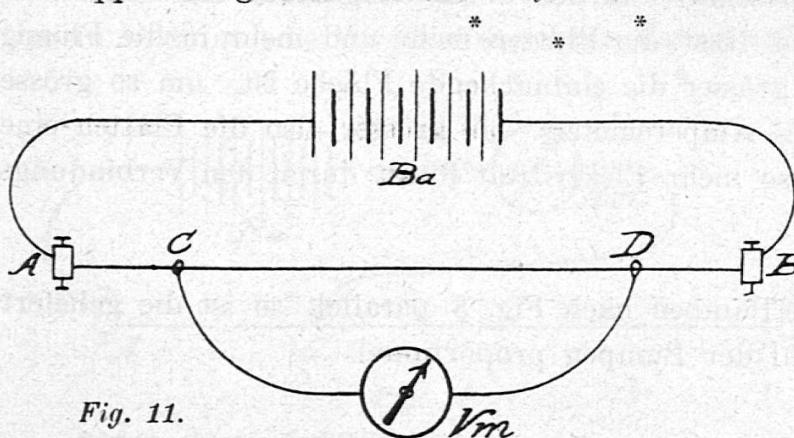


Fig. 11.

Versuch 9. Man spanne auf einer Latte zwischen zwei etwa einen Meter auseinander liegenden Klemmen einen Draht A B, Fig. 11, mit grossem Widerstand — einen Nicke-

lindraht von  $0,4\text{ mm}$  oder einen Neusilberdraht, ev. Blumendraht, aus und schicke den Strom mehrerer hintereinander geschalteter Elemente *Ba* durch. An die Polklemmen des Voltmeters befestigt man zwei Drähte, deren wohlgereinigte Enden *C* und *D* nebeneinander auf den Nickelindraht gelegt werden. Das Voltmeter zeigt keinen Ausschlag; wie man aber die Enden voneinander entfernt, steigt der Zeiger. Man lasse den Ausschlag wachsen, bis er 1 Volt beträgt und messe die Grösse des Abstandes. Er betrage  $30\text{ cm}$ . Dann gleicht sich im Draht auf die Entfernung von  $30\text{ cm}$  1 Volt Spannung aus, und wo wir auf dem Draht eine Strecke von  $30\text{ cm}$  zwischen die Enden *C* und *D* fassen, beträgt der Ausschlag 1 Volt, bei einer Strecke von  $60\text{ cm}$  2 Volt, bei  $90\text{ cm}$  3 Volt.

In einem Leiter gleicher Beschaffenheit verliert der Strom auf gleiche Strecken gleich viel an Spannung.

*b) Stromstärke* (Intensität).

Bei Wasserfassungen drückt man die durchfliessende Wassermasse in Sekundenlitern aus. (Man vergleiche die Begriffe Kilogrammeter, Tonnenkilometer, später Wattstunde usw.)

\* \* \*

Als Mass für die durchfliessende Elektrizitätsmenge dient das **Ampère**, das Messinstrument heisst **Ampèremeter**.

Versuch. Man schliesse ein Daniellsches Element mit einem Kupferdraht von  $0,5\text{ mm}$  Dicke und  $12\text{ m}$  Länge. Das in den Stromkreis eingeschaltete Ampèremeter zeigt eine Stromstärke von 1 Ampère an.

---

Bei einer Pumpe ist die Grösse der durchfliessenden Wassermasse abhängig von der Grösse des Pumpenkolbens (Fig. 7). Je grösser der Pumpenkolben ist, um so mehr Wasser fliest durch das Verbindungsrohr.

\* \* \*

1. Versuch. Man schaltet in den Schliessungsdraht eines Elementes das Ampèremeter und lässt die Platten mehr und mehr in die Flüssigkeit eintauchen. Je grösser die eintauchende Fläche ist, um so grösser ist der Ausschlag des Ampèremeters. Je grösser also die Platten eines Elementes sind, um so mehr Elektrizität fliest durch den Verbindungsdrat.

---

Schaltet man die Pumpen nach Fig. 8 parallel, so ist die gelieferte Wassermasse der Zahl der Pumpen proportional.

\* \* \*

2. Versuch. Man verbindet der Reihe nach 1, 2, 3 usw. parallel geschaltete Elemente durch kurze, dicke Drähte mit dem Ampèremeter. Der Zeiger macht einen immer grösseren Ausschlag; dieser ist aber aus später zu erörternden Gründen der Zahl der Elemente nicht proportional. Vergrösserung der Platten und Parallelschaltung haben somit die gleiche Wirkung.

Schaltet man die Pumpen hintereinander, Fig. 9, so ist die gelieferte Wassermasse gleich der von einer Pumpe beförderten.

\* \* \*

3. Versuch. Man verbindet der Reihe nach 1, 2, 3, 4 hintereinander geschaltete Elemente mit dem Ampèremeter. Der Zeiger steht immer an der gleichen Stelle; die durchfliessende Elektrizitätsmenge, die Stromstärke, bleibt sich gleich.

c) *Widerstand.*

Die Schüler wissen, dass in der Mitte eines Wasserlaufes das Wasser rascher fliesst, als am Ufer, im begrasten Bächlein langsamer, als in der glatten Strassenschale bei gleichem Gefäll, dass also der Widerstand, den das Wasser findet, von der Beschaffenheit der Leitung abhängt.

Sie wissen von den Verhältnissen der Hochdruckwasserleitungen her, dass das Wasser am Ende einer langen Leitung nicht mehr mit der gleichen Wucht ausfliesst, als aus ihrem Anfang, dass also die lange Leitung dem Wasser Widerstand entgegenseetzt.

Sie wissen ferner, dass der Wasserstrahl aus der engen Hausleitung nicht so hoch steigt, als aus der Hauptleitung, die am Hause vorüberführt, dass also eine enge Leitung dem Wasser mehr Widerstand leistet, als eine weite.

Das fliessende Wasser erfährt einen Widerstand, der bedingt ist durch die Beschaffenheit der Wände, die Länge und den Querschnitt der Leitung. Hiebei verwandelt sich ein Teil der Energie des fliessenden Wassers in Energie der Wärme, die aber mit gewöhnlichen Mitteln nicht nachgewiesen werden kann.

Für den Widerstand in Wasserleitungen sind die Masse nicht allgemein bekannt; die Vergleichung kann daher nicht weitergeführt werden.

\* \* \*

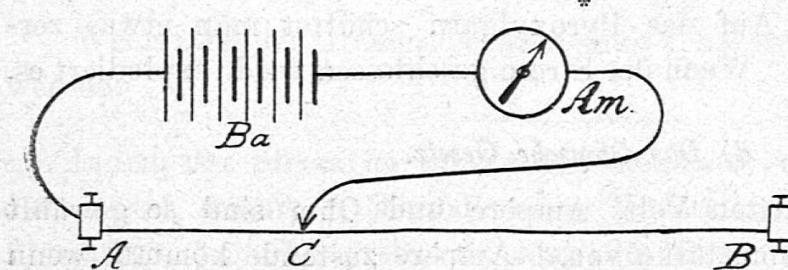


Fig. 12.

1. Versuch. Man verbindet das eine Ende des über eine Latte ausgespannten Nickelindrahtes A B (Fig. 12) mit der Batterie Ba. Vom andern

Pol der Batterie führt man einen Draht zu der einen Klemme des Ampèremeters. Den von der andern Klemme des Ampèremeters gehenden Draht bewegt man auf dem Widerstandsdräht von der Anschlussklemme an weiter. Je mehr Drahtlänge eingeschaltet wird, desto mehr geht der Zeiger des Ampèremeters zurück. Der Widerstand wächst also mit der Länge des Drahtes.

2. Versuch. Schaltet man an der Stelle des Ampèremeters der Reihe nach die Glühlampe, den Elektromotor, das Läutwerk ein, so ist die Leistung des Stromes um so geringer, je mehr Widerstand eingeschaltet wird.

Die Einheit des elektrischen Widerstandes heisst Ohm. Ein Ohm Widerstand hat ein Quecksilberfaden von 106,3 cm Länge und 1 mm<sup>2</sup> Querschnitt bei einer Temperatur von 0°. Nach dieser Einheit können Widerstandsmasse in andern Material hergestellt werden.

3. Versuch. Spannt man zwischen den Klemmen A und B. Fig. 12 Drähte gleicher Dicke aus verschiedenem Material, z. B. Nickelin, Neusilber, Eisen, Messing, Kupfer, aus, und führt man das Ende C des an das Ampèremeter gelegten Poldrahtes von A gegen B. hin, so geht der Zeiger des Ampèremeters am raschesten zurück bei Nickelin, am langsamsten bei Kupfer. Unter diesen Materialien leitet Kupfer somit am besten, Nickelin am schlechtesten.

4. Versuch. Zwischen den gleichen Klemmen werden Drähte aus gleichem Material aber anderer Dicke ausgespannt. Der Versuch wird wiederholt. Es ergibt sich, dass der dicke Draht besser leitet als der dünne.

Der Widerstand hängt also ab von der Länge, dem Querschnitt und dem Material des Leiters.

5. Versuch. Bei den vorigen Versuchen schon konnte die Beobachtung gemacht werden, dass sich der Draht erwärmt. Zwischen die Klemmen des Apparates für Zündversuche befestigt man sehr dünnen Draht (0,05 mm Durchmesser) und schickt den Strom durch. Der Draht glüht einen Moment und schmilzt ab.

Man legt auf den Draht Pyroxylgarn. Wie der Strom geschlossen wird, brennt es ab. Auf das Pyroxylgarn schüttet man etwas zerstossenes Schiesspulver. Wenn der Strom geschlossen wird, explodiert es.

#### d) Das Ohmsche Gesetz.

Die drei Masseinheiten Volt, Ampère und Ohm sind so gewählt worden, dass eine Stromstärke von 1 Ampère zustande kommt, wenn 1 Volt Spannung sich auf einem Widerstand von 1 Ohm ausgleicht.

1. Versuch. Die Klemmen einer Batterie verbindet man mit dem Voltmeter. Vm Fig. 13. In einen zweiten Stromkreis schaltet man das Ampèremeter Am und einen Widerstand W von 1 Ohm ein. Die Batterie wird so umgeschaltet, dass das Voltmeter 1 Volt Spannung angibt; dann zeigt der Zeiger des Ampèremeters 1 Ampère.

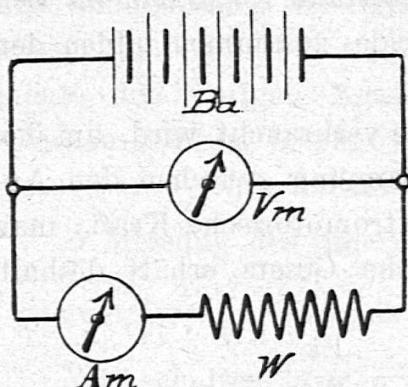


Fig. 13.

2. Versuch. Bei der gleichen Anordnung wird der Widerstand auf 2 Ohm vergrössert. Die Stromstärke ist nur noch die Hälfte der Spannung. Bei Einschaltung von 3 Ohm sinkt die Stromstärke auf  $1/3$  der Spannung.

Beispiel: 2 Elemente sind hintereinander geschaltet. 1 Ohm wird eingeschaltet. Wir lesen ab: 1,25 Volt, 1,25 Ampère; bei 2 Ohm: 1,7 Volt, 0,85 Ampère; bei 3 Ohm: 1,8 Volt, 0,6 Ampère.

3. Versuch. Zwischen zwei 30 cm von einander entfernten Klemmen spannt man einen Nickelindraht von 0,4 mm Durchmesser aus und bringt diesen Widerstand an die Stelle von W. Fig. 13. Spannung und Stromstärke sind einander gleich; denn der Widerstand ist ein Ohm. Spannt man zwischen den gleichen Klemmen zwei solcher Drähte aus, so beträgt die Stromstärke das Doppelte der Spannung; bei Anwendung von drei Drähten das Dreifache. Zwei Drähte haben den halben, drei Drähte den Drittel des Widerstandes eines Drahtes gleicher Länge. Beispiel: Die Batterie besteht aus zwei parallel geschalteten Elementen. Der eingeschaltete Widerstand beträgt 1 Ohm. Wir lesen ab: 1 Volt, 1 Ampère. Widerstand  $1/2$  Ohm: 0,75 Volt, 1,5 Ampère. Widerstand  $1/3$  Ohm: 0,6 Volt, 1,8 Ampère.

Aus den Versuchen ergibt sich das Ohmsche Gesetz:

Die Stromstärke ist gleich der elektromotorischen Kraft dividiert durch den Widerstand.

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Elektromotorische Kraft}}{\text{Widerstand}} =$$

$$J = \frac{E}{W} \text{ woraus folgt: } E = W \cdot J \text{ und } W = \frac{E}{J}$$

Wenn zwei der Grössen bekannt sind, kann somit die dritte berechnet werden.

Indem der Strom im Innern der Elemente von einer Platte zur andern fliesst, erfährt er ebenfalls einen Widerstand. Der Widerstand der Flüssigkeit ist sehr gross, da aber die Strombahn einen bedeutenden Durchschnitt hat, sinkt er entsprechend herab. Er ist also um so kleiner,

je grösser die Platten sind und je näher sie einander liegen. Man nennt den Widerstand im Element den *innern* Widerstand ( $W_i$ ), den im Leitungsdrähten den *äussern* Widerstand ( $W_a$ ). Beide zusammen bilden den *Gesamtwiderstand* ( $W$ ).

Da schon ein Teil der elektrischen Energie verbraucht wird, um den innern Widerstand zu überwinden, ist die Spannung zwischen den Anschlussklemmen der Batterie kleiner als die elektromotorische Kraft; man nennt sie *Klemmenspannung* ( $E_k$ ). Das Ohmsche Gesetz erhält deshalb die Fassung:

$$J = \frac{E}{W_i + W_a} \quad \text{oder} \quad J = \frac{E_k}{W_a}$$

(In den Versuchen zur Ableitung des Ohmschen Gesetzes benützten wir die letzte Form.) Die Grösse der Klemmenspannung ist bei sich gleich bleibender elektromotorischer Kraft und gleichem innern Widerstand von der Grösse des äussern Widerstandes abhängig.

4. Versuch. In der Versuchsanordnung (Fig. 13) vergrössern wir den äussern Widerstand. Das Voltmeter zeigt eine grössere Spannung an.

Wird der äussere Widerstand sehr gross, gegenüber dem innern Widerstand unendlich gross, so nähert sich die Klemmenspannung der elektromotorischen Kraft, so dass sie für diese gesetzt werden kann. Das Voltmeter besitzt einen sehr grossen Widerstand (1500—2000 Ohm). Wenn es mit kurzen, dicken Drähten mit der Batterie verbunden wird, gibt es die elektromotorische Kraft an.

In der Sekundarschule wird man sich auch unter den günstigsten Verhältnissen auf wenige einfache Messungen beschränken müssen. Daher geben wir nur drei Beispiele.

a) Messung eines äussern Widerstandes unter Benutzung des Ohmschen Gesetzes.

$$\text{Versuchsanordnung Fig. 13. } J = \frac{E_k}{W_a}; \text{ woraus } W_a = \frac{E_k}{J}$$

Klemmenspannung und Stromstärke werden an Volt- und Ampèremeter abgelesen und durcheinander dividiert. Wir schalten die Elemente hintereinander und lesen z. B. ab: 1,6 Volt, 1,6 Ampère.  $1,6 : 1,6 = 1$ ; Widerstand = 1 Ohm. 2,6 Volt, 1,3 Ampère; Widerstand = 2 Ohm. 3,3 Volt, 1,1 Ampère; Widerstand = 3 Ohm.

b) Messung eines Widerstandes durch die Substitutionsmethode nach dem Prinzip: Zwei Widerstände sind einander gleich, wenn sie, nach einander an einer Stelle des sonst unveränderten Schliessungskreises eingeschaltet, die gleiche Änderung der Stromstärke bewirken. Versuchsanordnung die gleiche (Fig. 13). Wir schalten den zu messenden Widerstand

ein und lesen Volt- und Ampèremeter ab. Hierauf bringen wir an Stelle des Widerstandes den ausgespannten Nickelindraht von 0,4 mm Durchmesser und schalten von demselben so viel ein, bis die beiden Instrumente den vorigen Ausschlag angeben. Wenn wir 40 cm haben einschalten müssen, beträgt der Widerstand  $1\frac{1}{3}$  Ohm, da 30 cm den Widerstand von 1 Ohm haben.

c) Messung des innern Widerstandes eines Elementes.

$$J = \frac{E}{W_i + W_a} \text{ woraus } J \cdot W_i + J \cdot W_a = E \text{ und } W_i = \frac{E - J \cdot W_a}{J}$$

Wir schalten in der Anordnung (Fig. 12) einen bekannten Widerstand ein, z. B. 1 Ohm, dann 2 Ohm, dann 3 Ohm. 8 Elemente seien hintereinander geschaltet.

Wir lesen ab: Elektromotorische Kraft = 8,8,

bei 1 Ohm Widerstand	1,7	Ampère,
„ 2 „ „	1,4	„
„ 3 „ „	1,2	„

Wir setzen die Werte in die Formel ein.

Nach der ersten Messung ist der innere Widerstand 4,2, nach der zweiten 4,3, nach der dritten 4,33 Ohm. Ein Element hat den achten Teil dieses Widerstandes, oder im Mittel 0,53 Ohm.

## Übersicht über die Vergleichung der Verhältnisse des Wasserstromes und des elektrischen Stromes.

### I. Niveauunterschied, aquamotorische Kraft.

Mass: Meter.

10 m = 1 Atmosphäre.

1. Eine Pumpe erzeugt einen Niveauunterschied des Wassers. Das Wasser im höher liegenden Gefäss besitzt aquamotorische Kraft.
2. Bei Vergrösserung des Pumpenkolbens bleibt die aquamotorische Kraft unverändert; die durchfliessende Wassermenge wird grösser.
3. Gleiche Wirkung hat die Parallelschaltung der Pumpen.
4. Wenn zwei gleiche Pumpen einander entgegengeschaltet werden, entsteht kein Strom.

### I. Spannungsunterschied, elektromotorische Kraft.

Mass: Volt.

1 Daniell = 1,1 Volt.

1. Ein Element erzeugt einen Niveauunterschied der Elektrizität. Die Elektrizität der Kupferplatte besitzt elektromotorische Kraft.
2. Bei Vergrösserung der Metallplatten bleibt die elektromotorische Kraft unverändert; die durchfliessende Elektrizitätsmenge wird grösser.
3. Gleiche Wirkung hat die Parallelschaltung der Elemente.
4. Wenn zwei gleiche Elemente einander entgegengeschaltet werden, entsteht kein Strom.

5. Die aquamotorische Kraft von  $n$ -hintereinander geschalteten Pumpen ist die  $n$ -fache einer Pumpe.
6. Bei gleichmässigem Gefälle ist der Niveauunterschied der Endpunkte von zwei gleichlangen Röhrenstücken gleich gross, von einem  $n$ -mal längeren Stück  $n$ -mal grösser.

### II. Wassermenge.

Mass: Sekundenliter.

1. Die Wassermenge ist von der Grösse des Pumpenkolbens abhängig; sie wächst mit der Grösse des Kolbens und mit der Zahl der parallel geschalteten Pumpen.
2. Die Wassermenge von hintereinander geschalteten Pumpen ist gleich der Wassermenge einer Pumpe.

### III. Reibungswiderstand.

Mass: —.

Die Grösse des Widerstandes hängt ab von der Länge, dem Querschnitt und der Beschaffenheit des Rohres.

5. Die elektromotorische Kraft von  $n$ -hintereinander geschalteten Elementen ist die  $n$ -fache eines Elementes.
6. Bei gleichmässigem Leiter ist der Spannungsunterschied an den Endpunkten von zwei gleichlangen Drahtstücken gleich gross, von einem  $n$ -mal längeren Stück  $n$ -mal grösser.

### II. Elektrizitätsmenge oder Stromstärke (Intensität).

Mass: Ampère.

1. Die Elektrizitätsmenge ist von der Grösse der Platten abhängig; sie wächst mit der Grösse der Platten und — bei kleinem äusserem Widerstand — mit der Zahl der parallel geschalteten Elemente.
2. Die Stromstärke von hintereinander geschalteten Elementen ist — bei kleinem äusserem Widerstand — gleich der Stromstärke eines Elementes.

### III. Widerstand.

Mass: Ohm. 1 Ohm = dem Widerstand eines Quecksilberfadens von  $1 \text{ mm}^2$  Querschnitt und  $106,3 \text{ cm}$  Länge.

Die Grösse des Widerstandes hängt ab von der Länge, dem Querschnitt und dem Material des Leiters.

**Das Verhältnis der drei Grössen**  
wird ausgedrückt durch das Ohmsche Gesetz:

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Elektromotorische Kraft}}{\text{Widerstand}}$$

$$J = \frac{E}{W} \text{ oder } 1 \text{ Ampère} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ohm}}$$

Zur Ausführung der vorstehenden Versuche sind genaue Messinstrumente notwendig. Wenn man nicht so weit gehen kann, genügen die Demonstrationsapparate: Ampèremeter und Voltmeter M. W.

Ampèremeter  
M. W.

1. Ampèremeter. Verbinden wir einen Batteriepol durch einen isolierten Draht mit einer Klemme des vertikalen Solenoids am Ampèremeter und die andere Solenoidklemme mit einem zweiten isolierenden Draht, so wird infolge Berührung des freien Drahtendes mit einem zweiten Batteriepol der am Ende des Zeigers hangende vertikale, weiche

Eisendraht in die magnetisch gewordene Spule hineingezogen und das andere Zeigerende steigt vor der Skala (L. Fig. 193). Je nachdem zwei oder mehr Elemente eingeschaltet werden, steigt der Zeiger entsprechend der Stromstärke. W.

Hitzdraht-Voltmeter M. W.

2. Hitzdraht-Voltmeter. Durch Drehen der hinteren Regulierschraube wird der Zeiger auf Null adjustiert. Ein Batteriepol wird durch einen isolierten Draht mit einer Klemme des Voltmessers verbunden. Die zweite Klemme des Voltmeters wird mit einem isolierten Draht verschraubt. Berührt man mit dem freien Drahtende einen Batteriepol, so erwärmt sich der Platinendraht infolge seines grossen Widerstandes; er wird länger. Der Zeiger vergrössert die Ausdehnung um das 60fache. Je mehr Elemente eingeschaltet werden, um so mehr sinkt der Zeiger und zeigt so die Spannung an. W.

Ist nur das Galvanometer vorhanden, so lässt sich wenigstens zeigen, dass der Ausschlag der Nadel abnimmt, je mehr Widerstand in die Leitung eingeschaltet wird.

Aufgabe 481. Die elektromotorische Kraft eines Elementes sei ein Volt der innere Widerstand 0,3 Ohm. Welches ist die Stromstärke bei 0,2 Ohm äusserem Widerstand?

Nach dem Ohmschen Gesetz ist die Stromstärke (J) gleich der elektromotorischen Kraft (E) dividiert durch den gesamten Widerstand. (W.) Dieser setzt sich zusammen aus dem inneren Widerstand (Wi) und dem äusseren Widerstand (Wa). Es ist also in diesem Fall die Stromstärke

$$J = \frac{1}{0,3 + 0,2} = 2 \text{ Ampère.}$$

Aufgabe 482 a. Sechs solcher Elemente werden bei 0,2 Ohm äusserem Widerstand hintereinander geschaltet. Welches ist die Stromstärke? Fig. 14.

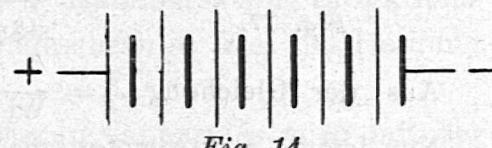


Fig. 14.

Die sechs hintereinander geschalteten Elemente besitzen eine elektromotorische Kraft von sechs Volt. Da der Strom die sechs Elemente nacheinander durchlaufen muss, ist der innere Widerstand das Sechsfache des Widerstandes eines einzigen Elementes; er ist somit  $6 \cdot 0,3$ . Es ist:

$$J = \frac{6}{6 \cdot 0,3 + 0,2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ Ampère.}$$

b) Schaltet man die gleichen Elemente parallel (Fig. 15), so ist die elektromotorische Kraft nicht grösser als die eines Elementes; hingegen sinkt der

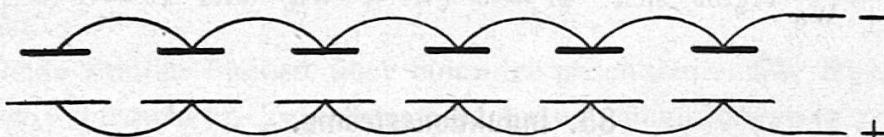


Fig. 15.

innere Widerstand auf  $1/6$ , da der Querschnitt der durchströmten Flüssigkeit sechsmal grösser geworden ist.

$$J \text{ ist also } = \frac{1}{\frac{0,3}{6} + 0,2} = \frac{1}{0,25} = 4 \text{ Ampère.}$$

c) Werden die sechs Elemente zu drei zweiplattigen vereinigt (Fig. 16),

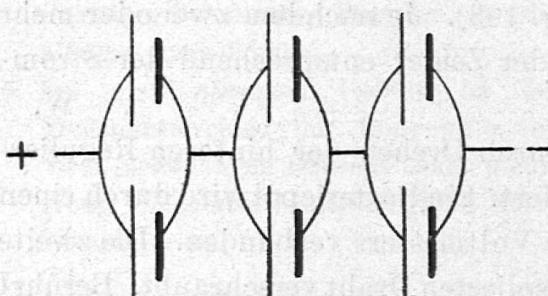


Fig. 16.

so ist die elektromotorische Kraft das Dreifache eines Elementes = 3. Der Widerstand eines Paares sinkt auf die Hälfte des Widerstandes eines Elementes, da der Querschnitt der Strombahn doppelt so gross ist, und ist somit 0,15 Ohm. Da die drei Paare hintereinander geschaltet sind, ist der gesamte innere Widerstand  $3 \cdot 0,15$  Ohm. Es ist

$$J = \frac{3}{3 \cdot \frac{0,3}{2} + 0,2} = \frac{3}{0,65} = 4,6 \text{ Ampère.}$$

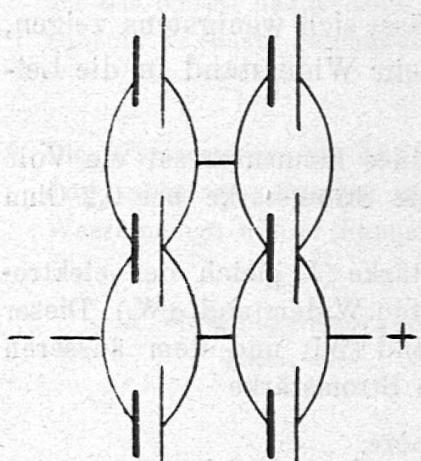


Fig. 17.

d) Wird die Batterie zu zwei dreiplattigen Elementen vereinigt, Fig. 17, so ist

$$J = \frac{2}{2 \cdot \frac{0,3}{3} + 0,2} = \frac{2}{0,4} = 5 \text{ Ampère.}$$

Im letzten Falle ist der innere Widerstand gleich dem äusseren (0,2); es wird die grösste Stromstärke erzielt.

Aufgabe 483. Bei welchem äusseren Widerstand liefert eine galvanische Batterie aus 4 hintereinander geschalteten Bunsenschen Elementen von 1,9 Volt elektromotorische Kraft und 0,3 Ohm innerem Widerstand eine Stromstärke von 3 Ampère?

Aus der Gleichung  $J = \frac{E}{W_i + W_a}$  ergibt sich  $W_a = \frac{E - J \cdot W_i}{J}$ .

Nun ist die elektromotorische Kraft der vier hintereinander geschalteten Elemente  $= 4 \cdot 1,9 = 7,6$ . Der innere Widerstand ist  $4 \cdot 0,3 = 1,2$ .

Somit ist:  $W_a = \frac{7,6 - 3 \cdot 1,2}{3} = \frac{4}{3} = 1\frac{1}{3}$  Ohm.

Aufgabe 484. Eine Batterie mit 8 Ohm innerem Widerstand bringt bei einem äusseren Widerstand von 12 Ohm eine Stromstärke von 1 Ampère hervor.

Welches ist ihre elektromotorische Kraft?

Aus der Gleichung

$J = \frac{E}{W_i + W_a}$  ergibt sich:  $E = J (W_i + W_a)$  oder  $E = 1 (8 + 12) = 20$  Volt.

## 85. Induktionsströme.

(Siehe auch unter „Schlittengalvanometer“, Abschnitt 94.)

Die Induktionsspule des Erschütterungsapparates wird mit dem Vertikalgalvanometer verbunden. Abstand der beiden Apparate mindestens einen Meter.

1. Ein unmagnetisches Eisenstück wird in die Spule geschoben. Es erfolgt kein Ausschlag der Galvanometer-Nadel.

2. Der Stabmagnet (oder besser noch beide Stabmagnete mit den gleichnamigen Polen aufeinander gelegt) wird mit dem S-Pol voran in die Spule geschoben. Die Nadel des Galvanometers schlägt aus; es ist ein Induktionsstrom entstanden, der den magnetischen Strömen entgegengesetzt gerichtet ist, ein Gegenzeigerstrom. (L. Fig. 195. 1.)

3. Der Magnet wird rasch zurückgezogen. Die Nadel schlägt in entgegengesetzter Richtung aus. Der Induktionsstrom ist den Ampèreschen Strömen gleichgerichtet, ist ein Zeiger-Strom. (L. Fig. 195. 3.)

Die Ausschläge der Magnetnadel werden stärker, wenn der Magnet im Tempo ihrer Schwingungen hin und her bewegt wird.

4. Die beiden Versuche werden wiederholt, indem der Magnet, mit dem Nordpol voran, in die Spule geschoben wird. Der erste Induktionsstrom ist ein Zeigerstrom, der zweite ein Gegenzeigerstrom. (L. Fig. 295, 2 und 4.)

5. Die Versuche werden wiederholt, indem der Magnet mit der ersten Bewegung bis zur Mitte in die Spule geschoben und mit der zweiten Bewegung ganz hindurch gezogen wird.

6. Die Versuche werden mit dem Hufeisenmagnet wiederholt. Der Hufeisenmagnet.  
Induktions-  
apparat. eine Pol geht in die Spule, der andere darüber weg. Beide Pole erzeugen einen Strom gleicher Richtung.

7. Das Schräubchen des Wagnerschen Hammers am Induktionsapparat (b. L. Fig. 197) wird so weit hineingeschraubt, dass der Hammer nicht mehr spielen kann.

Die innere, primäre Spule des Erschütterungsapparates wird mit der Batterie, die äussere, die Induktionsspule, wird mit dem Vertikalgalvanometer verbunden. Erschütterungs-  
apparat.  
Galvanometer.  
Batterie.  
Stromwechsler.

a) Die Spulen werden rasch übereinander geschoben. Der Induktionsstrom ist dem primären Strom entgegengesetzt.

b) Die Spulen werden rasch von einander entfernt. Der Induktionsstrom ist dem primären Strom gleichgerichtet.

c) Der Versuch wird wiederholt, nachdem der Strom umgekehrt worden ist.

d) Beide Spulen bleiben über einander geschoben. Der Strom wird geschlossen; der primäre Zeigerstrom ruft einen Gegenzeigerstrom hervor und umgekehrt.

e) Der Strom wird unterbrochen; der Zeigerstrom erzeugt einen Zeigerstrom.

Sollten die Ausschläge der Nadel des Galvanometers nur schwach sein,

so bewege man die Spulen oder unterbreche und schliesse man den Strom im Tempo der Schwingungen, wodurch sie bedeutend verstärkt werden.

Es ergibt sich daraus das Gesetz von Lenz: Der Induktionsstrom hat bei Schliessung, Näherung, Verstärkung eine dem Hauptstrom entgegengesetzte, bei Öffnung, Entfernung, Schwächung eine dem Hauptstrom gleiche Richtung. Ändert der vom Strome durchflossene Leiter A seine Lage gegen B, so wird in B immer ein Strom erzeugt, der durch seine elektro-dynamische Wirkung diese Lagenänderung zu hemmen sucht.

### 86. Der Induktionsapparat (L. Fig. 197).

Induktionsapparat.

Die primäre Spule des Induktionsapparates wird mit der Batterie, die Sekundärspule mit dem Vertikalgalvanometer verbunden. Die Nadel schlägt nicht aus, da sie den rasch aufeinander folgenden Stromstößen entgegengesetzter Richtung nicht zu folgen vermag. (Physiologische Wirkung des Induktionsstromes unter Abschnitt 92.)

### 87. Dynamoelektrische Maschinen.

2 Stabmagnete.  
Latte.  
Erschütterungsapparat.  
Vertikalgalvanometer.

Man befestige mit Schnüren die beiden Stabmagnete mit den Nordpolen gegeneinander an einer dünnen Latte. Verbinde die Induktionsspule des Erschütterungsapparates mit dem Vertikalgalvanometer und bewege sie

1. über einen Südpol weg bis zur ersten Indifferenzstelle J. Stellung I (L. Fig. 198), es entsteht ein Gegenzeigerstrom.

2. Bewege die Spule über die Nordpole weg bis zur Indifferenzstelle  $J_1$ , Stellungen II und III. Es erfolgt ein kräftiger Ausschlag der Nadel in entgegengesetzter Richtung. Der Induktionsstrom war ein Zeigerstrom.

3. Bewege die Spule über den andern Südpol weg, Stellung IV. Das Galvanoskop zeigt einen Gegenzeigerstrom an.

Man wiederhole die Versuche, indem man die Südpole der beiden Magnete an einander stösst. Man erhält der Reihe nach einen Zeigerstrom, einen Gegenzeigerstrom und wieder einen Zeigerstrom.

Induktionsrolle.  
Drahtbüschel.  
Magnet.  
Vertikalgalvanometer.

4. In die Induktionsspule des Erschütterungsapparates legt man ein Büschel Eisendrähte, so dass der Hohlraum ausgefüllt ist, verbindet die Spule mit dem Vertikalgalvanometer und bewegt einen Magnetpol (beide Magnete mit den gleichnamigen Polen aufeinander legen) über der Spule in ihrer Längsrichtung hin und her. Die Nadel des Vertikalgalvanometers schlägt aus. Man kann auch den Magneten still halten und die Spule bewegen. (Grammscher Ring.)

5. Der Magnet kann auch von der Seite her gegen das Ende des Drahtbüschels bewegt werden, sowohl in der Richtung desselben als

senkrecht dazu. Die Galvanometernadel zeigt Ausschläge. Wenn ein geschlossener Leiter sich in einem Kraftlinienfeld bewegt, entstehen Ströme.

6. Die zwei Stabmagnete werden, die ungleichnamigen Pole gegenüber gerichtet, auf den Tisch gelegt und daneben 1 cm dicke Lineale (L. Fig. 201.) Zwischen die Pole legt man das Eisenstäbchen (App. Nr. 87), so dass die Magnetpole je etwa 2 cm davon abstehen. Hierauf legt man ein Blatt Papier darüber und streut Eisenfeilspäne auf, indem man den Tisch leicht erschüttert. Die Kraftlinien werden durch das Eisenstück abgelenkt, sie laufen durch dasselbe.

7. Legt man zwischen die ungleichnamigen Pole den Ring aus weichem Eisen, so verlaufen die Kraftlinien im Ring. (L. Fig. 202.)

Siehe: Eine Elementar-Dynamo, Abschnitt 95.

Stabmagnete.  
Eisenfeilspäne.  
Eisenstab.

Dito.  
Eisenring.

## 88. Die Übertragung der Arbeit durch Elektrizität.

1. Der Elektromotor wird mit der Batterie durch lange Drähte verbunden. Man kann zeigen, dass die Schnelligkeit der Drehung von der Schaltung der Batterie abhängig ist.

Über die Schnurrolle des Motors kann eine Schnur ohne Ende gelegt werden, die einen leichten Apparat antreibt.

Will man den Elektromotor mit der Dynamomaschine für Handbetrieb in Bewegung setzen, so muss ein Widerstand von etwa  $1\frac{1}{2}$  Ohm eingeschaltet werden, da die Maschine erst Strom gibt, wenn der äussere Widerstand grösser ist als der innere. Sind die Leitungsdrähte ca. 50 m lang, so ist ein weiterer Widerstand nicht notwendig.

2. Der Elektromagnet des Pixi-Motors wird mit dem Leitungsdräht des untern Achsenlagers verschraubt und die obere Klemme des Elektromagneten mit der Batterie verbunden. Der andere Batteriepol wird mit der obern Feder-Klemme des Motors verschraubt. Berührt eine Zacke des Sternrades die Messingfeder, so wird der Elektromagnet magnetisch und zieht eine Eisenlamelle an. Sobald die Lamelle vor die Elektromagnete kommt, berührt die Messingfeder das Sternrad nicht mehr: der Strom ist unterbrochen und der Elektromagnet unmagnetisch. Infolge der Schwungkraft dreht sich die Eisenlamelle weiter und veranlasst so den Kontakt mit der folgenden Zacke des Sternrades. Durch den erneuten Stromschluss wird die folgende Eisenlamelle angezogen und in Bewegung gesetzt.

Pixi-Motor.  
M. W.

W.

Aufgabe 486. Wie viel PS muss eine elektrische Anlage besitzen, wenn 200 Glühlampen angeschlossen sind, die einen Strom von 110 Volt Spannung bei  $\frac{1}{2}$  Ampère Stärke verlangen?

Eine Lampe verlangt  $110 \cdot \frac{1}{2} = 55$  Watt; 200 Lampen verlangen 11000 Watt.

Elektromagnet.  
Leitungsdräht.

Nimmt man an, eine Pferdestärke erzeuge 660 Watt, so muss die Anlage  $11\,000 : 660 = 16,7$  PS besitzen.

Aufgabe 487. a) Die elektrische Anlage der Jungfraubahn hat 2 Turbinen, zu je 500 PS und eine zu 800 PS. Die Dynamomaschinen erzeugen einen Strom von 7000 Volt Spannung.

Welche Stärke hat der Strom? (660 Watt = 1 PS.)

Die Turbinen besitzen 1800 PS; der Strom hat einen Effekt von 1800.  $660 = 1\,188\,000$  Watt; bei 7000 Volt Spannung ist seine Stärke  $1\,188\,000 : 7000 = 169,7$  Ampère.

b) Auf der kleinen Scheidegg wird der Strom auf 500 Volt zurücktransformiert.

Welche Stärke hat der Strom, wenn ein Verlust von 25% angenommen wird?

Nach Verlust von 25% ist die Energie des Stromes noch 891 000 Watt. Auf 500 Volt transformiert ergibt sich eine Stromstärke von  $891\,000 : 500 = 1782$  Ampère.

## 89. Telephon und Mikrophon.

Induktionsrolle.  
Stabmagnete.  
Eisenstück.  
Vertikal-  
galvanoskop.

1. Die Induktionsrolle des Erschütterungsapparates wird mit dem Vertikalgalvanoskop verbunden. In den Hohlraum der Spule legt man die beiden Stabmagnete, die gleichnamigen Pole aufeinander. Nähert man dem nur wenige Millimeter aus der Spule vorspringenden Magnetpol ein Eisenstück (L. Fig. 207), so erfolgt ein Ausschlag der Nadel, beim Entfernen ein solcher in entgegengesetzter Richtung. Zwischen die Klemmschrauben und den Magnet ist ein Stückchen Holz zu legen, sonst entsteht Kurzschluss.

2 Telephone.  
Stimmgabel.

2. Zwei Telephone werden durch zwei längere Drähte miteinander verbunden. Der Schallbecher des einen wird abgeschraubt und das Eisenblättchen weggenommen. Hält man die angeschlagene Stimmgabel vor den Magneten, so hört man den Ton im andern Telefon. Er kann verstärkt und mehreren Schülern gleichzeitig hörbar gemacht werden, wenn ein Trichter aus Karton auf das Telefon aufgesetzt wird.

Telephon.  
Demonstrations-  
apparat M. W.  
Magnetstab.  
Eisenfeile.  
Karton.

3. Telephon. Demonstrationsapparat M. W.

a) Ein Stabmagnet wird auf den Tisch gelegt, darum herum vier Lineale derselben Dicke und darauf ein weisser Karton von etwa 30 auf 50 cm Grösse. Dann wird mit der Streubüchse Eisenfeile darauf gestreut und vermittelst eines Bleistifts darauf geklopft: ein deutliches Kraftlinienbild entsteht. Der Karton wird sorgfältig abgehoben und auf die Seite gelegt.

Dito.  
Weiches Eisen-  
stück.

b) Ein weiches Eisenstück von gleichem Querschnitt wie der Magnet und etwa 10 cm Länge wird in einer Entfernung von 5 cm vor den Magneten gelegt und auf das Ganze ein zweiter Karton gelegt und mit Eisenfeile bestreut: Ein grosser Teil der Kraftlinien dringt birnförmig ins Eisen ein. Dieser Karton wird ebenfalls sorgfältig bei Seite gelegt.

So wird verfahren mit drei weitern Kartons bei einer Entfernung des weichen Eisenstabes von 3, 1 und 0 cm vom Magneten.

c) Nun legt man die Nordpole der beiden Stabmagnete unmittelbar an die Spulen mit den weichen Eisenkernen des Demonstrationsapparates auf die beiden Stative. Die Spulenklemmen werden durch zwei isolierte Kupferdrähte von je 3—4 m Länge mit den Klemmen des Zeigerstativs verbunden. Nähert man dem freien Spulenende des kleinen Stativs einen weichen Eisenstab, so dringen viele Kraftlinien, die vorher durch die Spule gingen, direkt in den Eisenstab; es findet eine Verminderung der die Spule durchsetzenden Kraftlinien statt, wodurch im ganzen Spulensystem ein Stromstoss erfolgt. Dieser Stromstoss verstärkt den Nordmagnetismus im Zeigerstativ: die Eisenlinse und damit das vertikale Zeigerpendel werden angezogen. Entfernt man den Eisenstab vom Spulenende, so vermehrt sich die Zahl der Kraftlinien, welche die Spule durchsetzen: es erfolgt ein Stromstoss in entgegengesetzter Richtung, welcher Südmagnetismus erzeugt, der einen Teil des Nordmagnetismus vernichtet, so dass die Eisenlinse abgestossen wird. Die Schwingungen des Linsenzeigers entsprechen genau den Annäherungen und den Entfernungen des weichen Eisens vor der Magnetspule wie dies mit der Eisenplatte des Telephons geschieht.

W.

4. Man verbindet zwei Telephone, die in getrennten Räumen sich befinden, mit einer Doppelleitung und stellt an das eine Telefon einen Schüler mit der Weisung, das Telefon sofort ans Ohr zu nehmen, sobald er zu sprechen aufgehört hat. Man verständigt sich mit ihm über zu singende, zu pfeifende Lieder, über Gespräche. Das andere Telefon wandert in der Klasse von Ohr zu Ohr. Damit das Geräusch der Drähte nicht stört, ist es besser, vor den Telephonen etwa 80 cm lange Leitungsschnüre aus leicht biegsamen Metallfäden einzuschalten.

2 Telephone.  
2 Elemente.  
Leitungsdrähte.

5. In den Stromkreis der Batterie werden das Mikrophon und das Läutwerk eingeschaltet. Wenn man auf die Walzen drückt, läutet dieses. Beim Loslassen hört es zu läuten auf.

Mikrophon.  
Läutwerk.

6. In den Stromkreis einer Batterie von 2—3 Elementen schaltet man das Mikrophon und das Telefon ein, letzteres in einiger Entfernung. Wenn man mit einem Pinsel oder mit einem Finger leicht über die Walzen des Mikrophon fährt, hört man im Telefon ein knarrendes Geräusch.

Batterie.  
Telephon.  
Mikrophon.

Setzt man die angeschlagene Stimmgabel auf das Brettchen des Mikrophon, so wird der Ton im Telefon deutlich wahrgenommen.

Stimmgabel.

N.B. Schaltung des Mikro-Telephons siehe Abschnitt 96.

## 90. Wärme- und Lichtwirkungen des elektrischen Stromes.

Apparat für  
Zündversuche.  
Eisendraht.  
Batterie.

Pyroxylgarn.  
Schiesspulver.

Glühlampe.

Kleine  
Bogenlampe.

Kupfervitriol-  
lösung.

Blanke  
Messerklinge.

Apparat für  
Galvanoplastik.

Münze.  
Woods Metall.  
Schmelzlöffel.

1. In den Apparat für Zündversuche schaltet man ein Stückchen feinen Eisendraht (0,05 mm). Wenn der Strom der hintereinander geschalteten Elemente durchgeht, glüht und schmilzt er.

2. Auf den Eisendraht legt man etwas Pyroxylgarn. (Wird zum Anzünden der Kerzchen an den Christbäumchen verwendet.) Es brennt ab, wenn der Draht glüht und entzündet darauf gestreutes zerstossenes Schiesspulver. (Nach dem Gebrauch den Zündapparat reinigen!)

3. Man schaltet die Glühlampe ein. Sie verträgt 4 Volt Spannung; bei stärkerer Beanspruchung brennt sie durch. Bei Anwendung von 6—8 hintereinander geschalteten Elementen kann man zwei Lampen hintereinander schalten.

4. Die kleine Bogenlampe wird eingeschaltet. Die Kohlenspitzen müssen sorgfältig mit der Feile zugespitzt werden und genau aufeinander passen. Die Einstellung erfolgt von Hand.

## 91. Chemische Wirkung des Stromes.

### a) Galvanoplastik.

Für die Versuche über Galvanoplastik löst man in  $\frac{3}{4}$  Liter Wasser 150 g Kupfervitriol und giesst zu der Lösung 12—15  $\text{cm}^3$  Schwefelsäure.

In die Lösung taucht man eine blanke Messerklinge; sie bedeckt sich mit einem Kupferhäutchen.

Man giesst von der Lösung in das Glasgefäß des Apparates für Galvanoplastik und schickt den Strom der hintereinander geschalteten Elementen durch. Die — Platte wird verkupfert. Lässt man hierauf den Strom durch diese Platte eintreten, so verschwindet der Überzug und zeigt sich an der andern Platte. Die beiden Platten sind nach Gebrauch mit feinem Schmirlgpapier blank zu scheuern.

a) Die Herstellung der Form (Matrize). Man legt eine eingefettete Münze in ein wenig weiteres rundes Kartonschädelchen, schmilzt im Schmelzlöffel das Woodsche Metall und übergiesst damit die Münze. Nach dem Erkalten wird die Münze abgelöst. Um den Rand der Matrize legt man einen blanken Kupferdraht und überzieht die Rückseite der Matrize und den Draht, soweit er in die Lösung eintaucht, mit einer Schicht Siegellack.

Nach Beendigung des Versuches legt man die verkupferte Matrize in eine Porzellanschale mit etwas Wasser und erhitzt. Das Woodsche Metall schmilzt, haftet aber noch zum Teil am Kupfer. Mit der Zange

hält man den Abdruck in die Flamme, und wenn er heiss ist, reibt man mit einem Lappen das anhaftende Metall weg.

Man kann die Matrize auch aus Wachs herstellen, indem man 90 g Bienen-Wachs, 13 g Terpentin und 2 g fein gepulverten Graphit zusammenschmilzt, gehörig mischt und damit die eingölzte Münze, die man mit einem Papierrand versehen hat, übergiesst.

Man kann auch Guttapercha in Wasser von 80° bis 100° legen, wodurch sie weich wird. Man formt daraus eine Platte, graphitiert die eine Seite und presst die Münze darauf.

*b) Leitend machen der Matrizen.* Da Wachs und Guttapercha den Strom nicht gut leiten, überzieht man die Matrize mit einer leitenden Schicht. Graphit wird mit Spiritus zu einem Brei angerührt und dieser mit einem Pinsel eingerieben. Die Leitungsdrähte, die man um die Matrize legt, müssen mit der leitenden Schicht in Verbindung stehen, müssen aber gegen das Bad isoliert werden.

*c) Als Gefäß* verwende man das Glasgefäß des Akkumulators, als Anode die Kupferplatte vom Fundamentalversuch, die freilich bald ersetzt werden muss.

*d) Man schalte zwei konstante Elemente* (z. B. Daniellsche) hintereinander und lasse den Strom etwa zwei Tage andauern. Versuchsanordnung siehe Lehrmittel Fig. 212.

Aufgabe 491. Welche Stärke hat ein Strom, der in 15 Minuten 0,9 g Kupfer ausscheidet.

In einer Minute werden bei 1 Ampère Stromstärke  $\frac{1}{50} \text{ g}$  Kupfer ausgeschieden, in 15 Minuten  $\frac{15}{50} = 0,3 \text{ g}$ . Um 0,9 g auszuscheiden, muss die Stromstärke 3 Ampère sein.

### *b) Akkumulatoren.*

1. Wasserzersetzungsapparat. (L. Fig. 213.) Ein Batteriepol wird mit dem Wasserzersetzungsapparat, dieser mit einer Galvanometerklemme und die freie Galvanometerklemme mit dem zweiten Batteriepol verbunden. In den Wasserzersetzungsapparat wird destilliertes Wasser gegossen. Eine Gasröhre des Apparates wird unten mit dem Finger verschlossen, mit destilliertem Wasser gefüllt, mit dem Kautschukpfropf oben geschlossen, und zwar so, dass das untere Ende stets unter dem Niveau des Wassers bleibt. Gleicherweise wird mit dem zweiten Gasrohr verfahren und beide über die Platinelektroden gestülpt. Wird der Strom geschlossen, so erfolgt keine Gasentwicklung an den Elektroden und keine Ablenkung der Magnetnadel des Galvanometers, ein Beweis, dass das destillierte Wasser den Strom nicht leitet. Nun giessen wir mehrere Tropfen Schwefelsäure in das Wasser: die Galvanometernadel

Wasser-  
zersetzungs-  
apparat.

wird abgelenkt, und an den Elektroden bilden sich Gasblasen, an der —Elektrode doppelt so viel als an der +Elektrode. Nun schalten wir das Galvanometer aus, indem wir die dazuführenden Leitungsdrähte abschrauben und einfach verbinden. Die Gasentwicklung an den Elektroden wird eine viel lebhafte, weil durch die Ausschaltung des Widerstandes der Galvanometerspule die Stromstärke gestiegen ist, wie nach dem Ersatz einer engen Rohrleitung einer Wasserversorgung durch weite Röhren aus diesen in derselben Zeit mehr Wasser fliesst. Wir lassen den Strom so lange passieren, bis das Gasrohr der —Elektrode mit Gas vollständig gefüllt ist, und bestimmen die dazu nötige Zeit. Dann halten wir bei gleichzeitiger Entfernung des Kautschukpfropfes eine Flamme an die obere Öffnung: es entsteht eine fast farblose Flamme mit leichtem Knall, das Gas ist Wasserstoff. Dann warten wir, bis auch das Gasrohr der + Elektrode mit Gas gefüllt ist und halten bei gleichzeitiger Entfernung des Kautschukpfropfes einen glimmenden Span in die Röhre: er entzündet sich und brennt lebhaft; es hat sich an der +Elektrode Sauerstoff ausgeschieden. Würden wir statt der beiden Gasröhren einen oben mittelst eines Schlauches mit Quetschhahn geschlossenen Trichter stülpen, so würde sich darin ein Gemisch von H. und O., also Knallgas, ausscheiden, was in einer Reibschale mit Seifenwasser auf bekannte Weise nachgewiesen werden könnte.

W.

Die theoretischen Volumverhältnisse kommen wegen sekundärer Prozesse nicht genau zum Vorschein. Der Apparat muss vor der Stunde im Gang gewesen sein, bis die Flüssigkeit durch die Gase gesättigt ist.

2. Der Wasserzersetzungsapparat als Sekundärelement. In den Wasserzersetzungsapparat bringt man angesäuertes Wasser, stülpt aber die Gasröhren nicht über die Elektroden. Man lässt den Strom der Batterie oder der Dynamomaschine (Gleichstrom) durch denselben und das Galvanometer gehen. Auf dem Tisch gibt man mit Kreide die Stromrichtung an. Hierauf schaltet man das Galvanometer aus und lässt den Strom noch einige Augenblicke durchgehen. Dann löst man die Verbindung mit der Batterie und verbindet die Klemmen des Wasserzersetzungsapparates wie vorher mit denen des Galvanometers. Es schlägt in entgegengesetzter Richtung aus. Der Wasserzersetzungsapparat ist ein Sekundärelement geworden; der Entladestrom ist dem Ladestrom entgegengesetzt gerichtet.

Wasser-  
zersetzungs-  
apparat.  
Galvanometer.

Akkumulator mit  
Glasgefäß.

3. Akkumulator. Das Glasgefäß wird bis zur Marke „Wasser-niveau“ mit destilliertem (Regen-)Wasser gefüllt und bis zur Marke Schwefelsäure zugegossen ( $1/11$  des Volumens). Der Pol der Batterie wird mit der einen Bleiplatte des Akkumulators verbunden und behufs Isolation

der Glasstab zwischen die beiden Bleiplatten eingetaucht. Die zweite Bleiplatte wird mit dem Galvanometer verbunden und die freie Klemme des Galvanometers mit dem —Pol der Batterie. Bei Stromschluss bemerkt man eine lebhafte Gasentwicklung, und zwar scheidet sich an der +Elektrode (Bleiplatte) wie im Wasserzersetzungsapparat Sauerstoff aus, der sich mit dem Blei zu braunem Bleisuperoxyd verbindet. An der —Bleiplatte scheidet sich Wasserstoff aus, und sie wird weisslich (Bleischwamm). Wir merken uns, nach welcher Seite die Magnetnadel abgelenkt wird, und geben die Richtung des Ladestroms auf dem Tisch an. Schalten wir das Galvanometer aus, so vermindert sich der Widerstand, weshalb die Stromstärke wächst und die Gasentwicklung an den Bleiplatten zunimmt.

Nach 2—3 Minuten Ladezeit lösen wir die Verbindungen mit der Batterie und schalten wie vorher das Galvanometer für einen Moment in den Stromkreis ein. Die Nadel wird in entgegengesetzter Richtung abgelenkt; die Richtung des Entladestroms ist der des Ladestroms entgegengesetzt.

Nun verbinden wir den Akkumulator mit dem Stromverteiler und sehen, dass die 4 Voltlampe schwach leuchtet. Der Akkumulator — wir mögen ihn so lang und so stark laden — vermag nie mehr als 2,5 Volt, für längere Zeit nur 2 Volt Spannung abzugeben.

Der Entladestrom bringt die elektrische Klingel und die Tableaunummer in Funktion.

Soll eine 4voltige Lampe zu richtigem Leuchten kommen, so müssen zwei Akkumulatoren hintereinander geschaltet werden. Dann hat der Entladestrom 4 Volt Spannung. W.

4. Der Wasserzersetzungsapparat wird mit Glaubersalzlösung (5 g Glaubersalz auf 50  $cm^3$  Wasser), die mit einem filtrierten Absud von Veilchen oder Rotkohl, oder Randen, oder einer Lackmuslösung gefärbt ist, gefüllt. Leitet man den Strom durch, so färbt sich die Flüssigkeit am positiven Pol rot, am negativen blau, bei Anwendung von Rotkohlsaft hellgrün. Kehrt man den Strom um, so wird zunächst die frühere Farbe wieder hergestellt, dann tritt Rot im andern Gläschen auf.

Galvanometer.  
Läutwerk.  
Glühlampe.

## 92. Wirkungen des elektrischen Stromes auf den menschlichen Körper.

1. Um die physiologische Wirkung des Hauptstromes zu zeigen, verbindet man den einen Pol der Batterie mit einer Holzraffel (Feile). Ein Schüler fasst mit den befeuchteten Händen die Handgriffe des Erschütterungsapparates. Der eine derselben wird mit dem andern Pol der Batterie verbunden, den vom andern Handgriff ausgehenden Draht führt man rasch über die Feile hin und her.

Wasser-  
zersetzungs-  
apparat.  
Lackmuslösung.  
Glaubersalz.

Batterie.  
Holzraffel.  
Handgriffe.

Batterie.  
Erschütterungs-  
apparat.  
Schwefelsäure.

Dito.  
Waschbecken.

Thermo-  
elektrisches  
Element.  
Weingeistlampe.

2. Der Erschütterungsapparat wird mit der Batterie verbunden. An die Klemmen der herausgezogenen Induktionsspule befestigt man die Handgriffe. Ein Schüler fasst sie mit seinen Händen, die mit angesäuertem oder reinem Wasser benetzt worden sind. Die Spulen werden etwas übereinander geschoben.

Die Schüler bilden eine zusammenhängende Kette. Die beiden Äussersten fassen mit den freien Händen die Handgriffe.

3. In ein Waschbecken mit schwach angesäuertem Wasser wird die eine Handhabe des Erschütterungsapparates und eine Münze gelegt. Ein Schüler fasst die andere Handhabe und versucht, die Münze aus dem Wasser zu nehmen.

Bei den Versuchen mit dem Erschütterungsapparat ist der Wagnersche Hammer so einzustellen, dass er einen gleichmässigen Ton erzeugt.

### 93. Thermoelektrizität.

Das thermoelektrische Element (L. Fig. 215) wird so aufgestellt, dass der Bügel in der N-S Richtung liegt. Die eine Lötstelle wird mit der Weingeistlampe wenig erwärmt (wenn man stark erwärmt, schmilzt das Lotmetall). Auf der Seite, auf welche der S Pol der Nadel ausschlägt, kreist der Strom in der Richtung des Uhrzeigers.

Wenn die Lötstelle sich abkühlt, kehrt die Nadel in die N-S Richtung zurück. Erwärmst man die andere Lötstelle, so schlägt sie in der entgegengesetzten Richtung aus.

### 94. Das Schlittengalvanometer.

Von T. Wartenweiler.

a) Gegenstände: 1. *Schlittengalvanometer*: Am Ende eines Holzgestelles ist eine Spule aus isoliertem Draht (Durchmesser des blanken Drahtes = 0,7 mm) mit 500 Windungen so montiert, dass die Axe der Spule horizontal liegt (Fig. 18). Die Spulenenden sind mit zwei Klemmen *a* und *b* verbunden. Bis zum Mittelpunkt der Spule reicht die vertikale Stahlstütze *c* einer horizontalen Magnetnadel, deren Messingzeiger, resp. dessen Marke über einer Winkelskala *d*, aufgetragen auf einem vertikalen Messingbande, spielt. In den Nuten des Holzgestelles ist ein quadratisches Brett (Schlitten) verschiebbar, in dessen Mittelpunkt eine vertikale Stütze eine Magnetnadel *e* mit zwei Dämpferflügeln *f* trägt. Um Windzug abzuhalten, ist darüber eine Glasglocke gestülpt, welche eine Winkelskala von zweimal 90° trägt. Behufs richtiger Einstellung muss der Nullstrich der Skala mit der Marke des quadratischen Brettes übereinstimmen. Die Dämpferflügel der Glasglocken-Magnetnadel bewirken, dass die um

45° abgelenkte Magnetnadel statt 35 Schwingungen (ohne Flügel) nur 11 Schwingungen macht, bis sie zur Ruhe kommt. — 2. *Tischchen* mit weissem Karton 35 cm : 35 cm. 3. *Glasgefäß* mit Eisenfeile und Siebdeckel. 4. *Kurze* (10 cm lange) *Magnetnadel*, im Innern der Spule drehbar. 5. *Magnetnadel* (9 cm lang), im Schwerpunkt an einem Seidenfaden bezw. Messinghalter aufgehängt. 6. *Tabelle* mit Angabe der Winkeltangenten.

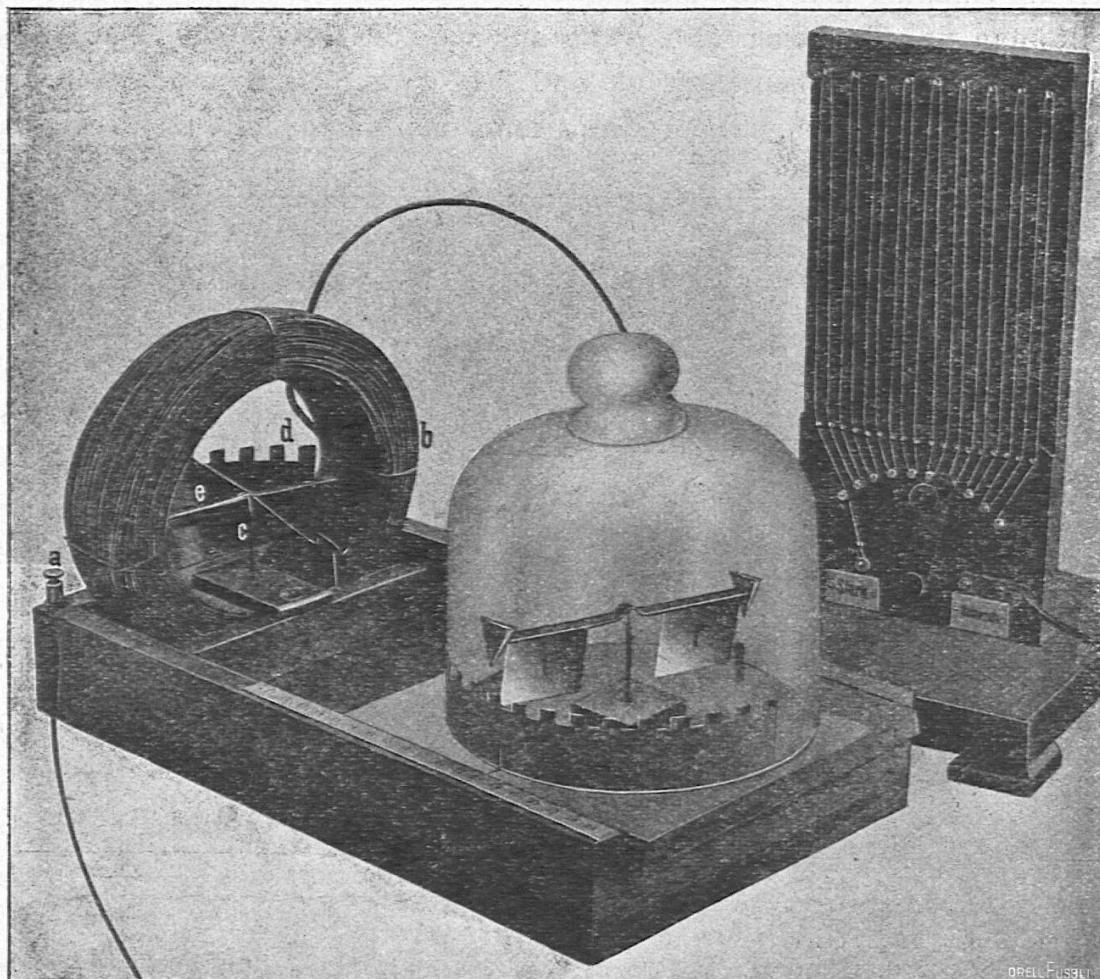


Fig. 18.

7. *Batterie*, bestehend aus vier Bunsenelementen mit Hintereinanderschaltung (Kohle-Zink-Kohle-Zink etc.) 8. Zwei isolierte Leitungsdrähte, 0,7 mm dick, je 3 m lang (womöglich verschiedenfarbig). 9. *Stabmagnet* 1 cm : 2 cm : 27 cm. 10. *Vier Lineale* von 1 cm Dicke. 11. *Weisser Zeichnungskarton* 34 cm : 51 cm. 12. *Kurbelrheostat*. 13. Sekundärspule des Induktionsapparates.

b) Experimente: 1. Ein Stabmagnet sendet Kraftlinien aus. Man legt den Stabmagneten auf den Tisch und in einiger Entfernung davon rings herum vier Lineale, auf das Ganze das Kartonblatt 34 cm : 51 cm.

Aus einer Höhe von zirka 6 cm streut man aus dem Glasgefäß (No. 3) unter seitlichem Beklopfen Eisenfeile möglichst gleichmässig auf den Karton. Beklopft man nun den Karton sachte mit einem Bleistift, so zeigen sich die Kraftlinien des Magneten noch deutlicher.

2. *Die stromdurchflossene Spule sendet ebenfalls Kraftlinien aus.* Die Batteriepole werden durch Leitungsdrähte (No. 8), (ohne vorläufig die Batterie einzutauchen) mit den Galvanometerklemmen verbunden. Dann stellt man das Tischchen (No. 2) so auf, dass die Galvanometerspule aus der Mitte des Tischchens aufragt, und legt darauf als Brücke durch die Spule zwei Querlatten. Dann stülpt man den Karton mit rechteckigem

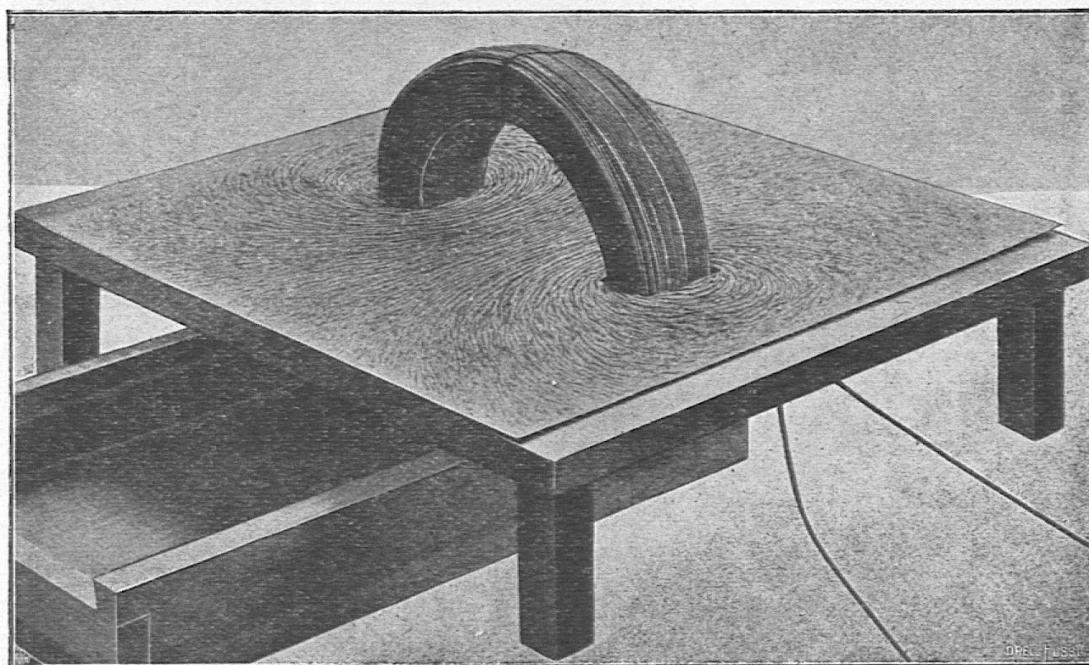


Fig. 19.

Ausschnitt über die Spule und legt schliesslich auf die Lattenbrücke das kleine rechteckige Kartonstück zur Vervollständigung der Papierebene (Fig. 19). Taucht man nun die Batterie ein und streut aus dem Glasgefäß Eisenfeile auf die *ganze* Papierebene, so zeigen sich, besonders nach dem Beklopfen mit dem Bleistift, deutlich *die Kraftlinien der stromdurchflossenen Spule*. — Wie nun der Strom Kraftlinien um den Leiter erzeugt, so können umgekehrt die Kraftlinien eines Magneten in einem nahen Leiter einen Strom erregen, wie er in der Dynamomaschine praktische Verwendung findet.

3. *Die Kraftlinien umschließen ringförmig die Windungen der Galvanometerspule* (Fig. 20.) Nach Entfernung des Tischchens mit dem Karton halten wir die Magnetnadel am Seidenfaden (No. 5) innerhalb der Spule.

Die Kraftlinien der Spule richten die Magnetnadel so, dass deren Richtung mit der Spulenaxe übereinstimmt. Der *Nordpol* der Nadel ist uns zugewendet, wenn wir den Strom entgegengesetzt der Uhrzeigerbewegung durch die Spule zirkulieren sehen. Ist uns der *Südpol* der Nadel zugewendet, so zirkuliert der Strom, von uns aus gesehen, im Sinne des Uhrzeigers. Oder was gleichbedeutend ist: Senden wir vom **positiven** (**Kohlen**-)Pol den Strom von **Norden** her **überhalb** der Magnetnadel vorbei, so wird der **Nordpol** der Nadel nach **Osten** abgelenkt. Diese deutsche Regel ist wohl leichter zu behalten, als die Ampèresche Regel, welche lautet: „Denkt man sich schwimmend in der Richtung des Stromes und hat den Blick dem Nordpol der Nadel zugewendet, so wird dieser nach **links** abgelenkt.“ Aus obiger Regel folgt wohl von selbst, dass, wenn der Strom von **Süden** her **überhalb** der Nadel fliesst, der Nordpol der Nadel nach **Westen** abgelenkt wird. — Kennen wir die Herkunft eines Stromes resp. dessen Stromrichtung nicht, und zeigt es sich bei Einschaltung des Galvanometers, dass der **Nordpol** der Nadel nach **Osten** abgelenkt wird, so kommt der Strom von **Norden** her **überhalb** der Nadel, und da man beim Schlittengalvanometer den Stromverlauf von den Klemmen weg leicht verfolgen kann, ist dasselbe sehr geeignet, *die Stromrichtung zu bestimmen*.

Wechseln wir an der Batterie oder am Galvanometer die Leitungsdrähte, so macht die Nadel eine ganze Wendung, d. h. wo uns vorher der Nordpol der Nadel zugewendet war, ist uns jetzt der Südpol zugewendet. Entfernen wir die Nadel am Seidenfaden aus der Spule, so stellt sie sich *vertikal* und *über* der Spule *horizontal* und zwar in bezug auf die Pole entgegengesetzt der Richtung in der Spulenaxe.

4. *Ist die Spule von einem starken Strome durchflossen, so stellt sich eine Magnetnadel im Innern stets (fast genau) in der Richtung der Spulenaxe ein.* Auf die Stütze in der Spule legen wir die kurze Magnetnadel (No. 4) und setzen die Batterie ein (Fig. 20). Sofort stellt sich die Nadel

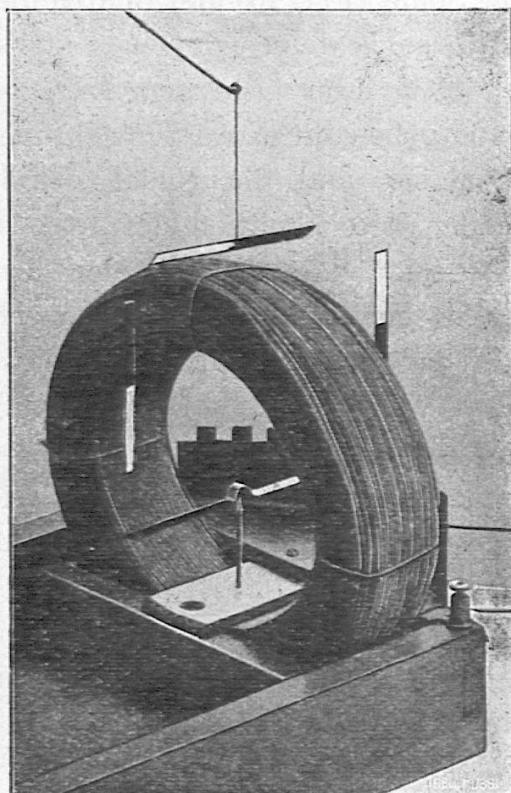


Fig. 20.

in die Axenrichtung der Spule ein. Die Spulenaxe mag nach Osten, Süden, Nordwesten, Norden, ja sogar lotrecht gerichtet sein: immer stellt sich die Nadel fast genau in die Richtung der Spulenaxe ein.

5. *Bei schwächeren Strömen macht sich auch die Wirkung des Erdmagnetismus geltend und verlangt eine entsprechende Aufstellung des Instrumentes.* Bekanntlich richten die Kraftlinien der Erde die Magnetnadel nach Norden. Legen wir die kurze Magnetnadel (No. 4) auf die Stütze in der Spule (Fig. 20) und richten die Spulenaxe horizontal nach Norden, so wird, auch wenn wir einen starken Strom durch die Spule senden, die Nadel in ihrer bisherigen Lage Nord-Süd verharren; die Kraftlinien der Erde geben ihr Nord-Südrichtung, und da die Spulenaxe Nord-Südrichtung hat und die Nadel sich infolge der Kraftlinien der Spule in die Spulenaxe einstellt, findet *keine Ablenkung der Nadel* statt. Dabei ist vorausgesetzt, dass, von Norden her gesehen, der Strom in dem Uhrzeiger entgegengesetzten Sinne zirkuliert. Anders gestaltet sich die Sache, wenn wir das Schlittengalvanometer so drehen, dass die Spulenaxe von Ost nach West gerichtet ist. Ist ein Strom nur so stark, dass er in der Spule pro  $cm^2$  Querschnitt im Raume nur so viele Kraftlinien zu erzeugen vermag, wie die Erde Kraftlinien pro  $cm^2$  Querschnitt im Raume hat, so ist die Richtkraft der Kraftlinien der Spule genau so gross, wie die Richtkraft der Kraftlinien der Erde, und da zwei gleich grosse Kräfte auf die Nadel wirken, die eine nach Norden, die andere nach Osten, so muss die Nadel nach Nordosten oder, was gleichbedeutend ist, unter einem Winkel von  $45^0$  sich einstellen. Haben wir einen *schwächeren Strom* (z. B. infolge Einschaltung eines grössern Widerstandes des Rheostaten, Fig. 18), so wird dieser schwächere Strom auch weniger Kraftlinien in der Spule erzeugen: die Nadel wird infolge des nunmehr stärkeren Einflusses der zahlreicheren Kraftlinien des Erdmagnetismus mehr der Nordrichtung sich nähern. Der Ablenkungswinkel wird kleiner sein. Verstärken wir hingegen den Strom durch Ausschalten des Rheostatenwiderstandes, so dass sich seine Kraftlinien gegenüber dem ersten Stadium vermehren, so wird damit der Einfluss des Stromes auf die Nadelrichtung vergrössert. Die Nadel nähert sich mehr der Ost- als der Nordrichtung, der Ablenkungswinkel wird grösser sein als  $45^0$ . Wir haben also bei der Aufstellung des Galvanometers darauf Rücksicht zu nehmen, dass wir das Instrument stets so aufstellen, dass *dessen Spulenaxe Ost-Westrichtung* hat.

Zur Untersuchung schwächerer Ströme setzen wir die Magnetnadel mit dem Skalazeiger auf die Spulenstütze (Fig. 18c). Sodann verbinden wir die Leitungsdrähte mit einer Spule (No. 13) und schieben, 3 m vom

Galvanometer entfernt, den Stabmagneten in die Spule: der Magnetnadelzeiger weist eine Ablenkung auf. Ziehen wir den Stabmagneten aus der Spule, so erfolgt eine Nadelablenkung im entgegengesetzten Sinne, ein Beweis, dass die Stromrichtung gewechselt hat. Schieben wir statt des Nordpols den Südpol des Stabmagneten in die Spule Nr. 13, so erfolgt eine entgegengesetzte Nadelablenkung: die Kraftlinien, welche vom Nordpol ausgehen, erzeugen einen Strom, dessen Richtung derjenigen entgegengesetzt ist, welche durch den Südpol erzeugt worden ist. Die Ablenkung der Nadel ist um so grösser, je rascher der Stabmagnet

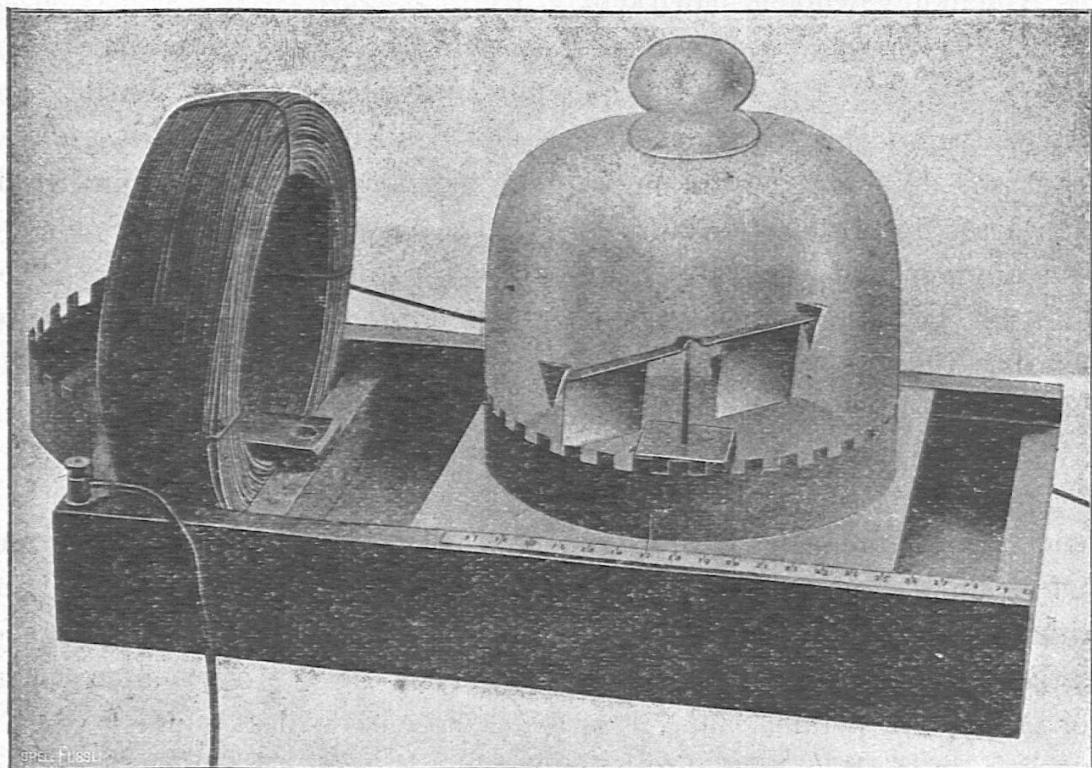


Fig. 21.

bewegt wird. Hierauf beziehen sich die Tatsachen der durch die Dynamomaschine erzeugten Ströme.

Bringen wir vor dem Stabmagneten eine Spule mit weichem Eisenkern an, so lassen sich durch Annäherung und Entfernung eines Eisenstücks die im *Telephon entstehenden Ströme* mittelst des Schlittengalvanometers deutlich nachweisen.

6. *Um stärkere Ströme zu messen*, entfernt man die Zeiger-Magnetnadel (dieselbe würde durch stärkere Ströme unter gewissen Umständen ummagnetisiert und eventuell unbrauchbar). Es kommt also *für stärkere Ströme nur die Glasglockennadel* zur Verwendung. Fliessst ein starker Strom durch die Galvanometerspule, so nimmt mit der grössern Entfernung

die Anzahl der aus der Spule tretenden Kraftlinien ab, und der Schlitten mit der Nadel kann gerade so weit von der Spule geschoben werden, dass der Ablenkungswinkel  $45^\circ$  beträgt, ein Masspunkt, der für Galvanometermessungen am günstigsten ist, weil in diesem Falle Änderungen der Stromstärke am deutlichsten durch die Änderung des Ablenkungswinkels zur Anschauung kommen. Schalten wir z. B. in den Stromkreis des Galvanometers einen Rheostaten (No. 12) Fig. 18, so können wir durch Ein- und Ausschalten von Widerstandsdrähten mittelst der Rheostatenkurbel, Änderungen der Stromstärke und gleichwertige Änderungen des Ablenkungswinkels bewirken.

7. *Die Stromstärken sind proportional der Tangente des Ablenkungswinkels* (Fig. 21). Bei Einschaltung nur *eines* Elementes der Batterie mit dem Galvanometer verschieben wir den Schlitten mit der Glasglockennadel so, dass der Ablenkungswinkel genau  $45^\circ$  beträgt. Nun ist die Richtkraft der Erde  $c$  — Nord gleich der Axenrichtkraft der Spule  $c$  — Ost; folglich stellt sich die Nadel in die Diagonale der Kräfte  $= 45^\circ$  ein (Fig. 22), bekanntlich nennt man in der Trigonometrie den Quotienten aus der Gegenseite eines Winkels im rechtwinkligen Dreieck und der anliegenden Kathete *Tangente* des Winkels; bei  $45^\circ$  also

$$\frac{1 - N}{c - N} = \frac{1}{1} = 1.$$

Senden wir nun den Strom von zwei Elementen durch die Galvanometerspule, so erfolgt bei genau gleicher Lage der Glasglockennadel eine Ablenkung um  $64^\circ$ , weil bei doppelter Stromstärke die gegenüberliegende Kathete genau doppelt so gross geworden ist. Bei drei Elementen wächst der Ablenkungswinkel auf  $72^\circ$  an: die Gegenseite des Winkels von  $72^\circ$  ist eben dreimal so lang wie die anliegende Kathete. Bei vier Elementen wird der Ablenkungswinkel  $76^\circ$ , die Gegenseite des Winkels von  $76^\circ$  beträgt das Vierfache der anliegenden Kathete. Der Vollständigkeit halber seien noch die Winkeltangenten aufgeführt:

tang. $6^\circ = 0,1$	tang. $42^\circ = 0,9$	tang. $83^\circ = 8$
„ $12^\circ = 0,2$	„ $45^\circ = 1,0$	„ $84^\circ = 9$
„ $17^\circ = 0,3$	„ $64^\circ = 2$	„ $85^\circ = 11$
„ $22^\circ = 0,4$	„ $72^\circ = 3$	„ $86^\circ = 14$
„ $27^\circ = 0,5$	„ $76^\circ = 4$	„ $87^\circ = 19$
„ $31^\circ = 0,6$	„ $79^\circ = 5$	„ $88^\circ = 28$
„ $35^\circ = 0,7$	„ $81^\circ = 6$	„ $89^\circ = 57$
„ $39^\circ = 0,8$	„ $82^\circ = 7$	„ $90^\circ = \text{unendlich}$

c) *Schlussfolgerungen.* Das Galvanometer dient: 1. festzustellen, ob ein Strom vorhanden ist, oder nicht (Ablenkung der Magnetenadel) Anwendung im Morsetelegraphen.

2. Zur Prüfung der Leistungsfähigkeit des Blitzableiters: An der Spitze des Blitzableiters wird das blanke Ende eines isolierten Drahtes befestigt. Das andere Ende des isolierten Drahtes wird auf dem Erdboden mit einem Galvanometer und dieses mit einem galvanischen Elemente verbunden. Sodann wird der freie Pol des Elementes mittelst eines Drahtes verbunden mit einem zirka 1 m langen Eisenstab, der nun 60 bis 80 cm tief in die Erde gesteckt wird. Je nach der Leitfähigkeit des Blitzableiters wird die Galvanometernadel mehr oder weniger abgelenkt.

3. Zur Feststellung der Leitfähigkeit von Elektromagnet- und Ankerspulen bei der Herstellung von Dynamomaschinen.

4. Zur Feststellung der Stromrichtung. Anwendung in der überseeischen Telegraphie. Da bei den überseeischen Linien wegen des grossen Leitungs-

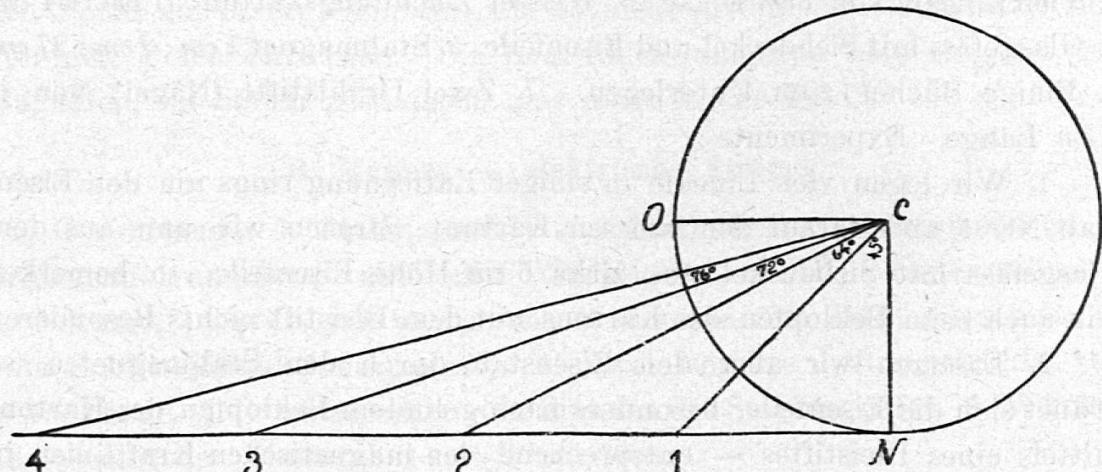


Fig. 22.

widerstandes und der daraus resultierenden geringen Stromstärke keine Morse-Schreibtelegraphen in Anwendung kommen können, benutzt man zur Zeichengebung das Galvanometer. Mittelst eines Stromwechslers auf der Senderstation verursacht man eine, zwei, drei Ablenkungen der Galvanometernadel auf der Empfangsstation nach Osten oder nach Westen oder auch kombinierte Zeichen, welche Buchstaben, Ziffern etc. bedeuten. Der Telegraphist auf der Empfangsstation kann also die Depesche nur absehen an den Ablenkungen der Galvanometernadel. — Durch Einschaltung des Galvanometers kann man die Richtung des Ladestroms eines Akkumulators und die entgegengesetzte Richtung des Entladestroms konstatieren.

5. Zum Nachweis des Tangentengesetzes, des Verlaufs der Kraftlinien einer stromdurchflossenen Spule.

P. S. In Fig. 22 kann die Linie  $co$  über  $o$  hinaus verlängert und darauf Radiuslängen abgetragen werden, welche mit den Punkten 2, 3, 4 verbunden die Linien  $c_2$ ,  $c_3$ ,  $c_4$  als Diagonalen der Kräfte erscheinen lassen.

## 95. Eine Elementar-Dynamo.

Von T. Wartenweiler.

Dynamics (griechisch) heisst „Kraft“. „Dynamomaschine“ oder einfach „Dynamo“ wird eine Maschine genannt, welche durch blosse mechanische Bewegung einen elektrischen Strom erzeugt. Jede Dynamo, sie mag Gleich-, Wechsel- oder Drehstrom erzeugen, bedarf als Voraussetzung des Magnetismus. Ein Magnet unterscheidet sich dadurch von einem gewöhnlichen Stück Eisen, dass er Eisen anzieht und ein beständiges System von Kraftlinien besitzt.

### A. Die Kraftlinien — das magnetische Feld.

Gegenstände: 1. Ein Stück unmagnetisches Eisen  $1\text{ cm} : 2\text{ cm} : 30\text{ cm}$ . 2. Vier Lineale von  $1\text{ cm}$  Dicke. 3. Weisser Zeichnungskarton  $51\text{ cm} : 34\text{ cm}$ . 4. Glasgefäß mit Siebdeckel und Eisenfeile. 5. Stabmagnet  $1\text{ cm} : 2\text{ cm} : 27\text{ cm}$ . 6. Einige Bücher zum Unterlegen. 7. Zwei Drahtstifte (Nägel) von je  $8\text{ cm}$  Länge. Experimente:

1. Wir legen vier Lineale in einiger Entfernung rings um den Eisenstab Nr. 1 und darauf den weissen Karton. Streuen wir nun aus dem Glasgefäß mit Siebdeckel aus zirka  $6\text{ cm}$  Höhe Eisenfeile, so bemerken wir auch beim Beklopfen des Kartons mit dem Bleistift nichts Besonderes.

2. Ersetzen wir aber den Eisenstab durch den Stabmagneten, so ordnet sich die Eisenfeile, besonders nach gelindem Beklopfen des Kartons mittels eines Bleistiftes — entsprechend den magnetischen Kraftlinien in einem System an, das in den zwei Durchgangspunkten sämtlicher Kraftlinien zwei Pole aufweist, welche je  $1/12$  der Gesamtlänge vom nächsten Magnetende entfernt sind.

3. Nähern wir zwei Nägel dem gleichen Punkte eines Magnetendes, so spreizen die Nägel stets auseinander: die Kraftlinien stossen sich ab, gemeinsam sind ihnen nur die Durchgangspunkte, die Pole.

4. Hängen wir einen Magneten an einem in dessen Mitte befestigten Faden frei auf, so stellt sich der Magnet entsprechend den Kraftlinien, welche die magnetischen Pole der Erde verbinden, in der Richtung des magnetischen Meridians ein, und wir nennen das Polende, welches nach Norden gerichtet ist, „nordsuchender Pol“ oder einfach „Nordpol“, das andere Polende „südsuchender“ oder „Südpol“. Man ist darin übereingekommen, anzunehmen, dass die Kraftlinien vom Nordpol in den Raum hinaus „gerichtet“ seien, zum Südpol übergehen und durch den Magneten zum Nordpol zurückkehren. Allerdings ist ihr Weg durch den Magneten nicht geradlinig, denn entsprechend ihrer gegenseitigen Abstossung treten die Kraftlinien wellenartig gegen die Mitte des Magneten heraus und

bilden dort die „neutrale Zone“. Eine Kraftlinie geht geradlinig von Pol zu Pol in den Raum hinaus. Dass in der Magnetmitte mehrere Kraftlinien gerade erscheinen, röhrt davon her, dass die Eisenfeile der mittleren, nach oben gewölbten Kraftlinien herabgestürzt ist, und so sehen wir in diesen geraden Kraftlinien eigentlich nur die horizontale Projektion von Kurven, welche in einer vertikalen Ebene liegen.

5. Legen wir rings um den Stabmagneten einige Bücher, so dass dann die vier Lineale und der darauf gelegte weisse Karton 5 cm über den Magneten zu liegen kommen, und streuen wir Eisenfeile darauf, so ordnet sich diese nach einigem Beklopfen mit dem Bleistift entsprechend den Kraftlinien in einem System an, das über den beiden Polen zwei grössere weisse elliptische Stellen aufweist, eben weil die Kraftlinien von den Polen aus divergieren, und um so mehr divergieren, je mehr sie sich von den Polen entfernen. Die Kraftlinien umgeben also ringsum den Magneten, sie bilden zusammen „das magnetische Feld“.

### B. Magnet — elektrische Ströme.

Gegenstände: 1. Stabmagnet.\* 2. Empfindliches Galvanometer (z. B. Schlittengalvanometer mit 500 Windungen von T. Wartenweiler).\*) 3. Solenoid,\* Spule mit wenigstens 27 mm innerem Durchmesser (z. B. vom Schlitteninduktionsapparat). 4. Zwei isolierte Leitungsdrähte von je 3 m Länge. 5. Retortenhalter zum Fixieren des Stabmagneten. 6. Weicher unmagnetischer Eisenstab 1 cm : 2 cm : 30 cm.

1. Wir zeigen, dass der Stabmagnet in der Entfernung von 50 cm die Galvanometernadel beeinflusst, dass dagegen in der Entfernung von über 1 m der Stabmagnet die Galvanometernadel in keiner Weise beeinflusst.

2. Die 3 m langen Leitungsdrähte verbinden wir einerseits mit dem Galvanometer, anderseits mit den Klemmen der Spule *b* Fig. 23.

Schieben wir ein unmagnetisches Eisenstück (Nr. 6) von *a* nach *b*, so erfolgt keine Ablenkung der Magnetnadel, ein Beweis, dass unmagnetisches Eisen keinen elektrischen Strom zu induzieren vermag.

Schieben wir aber den Stabmagneten *a*, den Nordpol voran, in die Spule *b*, so bemerken wir in diesem Momente eine Ablenkung der Magnetnadel des Galvanometers, ein Beweis, dass in diesem Momente ein Strom zirkulierte. Liegt der Magnet ruhig in der Spule, so kehrt die Magnetnadel in ihre Ruhelage zurück, es war also nur ein Stromstoss vorhanden, kein beständiger, konstanter Strom. An der Ablenkung der

\*) Zu beziehen von P. Hermann, Physikalische Werkstätte, Scheuchzerstrasse 71, Zürich IV.

Magnetnadel des Galvanometers können wir die Richtung des Stromstosses erkennen: Schauen wir in der Richtung der Kraftlinien SN Fig. 23,

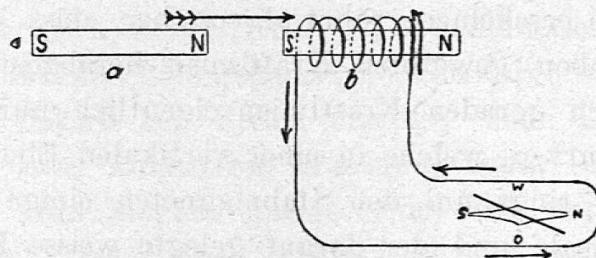


Fig. 23.

so erfolgte bei der Einführung des Nordpoles und seiner Kraftlinien ein Stromstoss entgegengesetzt der Uhrzeigerrichtung.

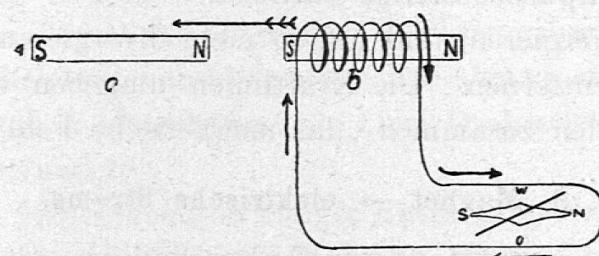


Fig. 24.

War der Magnet in der Lage *a*, so drangen wenige Kraftlinien desselben durch die Spule; als aber der Magnet von *a* in die Lage *b* versetzt wurde, durchsetzten viele Kraftlinien die Spule, es fand eine Ver-

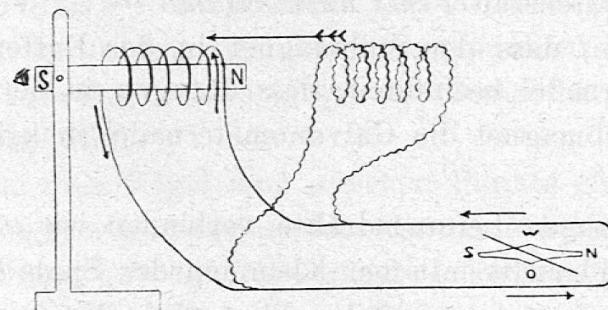


Fig. 25.

mehrung der Kraftlinien statt. Regel: „Bei der Vermehrung der Kraftlinien zirkuliert in der Spule ein Stromstoss entgegengesetzt der Uhrzeigerrichtung.“

3. Ziehen wir den Magneten aus der Lage *b*, Fig. 24, nach *c*, so vermindert sich die Zahl der Kraftlinien, welche die Spule durchsetzen: der Nordpol der Magnetnadel wird nach Westen abgelenkt: „Bei Verminderung der Kraftlinien wird ein Stromstoss in Uhrzeigerichtung induziert; unter der Voraussetzung, dass wir in der Richtung der Kraftlinien S—N schauen.“

4. Fixieren wir den Stabmagneten mittels eines Retortenhalters, Fig. 25, und schieben über den Nordpol hin die Spule, so erfolgt in dieser ein Stromstoss, und zwar, weil eine Vermehrung der Kraftlinien stattgefunden hat, entgegengesetzt der Uhrzeigerrichtung.

5. Entfernen wir, entsprechend Fig. 26, die Spule vom Magneten, so

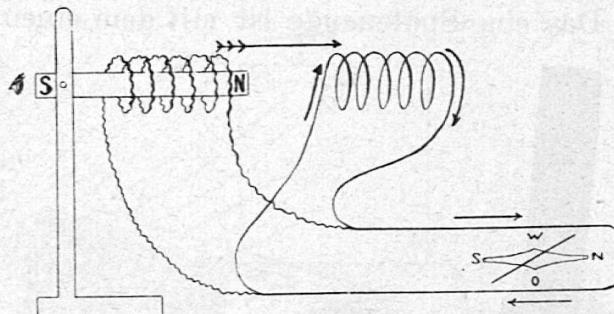


Fig. 26.

erfolgt durch die Verminderung der Kraftlinien in der Spule ein Stromstoss in Uhrzeigerrichtung.

6. Erfolgt eine langsame Bewegung des Magneten, Vermehrung oder Verminderung der die Spule durchsetzenden Kraftlinien, so ist der Ablenkungswinkel der Galvanometernadel klein: der erzeugte Stromstoss war schwach.

7. Erfolgt eine rasche Bewegung des Magneten, so schneiden viel mehr Kraftlinien in derselben Zeit die Spule: der Galvanometerausschlag ist gross, der Stromstoss war stark.

8. Erfolgt die Vermehrung der die Spule schneidenden Kraftlinien mit gleicher Geschwindigkeit wie Verminderung derselben, so sind die Ablenkungswinkel, von 0 an gerechnet, genau gleich gross: Bei Vermehrung und Verminderung der Kraftlinienzahl vom Minimum zum Maximum und vom Maximum zum Minimum erfolgen Stromstösse von gleicher Stärke.

9. Die grösste Wirkung der Kraftlinien eines Magneten auf eine Spule findet dann statt, wenn die Kraftlinien in der Richtung der Spulenaxe in die Spule eindringen oder davon sich entfernen.

10. Nur eine Aenderung der die Spule durchdringenden Zahl der Kraftlinien vermag einen Strom hervorzubringen; gehen gleich viele Kraftlinien längere Zeit durch die Spule, so bleibt diese stromlos.

### C. Die magneto-elektrische Maschine.

Gegenstände: 1. Zwei Stabmagnete 1 : 2 : 27 cm.\* 2. Eiserne Brücke dazu \*) (weicher Eisenstab 1 : 2 cm : cm zur Herstellung eines Hufeisenmagneten). 3. Elementardynamo \*) Fig. 5. 4. Zwei Leitungsdrähte von je 3 m Länge. 5. Schlittengalvanometer.\* 6. Patentschraubzwingen.\*

\*) Zu beziehen durch P. Hermann, Physik. Werkstätte, Scheuchzerstrasse 71, Zürich IV.

1. Da die Motoren: Wasserräder, Turbinen, Dampf- und Gasmotoren *kreisförmige Bewegungen* hervorbringen, so bringen wir in der Elementardynamo, Fig. 27, einen Magnetstab in unveränderlicher Lage *c* an und befestigen an der horizontalen Riemenwelle *b* eine Spule *a* mittelst einer Schraube. An der Axe sind zwei voneinander isolierte Halbringe aus Messing befestigt. Das eine Spulenende ist mit dem einen und das andere

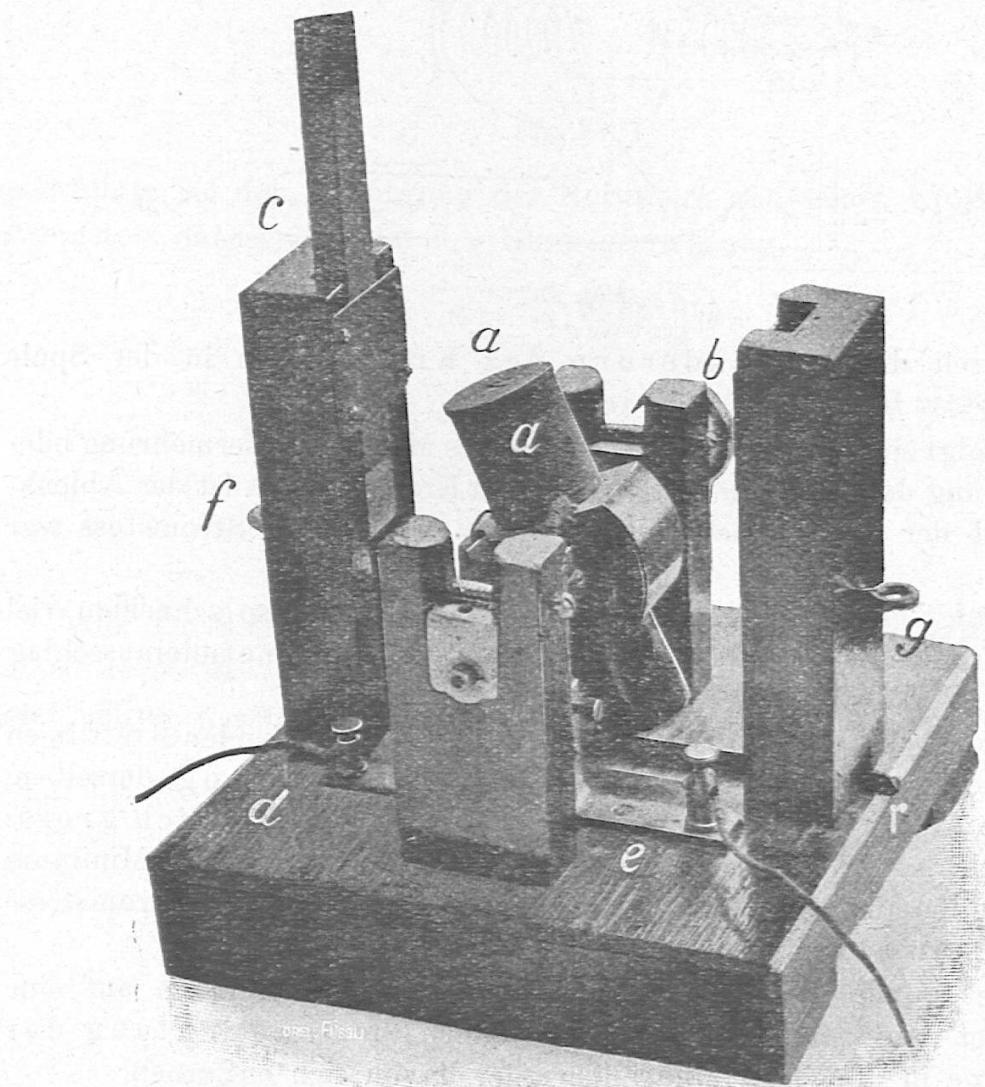


Fig. 27.

Spulenende mit dem anderen Halbringe metallisch verbunden. Die Halbringe berühren in ihrem horizontalen Durchmesser die Bürsten *d* und *e*, deren Klemmen die Drähte des äusseren Stromkreises aufnehmen.

2. Nachdem mittelst einer Patentschraubzwinge die Elementardynamo auf der Tischplatte festgeschraubt ist, verbinden wir mittelst der 3 m langen Leitungsdrähte die Bürsten *d* und *e* mit den Klemmen des Galvanometers und schlingen eine in einer Öffnung der Riemscheibe *b* be-

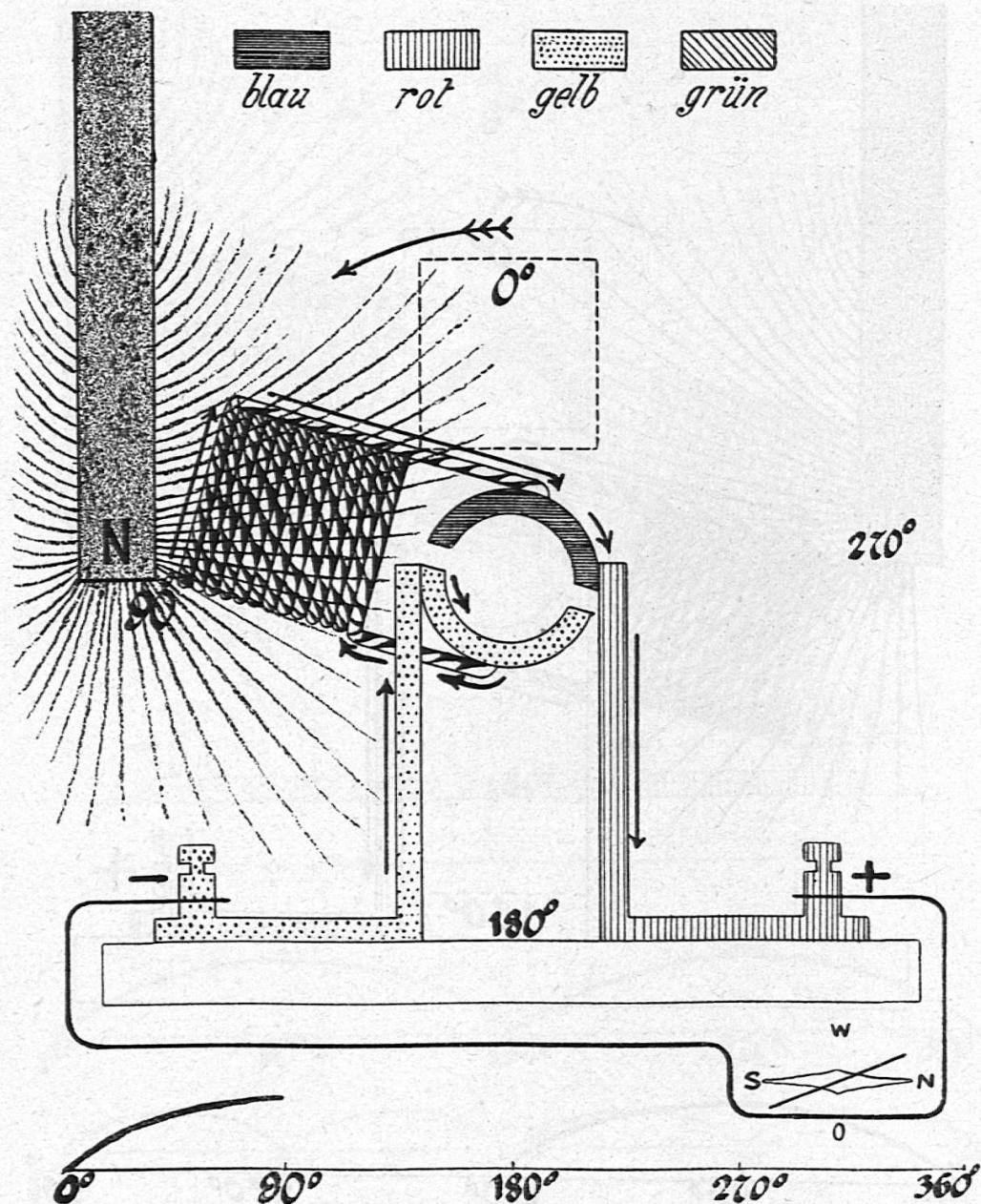


Fig. 28.

festigte Schnur um die Riemscheibe. Das in die Schlinge der Schnur eingehängte Bleigewicht von zirka 500 g bewegt infolge der Anziehungs- kraft der Erde die Riemenwelle und damit die Ankerspule *a* durch das magnetische Feld, durch die vom Magnetstabe *c* ausgehenden Kraftlinien. Diese Anordnung bietet den Vorteil, dass für verschiedene magnetische Felder: 1 oder 2 Magnete, hohe oder tiefste Stellung der Magnete dem Anker stets genau die gleiche Rotationsgeschwindigkeit erteilt werden kann. Selbstverständlich kann die Elementardynamo auch durch eine Riementransmission einer Handdynamo in Betrieb gesetzt werden; nur muss alsdann die Handdynamo mittelst einer zweiten Schraubzwinge

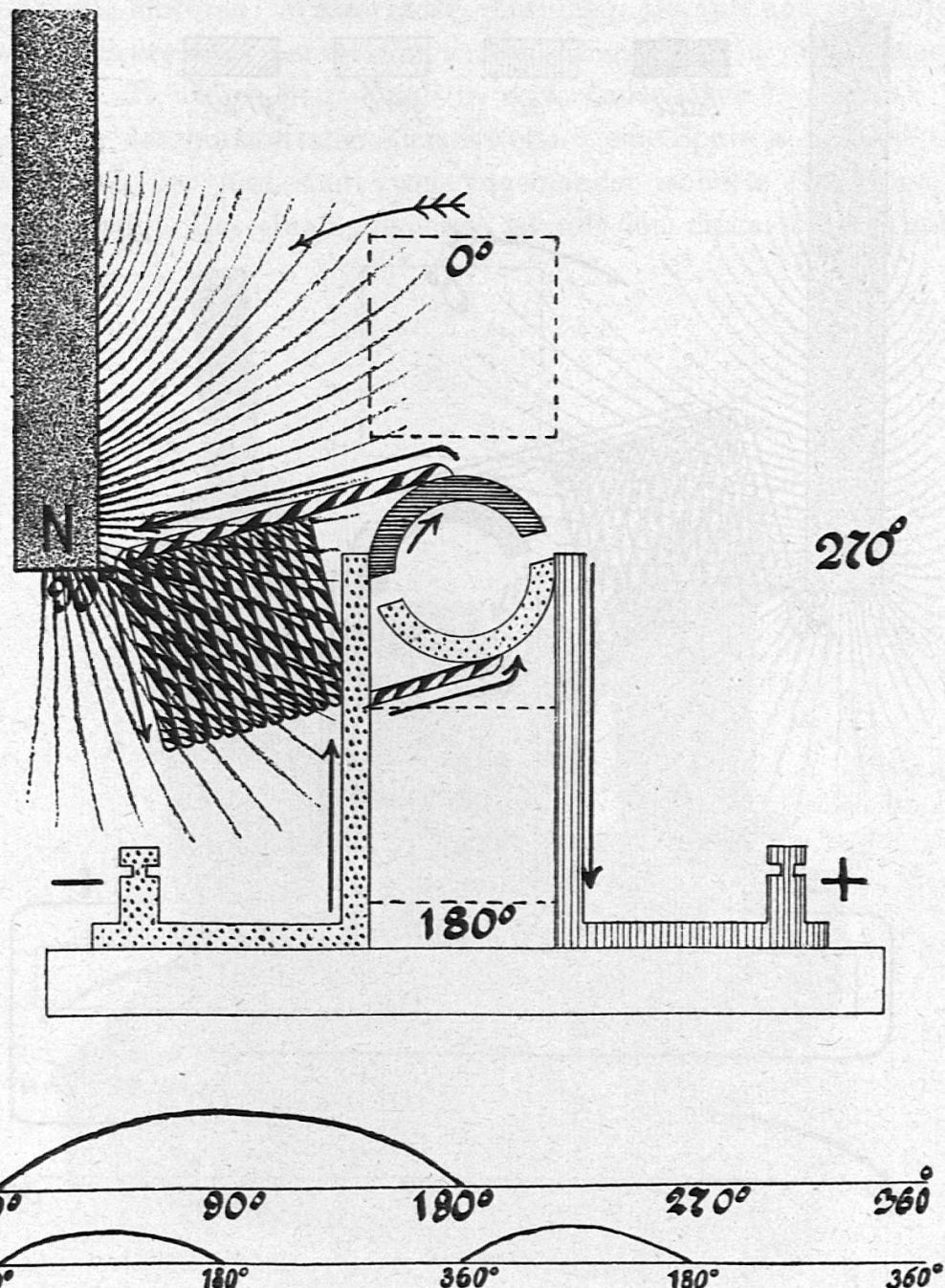


Fig. 28.

ebenfalls auf dem Tische festgeschraubt werden. Durch die Entfernung der Schrauben über den Metalllagern der Elementardynamo kann die Riemenwelle samt Spule und Halbringen leicht herausgenommen werden.

3. Der besseren Übersichtlichkeit halber ist in Fig. 28 u. ff. der eine Halbring blau und der andere gelb bezeichnet, entsprechend den Schraffuren, wie solche in der Wappenkunde gebräuchlich sind. Die eine Bürste (links) ist gelb, die Bürste rechts rot bezeichnet.

4. Die Spule, deren Axe radial ist, legt einen kreisförmigen Weg

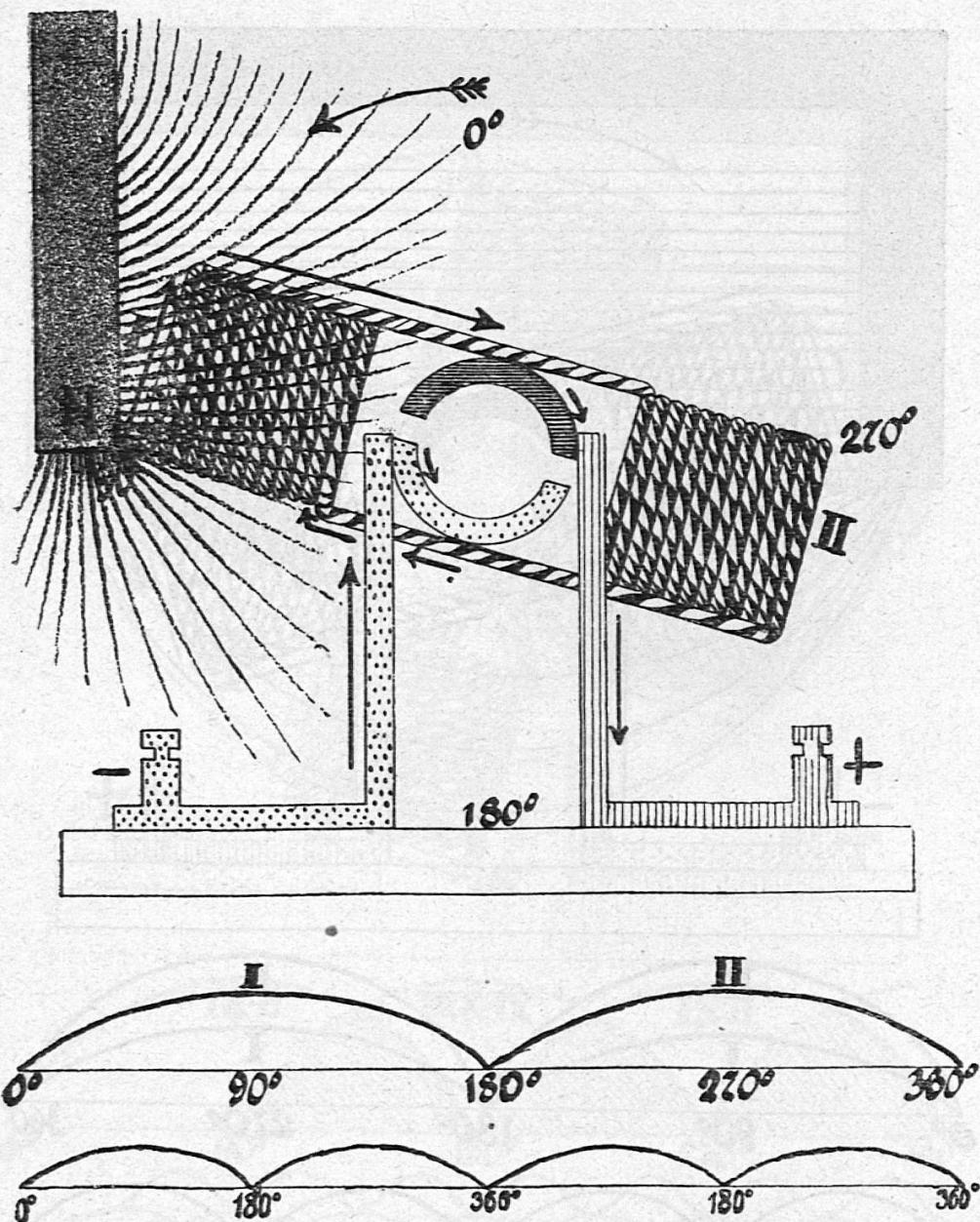


Fig. 30.

durch das Kraftlinienfeld zurück von  $0^\circ - 90^\circ - 180^\circ - 270^\circ - 360^\circ$ , und um die betreffenden Stromwerte graphisch darzustellen, strecken wir den kreisförmigen Weg der Spule in eine gerade Linie =  $360^\circ$  und tragen senkrecht dazu die betreffenden Stromstärken auf (s. Fig. 28 und ff.).

5. Je mehr sich die Spule von  $0^\circ$  bis  $90^\circ$  dem N.-Pole nähert, um so mehr Kraftlinien gehen in der Axenrichtung durch die Spule; es findet eine *Vermehrung* der Kraftlinien statt, und es wird ein Stromstoss in der durch die ungefiederten Pfeile bezeichneten Richtung stattfinden. Der gefiederte Pfeil gibt jeweilen die Richtung der mechanischen Be-

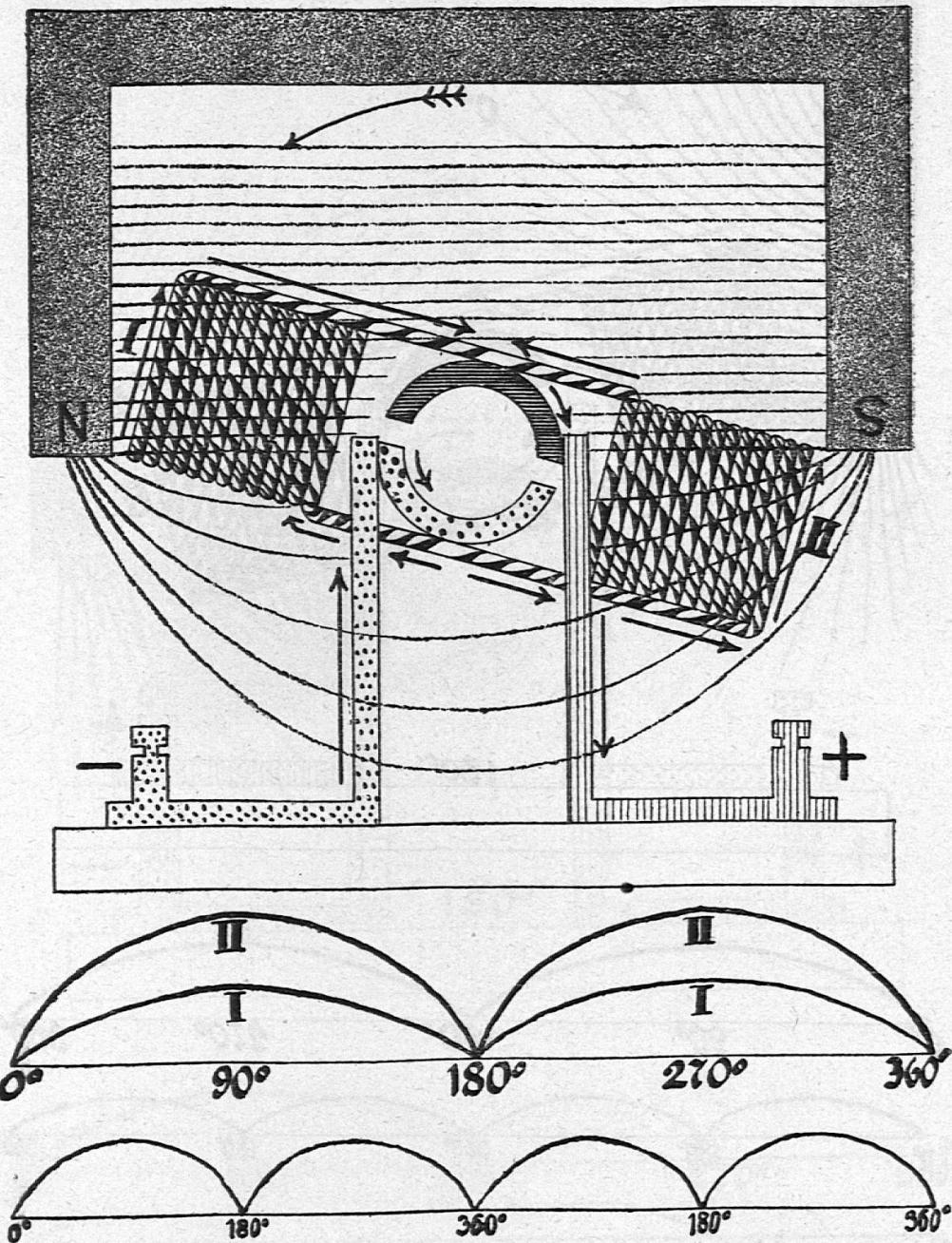


Fig. 31.

wegung des Ankers an. Anker nennen wir die Riemenwelle samt Spule und Halbringen, welche im magnetischen Kraftfelde rotieren.

Der in der Spule durch die Kraftlinien induzierte Strom hat, vom N.-Pol aus gesehen, eine dem Uhrzeiger entgegengesetzte Richtung, fliessst also zum blauen Halbring und in die rote + Bürste, dann in den äusseren Stromkreis durch die Spule des Galvanometers, eventuell durch Glühlampen zur — gelben Bürste und durch den gelben Halbring zur Spule. Durch dieses System ist sodann der Stromkreis geschlossen, eine

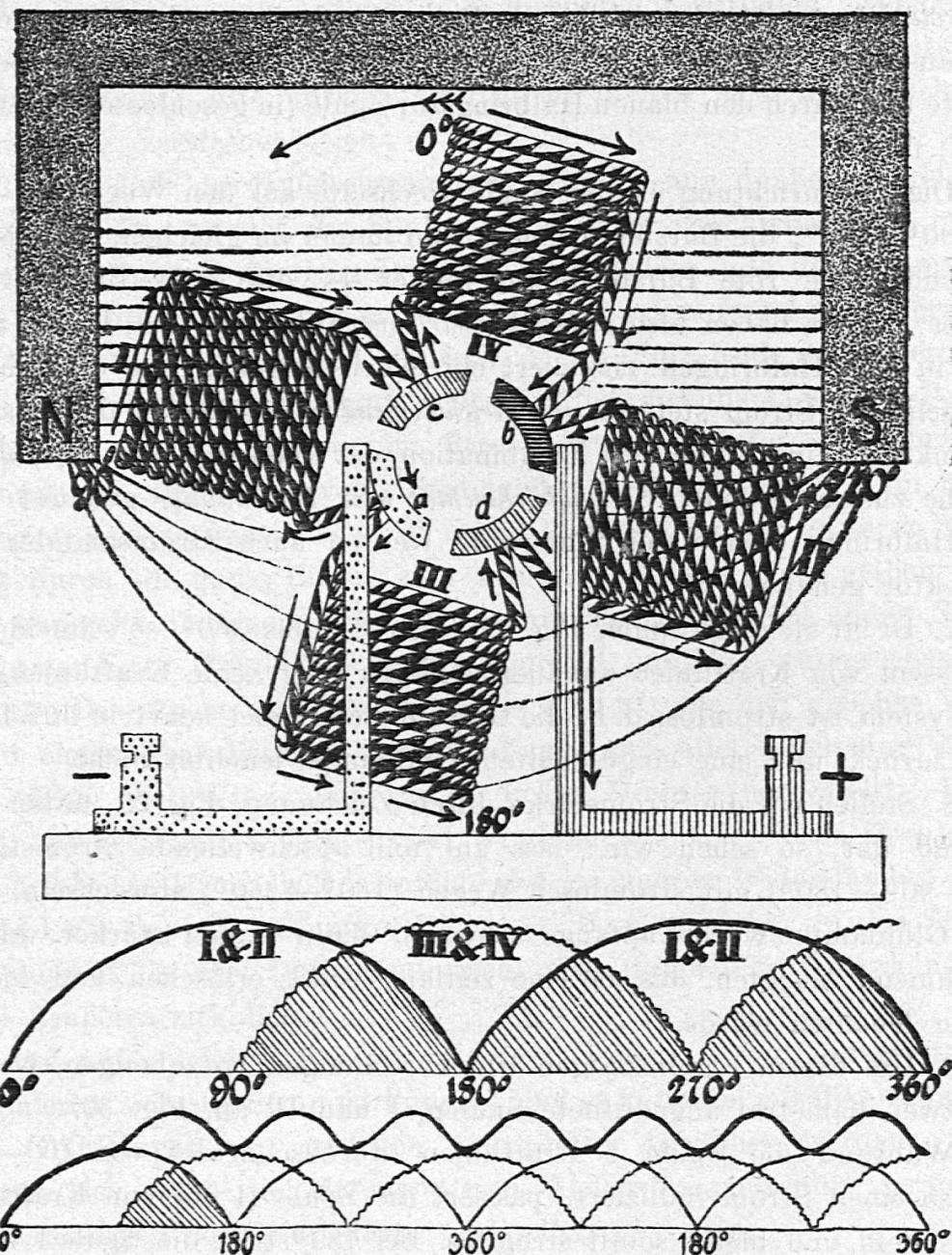


Fig. 32.

Bedingung, die erfüllt sein muss; denn nur in einem geschlossenen Leiter kann ein elektrischer Strom zirkulieren. Eine in den äusseren Stromkreis eingeschaltete Glühlampe würde von  $0^\circ$  bis  $90^\circ$  an Leuchtkraft immer mehr zunehmen, was im unteren Teil der Fig. 28 angedeutet ist.

6. Dreht sich die Spule um weitere  $90^\circ$  (also von  $90^\circ$  bis  $180^\circ$ ), Fig. 29, so vermindert sich mit der Entfernung vom N.-Pol die Anzahl der geschnittenen Kraftlinien, und der Strom der Spule hat, vom Nordpol aus gesehen, Uhrzeigerrichtung, d. h. er fliesst nicht nach dem blauen,

sondern nach dem *gelben* Halbring; welcher nun die rote Bürste berührt; die *rote* Bürste ist also wieder  $+$  Pol, von dem aus der Strom durch den äusseren Stromkreis, z. B. durch Glühlampen, nach der gelben  $-$  Bürste und durch den blauen Halbring zur Spule (in geschlossenem Stromkreis) fliesst.

Die Stromrichtung in der Spule wechselte auf den Wegen  $0^\circ - 90^\circ$  und  $90^\circ - 180^\circ$ ; die Bürsten dagegen sind immer im gleichen, elektrischen Zustande: die *rote* Bürste bleibt immer  $+$ , die *gelbe* Bürste bleibt immer  $-$ , wir haben also eine *Gleichstrommaschine* vor uns. In der Spule und in den Halbringen zirkuliert ein Wechselstrom; von den Bürsten aus geht der Strom stets *in sich gleichbleibender Richtung* in den äusseren Stromkreis, eine Folge der Kombination der *Halbringe und der Bürsten*, welche zusammen auch *Stromgleichrichter oder Kommutator* genannt wird. Die Halbringe oder deren Unterteile werden auch *Stromsammel* oder *Kollektor* genannt.

7. Dreht sich die Spule, Fig. 29, von  $180^\circ$  bis  $360^\circ$ , so schneidet sie in diesem von Kraftlinien annähernd leeren Weg keine Kraftlinien, und das System ist stromlos, d. h. die Galvanometernadel kehrt in ihre Ruhelage zurück, und eine eingeschaltete Glühlampe leuchtet nicht.

8. Stellen wir die Stromstärke durch Zeichnung, Fig. 29, unten fortlaufend dar, so sehen wir, dass an- und abschwellende Stromstärken ( $0^\circ - 90^\circ - 180^\circ$ ) mit stromlosen Wegen ( $180^\circ - 360^\circ$ ) abwechseln, d. h. eine Glühlampe würde anfangs schwach, dann immer stärker, hierauf abnehmend leuchten, bis sie eine zeitlang völlig erloschen und hierauf wieder leuchten würde.

9. Um diesen regelmässigen Unterbrechungen vorzubeugen, wenden wir zwei diametral angeordnete Spulen, I und II, an, Fig. 30.

Während die Spule I Kraftlinien durchschneidet von  $0^\circ - 180^\circ$  und so einen Strom induziert, passiert die Spule II ein von Kraftlinien leeres Feld und bleibt somit stromlos. Bei  $180^\circ$  tritt die Spule I in das von Kraftlinien leere Feld von  $180^\circ - 360^\circ$ , während die Spule II in das Kraftlinienfeld eindringt, und es schliessen sich die Ströme der Spulen I und II zu einem ununterbrochenen Strom zusammen; allerdings ist dieser Strom in seiner Stromstärke schwankend (Fig. 30 unten). Eine Glühlampe im Stromkreise würde also periodisch an Leuchtkraft zu- und abnehmen, oder eine elektrische Klingel würde periodisch ungleich stark läuten.

10. Um diesem Übelstande abzuhelfen, wenden wir statt *eines* Magnetstabes deren *zwei* und eine Eisenbrücke, also einen Hufeisenmagneten an. Bei dieser Anordnung schliessen sich viel mehr Kraftlinien

vom N.-Pol zum S.-Pol, und es breiten sich so weniger Kraftlinien nutzlos im Raume aus; denn nur diejenigen Kraftlinien, welche den Rotationskreis der Ankerspulen durchdringen, treten für die Ankerspulen in Wirksamkeit; alle übrigen Kraftlinien breiten sich wirkungslos im Raume aus, „zerstreuen“ sich.

Da das Feld des Hufeisenmagneten, Fig. 31, nun doppelt so reich an Kraftlinien ist, werden die Spulen bei gleicher Geschwindigkeit in derselben Zeit doppelt so viele Kraftlinien schneiden, und die Stromstärke wird den doppelten Betrag erreichen. Die Spulen I und II nähern sich von  $0^{\circ}$ , bzw.  $180^{\circ}$  dem N.-Pol, bzw. dem S.-Pol; beide Spulen erfahren also eine Vermehrung der Kraftlinien; folglich zirkuliert, vom N.-Pol aus gesehen, in beiden Spulen ein Strom entgegengesetzt der Uhrzeigerrichtung; es fliessen also die Ströme der Spulen I und II zum blauen Halbring und so gemeinsam zur roten + Bürste, in den äusseren Stromkreis durch die gelbe Bürste zum gelben Halbring. Vom gelben Halbring aus geht die eine Hälfte des Stromes zur Spule I, die andere Stromhälfte zur Spule II, weil die beiden Spulen I und II — entsprechend der gleichen Drahtdicke und Drahlänge — dem Strome den gleichen Widerstand bieten. Aus diesem Grunde sind auch stets alle Spulen eines Ankers aus gleich viel Windungen gleich dicken Drahtes hergestellt. Wären z. B. auf der Spule I halb so viel Windungen gleich dicken Drahtes, als auf der Spule II, so würde infolge des geringeren Widerstandes in der Spule I ein doppelt so starker Strom (z. B. 4 Ampères), in der Spule II mit doppelt so viel Drahtwindungen, also doppeltem Widerstand, nur zwei Ampères zirkulieren.

Da entsprechend Fig. 31 in *beiden* Spulen Strom induziert wird, summieren sich die Stromwirkungen, und es könnten mit dieser Maschine *zwei* Glühlampen von gleichen Ansprüchen betrieben werden; jedoch zeigen sich auch im Strom dieser Gleichstrommaschine periodische Schwankungen der Stromstärke (siehe Fig. 31 unten).

Diese Tatsachen lassen sich an unserer Elementardynamo leicht zeigen. Wir schieben den zweiten Stabmagneten mit seinem S.-Pol unten in den Pfosten *g*, Fig. 27, und legen über die oberen Magnetenden die Eisenbrücke Nr. 2. Schlingen wir die Schnur wieder um die Riemenscheibe *b*, Fig. 31, und lassen das angehängte Bleigewicht fallen, so wird der Anker mit genau gleicher Geschwindigkeit rotieren. Hat aber das Galvanometer bei dem Versuch mit *einem* Magneten eine Ablenkung von  $40^{\circ}$  gezeigt, so zeigt es jetzt einen Winkel von doppelter Intensität wegen der Wirkung von *zwei* induzierten Spulen.

11. Da die Maschine, Fig. 31, wie man aus deren Kurven sieht, starke

Schwankungen zeigt, befriedigt sie uns nicht. Da die Hinzufügung einer zweiten Spule Vorteil brachte, wenden wir, um möglichst gleichmässigen Strom zu erzeugen, vier Spulen an, Fig. 32.

Die beiden Halbringe zerschneiden wir so, dass vier voneinander isolierte, gleich grosse Ringstücke, Lamellen, auf dem Anker befestigt sind. Je zwei Spulenenden sind mit ein und derselben Lamelle verlötet und bilden so, wie Fig. 32 zeigt, ein zusammenhängendes, ununterbrochenes System.

Der in der Spule I durch den Schnitt der Kraftlinien erzeugte Strom fliessst zur grünen Lamelle *c*, durch die Spule IV, nach der blauen Lamelle *b*, wo auch der in der Spule II induzierte Strom eintrifft, und es fliessen dann diese Stromstösse gemeinsam durch die rote + Bürste in den äusseren Stromkreis, in die gelbe — Bürste und in die gelbe Lamelle *a*, von der aus sich der Strom in die Spulen I und III verzweigt, so dass im Anker zwei Stromzweige vorhanden sind: gelbe Bürste, Spulen I und IV, blaue Lamelle — gelbe Bürste, Spulen III und II, blaue Lamelle, von der aus beide Stromzweige vereinigt in die rote Bürste und durch den äusseren Stromkreis in die gelbe Bürste zur gelben Lamelle gelangen. Der Strom wird also nur in den Spulen I und II durch Kraftlinien *erregt*, die Spulen III und IV funktionieren in dieser Stellung lediglich als Leiter. Die Spulen I und II erreichen, wie früher gezeigt wurde, bei  $90^\circ$ , bzw.  $270^\circ$  ihr Maximum, bei  $180^\circ$ , bzw.  $360^\circ$  ihr Minimum, d. h. Null. Ist die Spule I bei  $90^\circ$ , so sind die Spulen I und II in ihrem Strommaximum und die Spulen III und IV in ihrem Stromminimum. Die Spulen III und IV beginnen also einen Strom zu liefern in dem Moment, da die Spulen I und II ihr Maximum bei  $90^\circ$ , bzw.  $270^\circ$  erreicht haben (siehe Fig. 32 unten).

Sind also die Spulen I und II bei  $180^\circ$ , bzw.  $360^\circ$  stromlos, so haben die Spulen III und IV ihr Strommaximum erreicht, d. h. das System wird jetzt nie stromlos, und eingeschaltete Klingeln funktionieren konstant. Was die Stromstärke anbelangt, so ergibt sich aus Fig. 32 unten, dass zwischen  $90^\circ$  und  $180^\circ$ , zwischen  $180^\circ$  und  $270^\circ$ ,  $270^\circ$  und  $360^\circ$  eine bedeutend verstärkte Stromwirkung eintritt, jedoch mit regelmässig wiederrkehrenden Schwankungen. In Fig. 32 liegen zwischen  $90^\circ$  und  $180^\circ$ , sowie zwischen  $180^\circ$  und  $270^\circ$ ,  $270^\circ$  und  $360^\circ$  je zwei Dreiecke übereinander, die gleich starke Stromwirkungen darstellen. Denken wir uns die Wirkung des einen schraffierten Dreiecks ihrem Inhalte nach nach oben geschoben, so ergibt sich als Gesamtsumme eine höhere Stromkurve mit wellenartigen Schwankungen. Diese Schwankungen sind eine Folge der Stromstösse; denn eine Dynamo vermag nur eine Kombination

von Stromstößen zu erzeugen, während die Stromwirkung einer galvanischen oder einer Akkumulatorenbatterie durch eine gerade Linie parallel zur Basislinie dargestellt werden müsste.

12. Um das magnetische Feld zu vergrössern und besser auszunützen, hat man die Magnetpole bis zur unteren Tangente des Ankerweges (180°) gesenkt, was wir auch bei unserer Elementardynamo bewerkstelligen, indem wir die Ringschrauben *g* und *f*, Fig. 27, lüften, so dass die Magnete nun leicht bis aufs Grundbett gesenkt werden können. Setzen wir nun die Maschine in Betrieb mittelst des Bleigewichtes, so wird der Nadelausschlag des Galvanometers noch grösser als früher sein.

Da aber die Luft der Ausbreitung der Kraftlinien einen grossen Widerstand entgegensezert, so hat man die Magnetpole breiter gemacht und kreisförmig ausgebohrt, damit zwischen der Kreisbahn des Ankers und den Ausbohrungen der Polenden, „Polschuhe“ genannt, ein möglichst kleiner Luftzwischenraum existiere.

13. Eine wesentliche Verbesserung führte Siemens ein, indem er nicht blass leere Spulen an der Ankerwelle befestigte, sondern das Innere der Spulen mit Eisen ausstattete, in der Form von zwei zusammengefügten T, deren Querstab die Peripherie des Ankerkreises passiert. Da die Kraftlinien viel leichter Eisen, als Luft durchdringen, fliessen viel mehr Kraftlinien in die gleich massiven Trichtern gestalteten T-Eisenwege *durch* die Spule, und die Wirkung ist eine viel bessere. Dieser T- oder Siemens-Anker wird übrigens heute nur noch für kleine Dynamos und kleine Elektromotoren angewendet.

14. Statt *eines* Hufeisenmagneten werden für die magneto-elektrischen Maschinen auch zwei und mehr Hufeisenmagnete verwendet, Fig. 33. Solche Maschinen finden Anwendung:

- a)* zum Betrieb der Telephonklingeln bei Eröffnung und Schluss eines telephonischen Gespräches;
- b)* für medizinische Zwecke (Heilung von Nervenlähmungen);
- c)* zur Zündung explosiver Gasgemische in Automobilen, Motorvelos und Gasmotoren;
- d)* zur Zündung von Minen in Bergwerken, bei Belagerungen zu Wasser und zu Land, zur Sprengung von Brücken und Felsen.

15. Von Wichtigkeit ist auch die Stellung der Bürsten. Schieben wir nämlich in die horizontale Rinne *r* der Elementardynamo, Fig. 27, bezw.

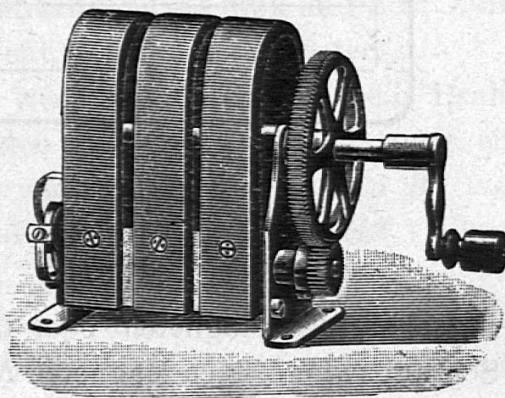


Fig. 33.

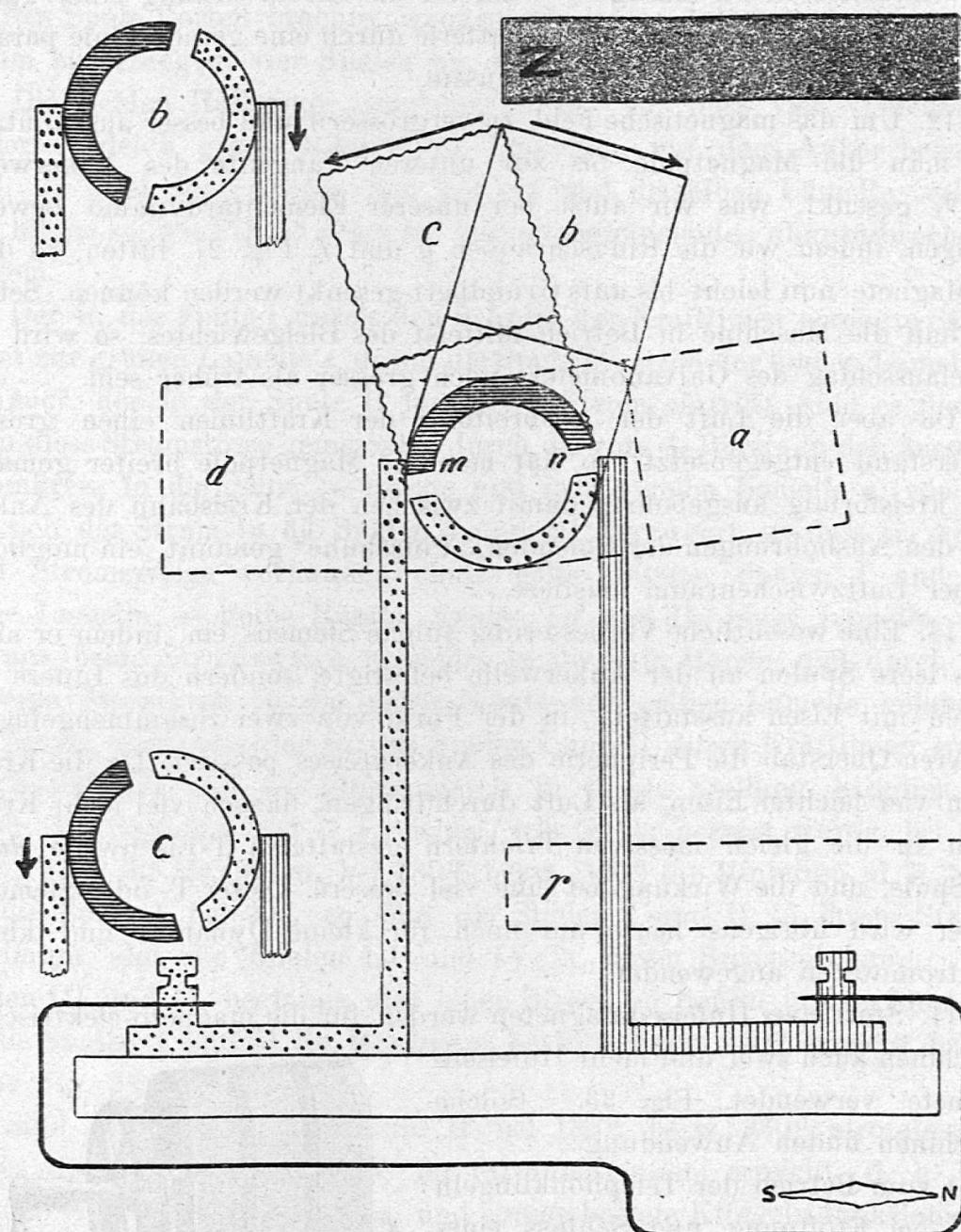


Fig. 34.

Fig. 34, einen Magneten oder befestigen auf einer Stütze mittelst einer Schraubzwinge einen Magneten  $N$  horizontal, so bildet jetzt der Berührungs-durchmesser  $m\ n$  der Bürsten mit der Pollinie  $N\ r$  einen rechten Winkel. In der Position  $b$  der Spule erfolgt ein Stromstoss rechts nach dem gelben Halbring und der roten Bürste. Es würde so offenbar eine Ab- lenkung der Galvanometernadel erfolgen. In der Position  $c$  der Spule erfolgt wegen der Verminderung der Kraftlinien ein Stromstoss nach links, und der Strom wird zur gelben Bürste fliessen, so dass die gelbe

Bürste nunmehr die + Bürste ist. Da aber diese Stromstösse nach rechts (rote Bürste) und nach links (gelbe Bürste) sehr rasch aufeinander erfolgen, kann der N.-Pol der Galvanometernadel nicht nach Westen und nach Osten ausschlagen; die Nadel bleibt ruhig, obwohl im Anker und im äusseren Stromkreis ein Strom, ein Wechselstrom zirkuliert, Wechselstrom genannt, weil er rasch, regelmässig seine Richtung wechselt. Ein solcher Wechselstrom kann, wie das Experiment mit der Elementardynamo zeigte, durch das Galvanometer nicht kontrolliert werden. Doch ist der Wechselstrom geeignet, Glühlampen zum Leuchten zu bringen, und bei der Transformation des elektrischen Stromes hohe Spannung und geringe Stromstärke umzuformen in niedere Spannung und grosse Stromstärke.

Ist der Berührungsduurchmesser der Bürsten in der Pollinie gelegen, wie in den Figuren 5—11, so ist die Elementardynamo eine Gleichstrommaschine.

## 96. Die Schaltung des Mikro-Telephons des physikalischen Apparats für die zürcherischen Sekundarschulen.

*Von T. Wartenweiler.*

*A. Gegenstände:* 1. Mikro-Telephon. 2. Batterie oder 1 Leclanché-Element. 3. Elektrische Klingel. 4. Taster. 5. Fünf isolierte Drähte von je 10 m Länge. 6. Vier isolierte Drähte von je 1 m Länge. 7. Drei isolierte Drähte von je 30 cm Länge. 8. Sechs Doppelklemmen. 9. Etwa 1 m Isolier- oder Seidenband.

*B. Schaltung.* 1. Die Klemmen des Mikrophones sind bezeichnet: *L* = Linie, *LK* = Linie — Kohle, *MZ* = Mikrophon — Zink und *Z* = Zink  
2. Montage der Station *A*: Bunsenelement, Klingel und Taster.

*a)* In die Klemme des Zinkpols werden eingeschraubt ein Draht von 30 cm durch Doppelklemme verbunden mit dem Taster *T*, sowie ein Draht von 10 m Länge mit der 10 m weit entfernten Station *B* (möglich in einem zweiten Zimmer), und zwar mit Klemme *MZ* (Mikrophon — Zink). Fig. 35. Anruf.

*b)* Das freie Ende des Tasters *T* der Station *A* wird durch eine Doppelklemme und einen Draht von 1 m Länge verbunden, sowohl mit der einen Klingelklemme *b*, als auch von *a* Fig. 35 durch einen 10 m langen Draht mit der Klemme *L* (Linie) des Mikrophones der Station *B*.

*c)* Der Kohlenpol der Station *A* wird durch einen Draht von 1 m Länge mit dem freien Ende *c* der Klingel und dieser Klingelpol (Fig. 35) durch einen Draht von 10 m Länge mit der Mikrophonklemme *LK* (Linie — Kohle) der Station *B* verbunden.

Montage der Station **B**. Die dritte Klemme **MZ** (Mikrophon — Zink) ist durch einen Draht von 30 cm mit der Klemme **Z** (Zink) und diese Klemme (**Z**) gleichzeitig durch einen Draht von 1 m mittelst

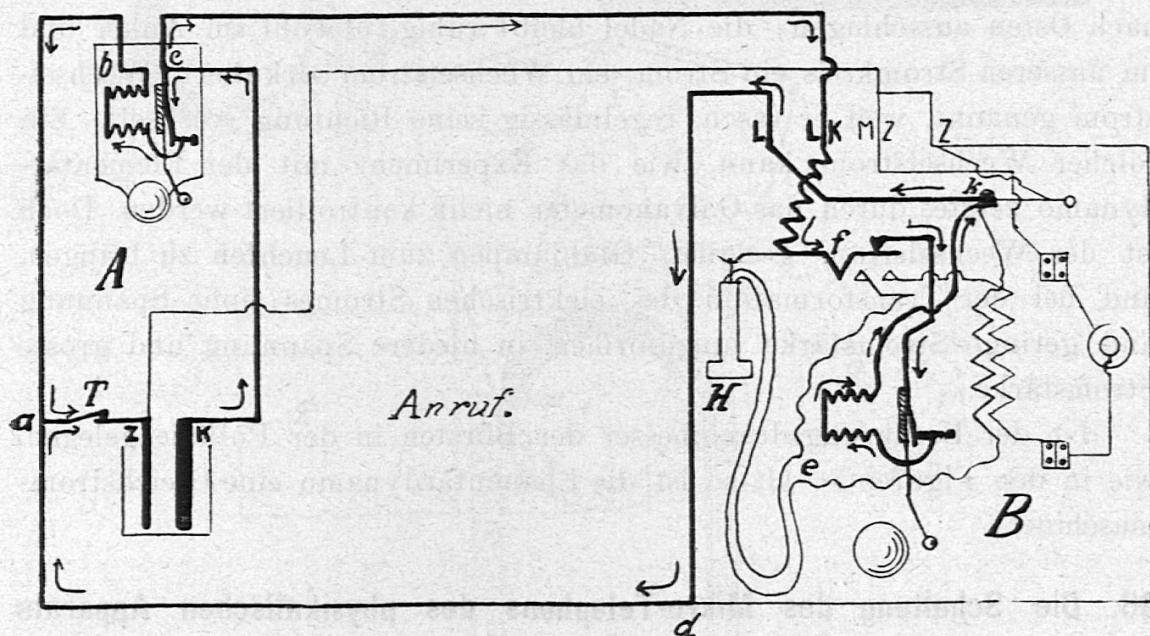


Fig. 35.

einer Doppelklemme mit dem Draht **Lda** oder, was gleichbedeutend ist, direkt von **Z** mit **L** zu verbinden.

Um eine grössere Entfernung des Telephons zu erzielen, werden in die Telephonklemmen **e** zwei Drähte von je 10 m eingeschraubt. Diese

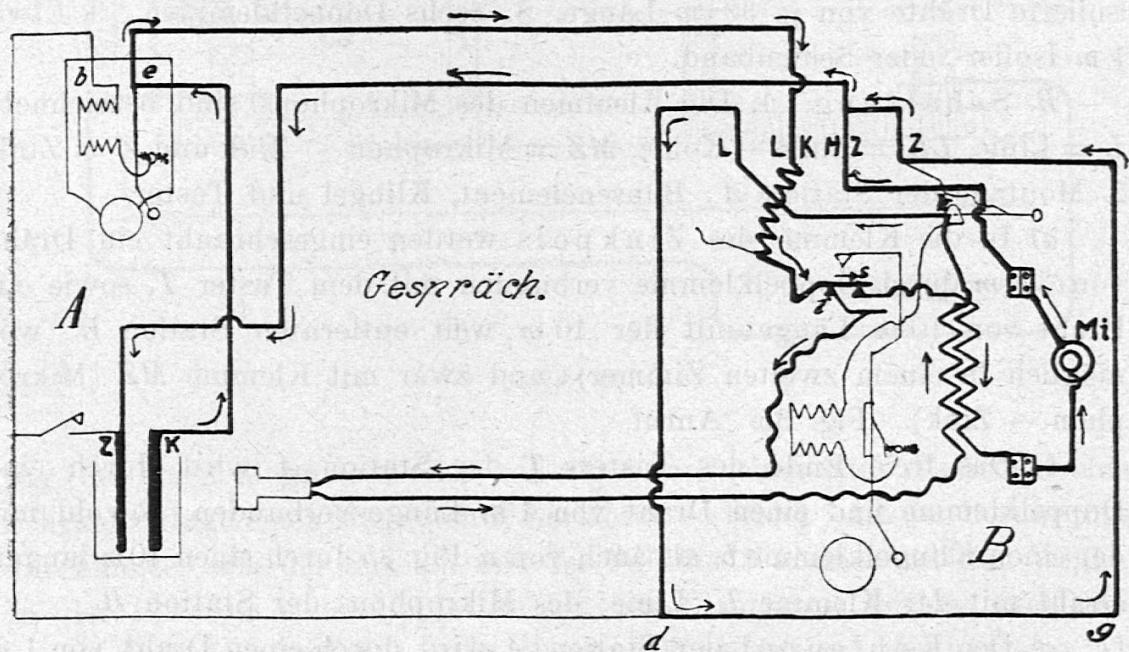


Fig. 36.

Drähte werden dann mittelst Doppelklemmen mit den blanken Drahtenden des Telephonhörteils **H** verschraubt. Damit kein Kurzschluss zwischen den blanken Doppelklemmenverbindungen des Telephons ein-

treten kann, ist es nötig, dass eine Doppelklemme mit Isolier- oder Seidenband eingewickelt wird.

C. Anruf. Auf der Station *A* wird der Taster *T* Fig. 35 niedergedrückt. Es fliesst infolgedessen ein Strom vom Kohlenpol des Elements zur Klingelklemme *c* und verteilt sich da, indem ein Teil des Stromes durch die Klingel *A* fliesst und über *a* und den Taster *T* zum Zink, so dass dieser Stromzweig geschlossen ist und die Klingel *A* ertönt, der andere Stromzweig aber geht durch den Draht *c* — *LK* durch die Feder zum Kontakt *f*, dann abwärts zur Klingel *B* und durch den Elektromagneten *e* der Klingel aufwärts zum Kontakt *k*, zur Klemme *L* und über *d* und *a* zum Zinkpol der Station *A*, so dass auch dieser Stromzweig geschlossen ist und die Klingel der Station *B* ebenfalls ertönt.

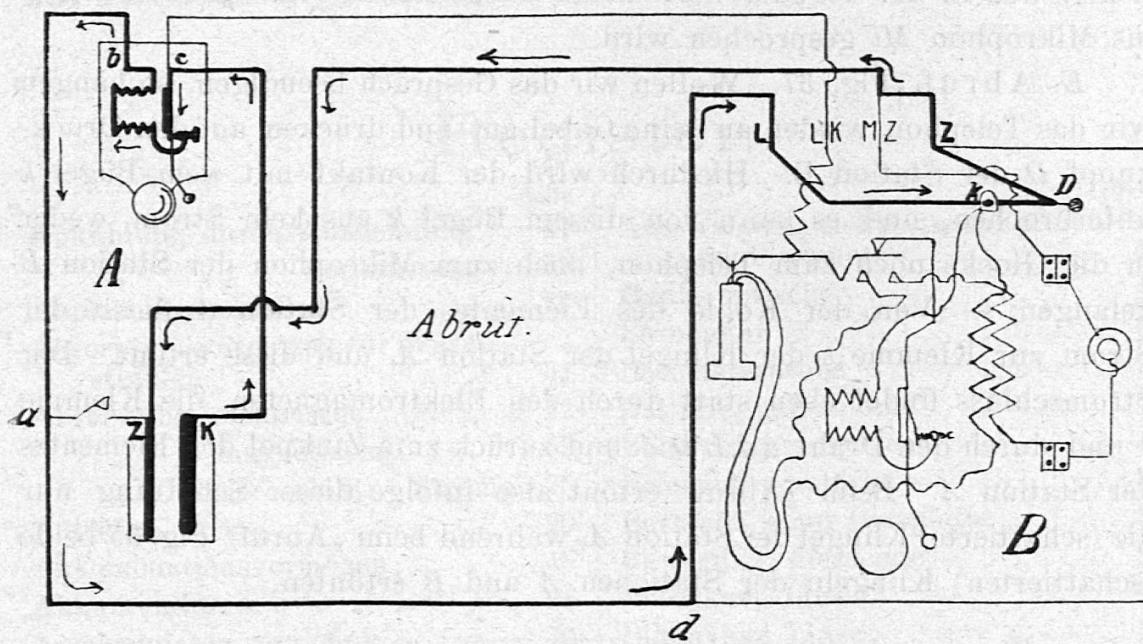


Fig. 37.

Wird der Taster *T* auf Station *A* nicht mehr niedergedrückt, so wird das ganze System stromlos und die Klingeln ertönen nicht mehr.

D. Gespräch. Nun hängen wir auf Station *B* das Telephon aus: Fig. 36, die Gabel, die bis dahin das Telephon trug, schnellte nun infolge des Zuges der Feder der Klemme *LK* in die Höhe. Zugleich aber verlässt der Hebelarm *f* den Kontakt der Klingel *B* und berührt Fig. 36 die beiden Kontakte *i* und *s*. Vom Kohlenpol der Batterie *A* aus geht nun der Strom zur Klingelklemme *c*; jedoch nicht mehr durch die Klingel selber, weil jetzt der Taster *T* geöffnet ist. Von *c* geht der Strom durch den Leitungsdraht nach *LK*, durch die Feder und den gehobenen Telephonhebel zu den Kontakten *i* und *s*. Hier verzweigt sich also der Strom. Ein Stromzweig geht vom Kontakt *i* hinab zum ausgespannten Telephon, das nun in der Station *A* plaziert ist. Vom Telephon geht

der Strom durch die Sekundärspule der Station *B* aufwärts zum Bügel *k*, dann zur Klemme *L*, abwärts nach *dg* und aufwärts zur Klemme *Z* bzw. *MZ*. Der andere Stromzweig geht vom Kontakt *s* abwärts durch die Primärspule rechts zum untern Scharnier, dann zum Mikrophon, zum obern Scharnier und zur Klemme *MZ*, über der sich dieser Stromzweig vereinigt mit dem Telephonstromzweig. Von *MZ* aus gehen dann beide Stromzweige vereinigt durch den horizontalen Draht nach dem Zinkpol des Elementes der Station *A*. Da der Telephonstrom im Induktionsapparat der Station *B* aufwärts fliesst und in der Primärspule abwärts zum untern Scharnier und ins Mikrophon *Mi*, so verstärkt sich die Wirkung, und wir hören im Telephon der Station *A* um so deutlicher, was in der 10 oder noch mehr *m* entfernten Mikrophonstation *B* ins Mikrophon *Mi* gesprochen wird.

**E. Abruf.** Fig. 37. Wollen wir das Gespräch beenden, so hängen wir das Telephon wieder an seine Gabel auf und drücken auf den Druckknopf *D* der Station *B*. Hierdurch wird der Kontakt mit dem Bügel *k* unterbrochen, und es kann von diesem Bügel *k* aus kein Strom weder in die Glocke noch zum Telephon, noch zum Mikrophon der Station *B* gelangen. — Von der Kohle des Elementes der Station *A* fliesst der Strom zur Klemme *c* der Klingel der Station *A*, und diese ertönt. Der Stromschluss findet eben statt durch den Elektromagneten, die Klemme *b* und durch den Draht *a d L D Z* und zurück zum Zinkpol des Elementes der Station *A*. Beim „Abruf“ ertönt also infolge dieser Schaltung nur die (schattierte) Klingel der Station *A*, während beim „Anruf“ Fig. 35 beide (schattierten) Klingeln der Stationen *A* und *B* ertönten.

## Anhang.

### Das Reinigen von Quecksilber.

Um durch Staub verunreinigtes Quecksilber zu reinigen, bringt man in einen Glastrichter ein Filter oder ein trichterförmig gefaltetes Stück Fliesspapier, durchsticht es an der Spitze mit einer Nadel und giesst das Quecksilber hinein. Die Staubteilchen bleiben am Filter hängen. Den Rückstand im Filter bewahre man zum Amalgamieren der Zinkplatten auf.

Um Quecksilber von gelösten Metallen zu reinigen, giesst man es in feinem Sprühregen durch das Standglas, das mit einer Lösung von 5 g Kaliumbichromat und 5 cm<sup>3</sup> Schwefelsäure in 1 Liter Wasser gefüllt ist.

Man schüttle das Quecksilber mit der Lösung tüchtig, bis diese schön grün gefärbt ist. Nachher wäscht man das Quecksilber sorgfältig aus.

## Auswahl von Versuchen für die VII. und VIII. Klasse.

Die fettgedruckten Zahlen geben die Abschnitte, die nachfolgenden kleinen Zahlen die Nummer der Versuche innerhalb derselben an. Versuche mit empfohlenen Apparaten sind mit \* bezeichnet.

- 1.** 1. 2. 3. 4. 5. 6. **2.** 1. 2. 3. 4. **3.** 1. 6. **4.** 1. 2. 3. 4\*. **5.** 1. 3. 4\*. **8.** 1. **16.** 1. 3\*. 4\*. 6. **22.** 2. 3. **24.** 1. 2. 3. 4. **25.** 1. 2. 3. 4. 5. **26.** 1. 2. 3. 4. 5. 6. **29.** 1. 2. 3. 5. **31.** 1\*. 2\*. 3\*. 4\*. 5\*. **32.** 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8\*. 9\*. 10\*. 11. 12. 13. **33.** 1. 2. **35.** 1. 2. **37.** 1. **47.** 1. 2. 7. 10. **48.** 1. 2. 4. 7\*. **49.** 1. 2. 4. 7\*. **52.** 1. 3. 4. **57.** 1. 2. 4. 5\*. **58.** 2. 4. **59.** 1. 2. 3. **64.** b. 9. 10. **65.** 1. 2. 3\*. **67.** 1. 2. 3. **69.** 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 11. 12. 13. 14. **70.** 1. 2. 3. 5. 6. **73.** 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. **74.** 1. 2. 3. 4. 6. 8. 10. 11. 12. **75.** 1. 2. 3. 4. 5. 6. **77.** a. 1. 2. 3. 4. b. 1\*. 2\*. c\*. **82.** 1. 2. **83.** a. 1. 2. 3\*. b. 1. 2\*. 4. 5\*. 6. **85.** 1\*. 2\*. 3\*. 4\*. 5\*. 6\*. 7\*. **86\*.** **88.** 1\*. **89.** 1\*. 2\*. 4\*. **90.** 3\*. 4\*. **91.** a\*. b. 1\*. 3\*. **92.** 1\*. 2\*. 3\*.

## Register.

Seite	Seite		
Abkühlung durch Ausdehnung . . . . .	47	Ausstrahlung, elektr. durch Spitzen und Flammen . . . . .	67
"      Verdunstung . . . . .	55	Bank, optische . . . . .	42
Abplattungsmodell . . . . .	18	Barometer . . . . .	31
Absorptionsvermögen für Wärme- strahlen . . . . .	51	Barometerprobe . . . . .	29
Abstossung, elektrische . . . . .	62	Batterie, galvanische . . . . .	71
"      magnetische . . . . .	59	Beharrungsvermögen . . . . .	13
"      der elektr. Ströme	75	Beleuchtungsstärke . . . . .	37
Adhäsion . . . . .	20	Berussen einer Glasplatte . . . . .	34
Akkomodationsvermögen . . . . .	43	Bewegung, fliessende . . . . .	24
Akkumulatoren . . . . .	95	Bikonkave Linse . . . . .	43
Amalgamieren von Zink . . . . .	70	Bikonvexe Linse . . . . .	42
Ampère . . . . .	80	Blasensprengen . . . . .	29
Ampèremeter . . . . .	80, 86	Blasinstrumente . . . . .	36
Ampèresches Gestell . . . . .	73	Blitzableiterapparat . . . . .	66
Aneroidbarometer . . . . .	31	Bogenlicht, elektr. . . . .	94
Anziehung, elektrische . . . . .	62	Brechung des Lichtes . . . . .	39
"      magnetische . . . . .	59	Brillen . . . . .	43
"      der elektr. Ströme	75	Brückenwage . . . . .	9
Aräometer . . . . .	24	Bunsens Element . . . . .	70
Arbeitsübertragung durch El. . . . .	91	Boussole . . . . .	61
Archimedisches Prinzip . . . . .	22	Camera obscura . . . . .	43
Astronomisches Fernrohr . . . . .	45	Chemische Wirkung des Stromes	94
Auftrieb . . . . .	22	Chromsäure-Element . . . . .	69
Ausbreitung des Lichtes . . . . .	37	Dampf, Spannkraft des . . . . .	57
"      des Schalles . . . . .	34	Dampfmaschinen . . . . .	56
Ausdehnung der Luft . . . . .	47	Daniellsches Element . . . . .	70
"      des Wassers . . . . .	47	Dauer des elektrischen Funkens	69
"      durch Wärme . . . . .	47	Dehnbarkeit . . . . .	20

Seite		Seite	
Destillation . . . . .	54	Erd- . . . . .	45
Dezimalwage . . . . .	9	Fernrohr, galileisches . . . . .	45
Diffusion der Gase . . . . .	32	Feste Rolle . . . . .	10
Druck der Luft . . . . .	28	Festigkeit . . . . .	20
Druckpumpe . . . . .	32	Feuerzeug, pneumatisches . . . . .	46
Druckverbreitung in einer Flüssigkeit . . . . .	21	Flaschenzug . . . . .	10
Dunkelkammer . . . . .	43	Flugrad, elektrisches . . . . .	67
Durchsichtigkeit . . . . .	36	Fortpflanzung des Druckes . . . . .	21
Durchgang der Elektrizität durch verdünnte Luft . . . . .	69	" Schalles . . . . .	34
Dynamoelektrische Maschine	90, 106	" Stosses . . . . .	33
<b>E</b> bene, schiefe . . . . .	11	Fuchs in, Teilbarkeit des . . . . .	19
Ebener Spiegel . . . . .	38	<b>G</b> alvanismus . . . . .	69
Elastizität . . . . .	20	Galvanometer . . . . .	71, 98
" der Luft . . . . .	27	Galvanoplastik . . . . .	94
Elektrische Masse . . . . .	76	Gefäße, kommunizierende . . . . .	21
Elektrisiermaschine . . . . .	69	Gestell, Ampèresches . . . . .	73
Elektrizität . . . . .	62	Gewicht der Luft . . . . .	27
" des Reibzeuges . . . . .	64	Gewicht, spezifisches . . . . .	23
Elektroinduktion . . . . .	65	Gewölbe . . . . .	12
Elektromagnet . . . . .	72	Gleichgewicht . . . . .	8
Elektromotor . . . . .	91	<b>H</b> aarröhrchen . . . . .	25
Elektrophor . . . . .	67	Halbkugeln, Magdeburger . . . . .	29
Elektroskop . . . . .	63	Haspel . . . . .	11
Element, Bunsens Chromsäure . . . . .	69	Hebel, einarmiger . . . . .	9
" Bunsens Salpetersäure . . . . .	70	" gleicharmiger . . . . .	9
" Daniells . . . . .	70	" ungleicharmiger . . . . .	9
" Voltas . . . . .	71	Heber . . . . .	32
" sekundäres . . . . .	96	Heberbarometer . . . . .	29
Elementar-Dynamo . . . . .	106	Heronsball . . . . .	28
Entzündungsversuche . . . . .	94	Hohlspiegel . . . . .	38
Erdfernrohr . . . . .	45	Holtzsche Influenzmaschine . . . . .	69
Erdleitung . . . . .	72	Holunderbüchse . . . . .	28
Erdmagnetismus . . . . .	61	Hygrometer . . . . .	56
Erschütterungsapparat . . . . .	89	<b>I</b> nduktion, elektr. . . . .	65
Erstarren . . . . .	51	" galvanische . . . . .	88, 109
<b>F</b> adentelephon . . . . .	34	" magnetische . . . . .	60
Fall, freier . . . . .	15	Induktionsapparat . . . . .	90
" im luftleeren Raum . . . . .	15	Influenzmaschine . . . . .	69
" eines geworfenen Körpers . . . . .	16	Inklination . . . . .	61
Fallrinne . . . . .	14	<b>T</b> aleidoskop . . . . .	38
Fallröhre . . . . .	15, 27	Kalium, übermangansaures, Teilbarkeit . . . . .	19
Farben . . . . .	40	Kalklöschen . . . . .	52
Farbenscheiben . . . . .	40	Kältemischung . . . . .	52
Farbenzerstreuung . . . . .	40	Kapillarität . . . . .	25
Fernrohr, astronomisches . . . . .	45	Kardanische Ringe . . . . .	8
		Kartesianischer Taucher . . . . .	21

Seite		Seite	
Kehlkopf-Modell . . . . .	36	Milchwage . . . . .	24
Keil . . . . .	12	Molekularkräfte . . . . .	25
Klemmenspannung . . . . .	84	Morses Telegraph . . . . .	72
Knallkugeln . . . . .	57	Musikinstrumente . . . . .	36
Kohäsion . . . . .	19	<b>N</b> atrium, unterschwefligsaures .	52
Kommunizierende Gefäße . . . . .	21	Nullpunkt, Prüfung des . . . . .	48
Kompass . . . . .	61	<b>O</b> hm . . . . .	82
Kompensationsstreifen . . . . .	47	Ohmsches Gesetz . . . . .	83
Kondensation . . . . .	53, 57	Optik . . . . .	36
Körperliches Sehen . . . . .	41	Optische Bank . . . . .	42
Kraftlinien, magnetische .	60, 99, 106	Osmose . . . . .	26
"    des Solenoids .	75, 100	<b>P</b> apierschirm, elektr. . . . .	67
"    eines Stromleiters	76, 100	Papins Versuch . . . . .	56
Kreisel . . . . .	18	Parallelogramm der Kräfte .	18
Kurbel . . . . .	11	Pendel . . . . .	16
Kurzsichtigkeit . . . . .	44	Pfeifen . . . . .	36
<b>L</b> äutwerk, elektr. . . . .	73	Physiologische Wirkungen des gal-	
Leiter, elektr. . . . .	63	vanischen Stromes . . . . .	97
Leitung der Wärme . . . . .	49	Pixi-Motor . . . . .	91
Leidenerflasche . . . . .	68	Pneumatisches Feuerzeug . . . . .	46
"    menschliche .	68	Polarisationsstrom . . . . .	96
Licht . . . . .	36	Presse, hydraulische . . . . .	21
"    Ausbreitung des .	37	Prisma . . . . .	40
"    Brekung des .	39	Psychrometer . . . . .	56
"    Zurückwerfung des .	38	Pulshammer . . . . .	54
Lichtwirkung des galv. Stromes	94	Pumpen . . . . .	32
Linsen . . . . .	42	<b>Q</b> uecksilber, Reinigen . . . . .	124
Lot . . . . .	7	<b>R</b> ad an der Welle . . . . .	11
Luft, Ausdehnung durch Wärme	47	Reflexion, totale . . . . .	39
"    Elastizität . . . . .	27	Regulator, Watts . . . . .	18, 58
Luftballon . . . . .	32	Regulierung der Bogenlampen .	76
Luftdruck . . . . .	28	Reibung . . . . .	19
Luftfeuchtigkeit . . . . .	56	Reibungselektrizität . . . . .	62
Luft, Gewicht der . . . . .	27	Ring zum Blasensprengen . . . . .	29
Luftleerer Raum, elektr. Licht im	69	Röhren, kommunizierende . . . . .	21
"    "    Sieden im .	54	Rolle, bewegliche . . . . .	10
Luftpumpe . . . . .	27	"    feste . . . . .	10
<b>M</b> agdeburger Halbkugeln . . . .	29	Rückstand, elektrischer . . . . .	68
Magnetismus . . . . .	58	<b>S</b> aiten . . . . .	36
Magnetische Induktion . . . . .	60	Sammellinse . . . . .	42
"    Wirkungen des gal-		Saugheber . . . . .	32
"    vanischen Stromes .	71	Saugpumpe . . . . .	32
Magnetnadel . . . . .	60, 107	Schall . . . . .	33
Magnetoelektrische Maschine	109, 119	"    Geschwindigkeit . . . . .	34
Manometer . . . . .	58	Schallwellen . . . . .	33
Mikrophon . . . . .	92, 121	Schiebersteuerung . . . . .	57
Mikroskop . . . . .	44	Schiefe Ebene . . . . .	11

Seite		Seite	
Schlittengalvanometer . . . . .	98	Ton . . . . .	34
Schmelzen . . . . .	51	Tonleiter . . . . .	35
Schnecke . . . . .	13	Torricellis Versuch . . . . .	30
Schnellwage . . . . .	9	Totale Zurückwerfung . . . . .	38
Schnur ohne Ende . . . . .	13	Transmissionen . . . . .	13
Schraube . . . . .	12	<b>Uhr</b> . . . . .	17
Schraubenflieger . . . . .	13	<b>Verdampfungswärme</b> . . . . .	53
Schwerkraft . . . . .	7	Verdunstung . . . . .	55
Schwerpunkt . . . . .	7	Verdunstungskälte . . . . .	55
Schwimmen . . . . .	22	Verteilung, elektrische . . . . .	65
Schwingungszahl des a <sup>1</sup> . . . . .	35	magnetische . . . . .	60
Schwungkraft . . . . .	17	Vertikalgalvanometer . . . . .	71
Schwungmaschine . . . . .	17	Volt . . . . .	76
Segners Wasserrad . . . . .	21	Voltaisches Element . . . . .	71
Sehen, stereoskopisches . . . . .	44	Voltmeter . . . . .	76, 87
Sekundenpendel . . . . .	17	<b>Wage</b> . . . . .	9
Sekundenuhr . . . . .	17	Wärme . . . . .	46
Senkblei . . . . .	7	Ausdehnung durch . . . . .	47
Setzwage . . . . .	7	-Leitung . . . . .	49
Sicherheitslampe . . . . .	50	Wärmemenge . . . . .	49
Sieden . . . . .	53	Wärme-Strahlung . . . . .	51
" im luftleeren Raum . . . . .	54	Wärmequellen . . . . .	46
Siedepunkt, Prüfung des . . . . .	48	Wasser, Ausdehnung des . . . . .	48
Sirene . . . . .	34	Wasserhammer . . . . .	54
Sitz der elektr. Ladung . . . . .	66	Wasserwage . . . . .	23
Spannkraft der Dämpfe . . . . .	57	Wasserzersetzungsapparat . . . . .	95
Spezifisches Gewicht . . . . .	23	Weitsichtigkeit . . . . .	43
Spektroskop . . . . .	41	Wellrad . . . . .	11
Spektrum . . . . .	40	Wetterkärtchen . . . . .	31, 56
Spiegel, ebener . . . . .	38	Widerstand, el. . . . .	81
" erhabener . . . . .	39	Winkelspiegel . . . . .	38
" -Hohl . . . . .	38	Wirkungen der Elektrizität . . . . .	69
Springbrunnen . . . . .	21	des elektr. Stromes:	
Spritzflasche . . . . .	28	Licht- und Wärme . . . . .	94
Standfestigkeit . . . . .	8	magnetische . . . . .	72
Stechheber . . . . .	32	physiologische . . . . .	97
Stereoskop . . . . .	44	Woods Metall . . . . .	52
Stimmgabel . . . . .	33	Wurfbewegung . . . . .	16
Strahlung der Wärme . . . . .	51	<b>Zentesimalwage</b> . . . . .	9
Strom, galvanischer . . . . .	71	Zentrifugalkraft . . . . .	17
Stromstärke . . . . .	80, 104	Zentrifugalregulator . . . . .	18
Teilbarkeit . . . . .	19	Zerlegung, chemische, durch den	
Telegraph . . . . .	72	elektrischen Strom . . . . .	94
Telephon . . . . .	92, 121	Zerstreuungslinse . . . . .	43
Thermoelektrizität . . . . .	98	Zink-Amalgamieren . . . . .	70
Thermometer . . . . .	48	Zurückwerfung des Lichtes . . . . .	38