

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

II

L. inw.

4965

Physik.

40 Dispositionen.

Praktisches Handbuch

für das

Physikalische Kabinet

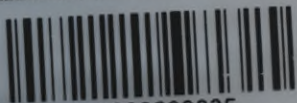
VON

Meiser & Mertig,

Dresden.



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299035



4965

13020.

Meiser & Mertigs Physikalisches Kabinett

Preis 55 Mark

enthält **60 Apparate** aus allen Gebieten der Physik und ein **praktisches Handbuch** mit 40 Illustrationen und 110 Seiten Text. Die Apparate sind sauber und dauerhaft ausgeführt und zeigen bei möglichst einfachem Aufbau eine übersichtliche Anordnung der einzelnen Teile. Das zugehörige praktische Handbuch gibt 40 fortlaufende Dispositionen für die wichtigsten Lehrstunden der Physik und eine Anleitung, wie die in den Dispositionen erwähnten Versuche mit den Apparaten des Kabinetts praktisch auszuführen sind.

Meiser & Mertigs Physikalisches Kabinett kostet bei portofreier Zusendung im Deutschen Reiche, Österreich-Ungarn, Schweiz, Holland und Luxemburg **55 Mark**.

Das Physikalische Kabinett soll den Kern einer Apparaten-Sammlung für den physikalischen Unterricht in der Volksschule bilden. Zahlreichen Schulen fehlt noch jeder Anfang zu solcher Sammlung. An dem **Lehrer** ist es nun, den **Schulvorstand** und **andere Gönner seiner Schule zu überzeugen, daß die Gründung und Erweiterung eines physikalischen Schulkabinetts** zur erfolgreichen Behandlung des Lehrstoffs unbedingt **notwendig** ist. Da dies dem Lehrer wesentlich leichter gelingen wird, wenn die über die Anschaffung beschließenden Personen die Apparate vorher besichtigen können, so **senden wir das Physikalische Kabinett** sehr gern **zur Ansicht**; Ansichtsfrist 10 Tage vom Empfangstage an gerechnet.

Um weniger bemittelten Gemeinden die Anschaffung zu erleichtern, wird **jeder Apparat** des Physikalischen Kabinetts auch **einzeln** zu den begedruckten Preisen abgegeben, oder bei Bezug der ganzen Sammlung **ratenweise Zahlung** innerhalb 2 Jahren gestattet.

Dresden-N., Kurfürstenstr. 27.

Meiser & Mertig,

Werkstätten für Präzisionsmechanik.

Akc. Nr.

3965/50

Physikalisches Kabinett

für den grundlegenden Unterricht in der Physik

mit illustriertem Buch

enthaltend

40 Dispositionen für die wichtigsten Lehrstunden der Physik
und Beschreibung der Versuche.

Das Kabinett enthält folgende 60 Apparate:

	<i>M</i>
1. Stativ. Senkrechter Stab auf eisernem Fuß	1.40
2. Klemme zum Befestigen von Linse oder Doppelpendel am Stativ . .	—35
3. Klemme mit Haken zum Aufhängen der Rollen oder des Elektromagneten am Stativ	—55
4. Hebelapparat , bestehend aus geteiltem Hebelstab mit Achse, drei Schiebern zum Anhängen von Gewichten und Lager zum Aufsetzen auf den Stab des Stativs No. 1	3.10
5. Zwei bewegliche Rollen mit Messingbügeln und Schnur mit Draht- haken. Sind mit Klemme No. 3 am Stativ No. 1 aufzuhängen	1.80
6. Sechs Gewichte	1.65
7. Für den früheren Apparat No. 7 (Schraubenmodell) werden jetzt die Apparate 21a, 21c, 27b, 31b, 40a geliefert.	
8. Zwei Schnuren mit Ringen zum Einhängen von Gewichten No. 6 für Pendelversuche. (Länge des Sekundenpendels.)	—30
9. Zwei Kapillarröhren	—10
10. Kurze Glasröhre mit Spitze. Dient in Verbindung mit No. 52 und No. 55 zur Herstellung eines Springbrunnens	—05
11. Weite Glasröhre. Länge 20 cm, Durchmesser ca. 14 mm mit Kolben	—65
12. Winkelheber , Schenkel 30 und 20 cm	—20
13. Saugbrunnen aus Glas. Alle Teile sind deutlich sichtbar	2.75
14. Heronball. Als Glasgefäß wird eine Kochflasche No. 51 benutzt . .	—55
15. Luftballon zum Füllen mit Wasserstoff oder Leuchtgas	1.—
16. Lochsirene. Die Scheibe wird durch Abziehen einer Schnur in Um- drehung versetzt und die Lochreihen (Akkord) mit einem Glasröhrchen angeblasen	3.30
17. Thermometer mit zwei Skalen C und R, von -20° bis $+110^{\circ}$ C, ganz aus Glas, also auch in Flüssigkeit verwendbar	1.30
18. Lange Glasröhre mit Kork. Länge der Röhre 30 cm. Durch Ein- setzen in eine Kochflasche von No. 51 läßt sich ein Apparat zusamen- stellen zum Nachweis der Ausdehnung der Gase und Flüssigkeiten durch Wärme	—25
19. Spiegel mit Silberbeleg , 50 mm \times 100 mm, mit fein geschliffenen Kanten	—25
20. Glasprisma , 50 mm hoch und 25 mm breit	—45
21a. Halter zum Zusammensetzen eines Opernglases	1.20
21b. Bikonvexe Linse. Durchmesser 40 mm, Brennweite 10 cm, mit Fas- sung zum Einsetzen in die Klemme No. 2 und in den Halter No. 21a	1.10

Telegrammwort: „Kabinett“.

- 21c. **Bikonkave Linse.** Durchmesser 30 mm, Zerstreuungswerte 40 mm, mit Fassung zum Einsetzen in die Klemme No. 2 und in den Halter No. 21a 1.—
22. **Matte Glasplatte,** 100 mm \times 100 mm —,20
23. **Farbenscheibe mit den Spektralfarben** zum Aufsetzen auf die Lochsirene No. 16 —,80
24. **Drei einfarbige Scheiben** zur Darstellung von Mischfarben —,30
25. **Blaue Glasplatte,** 50 mm \times 100 mm —,15
26. **Acht Blätter buntes Papier** mit glanzfreier Oberfläche (roth, orange, gelb, grün, hellblau, dunkelblau, violett und schwarz) —,25
- 27a. **Magnetstab,** 16 cm lang 1,40
- 27b. **Hufeisenmagnet,** cm Schenkellänge —,50
28. **Eisenfeilspäne** für magnetische Versuche, in Glasbüchse —,25
29. **Magnethülse mit Achathütchen,** 80 mm lang, auf No. 30 zu setzen 2.—
30. **Stativ mit Spitze und zwei Klemmen,** zum Aufsetzen der Magnethülse No. 29 und zum Einsetzen des Drahtbügels No. 48 1,90
- 31a. **Hartgummistab.** Länge 20 cm —,35
- 31b. **Glasstab** —,35
32. **Metallkugel** auf Hartgummistab (Probekugel) —,90
33. **Isolierter Pendelhalter.** Ist mit Klemme No. 2 am Stativ zu befestigen —,55
34. **Elektrisches Doppelpendel** (zwei Sonnenrosenmarkkugeln an dünnen Drähten mit Oesen zum Einhängen in den Pendelhalter No. 33) —,45
35. Ein Blatt **Stanniol** —,15
36. **Elektrisirmaschine.** Dieselbe hat ein gußeisernes Gestell mit Zwinde, um die Maschine an der Tischkante festschrauben zu können. Die beiden Konduktoren (polierte Messingkugeln) stehen auf Säulen aus Hartgummi. Durchmesser der Scheibe 20 cm, Funkenlänge ca. $2\frac{1}{2}$ cm. Bei nebenstehendem Preis ist eine Büchse **Amalgam** inbegriffen (eine Ersatzscheibe kostet 1 M). 13,75
37. **Leydner Flasche.** Die zylinderförmige Flasche ist aus bestem Glase. Der äußere Beleg ist durch aufgeklebtes Stanniol, der innere durch einen gut anliegenden, **herausnehmbaren** Blechmantel hergestellt. Der Knopf wird durch ein Drahtgestell gehalten, welches sich federnd an den inneren Beleg anlegt 1,65
38. **Entlader.** Der Griff ist aus Hartgummi —,55
39. **Elektrisches Glockenspiel.** 1,75
- 40a. **Elektrischer Struwpeter** (Papierbüschel) —,55
- 40b. **Elektrisches Flugrad.** Hierzu gehört ein Holzknopf mit Spitze, welcher in jeden Konduktor der Elektrisirmaschine paßt —,55
41. **Galvanisches Element** (Zink- und Kohlenplatte, hölzerner Verschlussdeckel) 2,20
42. **Flasche** für Schwefelsäure mit Glasstopfen —,35
43. **Doppeltchromsaures Kali** in Glasbüchse. Zur Bereitung der Elementfüllung —,40
44. **Dünnere Eisendraht** zu Glühversuchen —,10
45. **Zwei Messingstreifen für galvanische Verkupferung** —,15
46. **Kupfervitriol** in Glasbüchse —,30
47. **Elektromagnet mit Anker.** Ist mit Klemme No. 3 am Stativ No. 1 aufzuhängen 2,75
48. **Drahtbügel zur Demonstration des Galvanometers.** Ist in die Klemmen des Stativs No. 30 einzusetzen —,55
49. **Sechs Meter überspannener Kupferdraht** —,35
50. **Spirituslampe** aus Glas —,75
51. **Zwei Kochflaschen** —,65
52. **Glastrichter.** —,45
53. **Kork mit Glasrohr.** Durch Einsetzen in eine Kochflasche von No. 51 läßt sich ein Apparat zusammenstellen zur Entwicklung von Wasserstoff, Sauerstoff, Chlor und Kohlensäure —,15

54. **Zinkstücke** in Glasbüchse für die Wasserstoffentwicklung *M* —.20
 55. **Gummischlauch.** Länge 35 cm —.55
 56. **Illustriertes Buch,** welches die Handhabung der Apparate und die mit ihnen ausführbaren Versuche beschreibt, 40 Dispositionen für die wichtigsten Lehrstunden der Physik bilden die Grundlage des Buches. 110 Seiten Text und 40 Illustrationen. Dieses Buch wird bei Bezug des Kabinetts gratis beigegeben. Einzeln bezogen kostet es 2 Mark. Dieser Betrag wird beim Ankauf von Apparaten im Werte von mindestens 30 Mark gutgerechnet. Um die Einsichtnahme zu erleichtern, senden wir das Buch auch gern auf 10 Tage zur Ansicht.

13020. Physikalisches Kabinett inkl. Buch bei portofreier Zustellung *M* 55.—

13021. Fächerkasten zur Aufbewahrung der Apparate, aus Eichenholz mit Klappdeckel portofrei *M* 10.—

Apparate, die für Schulen bestimmt sind, gehen nach Oesterreich-Ungarn zollfrei ein, wenn von der betreffenden Schulleitung ein dahingehender Antrag gleichzeitig mit der Bestellung bei der Steuerbehörde gestellt wird.

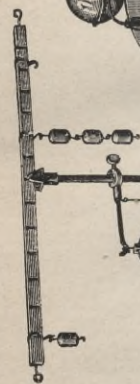
Die Apparate können auch einzeln bezogen werden! Es gelten dann die beigedruckten Preise, während Kiste und Porto zum Selbstkostenpreise berechnet werden.

Die Apparate sind stets vorrätig!

Bei Bestellungen wolle man stets die nächste **Post- und Bahnstation** angeben.



Silberne Medaille.



Deutsche Städte-
ausstellung 1903.



13020.

**Physikalisches Cabinet für den grundlegenden Unterricht in der Physik mit illustriertem Buch.
60 Apparate und 40 Dispositionen für die wichtigsten Lehrstunden der Physik und Beschreibung der Versuche.**

Preis 55 Mark (mit Verpackung und Porto).

(Obige Abbildung stimmt nicht mehr genau mit dem Inhalte des Cabinets überein, das Schraubenmodell rechts hinten in der Ecke wird nicht mehr geliefert, dafür: Halter, bikonkave Linse, Hufeisenmagnet, Glasstab, Struweipecter.)

Physik.

40 Dispositionen

für die

wichtigsten Lehrstunden der Physik.

Praktisches Handbuch

für das

Physikalische Kabinet

von

Meiser & Mertig,

Werkstätten für Präzisionsmechanik

Dresden.

Silberne Medaille.

Deutsche Städteausstellung 1903.

12. und 13. Auflage.

Im Selbstverlag.

1911.

Physik

40 Dispositionen

Wichtigste Lehrbücher der Physik

Alle Rechte vorbehalten.

Physikalische Formeln

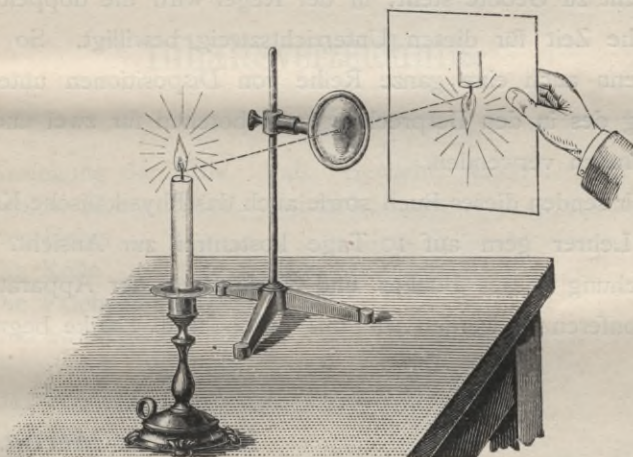
Meiser & Morig

Verlag für Buchhändler

1803

11. und 12. Auflage

Verlagsanstalt



Sämmtliche Versuche dieses Buches sind von den Verfassern wirklich ausgeführt worden. Nur solche Versuche haben Aufnahme gefunden, die keine nennenswerthe Vorbereitung verlangen und unter allen Umständen gelingen müssen. Auch der scheinbar einfachste Versuch sollte aber wenigstens einmal vor der Lehrstunde ausgeführt werden.

Mit den 40 Dispositionen für die wichtigsten Lehrstunden der Physik hoffen wir eine brauchbare Grundlage zur Aufstellung eines Lehrganges für den grundlegenden Unterricht in der Physik zu bieten. Jeder Disposition folgt eine Beschreibung der auszuführenden Versuche und eine Besprechung des Unterrichtsstoffes, die meist über die engen Grenzen hinausklingt. — Vierzig Lehrstunden, also ein Jahr mit wöchentlich einer Stunde, ist wohl die geringste Zeit, welche dem Lehrer für den Physikunterricht zu Gebote steht, in der Regel wird die doppelte und dreifache Zeit für diesen Unterrichtszweig bewilligt. So lassen sich denn auch eine ganze Reihe von Dispositionen unter Benutzung des in den Besprechungen Gebotenen für zwei und drei Lehrstunden verwenden.

Wir senden dieses Buch sowie auch das Physikalische Kabinet jedem Lehrer gern auf 10 Tage kostenfrei zur Ansicht. Eine Besprechung dieses Buches und Vorführung der Apparate auf Schulkonferenzen werden wir mit besonderem Danke begrüßen.

Meiser & Mertig.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
1. Anziehung der Erde. Fall. Gewicht. Loth	1
2. Schiefe Ebene. Keil. Schraube	2
3. Der Hebel	3
4. Die Rolle	6
5. Die Flächenanziehung	7
6. Geschwindigkeit. Ruhe	9
7. Beharrung. Reibung	11
8. Das Pendel	13
9. Der Schwerpunkt	15
10. Gleichgewichtslage von Flüssigkeiten. Kommunizirende Röhren. Springbrunnen. Bodendruck einer Flüssigkeit	18
11. Auftrieb einer Flüssigkeit. Schwimmen	20
12. Elasticität der Luft. Heronsball	23
13. Luftdruck. Barometer	25
14. Heber. Saugbrunnen	27
15. Der Luftballon	29
16. Entstehung eines Tones. Fortpflanzung des Tones	31
17. Resonanz. Echo	33
18.* Erster Hauptsatz über das Wesen des Lichtes. Gerad- linige Fortsetzung des Lichtes. Durchsichtig und un- durchsichtig. Schatten. Zurückwerfung der Licht- strahlen. Spiegelgesetz	35
19. Spiegelbild. Zerstreutes Licht. Zweiter Hauptsatz über das Wesen des Lichtes	39
20. Brechung	43

	Seite
21.* Die Linse	46
22. Vergrößerungsglas. Fernrohr. Mikroskop. Opernglas. Dunkelkammer. Photographie. Zauberlaterne	50
23. Das Auge und das Sehen	52
24.* Der Sonnenstrahl besteht aus Farbenstrahlen. Regen- bogen. Undurchsichtige Körper werfen nicht alle Farben- strahlen zurück, durchsichtige Körper lassen nicht alle Farbenstrahlen hindurch	55
25. Ausdehnung durch Wärme. Thermometer	61
26. Eis, flüssiges Wasser, Wasserdampf. Fest, flüssig, gas- förmig	63
27. Verdunsten. Thau. Wolken. Regen	67
28. Der Ofen	69
29.* Gute und schlechte Wärmeleiter	72
30. Die Lampe	75
31.* Körper werden durch Reiben elektrisch. Gute und schlechte Leiter. Isoliren	78
32.* Zwei Arten von Elektrizität. Erstes Grundgesetz	83
33.* Glockenspiel. Elektrisches Doppelpendel und seine An- wendung. Spitzenwirkung. Flugrad	85
34.* Elektrische Vertheilung: Zweites Grundgesetz der Elek- trizität. Der elektrische Funke	88
35.* Wenn ein Körper durch Reiben elektrisch wird, sammelt sich auf dem Reibzeug die entgegengesetzte Elektrizität an. Positive und negative Elektrizität. Leydner Flasche	92
36. Eigenschaften des Magneten. Der Magnet wirkt durch andere Körper hindurch	95
37. Richtkraft des Magneten. Nordpol und Südpol eines Magneten. Kompass. Verhalten zweier Magnete zu einander. Die Erde verhält sich wie ein Magnet	97
38. Magnetische Vertheilung. Herstellung eines Stahlmagneten	98
39. Das galvanische Element. Der Stromkreis. Glühen und Schmelzen durch den elektrischen Strom. Galvani- sche Verkupferung	101
40. Elektromagnetismus. Telegraph. Elektrisches Läute- werk	106

Für die mit * bezeichnete Unterrichtsstunde ist Sonnenschein oder trocknes Wetter
nothwendig.

1.

Anziehung der Erde. Fall. Gewicht. Loth.

Apparate: Die Schnur von der Rolle und ein Gewicht.

Auf meiner Hand liegt dieses Gewicht. Was geschieht, wenn ich die Hand wegziehe? Das Gewicht fällt. Ich halte mit meiner Hand dieses Buch fest. Was geschieht, wenn ich es loslasse? Das Buch fällt. Beobachtung: Wenn wir einem Körper seine Unterlage oder den Halt entziehen, fällt er. — Warum fällt der Körper? Er wird von der Erde angezogen.

Satz: Alle Körper werden von der Erde angezogen.

Alle Körper wollen fallen. Beispiele: Frucht fällt vom Baum, Ziegelstein vom Dach, Regentropfen aus der Wolke, Kugel rollt auf der schiefen Tischfläche abwärts, Schnee rutscht vom Dache, Wagen fährt von selbst den Berg hinab, Wasser fließt vom Gebirge in das Thal (Wasserfall).

Wenn die Körper nicht fallen können, drücken sie auf ihre Unterlage. Beispiele: Wagengeleise, Straßsenwalze, Spur eines Menschen oder Thieres im weichen Erdboden oder Schnee. Wenn wir ein Bleistück an einem Faden aufhängen, wird der Faden gespannt. Gewicht auf der Wagschale.

Wir nennen den Druck oder Zug, mit welchem ein Körper von der Erde angezogen wird: das **Gewicht** dieses Körpers.

Hängen wir ein Gewicht an einem Faden auf, so wird uns der Faden die Richtung anzeigen, in welcher die Erde ihre Anziehung ausübt. **Versuch** ausführen. Der Faden zeigt nach dem Mittelpunkt der Erde. Wir nennen die Richtung nach dem Mittelpunkt der Erde: **senkrecht** oder **lothrecht** oder **vertikal**. Man nennt einen Faden mit Gewicht: **Loth**. Der Maurer braucht das Loth, damit die Mauer oder Fabrikese senkrecht zu stehen kommt.

2.

Schiefe Ebene. Keil. Schraube.

Beobachtung: Wenn ein großes schweres Fafs auf den Rollwagen geladen werden soll, wird es die Schrotleiter hinaufgerollt. Das Fafs wird nicht mit einem Mal gehoben, sondern nach und nach. Das Gewicht des Fasses hat nicht der Markthelfer allein zu tragen, ein großer Theil wird von der Schrotleiter getragen. Zeichnung.

Die schiefe Ebene bildet mit einer wagerechten Ebene einen Winkel. Beispiele: Eine Bergstrafse, ein Flussbett, ein Dach.

Wenn ich einen Berg besteige, hebe ich mein eignes Gewicht. Je steiler der Berg ist, desto schwerer wird mir wohl seine Besteigung, aber desto schneller erreiche ich auch den Gipfel. Umgekehrt: wenn die Strafse zum Gipfel geringe Steigung hat, brauche ich wenig Anstrengung, aber viel Zeit. Was man an Kraft weniger braucht, muß man an Zeit zusetzen.

Satz: Je steiler eine schiefe Ebene ist, desto größer muß der Zug sein, mit welchem man eine Last hinaufbewegt, aber desto schneller wird auch die Last gehoben.

Vielfache Anwendung findet die schiefe Ebene in der Form des Keils. Der Keil dient zum Trennen der Körper: Beil, Messer, Meißel, Zahn, Nagel.

Bergstraßen legt man im Zickzack an oder führt sie mehreremal um den Berg herum. Wenn wir eine schiefe Ebene um einen Cylinder herumlegen, erhalten wir eine vielfach angewendete Form der schiefen Ebene: die Schraube.

Satz: Die Schraubenfläche ist eine schiefe Ebene, die um einen Cylinder gelegt ist.

Schraubenspindel und Schraubenmutter. Die Schraube dient zum Befestigen und zum Pressen; durch den entstehenden Reibungswiderstand wird das Zurückgehen der angezogenen Schraube verhindert. Der Wind bewegt die Flügel der Windmühle, umgekehrt erzeugen die bewegten Schraubenflächen des Ventilators einen Luftstrom. Turbine und Schiffsschraube.

3.

Der Hebel.

Hebelapparat mit 5 Gewichten. Scheere. Zange. Nufsknacker.

Kurze Beschreibung des Hebelapparates. —

Versuch: Man hänge auf die eine Seite der Hebelstange ein Gewicht und suche, in welcher Entfernung vom Drehpunkt ein gleich großes Gewicht auf der anderen Hebelseite hängen muß, damit der Hebel im Gleichgewicht ist.

Satz: Am Hebel ist Gleichgewicht, wenn auf beiden Seiten die gleichen Gewichte in gleicher Entfernung vom Drehpunkt hängen.

Gleicharmiger Hebel, Wage.

Versuch: Man hänge auf die eine Hebelseite das doppelte Gewicht und suche, bei welcher Entfernung des einfachen Gewichts vom Drehpunkt Gleichgewicht eintritt.

Satz: Am Hebel ist Gleichgewicht, wenn das einfache Gewicht zweimal so weit vom Drehpunkt entfernt ist wie das zweifache Gewicht.

Versuch: Man hänge auf die eine Hebelseite das dreifache Gewicht und suche, bei welcher Entfernung des einfachen Gewichts vom Drehpunkt Gleichgewicht eintritt.

Satz: Am Hebel ist Gleichgewicht, wenn das einfache Gewicht dreimal so weit vom Drehpunkt entfernt ist wie das dreifache Gewicht.

Versuch mit dem 4fachen Gewicht.

Hebelgesetz: Am Hebel ist Gleichgewicht, wenn das kleinere Gewicht so viel mal weiter vom Drehpunkt entfernt ist, als das größere Gewicht schwerer ist.

Ungleicharmiger Hebel. Anwendung: Wage mit Laufgewicht, Pumpenschwengel (das Gewicht der Magd am Ende des Schwengels giebt die Grenze des Druckes), Brechstange (das Gewicht des Markthelfers am Ende der Stange giebt die Grenze des Druckes), Scheere und Zange (die Muskelkraft der Hand ersetzt das Gewicht).

Einarmiger Hebel: Der Drehpunkt liegt am Ende der Hebelstange, die Gewichte oder Drucke wirken einander entgegen.

Versuch am Hebelgestell vorführen. Anwendung: Grofse Blechscheere, Nufsknacker, Schubkarre, Speiche an der Kelterpresse.

Die Zusammensetzung des Hebelapparates ist aus dem Holzschnitt, welcher sämmtliche Apparate des Kabinetts zur Anschauung bringt, ohne weiteres ersichtlich. Der Draht mit Oese an jedem Ende des Hebelstabes soll zum Ausbalanciren dienen, da der Hebelstab vor dem Anhängen der Gewichte horizontal stehen mufs. Die Gewichte hängt man untereinander, damit der Schüler deutlich die Zahl der Gewichte sieht.

Will man den einarmigen Hebel vorführen, so wird man den einen Schieber, an welchem der Zug nach oben ausgeübt werden soll, mit dem Haken nach oben auf den Hebelstab schieben, dann eine Schnur an ihm befestigen und diese mit der Hand festhalten oder über eine Rolle führen, welche man mit der Hand hält. Im letzteren Falle zeigt das an der Schnur hängende Gewicht die Gröfse des Zuges an.

Es empfiehlt sich, den Hebelapparat nach Schlufs der Lehrstunde auf den Klassenschrank zur Schau zu stellen, damit sich der Schüler ein bestimmtes Bild des Hebelgesetzes einprägt. Man wird zweckmäfsig auf der einen Seite zwei und auf der anderen drei Gewichte aufhängen.

Man fordere die Schüler auf, zu Hause noch einige Beobachtungen mit dem Hebel anzustellen. Als Hebel diene ein Stab mit Faden in der Mitte, Gewichte können durch Steine oder Bauklötze ersetzt werden. Frage zur Anregung: Wie kann man mit einer unrichtig gehenden Wage doch richtig wiegen, wenn nur die Gewichte richtig sind? — Es seien 500 g Zucker abzuwiegen. Wir legen auf die linke Wagschale dieser Wage ein Gewicht von 500 g und auf die rechte Wagschale so viel Gewicht, dafs die Zunge Gleichgewicht anzeigt. (Das Gewicht auf der rechten Wagschale wird natürlich mehr oder weniger als 500 g betragen, da ja die Wage unrichtig ist.) Jetzt nehmen wir das Gewicht von der linken Wagschale weg und legen so viel Zucker dafür hin, bis die Zunge wieder Gleichgewicht anzeigt, dann haben wir genau 500 g Zucker auf der linken Wagschale liegen.

Man wird für gewöhnlich im ersten Physikunterricht auf die mathematische Ableitung eines Gesetzes verzichten müssen. Ist jedoch Zeit übrig, so würde man vor allem das Hebelgesetz ableiten. Nachstehender Beweis hat den Vortheil, dafs er das Hebelgesetz aus zwei bekannten einfachen Beobachtungen gewissermafsen experimentell entwickelt.

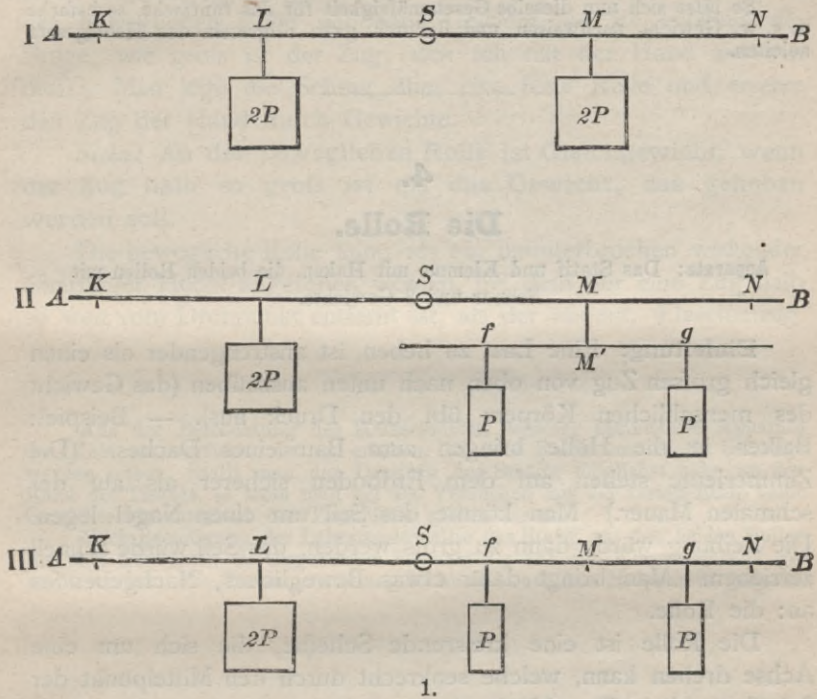
Erste Beobachtung: Am Hebel ist Gleichgewicht, wenn auf beiden Seiten die gleichen Gewichte in gleicher Entfernung vom Drehpunkt hängen.

Zweite Beobachtung: Eine gewichtslose Hebelstange mit anhängenden Gewichten wiegt so viel als die Summe der Gewichte.

Der Hebel I ist im Gleichgewicht nach der ersten Beobachtung. Das Gewicht $2P$ auf der rechten Seite kann man nach der zweiten Beobachtung ersetzen durch einen gewichtslosen Hebel mit den Gewichten P und P . Man erhält so das Bild II. — Offenbar kann man nach dem ersten Satz die beiden Gewichte P auf der Hebelstange fg hin und her verschieben, sobald nur die Gewichte immer gleiche Entfernungen vom Drehpunkt M' behalten. Das führe man auf der Zeichnung an der Wandtafel für einige Lagen wirklich aus.

Jetzt denken wir uns einmal den gewichtslosen Faden MM' immer kürzer und kürzer werden, schliesslich zu Null. Dann fällt der Hilfshebel fg mit dem Haupthebel AB zusammen. Wir erhalten das Bild III.

Der Faden MM' kann bei jeder Gleichgewichtslage der Gewichte P und P zu Null werden, demnach wird am Hebel III Gleichgewicht sein, sobald die Gewichte P und P gleiche Entfernung von M behalten.



Jetzt stellen wir uns im Geiste vor: die Gewichte P und P bewegen sich an der Hebelstange AB gleichmäÙig vom Punkte M aus fort. Sie entfernen sich also in der Weise von einander, daß der Punkt M immer die Mitte ihres Abstandes fg bildet. Gelangt so das linke Gewicht P nach S , so befindet sich das rechte Gewicht P in N , sobald $MS = MN$. Nun ist aber der Punkt S fest, wir können also das Gewicht P dort entfernen, ohne daß das Gleichgewicht gestört wird. Wir thun das und sehen, daß am Hebel AB Gleichgewicht herrscht, wenn das einfache Gewicht zweimal so weit vom Drehpunkt entfernt ist, wie das zweifache Gewicht.

Wir hängen unser Gewicht P wieder im Punkt S an die Hebelstange AB und lassen die beiden Gewichte P ihr gleichmäÙiges Entfernen von M weiter fortsetzen. So gelangt schließlich das eine Gewicht P nach L . Es hängen dann im Punkte L $3P$, während sich leicht nachweisen läÙt, daß das andere P den dreifachen Abstand von S hat wie $3P$. Wir werden so auf den Satz geführt: Am Hebel hält das einfache Gewicht dem dreifachen Gewicht das Gleichgewicht, wenn das einfache Gewicht dreimal so weit vom Drehpunkt entfernt ist, wie das dreifache Gewicht.

Wir lassen die Gewichte P und P ihre Wanderung wieder aufnehmen. Es gelangt dann das eine Gewicht P von L nach K . Jetzt können wir schon den früher gewonnenen Satz anwenden: Das einfache Gewicht in der doppelten

Entfernung hält dem doppelten Gewicht in der einfachen Entfernung das Gleichgewicht. P in K kann durch $2P$ in L ersetzt werden. Es hängen dann in LAP , während das einfache P in der vierfachen Entfernung vom Drehpunkt hängt.

So läßt sich nun dieselbe Gesetzmäßigkeit für das fünffache, sechsfache u. s. w. Gewicht nachweisen und dadurch ganz allgemein das Hebelgesetz ableiten.

4.

Die Rolle.

Apparate: Das Statif und Klemme mit Haken, die beiden Rollen mit Sehnur und 3 Gewichte.

Einleitung: Eine Last zu heben ist anstrengender als einen gleich großen Zug von oben nach unten auszuüben (das Gewicht des menschlichen Körpers übt den Druck aus). — Beispiel: Balken in die Höhe bringen zum Bau eines Daches. (Die Zimmerleute stehen auf dem Erdboden sicherer als auf der schmalen Mauer.) Man könnte das Seil um einen Nagel legen. Die Reibung würde dann zu groß werden, das Seil würde schnell zerrieben. Man bringt dafür etwas Bewegliches, Nachgebendes an: die Rolle.

Die Rolle ist eine kreisrunde Scheibe, die sich um eine Achse drehen kann, welche senkrecht durch den Mittelpunkt der Scheibe geht. Der Umfang der Scheibe hat eine Rinne, in welche die Zugschnur zu liegen kommt.

Feste und bewegliche Rolle = je nachdem die Rolle an derselben Stelle bleibt oder fortbewegt wird.

Versuch mit der festen Rolle. Das eine Gewicht geht aufwärts und ein gleiches Gewicht die gleiche Weglänge abwärts. Hinweis auf den gleicharmigen Hebel. Die feste Rolle (Zeichnung) ist ein gleicharmiger Hebel mit unzähligen Hebelarmen oder ein ununterbrochen wirkender gleicharmiger Hebel.

Satz: An der festen Rolle ist Gleichgewicht, wenn an beiden Seiten die gleichen Gewichte hängen, oder der gleiche Zug ausgeübt wird.

Beispiele: Erde heben beim Brunnenbau, Mörtel und Steine heben beim Hausbau, Hängelampe.

Versuch mit der beweglichen Rolle. Erst mit der Hand den Zug ausüben und sofort aufmerksam machen, daß die Hand einen **doppelt so langen Weg** beschreiben muß, wie das mit der beweglichen Rolle gehobene Gewicht. — Es entsteht die Frage, wie groß ist der Zug, den ich mit der Hand ausüben muß? Man lege die Schnur über eine feste Rolle und ersetze den Zug der Hand durch Gewichte.

Satz: An der beweglichen Rolle ist Gleichgewicht, wenn der Zug halb so groß ist als das Gewicht, das gehoben werden soll.

Die bewegliche Rolle kann als ein ununterbrochen wirkender einarmiger Hebel angesehen werden, bei dem der eine Zug halb so weit vom Drehpunkt entfernt ist, als der andere. Flaschenzug.

Aus der Betrachtung des Holzschnittes, welcher sämtliche Apparate des Kabinetts vorführt, ist zu ersehen, wie die Rollen am Statif befestigt werden sollen. Stellt man den Dreifuß des Statifs möglichst nahe an den Rand des Tisches, so kann man bei den Versuchen mit der festen Rolle beide Gewichte bis unterhalb der Tischplatte gleiten lassen.

Nach Beendigung der Lehrstunde sollte das Statif mit den beiden Rollen und den Gewichten zu eingehender Betrachtung auf den Klassenschrank gestellt werden. Die Zusammenstellung ist hierbei nach dem Holzschnitt gedacht.

5.

Die Flächenanziehung.

Apparate: Die Kapillarröhren, die blaue Glasplatte, Talg und ein Glas gefärbtes Wasser.

Versuch: Man tauche die blaue Glasplatte in Wasser, ziehe sie wieder heraus und zeige, wie ein Tropfen an der Platte hängen bleibt.

Weitere Beispiele: Wenn wir mit der Kreide über die Wandtafel fahren, bleibt Kreide an der Tafel haften. Feder und Tinte.

Satz: Zwischen den Berührungsflächen zweier Körper findet Anziehung statt, man nennt sie «Flächenanziehung».

Beispiele: Schreiben, Färben. — Staub an den Wänden. Schwalbennest, Mörtel.

Versuch: Man tauche eine Haarröhre in gefärbtes Wasser und zeige, wie das Wasser in der Röhre höher steht als im Gefäße.

Erklärung: Schon beim Eintauchen der blauen Glasplatte in Wasser sieht man, wie das Wasser an der Platte aufsteigt. Es werden die an der Platte liegenden Wassertheilchen vom Glas stärker angezogen als von dem nächsten Wasser. In der engen Glasröhre fließen nun die gehobenen Wassertheilchen zusammen, und das Wasser steigt von neuem und zwar so hoch, bis das Gewicht der gehobenen Wassersäule der Anziehung der Röhrenwände das Gleichgewicht hält.

Satz: Taucht man eine enge Röhre (Haarröhre oder Kapillare) in Wasser, so steigt wegen der Flächenanziehung das Wasser in der Röhre empor. Man nennt diese Erscheinung «Haarröhrenanziehung».

Beispiele: Oel im Docht, Wasser im Schwamm, Kaffee im Zucker, Tinte im Löschpapier. — Das Wasser steigt im Baum nicht in Folge der Kapillarität des Holzes in die Höhe, sondern wegen der Quellfähigkeit des Holzes für Wasser.

Versuch: Wir bestreichen die Hälfte der blauen Glasplatte mit Fett, tauchen einmal das reine Glas, dann das mit Fett überstrichene Glas in Wasser und beobachten, auf welcher Plattenhälfte beim Herausheben Wasser haften bleibt. — Das Wasser bleibt nur am reinen Glas haften. — Beim Eintauchen haften die am reinen Glase liegenden Wassertheilchen fester am Glase als an der nächsten Wasserschicht, so daß beim Herausheben der Platte diese Wassertheilchen am Glase bleiben und vom übrigen Wasser abreißen. Bei dem Eintauchen der Fettschicht ist es umgekehrt; die Anziehung der anliegenden Wassertheilchen zur nächsten Wasserschicht ist größer als zur Fettschicht, so daß beim Herausziehen der Platte das Wasser zurückbleibt.

Beispiele: Fetten der Stiefel, Theeren der Schiffstaue, die Wasservögel ölen ihre Federn, auf öligem Papier läuft die Tinte breit.

Man führt oft als Beispiel der Flächenanziehung an: Zwei Glasplatten haften aneinander, wenn sich zwischen beiden eine dünne Wasserschicht befindet. Diese Thatsache beruht jedenfalls mehr auf dem Luftdruck als auf der Flächenanziehung.

Das Wasser färbt man mit Tinte, noch besser mit einer blauen in Wasser löslichen Anilinfarbe. Die Kapillarröhren müssen nach dem Versuch gut gereinigt werden; je fettfreier die Röhrenflächen sind, desto höher steigt die Flüssigkeit.

Die Quellfähigkeit ist durchaus verschieden von der Kapillarwirkung. Holz, Stärkekörner quellen, d. h. der Körper wird durch Wasseraufnahme größer. Das Wasser dringt hierbei nicht in schon vorhandene Hohlräume ein, sondern muß erst die kleinsten Holztheilchen auseinander drängen. Den einfachsten Beweis, daß Quellfähigkeit nicht dasselbe ist wie Kapillarwirkung, liefert die Thatsache, daß quellfähige Stoffe wohl in Wasser quellen, aber nicht in Alkohol, Aether u. s. w.

Will man die Glasplatte nicht mit Talg bestreichen, so tauche man statt der Glasplatte gleich ein Talglicht in das Wasser.

Für die häusliche Beschäftigung mit dem vorgetragenen Lehrstoff eignet sich der Versuch, eine Nähnadel auf dem Wasser zum Schwimmen zu bringen. Bei einigem Geschick kann man die Nadel ohne weiteres mit der Hand auf das Wasser legen; sicherer gelingt der Versuch, wenn man erst auf das Wasser einen Streifen Löschpapier von der Länge der Nadel legt und auf diesen dann die Nadel selbst. Das Löschpapier saugt sich voll Wasser, sinkt bei etwas Nachhilfe bald unter, und nur die Nadel bleibt schwimmend auf dem Wasser zurück. — Die Nadel schwimmt leichter, wenn sie fettig ist; sie schwimmt nicht, wenn sie vor dem Versuche mit Alkohol abgewaschen wurde. Die Ursache des Schwimmens liegt einmal in der Flächenanziehung (die Wassertheilchen bleiben zusammen und haften nicht an der Nadel), dann an dem geringen Gewicht der Nadel (die Nadel will wie ein Keil in das Wasser eindringen, das Gewicht der Nadel reicht aber nicht aus, zwei benachbarte Wassertheilchen zu trennen).

6.

Geschwindigkeit. Ruhe.

Apparate: Die Lochsirene. Pendelschnur mit Gewicht.

Wir unternehmen im Geist eine Eisenbahnfahrt von unserer Station nach N. Wir sitzen im Wagen, und der Lokomotivführer setzt die Maschine in Gang. Was beobachten wir nun? Der Zug fährt erst langsam, dann schneller = seine **Geschwindigkeit nimmt zu**. Wo beobachten wir noch, daß die Geschwindigkeit eines Körpers zunimmt? Wagen, der von selbst einen Berg hinabfährt; Windmühlenflügel bei Beginn seiner Umdrehung; Wasser, welches über ein Wehr hinabstürzt.

Schließlich nimmt die Geschwindigkeit unsres Zuges nicht mehr zu = der Zug hat **gleichbleibende Geschwindigkeit**. Der Zug fährt in jeder Sekunde 8 Meter weiter. Wir sagen: «Der Zug hat eine Geschwindigkeit von 8 Metern.» (Die nothwendige weitere Zeitangabe «in einer Sekunde» wird als selbstverständlich vorausgesetzt.) Welchen **Weg** legt unser Zug in 10 Sekunden, in einer Minute zurück? — Was versteht man bei der Angabe: ein guter Fufsgänger hat eine Geschwindigkeit von $1\frac{1}{2}$ Metern, eine Brieftaube von 30 Metern? — In welcher Zeit durchfliegt eine Brieftaube die 190 Kilometer lange Strecke von Berlin nach Dresden? In 1 Stunde 45 Minuten 33 Sekunden.

Unser Eisenbahnzug nähert sich nunmehr der Station N. Was beobachten wir jetzt? Der Zug fährt langsamer = die **Geschwindigkeit** des Zuges **nimmt ab**. Der Zug legt nicht mehr 8 Meter in 1 Sekunde zurück, sondern weniger. Wo beobachten wir noch, dafs die Geschwindigkeit eines Körpers abnimmt? Wenn sich ein fliegender Vogel setzen will, wenn ein schnell fahrender Wagen anhalten will, bei dem bewegten Kreisel. Schließlich steht der Zug still. Worin besteht der äußerliche Unterschied gegen früher? Der Zug verändert nicht mehr die Lage zu seiner Umgebung.

Satz: Ein Körper ist in **Ruhe**, wenn er seine Lage zu seiner Umgebung nicht ändert; ein Körper ist in **Bewegung**, wenn er seine Lage zu seiner Umgebung verändert.

Beispiele: Ruhende Körper: Haus, Brücke, Felsen. Bewegte Körper: eine abgeschossene Flintenkugel, fließendes Wasser, der Wind, ein fallender Stein (seine Geschwindigkeit nimmt zu), ein sich drehendes Rad, die sich drehende Scheibe der Lochsirene, der Kreisel, der Zeiger und das Pendel an der Uhr. — Die Erde als sich drehende Kugel und in ihrer Bewegung um die Sonne führt gleichzeitig zwei Bewegungsformen aus.

Das Pendelgewicht verändert jeden Augenblick seine Geschwindigkeit. Auf der höchsten Stelle befindet sich das Gewicht einen Augenblick in Ruhe. Wenn das Gewicht durch seine Ruhelage (die tiefste Stelle) geht, hat es die größte Geschwindigkeit. Die Geschwindigkeit des Pendelgewichts nimmt einmal zu und einmal ab.

Man lasse zu Hause gute Beispiele aufsuchen für gleichbleibende, zunehmende und abnehmende Geschwindigkeit.

7.

Beharrung. Reibung.

Apparate: Die Lochsirene. Karte mit Geldstück. Ein Gewicht.

Ein ruhender Körper kommt nicht von allein in Bewegung eine Arbeitskraft ist dazu nöthig. Den Eisenbahnzug muß die Lokomotive fortziehen, die Kanonenkugel treibt die Pulverkraft, die Sirenenscheibe setzt meine Muskelkraft in Bewegung.

Ein ruhender Körper kann nicht sofort ein bewegter Körper werden. Ein ruhender Körper braucht Zeit, um eine Geschwindigkeit anzunehmen. Diese Thatsache wird besonders bemerkbar, wenn die Arbeitskraft mit einem Ruck wirkt.

Versuch: Man lege auf eine Karte ein Geldstück, ziehe die Karte schnell weg und zeige, wie das Geldstück nahezu gerade herunterfällt. Man bewege die Karte langsam fort und zeige, wie das Geldstück mit geht.

Versuch: Man lege auf die hoch gehobene flache Hand ein Gewicht, fahre mit der Hand schnell herunter und zeige, wie das Gewicht nachfällt.

Beispiele: Man sitzt im Wagen und die Pferde ziehen plötzlich an — Ruck nach hinten. Das Ausklopfen des Staubes aus den Kleidern. Wasser spritzt aus dem schnell bewegten Glas.

Ebenso kann ein bewegter Körper nicht plötzlich ein ruhender werden.

Versuch: Man lege auf die flach gehaltene Hand ein Gewicht, fahre mit der Hand schnell nach oben und zeige, wie das Gewicht noch weiter steigt, wenn man die Hand plötzlich anhält.

Beispiele: Wenn wir im Kahn fahren und an den Landungssteg anstoßen, erhalten wir einen Ruck in der Fahrtrichtung. Wenn man ungeschickt von der Pferdebahn absteigt, fällt man in der Richtung des fahrenden Wagens (man steige mit dem Gesicht nach den Pferden vom Wagen). Man schlägt gegen den Stiel, wenn der Hammer festsitzen soll. Werfen.

Satz: Ein Körper will in dem Zustand der Ruhe oder Bewegung verharren. Man nennt diese Naturerscheinung «Trägheit oder Beharrung.»

Nach dem Trägheitsgesetz muß ein in Bewegung befindlicher Körper, sobald kein Hinderniß entgegentritt, in Ewigkeit seine Bewegung beibehalten. Wir beobachten aber: Die sich drehende Sirenscheibe kommt wieder zur Ruhe, ohne daß wir ein äußerliches Hinderniß bemerkten. Die Ursache dieser Erscheinung nennen wir «**Reibung**».

Reibung tritt stets auf, wenn zwei Körperflächen auf einander hingleiten. Die Reibung wird um so größer, je stärker die gleitenden Flächen auf einander drücken (Bremsen), und je rauher die Flächen sind (Sandstreuen bei Glatteis). Die Lokomotive kann nur infolge der Reibung einen Zug ausüben. — Reibung an der Luft: Windfang der Uhr. Reibung im Wasser: Schiffsform.

Da die Flächenanziehung mit eine Ursache der Reibung ist, so verringern Oele und Fette als **Schmiermittel** die Reibung.

Die Karte nehme man in Größe und Stärke einer Postkarte. Das Geldstück fällt lothrecht herab, wenn der Ruck durch eine Drehung vom Handgelenk aus geschieht. — Der zweite Versuch bringt das Wesen der Beharrung recht deutlich zur Anschauung, er verlangt aber etwas Uebung. Man wird natürlich versuchen, das nachfallende Gewicht mit der Hand aufzufangen. Man kann auch mit der anderen flachen Hand schnell zwischen Gewicht und Hand fahren, sodafs dann das Gewicht auf die andere Hand zu liegen kommt. (Wie sich das Gewicht von der Hand entfernt, so geht der Staub aus den Kleidern, wenn wir diese ausspannen und darauf schlagen.) Der dritte Versuch zeigt den Vorgang des Werfens, Bogenschießens u. s. w. Man wird auch hier suchen, das Gewicht mit der Hand wieder aufzufangen.

Zur Beobachtung im Haus eignet sich folgende Aufgabe, welche sowohl Beharrung als Reibung veranschaulicht: Man stelle ein Glas Wasser auf den Tisch, streue Sägespähne oder Aehnliches auf die Wasseroberfläche und beobachte die Lage der schwimmenden Theilchen, während man das Glas mit der Hand dreht. — Die Sägespähne dienen bei unserem Versuche nur als Marke für die Bewegung des Wassers. Wir beobachten sofort, daß sich das Wasser bedeutend langsamer dreht als die Gefäßwand. Es erklärt sich dies dadurch, daß das Wasser **nur** durch die Reibung mit fortgenommen wird, welche es an der Glasoberfläche erleidet. Bei oberflächlicher Betrachtung des Versuchs faßt man das Glas Wasser als nur einen Körper auf, während es doch in Wirklichkeit zwei nicht fest mit einander verbundene Körper sind.

8.

Das Pendel.

Apparate: Drei Gewichte und die Pendeldrähte.

Wenn wir ein Gewicht an einem Faden aufhängen, erhalten wir ein Loth. Wenn wir das hängende Gewicht aus seiner Ruhelage auf die Seite drücken, **heben** wir es (durch Zeichnung deutlich machen). Wenn wir die Hand entfernen, **fällt** das Gewicht wieder. Da es wegen des Fadens nicht senkrecht fallen kann, beschreibt es einen Kreisbogen. Das Gewicht kommt so wieder in die Ruhelage. Da es hier nicht festgehalten wird, geht es weiter (Beharrung). Das Gewicht **steigt wieder**. Es steigt nahezu so hoch, als es vorher auf der anderen Seite gehoben wurde. An seiner höchsten Stelle **steht** das Gewicht einen Augenblick still, dann **fällt** es wieder. Das bewegte Loth heißt «**Pendel**». Ein jeder Hingang eines Pendels heißt «**Schwingung**», ebenso jeder Hergang.

Versuch: Man lasse die Schwingungen eines Pendels laut zählen, während das Pendel allmählich zur Ruhe kommt.

Satz: Die Schwingungen eines Pendels haben gleiche Zeitdauer.

Diese Thatsache findet beim Uhrenbau eine wichtige Anwendung. Man erreicht durch das Pendel an der Uhr, daß sich die Räder gleichmäÙig drehen.

Versuch: Man verändere die Länge eines schwingenden Pendels und lasse durch lautes Zählen der Pendelschwingungen die Abhängigkeit der Schwingungsdauer von der Pendellänge beobachten.

Satz: Ein Pendel schwingt um so langsamer, je länger es ist.

Versuch: Man lasse zwei gleich lange Pendel mit verschiedenem Gewicht schwingen und zeige, wie die Pendel gleiche Schwingungsdauer haben.

Satz: Die Schwingungsdauer eines Pendels ist von der Größe des schwingenden Gewichtes unabhängig.

Es hängt das mit der Thatsache zusammen, daß alle Körper gleich schnell fallen. Eine große Bleikugel fällt in derselben Zeit zur Erde wie eine kleine Bleikugel. Das wird uns einleuchten, wenn wir die große Bleikugel in kleine Bleikugeln zerlegen und diese nebeneinander gleichzeitig zu Boden fallen lassen. Die Reibung an der Luft ist die Ursache, daß eine Feder langsamer fällt als ein Stein.

Pendelgesetz: Die Schwingungsdauer eines Pendels richtet sich nur nach der Länge des Fadens, aber nicht nach der Größe des Gewichtes.

Beträgt die Länge eines Pendels ungefähr 1 Meter, so beträgt seine Schwingungsdauer 1 Sekunde. Man nennt ein solches Pendel «Sekundenpendel».

Die Beobachtungen am schwingenden Pendel gehören mit zu den lehrreichsten und anregendsten der gesammten Physik. Es liegt etwas Geheimnisvolles in der Pendelbewegung. Der so einfache Apparat beantwortet eine Reihe der wichtigsten Fragen, die der menschliche Geist an die Natur richtet.

Man wird bei der Erläuterung über Geschwindigkeit und Art der Bewegung eines Pendelgewichts das Gewicht zweckmäßig mit der Hand führen und dabei große Bogen beschreiben. — Man hält die Pendelschnur am einfachsten mit der Hand fest, kann aber auch das Statif mit Klemme No. 3 zur Aufhängung benutzen. — Bei dem ersten Versuch läßt man also das Pendel frei schwingen und einen Schüler von 1 ab weiter zählen. Jedesmal, wenn das Gewicht auf der höchsten Stelle ist, wird die Zahl gesprochen, es kommt also auf den Hingang eine Zahl und auf den Hergang eine Zahl.

Den zweiten Versuch würde man folgendermaßen ausführen: Man faßt das Ende der Pendelschnur mit der rechten Hand und läßt das Pendel erst seine Ruhelage einnehmen. Während man nun die rechte Hand immer in derselben Lage läßt, faßt man die Mitte des Pendelfadens mit der linken Hand und bringt durch leichte Bewegung derselben das Pendel in Schwingung. Es schwingt jetzt also ein Pendel von der halben Länge des Pendelfadens. Entfernt man die linke Hand, wenn das Pendel durch die Ruhelage geht, so schwingt nunmehr ein Pendel von doppelter Länge. Der Schüler sieht deutlich, wie dasselbe langsamer schwingt. Der Unterschied in der Schwingungsdauer der verschiedenen langen Pendel wird besonders deutlich von den Schülern beobachtet, wenn einer von ihnen während des ganzen Versuchs die Schwingungen fortgesetzt laut zählen muß. Der Versuch läßt sich in der Weise fortsetzen, daß die linke Hand wieder die Mitte der Pendelschnur fest hält im Augenblick, wo das Gewicht durch die Ruhelage geht. — Man könnte den zweiten Versuch auch in der Weise ausführen, daß die rechte Hand unbeweglich das freie Ende des schwingenden Pendels festhält, während die linke Hand langsam von oben am Pendelfaden hinabgleitet und so stetig die Pendelschnur kürzt. Die linke Hand darf nicht mit hin und her gehen und soll nur in dem Augenblick ein Stück hinabgleiten, wo das Pendelgewicht durch seine Ruhelage geht. Ein Schüler muß dabei die Schwingungen laut zählen. Einige notwendige Kunstgriffe, wenn die Versuche recht gut gelingen sollen, lassen sich nur durch eigene Uebung auffinden und lernen.

Die Thatsache, daß das Gewicht eines schwingenden Körpers auf die Schwingungsdauer ohne Einfluß ist, zeigt man am einfachsten, wenn man zwei gleich lange Pendel, aber mit verschiedenen Gewichten gleichzeitig schwingen läßt. Die Pendelgewichte müssen also zu gleicher Zeit durch die Ruhelage gehen. Genau läßt sich das bekanntlich niemals erreichen, man wird deshalb den Versuch nicht zu lange ausdehnen, damit der Fehler nur klein bleibt. Man nimmt in jede Hand ein Pendel und führt die Schwingungen durch ganz geringes Schwingen der Hände herbei. Sowie die Pendel schwingen, müssen die Hände fest und unbeweglich bleiben. Auch dieser Versuch verlangt einige Übung.

Will man die Schwingungsdauer eines Pendels bestimmen, so verfährt man folgendermaßen: Man hängt das Pendel am Statif fest auf, versetzt es in Schwingungen und zählt, wieviel Schwingungen das Pendel z. B. in 1 Minute ausführt. (Nothwendig ist für diese Zeitbestimmung eine Taschenuhr mit Sekundenzeiger.) Hätte nun z. B. das Pendel in 1 Minute 60 Schwingungen ausgeführt, so wäre die Schwingungsdauer dieses Pendels 1 Sekunde, d. h. der Pendelkörper geht in 1 Sekunde einmal hin und in der nächsten Sekunde einmal her. Wir nennen ein solches Pendel ein Sekundenpendel. Seine Länge ist ziemlich genau gleich einem Meter. Die Messung der Schwingungsdauer eines Pendels, so einfach sie auch aussieht, verlangt doch einige Übung. Namentlich will erst gelernt sein das Zählen der Pendelschwingungen von einem bestimmten Zeitpunkt ab. Es empfiehlt sich, im Pendeltakt zunächst zu zählen: Null — Null — Null u. s. w., bis bei einer passenden Stellung des Sekundenzeigers man weiter zählt: Eins — Zwei — Drei u. s. w.

Die Pendelversuche können von jedem Schüler ohne weitere Hilfsmittel zu Hause wiederholt werden. Man stellt vielleicht zur weiteren Anregung die Frage auf: Welche Wirkung beobachten wir, wenn das schwingende Pendelgewicht einen Stofs erhält seitwärts zur Schwingungsrichtung? Das Gewicht beschreibt eine krumme Linie, die im besonderen Falle ein Kreis ist. (Das Gewicht führt zwei Pendelschwingungen gleichzeitig aus.) Wenn unser Gewicht die Kugelform hat und an einem sehr dünnen, langen Eisendraht aufgehängt ist, wird man im halbdunklen Zimmer nur eine Kugel sehen, die in gleichen Zeiten eine geschlossene Bahn beschreibt. Von selbst wird uns die Aehnlichkeit dieser Erscheinung mit der Planetenbewegung auffallen: Auch die Erde beschreibt im Weltenraum in gleichen Zeiten eine geschlossene Bahn. In der That vollzieht sich nach ähnlichen Gesetzen die Bewegung sowohl der Himmelskörper als auch unsrer Pendelkugel.

Wer sich näher für die Pendelversuche interessirt, wird manches vielleicht ihm Neue finden im Buch zu unserm Experimentirkasten S. 40 und 41.

9.

Der Schwerpunkt.

Apparate: Der Entlader, ein Drahtstift (Holzknopf mit Spitze vom Flugrad), das Statif, ein Stab.

Versuch: Man stecke eine Oese des Entladers auf einen Draht und zeige, wie der Entlader nach einigen Schwingungen eine ganz bestimmte Lage einnimmt, in welche er auch stets

wieder zurückkehrt, wenn er durch Stofs aus ihr gebracht wird.

Der Entlader schwingt wie ein Pendel. Alle Theile des Entladers werden von der Erde angezogen. Der Entlader nimmt schliesslich eine solche Lage ein, dafs die eine Seite der anderen Seite wie beim zweiarmigen Hebel das Gleichgewicht hält. Unterstützen wir einen Körper in irgend einem beliebigen Punkte, stets mufs der Körper eine Lage einnehmen, bei welcher die rechte Seite desselben der linken das Gleichgewicht hält. Es entsteht nun die Frage: Giebt es vielleicht einen Punkt, bei dessen Unterstützung ein Körper in **jeder** Lage im Gleichgewicht ist? Für viele Körper können wir ohne weiteres einen solchen Punkt angeben. Kugel = Mittelpunkt, Scheibe (Sirene) = Mittelpunkt, Quadrat = Mittelpunkt, Würfel = Mittelpunkt.

Satz: Jeder Körper hat einen Punkt, bei dessen Unterstützung er in jeder Lage im Gleichgewicht ist. Man nennt diesen Punkt **Schwerpunkt**.

Der Punkt heifst Schwerpunkt, weil sich jeder Körper so verhält, als wäre sein Gewicht, seine «Schwere» in diesem Punkte vereinigt. Hängen wir z. B. einen Körper, wie den Entlader, aufserhalb seines Schwerpunktes auf, so wird der Körper stets eine solche Lage einzunehmen suchen, dafs sein Schwerpunkt senkrecht unter dem Aufhängepunkt zu liegen kommt. —

Der Schwerpunkt liegt durchaus **nicht immer im Körper** drin. Beim Entlader liegt er über dem Griff, innerhalb des Drahtbogens, bei einem Metallring im Mittelpunkt des Ringes, bei einer hohlen Kugel im Mittelpunkt der Kugel u. s. w.

Wenn wir einen Körper unterstützen, so wird er nur dann nicht fallen, wenn sein **Schwerpunkt senkrecht über der Unterstützung** liegt. Ein Stock balancirt wagerecht oder senkrecht auf dem Finger nur dann, wenn sein Schwerpunkt über dem Finger liegt. Der Schwerpunkt eines aufrecht stehenden Menschen liegt in der Mitte des Bauches. Lage des Schwerpunktes und Stellung eines sich bückenden Menschen. Wir müssen den Körper nach vorn neigen, wenn wir uns vom Sitz erheben wollen. Schwerpunkt eines schiefen Thurmes oder eines fahrbaren Krahnens mufs immer über der Unterstützungsfläche liegen.

Ein dreibeiniger runder Tisch steht nicht so fest als ein gleich grosser vierbeiniger. Statif. Eine hohe Lampe fällt

leichter um als eine niedrige. Von zwei gleich großen Lampen fällt die mit dem schwereren Fusse am schwersten um. Eine leere Flasche fällt leichter um als eine volle. **Standfestigkeit.**

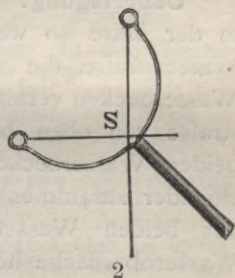
Satz: Die Standfestigkeit eines Körpers ist um so größer, je schwerer er ist, je tiefer sein Schwerpunkt liegt, und je größer die Unterstützungsfläche ist.

Ein leeres Schiff muß Ballast (Sand oder Aehnliches) aufnehmen, damit es bei Sturm nicht überholt und schliesslich kentert.

Um die Lage des Schwerpunktes des Entladers zu bestimmen, wird man folgende Ueberlegung vorausschicken: Man hat den Schwerpunkt eines hängenden Körpers auf der vom Aufhängepunkt ausgehenden Senkrechten zu suchen. Giebt man sich diese an dem Körper etwa mit einem Faden an und hängt nun den Körper an einem anderen Punkte auf, so wird der Schnittpunkt der jetzt vom Aufhängepunkt ausgehenden Senkrechten (auf welcher der Schwerpunkt ja auch liegen muß) mit jenem Faden der Ort des Schwerpunktes sein. — Wir stecken also eine Oese des Entladers auf den Drahtstift, lassen den Entlader die Gleichgewichtslage einnehmen und geben uns mit einem Faden die Richtung des durch den Aufhängepunkt gehenden Lothes an. Jetzt stecken wir die andere Oese auf, fällen wieder vom Aufhängepunkt das Loth und sagen uns, daß der Schnittpunkt der beiden Lothe *S* der Schwerpunkt sein muß.

Will man eine kreisrunde Pappscheibe balanciren lassen, so nehme man das Statif mit Spitze von der Magnetnadel und setze die Scheibe auf die Spitze. Von Werth ist es, wenn ein ungleichseitiges Dreieck auf der Spitze balancirend gezeigt werden kann. Der Schwerpunkt ist der Schnittpunkt der Seiten halbirenden Diagonalen. Das Dreieck läßt man am besten aus Metall herstellen und giebt den Schwerpunkt durch einen Körner an wie beim Flugrad, welches auch vorgezeigt werden kann.

Zur Hausaufgabe eignet sich die Frage: Warum richtet sich der Stehauf von selbst wieder auf? — Der Schwerpunkt des Stehaufs liegt in dem Nagelkopf. Er befindet sich bei liegender Lage des Stehaufs nicht senkrecht über der Unterstützungsfläche, sondern seitlich, in Folge dessen kippt der Stehauf um die Nagelkante.



10.

Gleichgewichtslage von Flüssigkeiten. Kommunizierende Röhren. Springbrunnen. Bodendruck einer Flüssigkeit.

Apparate: Ein Glas Wasser. Ein Wasserbecken. Der Glasrichter mit Gummischlauch und Heberröhre. Die kurze Glasröhre mit Spitze.

Beobachtung an einem Glas voll Wasser: Jedes Wassertheilchen wird von der Erde angezogen und sucht deshalb der Erde so nahe als möglich zu kommen. Die Flüssigkeitstheilchen suchen eine Gleichgewichtsstellung.

Satz: Die Oberfläche einer Flüssigkeit bildet eine wagerechte oder horizontale Ebene.

Ueberlegung: (Zeichnung.) Wir schnüren ein Wasserbecken in der Mitte so weit zusammen, daß nur noch eine schmale Wasserstraße die zwei auf diese Weise entstandenen kleinen Wasserbecken verbindet. Jetzt versperren wir noch diese Wasserstraße von oben bis zur halben Tiefe mit einem Schützen (die beiden Wasserbecken hängen also nur noch in der Tiefe miteinander zusammen). Wird sich dadurch die horizontale Lage der beiden Wasseroberflächen ändern? Wird vielleicht eine Wasseroberfläche höher stehen als die andere? Nein. — Gerade so liegen die Verhältnisse, wenn zwei Gefäße durch eine Röhre verbunden sind, so daß Flüssigkeit aus dem einen Gefäß in das andere gelangen kann. Man nennt solche Vorrichtung: kommunizierende Röhren, verbundene Gefäße.

Versuch: Man verbinde den Trichter durch den Gummischlauch mit der Heberröhre, gieße Wasser in den Trichter und zeige, wie die Wasseroberfläche im Glasrichter in gleicher Höhe mit dem Wasserspiegel in der Glasröhre bleibt, wenn man auch die Glasröhre oder den Trichter hebt oder senkt. — Die beiden Wasseroberflächen liegen stets in einer Horizontalebene.

Satz: In kommunizierenden Röhren steht eine Flüssigkeit gleich hoch.

Beispiele: Wasserleitung, bei Hochwasser dringt das Wasser in Schleusen und Keller. Wasserstandsrohr am Dampfkessel.

Ist die eine Röhre kürzer als die andere, so sucht das Wasser in der Luft so hoch zu steigen wie in der langen Röhre.

Springbrunnen: Versuch vorführen.

Verschliessen wir die kurze Röhre des Springbrunnens mit dem Finger, so haben wir dem Druck der Wassersäule in der langen Röhre das Gleichgewicht zu halten. — Denselben Druck hat der Boden jedes Gefässes auszuhalten, in dem sich eine Flüssigkeit befindet. Der Druck, den eine Flüssigkeit auf den Boden eines Gefässes ausübt, heisst Bodendruck.

Gesetz: Der Bodendruck ist um so gröfser, je höher die Flüssigkeit im Gefässe steht.

Der Seitendruck nimmt nach der Oberfläche zu ab. Beispiel: Das Mauerwerk einer Thalsperre mufs auf der Thalsole am stärksten sein.

Man verbindet den kurzen Schenkel des Hebers mit dem Gummischlauch. Letzterer läfst sich leichter auf eine Röhre bringen, wenn diese nafs ist. Beim Eingiefsen des Wassers in den Trichter hält man vorsichtiger Weise die Glasröhre mit dem Finger zu und öffnet vorsichtig. Am besten ist es, wenn man den Versuch mit den kommunizirenden Röhren über dem Wasserbecken ausführt.

Will man den Springbrunnen vorführen, so zieht man die Heberöhre vom Gummischlauch ab und steckt dafür die kurze Glasröhre mit Spitze auf. Während des Eingiefsens hält man die Spitze mit dem Finger zu, hebt dann den mit Wasser gefüllten Glastrichter so hoch als möglich über die Spitze, welche sich über dem Wasserbecken befindet, und nimmt nunmehr den Finger weg.

Verbindet man den langen Heberschenkel durch den Gummischlauch mit der Glasröhre mit Spitze, so läfst sich ein Springbrunnen herstellen, welcher so lange thätig ist, als Wasser im Glas vorhanden ist. Man mufs zu Anfang das Glas möglichst voll Wasser haben, dann taucht man den kurzen Heberschenkel so tief als möglich in das Wasser, während man die Spitze des Springbrunnens mit dem Finger zuhält. Sobald man nun den Finger wegzieht, schiefst das Wasser in den kurzen Heberschenkel, über den Rand des Glases weg in den langen Schenkel und als Strahl aus der spitzen Röhre.

Bekanntlich wird das Gesetz über den Bodendruck (auch als hydrostatisches Paradoxon bekannt) nicht so schnell richtig aufgefaßt. Jeder ist geneigt, den Bodendruck von dem Gewicht der Flüssigkeit abhängig zu denken. Es empfiehlt sich, eine ähnliche Betrachtung anstellen zu lassen, wie wir sie bei der Behandlung der kommunizirenden Röhren kennen gelernt haben:

Man denke sich zwei gleiche, senkrecht stehende, cylindrische Gefässe. Beide sind gleich hoch mit ein und derselben Flüssigkeit angefüllt. Da leuchtet uns ein, dafs der Bodendruck für beide Gefässe derselbe ist. Jetzt begrenzen wir auf dem Boden eines jeden Gefässes eine Kreisfläche, die beide

einander gleich sein sollen. Offenbar ist dann auch der Bodendruck für beide Flächen einander gleich. [Wenn eine Fläche der 10. Theil von der ganzen Bodenfläche wäre, so würde der Bodendruck für diese Fläche der 10. Theil vom gesammten Bodendruck des Gefäßes sein.] Nun tauchen wir weiter in das eine Gefäß eine Röhre und in das andere einen nach oben offenen Trichter. Die Röhre sowohl als der Trichter haben eine Grenzfläche, die genau so groß ist wie die abgegrenzten Kreisflächen auf den Böden der Gefäße. Röhre und Trichter setzen wir auf diese Kreisflächen. Es liegt kein Grund vor, daß sich dadurch der Bodendruck für beide Kreisflächen ändern könnte. Wir lassen jetzt durch irgend ein Mittel Röhre und Trichter sich wasserdicht mit ihren Bodenflächen verbinden — es entstehen dadurch ein cylindrisches und ein trichterförmiges Gefäß. Auch dadurch kann sich der Bodendruck für beide Kreisflächen nicht ändern. Bohren wir jetzt in den Boden der großen Gefäße seitlich von jenen Kreisflächen ein Loch, so fließt Wasser ab, und es bleiben schließlich nur ein cylindrisches und ein trichterförmiges Gefäß mit gleicher Bodenfläche zurück, in welchen beiden ein und dieselbe Flüssigkeit gleich hoch steht. Beide erfahren gleichen Bodendruck.

Um schon bei Zeiten auf ein klares Verständniß des Bodendruckgesetzes hinzuwirken, könnte man der Klasse folgende Frage zur Ueberlegung mit nach Hause geben: Zwei Gefäße mit gleicher Bodenfläche, von denen das eine die Form einer senkrechten Röhre, das andere die Form eines nach oben sich öffnenden Trichters hat, sind mit Wasser gleich hoch gefüllt. In beide Bodenflächen werde ein gleich großes Loch gebohrt, durch welches das Wasser nach und nach ausfließt. Es entsteht die Frage: Wie ändert sich mit der Zeit der Bodendruck bei den beiden Gefäßen und welches ist zuerst leer? Im Trichtergefäß nimmt der Druck nur langsam ab, im Röhrengefäß läßt der Bodendruck viel schneller nach, es ist zuerst leer.

11.

Auftrieb einer Flüssigkeit. Schwimmen.

Apparate: Ein Wasserbecken, eine Kochflasche, ein Krug Wasser, der Hebelapparat, ein Gewicht, ein Schlüssel, ein Wasserglas, ein Ei und eine Untertasse Kochsalz.

Versuch: Man tauche die leere Kochflasche mit dem Boden nach unten in ein Wasserbecken und mache aufmerksam, daß ein Druck hierzu nöthig ist.

Andere Beispiele: Eine Gießkanne mit dem Boden nach unten in Wasser tauchen, ein Brett ganz unter Wasser tauchen.

In allen Fällen übt die Flüssigkeit einen Druck aus.

Satz: Der Druck, welchen eine Flüssigkeit auf einen eingetauchten Körper ausübt, heißt «Auftrieb».

Wenn wir aber einen eisernen Schlüssel in Wasser legen, sinkt er unter. Welcher Druck wirkt also dem Auftrieb ent-

gegen? Das Gewicht des Schlüssels. Der Schlüssel wird um seinen Auftrieb leichter werden müssen.

Versuch: Man hänge auf die linke Seite des Hebelapparats einen Schlüssel, auf die andere Seite ein Gewicht, so daß der Hebel im Gleichgewicht ist. Nun bringen wir von unten an den Schlüssel ein Glas Wasser und heben letzteres so hoch, daß der Schlüssel in das Wasser taucht. Es ist zu zeigen, wie der Schlüssel scheinbar leichter wird, da der linke Hebelarm nach oben geht.

Beispiele: Ein Stein läßt sich im Wasser leichter fortbewegen als auf dem Lande, Ein großer Hund kann im Wasser noch einen Menschen tragen.

Eine Glasröhre sinkt im Wasser unter, aber eine Glasflasche schwimmt. Der eiserne Schlüssel sinkt im Wasser unter, aber ein eisernes Schiff schwimmt. Es kommt bei der Größe des Auftriebes auf die Menge des verdrängten Wassers an.

Satz: Ein Körper schwimmt, wenn das Gewicht der verdrängten Flüssigkeit gleich dem Körpergewicht ist.

Beispiele: Eine Kanonenkugel schwimmt auf Quecksilber. Quecksilber ist schwerer als Eisen. Die Kanonenkugel taucht so tief ein, daß ihr Gewicht gleich dem Gewicht des verdrängten Quecksilbers ist. Oel schwimmt auf Wasser (Nachtlicht). Butter schwimmt auf Milch. Das Gewicht des schwimmenden Schiffes (Schiffskörper, Ausrüstung, Fracht, Ballast) muß gleich sein dem Gewicht des Wassers, welches es verdrängt. Der Fisch hat in seinem Leibe eine Luftblase. Drückt er dieselbe voll Luft, so wird sein Leib dicker und verdrängt mehr Wasser. Jetzt wird wohl das Gewicht des verdrängten Wassers größer, aber das Fischgewicht bleibt dasselbe (die vermehrte Luft in seiner Blase erhöht sein Gewicht nur unbedeutend). Das Gleichgewicht ist also gestört: der Fisch wird nach oben gedrückt und kann unter Umständen mit dem Rücken über Wasser kommen. Er schwimmt erst wieder unter Wasser, wenn er soviel Wasser verdrängt, als er wiegt. Ein großer Karpfen wiegt 2 kg, dann kann er unter Wasser nur schwimmen, wenn sein Körper 2 Liter Wasser verdrängt. Eine Glasflasche taucht in Wasser und verdrängt dadurch Wasser; sie taucht gerade so tief ein, daß ihr Gewicht gleich dem Gewicht des verdrängten Wassers ist. Wenn ich in

die Flasche 10 g Schrotkugeln oder Sand oder Petroleum schütte, wird die Flasche tiefer eintauchen, sie wird noch 10 g Wasser mehr verdrängen müssen, wenn sie weiter schwimmen will. Man könnte die Flasche fortgesetzt um 10 g mehr belasten und jedesmal eine Marke an der Flasche anbringen, bis zu welcher sie gerade eintaucht — man erhielte so eine einfache Wage. **Senkwage.**

Versuch: Man lege ein frisches Ei in Wasser. Es wird untersinken. Jetzt schütte man eine Handvoll Salz hinein und rühre das Salz im Wasser um, bis das Ei aufsteigt und schließlich auf dem Wasser schwimmt.

Salzwasser ist schwerer als reines Wasser. Bei diesem Versuch hat man also das Schwimmen eines Körpers dadurch herbeigeführt, daß man das Gewicht des verdrängten Wassers vergrößerte.

Körper, welche für sich allein in einer Flüssigkeit untersinken, kann man dadurch zum Schwimmen bringen, daß man sie mit einem schwimmenden Körper verbindet. Beispiel: Schwimmgürtel. Hebung eines untergegangenen Schiffes durch Kamele (leere Fässer).

Bei Vorführung des ersten Versuchs wird man den Hals der Kochflasche leicht zwischen den Fingern der einen Hand auf und ab gleiten lassen und mit der anderen Hand von oben auf die Flasche drücken. Läßt man dann los, so schnellt die Flasche wieder aufwärts. Dadurch wird die Vorstellung bestärkt, daß der Auftrieb ein Druck ist.

Wenn man den wichtigen zweiten Versuch ausführt, hänge man den Schlüssel an das äußerste Ende des Hebelarms, um einen möglichst großen Ausschlag zu erhalten.

Der lehrreiche Versuch mit dem Ei gelingt sicher, wenn das Ei frisch ist. Wenn man das Salz nach und nach einschüttet, erreicht man eine Dichtigkeit des Salzwassers, bei welcher das Ei in der Flüssigkeit schwebt.

Strebsameren Schülern wird man gelegentlich bemerken, daß die Erscheinungen der kommunizirenden Röhren, des Auftriebes, des Schwimmens, eine Bestätigung oder Aeußerung des Hebelgesetzes bei flüssigen Körpern sind.

Zum Nachdenken während der freien Stunden schlagen wir folgende Frage an die Schüler vor: Bei Ausführung des zweiten Versuchs beobachteten wir eine Aufwärtsbewegung des linken Hebelarms. Aus dieser Beobachtung können wir nur den Schluss ziehen, daß der Schlüssel nach seinem Eintauchen in Wasser einen geringeren Zug am Hebel ausübt wie vorher, nicht aber dürfen wir schließen, daß das Gewicht des Schlüssels kleiner geworden sei. Offenbar wirkt nur ein Theil des Schlüsselgewichtes am Hebel, es entsteht die Frage: An welcher Stelle wirkt der andere Theil des Schlüsselgewichtes? Die Hand, die das Glas Wasser trägt, hat gleichzeitig den anderen Theil des Schlüsselgewichtes zu tragen.

Unter welcher Bedingung hat die Hand das ganze Gewicht des völlig eingetauchten Körpers zu tragen? Die Dichtigkeit der Flüssigkeit muß gleich sein der Dichtigkeit des eingetauchten Körpers, oder: Der Körper, welcher eingetaucht werden soll, muß gerade soviel wiegen als die Flüssigkeit, die er bei völligem Eintauchen verdrängt. Würden wir in diesem Fall das Gewicht am rechten Hebelarm wegnehmen, so stellt sich die Hebelstange wieder horizontal, und die Hand trägt das Gewicht des Glases Wasser und des eingetauchten Körpers.

Eine leichtere Frage für die Klasse wäre die folgende: Denken wir uns einmal auf die rechte Schale einer Wage ein Glas Wasser gestellt, und auf die linke Schale soviel Gewichte gelegt, daß die Zunge der Wage Gleichgewicht anzeigt. Was beobachten wir an der Wage, wenn wir einen Finger in das Wasser tauchen? Die Wagschale, auf welcher das Glas Wasser steht, geht nach unten.

12.

Elasticität der Luft. Heronsball.

Apparate: Ein Wasserbecken, ein Krug Wasser, ein Wasserglas, die Knallbüchse (weite Glasröhre mit Kolben und Kork), der Heronsball (Kochflasche und lange Glasröhre mit Spitze in Kork).

Versuch: Wir tauchen ein leeres Glas umgekehrt in Wasser und beobachten, daß nur wenig Wasser in das Glas dringt.

Satz: Die Luft ist ein Körper, der Raum braucht wie jeder Körper.

Beispiele: Wind, Orkan fühlen wir. Windmühle. — **Taucher-
glocke.** Caisson bei einem Brückenbau.

Die atmosphärische Luft ist ein gasförmiger Körper (in gewöhnlichem Zustand), sie ist eine Mischung aus den beiden Gasarten: Sauerstoff und Stickstoff. Man hat sie durch großen Druck und Wärmeentziehung auch in den flüssigen und festen Zustand übergeführt. Andere Gase sind: Leuchtgas, Wasserstoff, Kohlensäure. Die Kohlensäure entsteht gewöhnlich bei der Verbrennung eines Körpers. Die Verbrennung eines Körpers bedeutet die chemische Verbindung eines Gases dieses Körpers mit Sauerstoff. Die Verbindung vollzieht sich nur, wenn diese Gase sehr heiß sind.

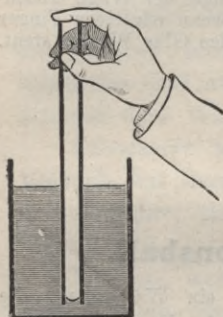
Beobachtung: Wir können einen Gummiball zusammenpressen. Sobald der Druck nachläßt, dehnt sich der Ball wieder aus. Zusammendrückbarkeit oder Elasticität der Luft.

Satz: Die Luft ist elastisch.

Je mehr die Luft zusammengepreßt wird, desto größer wird der Druck, mit dem sie sich wieder ausdehnen will. Das Bestreben der Luft, sich wieder auszudehnen, nennt man «Spannkraft».

Versuch mit Knallbüchse und Heronsball.

Der erste Versuch läßt sich auch nach beistehendem Holzschnitt ausführen: Man schliesse die obere Oeffnung der weiten Glasröhre mit dem Finger, tauche die Röhre möglichst tief in ein Gefäß mit Wasser und beobachte, wie hoch das Wasser in der Röhre emporsteigt.



3.

Unter Caisson versteht man einen großen eisernen Kasten in Form einer Taucherglocke. — Nach erfolgter Untersuchung des Flußbettes bis auf Felsgrund wird der Caisson in das Wasser gesenkt und durch Hineinpressen von Luft das Wasser aus dem Caisson gedrückt. Arbeiter räumen nun vom Innern des Caissons aus die lockeren Erdschichten weg, sodafs der Caisson durch sein Gewicht nachsinkt und schliesslich auf Grund, also Felsen, zu stehen kommt. Jetzt erfolgt die Ausfüllung des Caissons mit Mauerwerk oder Beton bis zur Wasseroberfläche. Dann nimmt man oben die Haube des Caissons ab und mauert den Pfeiler auf. — Der cylindrische oder eckige untere Theil des Caissons bleibt im Wasser stehen und verrostet allmählich. Die Arbeiten im Innern des Caissons können natürlich nur unter starkem Luftdruck stattfinden. Ehe die Arbeiter das Innere des Caissons betreten, halten sie sich in einem Vorraum auf, welcher durch Hineinpressen von Luft nach und nach auf gleichen Luftdruck mit dem Caissoninneren gebracht wird.

Um die Knallbüchse mit der weiten Glasröhre und Kolben herzustellen, muß man den Kolben feucht machen, damit er dichtet. Der Kolben muß leicht gehen. Eine Oeffnung der Röhre verschließt man mit dem Kork einer Medizinflasche. Der Kolben muß schnell in die Röhre gestofsen werden, damit bei sehr leicht gehendem Kolben die Luft nicht Zeit zum Entweichen hat.



4.

Um den Heronsball in Thätigkeit zu zeigen, beachte man Folgendes: Man fülle die Kochflasche nur bis zur Hälfte mit Wasser, um einen großen Luftraum in der Flasche zu behalten. Den Kork mit der Glasröhre, welche oben in eine Spitze ausgezogen ist, setze man gut dichtend auf. Man blase nun möglichst kräftig in die Flasche, halte schnell den Finger auf die Spitze, während diese noch im Munde ist, und entferne erst den Finger, wenn man die Flasche vom Gesicht entfernt hat. Durch eigenes Versuchen wird man bald einen 20 cm hohen Wasserstrahl erreichen.

Für die häusliche Beschäftigung wird man den Schülern die Anfertigung eines Heronsballs empfehlen. Der beistehende Holzschnitt zeigt, wie dem Apparat noch eine bequemere Form gegeben werden kann, namentlich wenn man auf die gebogene Röhre zum Einblasen der Luft einen Gummischlauch schiebt.

13.

Luftdruck. Barometer.

Apparate: Ein Wasserbecken, ein Krug Wasser, die weite Glasröhre mit Kolben, die lange Glasröhre mit Kork, ein kleines Blättchen Papier.

Die Luft ist ein Körper, hat also auch ein Gewicht. Ein Liter gewöhnliche Luft wiegt $1\frac{1}{4}$ Gramm. Ein Kubikmeter Luft wiegt 1,3 kg. Die Lufthülle, welche unsern Erdball umgiebt, ist viele Tausend Meter hoch. Es wird demnach diese Luftmasse ein recht merkbares Gewicht haben, also einen großen Druck auf ihre Unterlage — die Erde — ausüben. Die Luft drückt auf die Erdoberfläche mit demselben Gewicht wie eine Wassermenge, welche die Erde in einer Höhe von über 10 Metern umgeben müßte. Aber wir merken doch für gewöhnlich gar nichts von diesem Gewicht? Die Luft drückt auf unsern Körper von allen Seiten, wie es das Wasser thut, wenn wir beim Baden tauchen. Dafs wirklich ein **Druck der Luft** vorhanden ist, lehrt folgender

Grundversuch: Man schiebe in die weite Glasröhre den Kolben bis an das Ende, tauche dieses Ende in Wasser, hebe den Kolben empor und mache aufmerksam, wie das Wasser hinter dem Kolben her in der Röhre aufsteigt.

Erklärung: Auf dem Wasser und dem Kolben ruht das Gewicht der Luft. Wenn ich den Kolben hebe, drückt jenes Gewicht das Wasser hinter dem Kolben her.

Versuch: Man tauche die weite Glasröhre senkrecht unter Wasser, schliesse ihre obere Oeffnung mit dem Finger und hebe dann die Röhre bis ihre untere Oeffnung nahe an die Wasseroberfläche kommt. Man mache aufmerksam, wie das Wasser beim Heben der Röhre mit emporsteigt. Jetzt verschliesse man mit einem Papierblättchen die untere Röhrenöffnung, hebe die Röhre vollständig aus dem Wasser und zeige, wie das Wasser nicht aus der Röhre herausfällt.

Versuch: Man tauche die lange Glasröhre ein wenig in Wasser, sauge an ihrer oberen Oeffnung mit dem Munde und zeige, wie das Wasser in der Röhre aufsteigt.

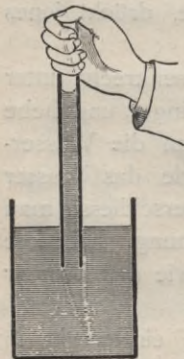
Erklärung: Durch das Saugen vermindern wir im Innern der Röhre den Luftdruck. — **Stechheber.**

Wenn wir unsern Grundversuch mit einer 100 Meter langen Röhre und Kolben ausführen (wir tauchen die Röhre in einen großen Teich), würde das Wasser wohl immerfort nachsteigen, wenn wir den Kolben heben? Nein! Nach früher Gesagtem kann der Luftdruck nur einer Wassersäule von 10 Meter Höhe das Gleichgewicht halten. — Bei weiterem Heben des Kolbens bildet sich über dem Wasser ein luftleerer Raum.

Würden wir den Grundversuch mit Quecksilber ausführen, so würde das Quecksilber beim Heben des Kolbens nur 76 cm hoch steigen. Eine 76 cm hohe Quecksilbersäule wiegt gerade soviel wie eine 10 Meter hohe gleich starke Wassersäule.

Bei weiterem Heben des Kolbens würde sich über dem Quecksilber ein luftleerer Raum bilden. Halten wir den Kolben in einer solchen Stellung fest, so könnte man vermuthen, daß auch die Quecksilbersäule unbeweglich stehen bliebe. Das würden wir aber nicht beobachten. Die Quecksilbersäule steigt und fällt. Wir ziehen den Schluß: **Der Luftdruck ändert sich.** Das **Barometer** ist ein Apparat, welcher den Luftdruck anzeigt. Kurze Beschreibung des Barometers.

Bei Ausführung des Grundversuchs achte man immer darauf, daß der Kolben feucht ist. Der Kolben muß ganz leicht gehen; falls er nicht genügend dichtet, ziehe man ihn nur schneller aufwärts. Man lasse den Kolben nicht länger in seiner obersten Stellung als nöthig ist, um das Eindringen von Luft in die Röhre zu vermeiden.



5

Der zweite Versuch erfährt durch beistehenden Holzschnitt die nähere Beschreibung. Wollte man das Papierblättchen beim Herausheben der Röhre aus dem Wasser nicht anwenden, so würde das Wasser in der Röhre wegen der Flächenanziehung an den Seiten ablaufen: Beim Herausheben der Röhre aus dem Wasser reißt man die untersten Wassertheilchen in der Röhre von den obersten Wassertheilchen im Glase ab. Das Abreißen geschieht nicht sofort, erst zieht man das Wasser mit empor, es bildet sich ein Wasserberg. Auch geschieht das Abreißen nicht so genau, daß das Wasser in der Röhre gerade bis zum Ende reicht. — Man drückt das Papierblatt unter Wasser mit dem Finger an die Röhre, hebt die Röhre aus dem Wasser, während man den Finger noch an der Röhre läßt, und nimmt jetzt erst den Finger weg.

Zur Anregung für häusliche Beschäftigung lasse man folgende Frage beantworten: Wenn man eine Röhre mit Spitze zur Hälfte in Wasser taucht und mit einer zweiten Röhre kräftig über

die Spitze der ersten Röhre bläst, beobachtet man ein Steigen des Wassers in der Röhre. Wie erklärt sich dieser Vorgang? Durch den über die Spitze streichenden Luftstrom wird ein Theil der Luft in der eingetauchten Röhre mit fortgerissen und dadurch der Luftdruck über dem Wasser in der Röhre vermindert. Infolgedessen drückt die äußere Luft das Wasser in der Röhre aufwärts.

14.

Heber. Saugbrunnen.

Apparate: Der Heber, ein Wasserbecken, ein Wasserglas, ein Krug Wasser, der Saugbrunnen.

Versuch: Man tauche den kurzen Schenkel des Hebers in ein volles Glas Wasser, während man die Oeffnung des langen Schenkels mit dem Finger verschließt. Jetzt entferne man den Finger und mache aufmerksam, wie das Wasser zum kurzen Schenkel hereinströmt, über den Scheitel des Hebers hinwegstürzt und dauernd zum langen Schenkel herausfließt.

Erklärung mit Zeichnung an der Tafel: Die längere Wassersäule ist schwerer als die kürzere, sie will abfallen. Es würde sich dann ein luftleerer Raum bilden. Das verhindert der äußere Luftdruck. Es wird Wasser nachgedrückt und so ein dauerndes Fließen herbeigeführt. Größte Länge des kurzen Heberschenkels 10 Meter.

Wann hört der Heber auf zu fließen? Wenn die Höhe der äußeren Wassersäule gleich ist der Höhe der inneren = beide Säulen halten sich dann das Gleichgewicht. Zeichnung.

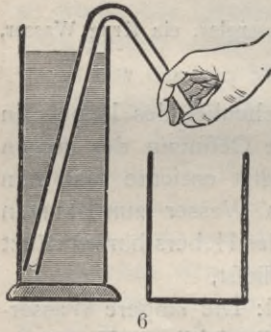
Satz: Der Heber hört auf zu fließen, wenn der Wasserspiegel im Gefäß in gleicher Höhe mit der Oeffnung des äußeren Schenkels steht.

Anwendung: Man entleert große Gefäße (Fässer u. s. w.) ihrer Flüssigkeit, ohne in den Boden eine Oeffnung machen zu müssen. Beim Heber wird in Wirklichkeit die Flüssigkeit nicht gehoben, sondern läuft ab.

Zum Heben einer Flüssigkeit verwendet man den **Saugbrunnen**. Vorführen und Erklären des Saugbrunnens: Beim Heben des Kolbens würde in der Brunnenröhre ein luftleerer

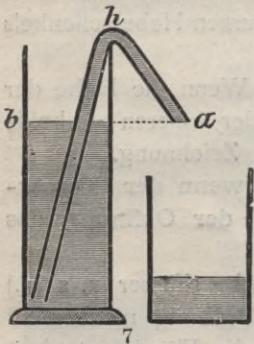
Raum entstehen, wenn nicht der äußere Luftdruck sofort Wasser von außen in die Röhre drückte. Beim Herabdrücken des Kolbens wird durch die Einrichtung der Ventile das Wasser in der Röhre gezwungen, über den Kolben zu treten. — Das Bodenventil muß unter 10 m über dem Brunnenpiegel stehen.

Für gewöhnlich bringt man den Heber durch Ansaugen zum Fließen. Diese Einleitung des Vorgangs ist aber gerade beim Unterricht sehr störend. Man verwendet deshalb mit Vortheil die lebendige Kraft des Wassers. Das Glas muß voll sein, oder man muß zu Anfang das Glas neigen, daß das Wasser bis zum Rand kommt. Der Finger muß schnell von der Oeffnung entfernt werden. Der Versuch gelingt unbedingt in der angegebenen Weise, wenn auf diese Winke geachtet wird. — Mit der einen Hand hält man das Glas Wasser und mit der anderen den Heber, dessen Oeffnung am langen Schenkel man anfangs mit dem Daumen verschließt. Aus der Figur 6 ist das Wesentliche des Versuchs zu ersehen. Der Heber steht hier mit dem langen Schenkel im Wasser, während wir bei unserm Glase den kurzen Schenkel eintauchen.



Um recht deutlich zu zeigen, unter welchen Bedingungen der Heber zu fließen aufhört, neige man, während der Heber fließt, den langen Schenkel langsam nach oben, bis die Wassersäule $ha = hb$ ist.

Der Saugbrunnen: Wegen des Transportes ist das Bodenventil mit einem Wappfropfen verschlossen, man hat also vor dem Gebrauch diesen Pfropfen zu entfernen. Wenn man das Bodenventil herausnehmen oder wieder einsetzen will, halte man die Brunnenröhre möglichst schräg, damit nichts zerbricht. Für den ersten Versuch empfiehlt es sich, ohne Bodenventil zu experimentieren, um das Steigen des Wassers beim Heben des Kolbens deutlicher hervortreten zu lassen. Der Kolben soll möglichst leicht gehen, denn ein zu strenges Schließen macht den Experimentator unsicher im Arbeiten. Vor dem Schulversuch muß der Kolben schon durchfeuchtet sein, weil hierdurch eine gute Dichtung erreicht wird.



Wenn es irgend zugänglich ist, hänge man den Saugbrunnen an einem geschützten Ort in der Klasse an einem Nagel zu eingehender Besichtigung auf.

Als Hausaufgabe liefse sich vielleicht die Frage zur Beantwortung stellen: Wie kann man aus zwei geraden Glasröhren, einer Flasche und einem dazu passenden Kork einen Heber zusammenstellen? Man läßt die beiden Röhren unter einem möglichst großen Winkel in den Kork der Flasche münden. Die Flasche mit Kork bildet das Knie des Hebers und die Verbindung der beiden Schenkel.

15.

Der Luftballon.

Apparate: Der Wasserstoffentwicklungsapparat (Kochflasche halb voll Wasser, Zinkstücke darin, Kork mit Glasrohr und Gummischlauch mit kurzer Glasröhre mit Spitze), eine Flasche Schwefelsäure, der Luftballon. Ein Wasserbecken mit wenig Wasser darin.

Die Erde umgibt eine Lufthülle = Luftmeer. In diesem Meere bewegt sich der Vogel = er fliegt. Ein Vogel, dem wir die Flügel festbinden, bleibt am Boden liegen = Stein im Wasser. Nur durch seine Muskelkraft schwingt sich der Vogel in die Höhe. Ein guter Flieger frisst täglich soviel, als er wiegt.

Im Wasser bleibt der Stein am Boden liegen, aber ein Holzstück treibt in die Höhe (Auftrieb). Wenn es einen Körper giebt, der leichter als Luft ist, so muß dieser Körper in der Luft emporsteigen. Er erleidet von der Luft einen Auftrieb. Zwei Luftarten giebt es, die leichter als Luft sind = Leuchtgas und Wasserstoff. Wenn wir ein solches Gas in eine möglichst leichte Hülle einschließen, sodafs Gas mit Hülle leichter ist als die verdrängte Luft, muß das Ganze in der Luft emporsteigen.

Versuch: Man fülle den Luftballon mit Leuchtgas oder Wasserstoff und lasse ihn steigen.

Die ersten Luftballons wurden durch heifse Luft zum Steigen gebracht. Montgolfier 5. Juni 1783. Gröfste bis jetzt erreichte Höhe 7000 m.

Wenn der Luftfahrer ein Barometer mitnimmt, was wird er an der Quecksilbersäule während des Aufsteigens beobachten? Die Säule fällt. Warum? Es ist jetzt weniger Luft über ihm als unten auf der Erde = beim Aufsteigen nimmt das Gewicht der Luft stetig ab. Mit Hülfe des Barometers bestimmt der Luftfahrer die Höhe seines Ballons über der Erde.

Bekanntlich finden sich im Vogelkörper viele Hohlräume. Ohne jedes Nachrechnen hat man gesagt, dafs die warme Luft dieser Räume den Vogel leichter mache. Ein kleiner Vogel, z. B. ein Zeisig wiegt 20 g. Wäre nun

ein Hohlraum am Zeisig mit der leichtesten Luftart, mit Wasserstoff, gefüllt, so müßte dieser Hohlraum trotzdem über 20 Liter fassen, wenn der Zeisig in der Luft gerade schweben soll. Wäre ein Raum, welchen ein Zeisig einnimmt, mit Wasserstoff gefüllt, so würde der Auftrieb des Wasserstoffs nur $\frac{1}{17}$ g heben, also $19\frac{16}{17}$ g müßte der Zeisig immer noch durch Flügelschlag, also Muskelkraft heben.

Der Luftballon ist aus Kollodium angefertigt. Wegen seiner Zerreibbarkeit ist er ganz besonders sorgfältig zu behandeln. Er kann mit Leuchtgas oder Wasserstoff gefüllt werden. Ueber die Wasserstoffbereitung wird später das Nöthige gesagt werden. Hat man in der Kochflasche Wasser, Zink und Schwefelsäure, so setzt man den Kork auf mit Glasrohr, Gummischlauch und kurzer Glasröhre mit Spitze. Auf die Glasspitze setzt man nun den Luftballon möglichst dicht auf. Er wird sich nun je nach der Stärke der Wasserstoffentwicklung mehr oder weniger schnell aufblähen. Wenn man glaubt, daß er bei weiterer Ausdehnung platzen würde, schiebt man ihn sanft von dem Glasröhrchen ab und läßt ihn steigen. Sollte dies einmal nicht stattfinden, so ist im Ballon noch zu viel atmosphärische Luft. Man drückt dann den Ballon zwischen zwei Büchern vorsichtig wieder zusammen und füllt ihn von Neuem. — Der Ballon steigt bis an die Zimmerdecke und kommt nach etwa 15 Minuten von selbst wieder herunter. Man fange ihn selbst vorsichtig zwischen beiden Händen. — Die Kollodiumhaut des Luftballons wird durch die geringste Reibung schon stark elektrisch. Man vermeide den Ballon mit den Händen zu halten; ist es durchaus nöthig, so fasse man ihn leicht in der Nähe seiner Oeffnung.

Die Wasserstoffbereitung ist sehr einfach: Man schüttet in die Kochflasche etwa $\frac{1}{3}$ der gelieferten Zinkstücke, wobei man die Kochflasche so schräg als möglich hält, damit die Zinkstücke nicht beim Hineinfallen den dünnen Glasboden durchschlagen, und gießt die Flasche halb voll Wasser. Jetzt setzt man die Flasche in das Wasserbecken, damit ein Unfall mit der Flasche nicht weiteren Schaden anrichten kann. — Alle diese Vorbereitungen wird man vor der Lehrstunde getroffen haben. — Die Schwefelsäure gießt man erst ein, wenn der Wasserstoff gebraucht wird, denn sowie die Schwefelsäure eingegossen ist, beginnt die Wasserstoffentwicklung. Man setzt nun den Kork mit Gummischlauch auf und verfährt wie bereits beschrieben. — Man hüte sich in die Flasche erst die Schwefelsäure und dann das Wasser zu gießen, da sich bei der Vereinigung von Schwefelsäure und Wasser eine so große Wärme entwickelt, daß die Schwefelsäure herumspritzt und namentlich die Flasche sehr leicht springt.

Ein Gemisch von Wasserstoff und atmosphärischer Luft heißt Knallgas, weil dasselbe bei Entzündung mit großer Gewalt explodirt. Man führe deshalb diese Versuche nicht bei Licht aus!

Zu weiterem Nachdenken über Luftdruck und Barometer würde die Frage anregen: Gesetzt, man wollte als Barometerflüssigkeit Oel verwenden, würde das Oel höher oder tiefer als 10 Meter stehen? Da Oel leichter als Wasser ist, welches im Barometer 10 Meter hoch stehen würde, so muß die Oelsäule länger als 10 Meter sein.

16.

Entstehung eines Tones. Fortpflanzung des Tones.

Apparate: Statif mit Klemme No. 2, isolirter Pendelhalter mit einer Pendelkugel, ein Weinglas, eine Violine, eine Stimmgabel, ein Glas Wasser, das Glockenspiel, die Lochsirene mit Anblasrohr und Abziehfad, Lineal, Taschenuhr.

Versuch: Man hänge eine Kugel an einem Faden auf, stelle ein Weinglas so daneben, daß die Kugel den Rand des Glases gerade berührt, schlage mit einem Stäbchen an das Glas und zeige, wie die Kugel vom Glase fortgestoßen wird.

Weitere Beispiele: Violinton, Ton der Glocken vom Glockenspiel, mit dem Finger auf den Tisch pochen, tönende Stimmgabel auf eine Wasseroberfläche halten.

Satz: Der Ton geht von einem schwingenden Körper aus.

Wir hören einen schwingenden Körper tönen, wenn sich die Schwingungen des Körpers der Luft und weiterhin dem Ohre mittheilen. Der Ton oder Schall ist eine Naturerscheinung, welche wir mit dem Ohre wahrnehmen. Die Schwingungen eines Tones pflanzen sich wohl fort, aber nicht der schwingende Körper selbst. Die Luft geht nicht weiter, sondern nur ihre Schwingungen; diese teilen sich den nächsten Lufttheilchen mit. Beispiel: Wasserwellen im Teich, wenn ein Stein hineingeworfen wird.

Versuch: Man versetze die Sirenenscheibe in lebhafte Umdrehung, blase mit der Glasröhre gegen eine Lochreihe und lasse namentlich hervortreten, wie der Ton bei abnehmender Geschwindigkeit der Sirenenscheibe tiefer wird.

Die Luft hinter der sich drehenden Sirenenscheibe wird durch Stöße in Schwingungen versetzt, es entsteht also ein Ton. Durch Beobachtung finden wir:

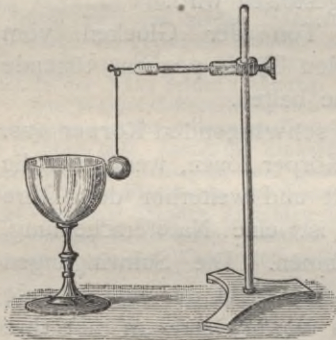
Satz: Je schneller der tönende Körper schwingt, desto höher klingt der Ton.

Tiefster Ton: 16 Schwingungen in 1 Sekunde (tiefste Orgelpfeife); Stimmgabelton $a_1 = 435$ Schwingungen in 1 Sekunde;

höchster für gewöhnliche Ohren noch wahrnehmbarer Ton: 10 000 Schwingungen in 1 Sekunde.

Der Ton pflanzt sich nicht nur in der Luft, sondern auch im Wasser, im Holz u. s. w. fort. Beispiel: Fische kommen auf ein Glockenzeichen zur Fütterung; man halte das eine Ende eines Lineals oder Papierbogens an das Ohr, auf das andere Ende drücke man die Taschenuhr.

Die Tonschwingungen eilen in der Luft in jeder Sekunde 333 m weiter. Beispiele: Holzhacker, Blitz und Donner, Pfiff des abgehenden Eisenbahnzuges und Wolke über der Dampfpeife.



Die Ausführung des ersten Versuchs erläutert der beistehende Holzschnitt. -- Will man das Schwingen einer angeschlagenen Glocke zeigen, so verfährt man folgendermaßen: Man schlägt eine Glocke vom Glockenspiel, welches man in der Hand hält, etwa mit einem Schlüssel lebhaft an, und bringt nun durch langsames, geschicktes Neigen des Apparates die kleine Metallkugel an die tönende Glocke. Man hört ein Klirren, welches durch das Zittern der Kugel verursacht wird, und sieht, wie die Kugel weit abschlägt.

Eine Stimmgabel dürfte wohl in jeder Schule vorhanden sein. Berührt man mit einer Zinke der angeschlagenen Stimmgabel eine Wasseroberfläche, so spritzt das Wasser in die Höhe.

Die Lochsirene soll die Entstehung eines Tones veranschaulichen. Um sie in Umdrehung zu versetzen, wickelt man fest auf das hinter der Scheibe befindliche Röllchen eine Schnur, faßt das Ganze mit der einen Hand am Griff und zieht mit der anderen schnell den Faden ab. Man achte immer darauf, daß die vor der Scheibe befindlichen Muttern fest angezogen sind. Die Glasröhre mit Spitze muß zur Hand sein, damit man sofort nach Abzug des Fadens die Scheibe anblasen kann. Bläst man nun durch die Röhre nach einer Lochreihe, so wird ein von der Umdrehungsgeschwindigkeit der Scheibe abhängiger Ton gehört werden. Die Ursache seiner Entstehung ist folgende: Der Luftstrom, welcher vom Mund durch die Röhre nach der Sirenscheibe geht, trifft abwechselnd auf ein Loch oder feste Wand, er theilt also der hinter der Sirenscheibe befindlichen Luft eine Reihe von Stößen, deren Anzahl in der Sekunde von der Umdrehungsgeschwindigkeit der Sirene abhängt. Diese Stöße versetzen jene Luft in Schwingungen, treffen das Ohr und werden nach ihrer weiteren Umsetzung als Ton wahrgenommen.

Wenn es irgend die Zeit erlaubt, führe man noch folgende Betrachtung aus: Ein schwingender Körper, z. B. eine Glocke, hört bekanntlich nach kurzer Zeit auf zu schwingen: der erzeugte Ton verschwindet. Es wäre nun möglich, daß der Körper immer langsamer und langsamer schwingt: er

macht 200 Schwingungen in 1 Sekunde, dann 100, 90 u. s. w., schliesslich schwingt er gar nicht mehr. Der Ton müfste also immer tiefer werden. Wir beobachten aber, dafs der Ton seine ursprüngliche Höhe bis zuletzt behält. Daraus folgt, dafs ein schwingender Körper bis zuletzt noch so schnell schwingt als zu Anfang, nur die Weite seiner Schwingungen wird kleiner und kleiner. — Wir erinnern uns einer gleichen Beobachtung aus der Mechanik: Das schwingende Pendel kommt nicht in der Weise zur Ruhe, dafs es langsamer und langsamer schwingt, sondern nur die Bogen seiner Schwingungen werden kleiner und kleiner. Das Pendelgewicht beschreibt immer kleinere und kleinere Bogen, aber auch die kleinen Bogen werden (nahezu) in derselben Zeit beschrieben wie die grofsen. Wir sagten: «Die Schwingungen eines Pendels haben gleiche Zeitdauer».

Für die häusliche Beschäftigung des Schülers sei folgende Aufgabe in Vorschlag gebracht: Es soll durch Versuche mit einer Stricknadel oder irgend einem dünnen Stäbchen untersucht werden, ob die Länge eines schwingenden Stabes einen Einflufs auf die Höhe des entstehenden Tones hat. Man legt das Stäbchen so auf den Tisch, dafs ein Theil über die Tischkante hinausragt, während der andere Theil mit der Hand fest auf die Tischplatte gedrückt wird. Den freien Theil des Stäbchens versetzt man mit der Hand in Schwingungen. Je länger der freie Theil ist, desto langsamer schwingt er, desto tiefer wird der Ton. Auch hier verweise man auf das Pendelgesetz: Je länger das Pendel ist, desto langsamer schwingt es.

17.

Resonanz. Echo.

Apparate: Ein Glas Wasser, eine Stimmgabel, ein gerader Lampencylinder.

Beobachtungen: Wir hören die Taschenuhr in gröfserer Entfernung nicht mehr ticken. Das Rollen des Eisenbahnzugs nimmt bei seinem Nahen an Stärke zu, bei seinem Entfernen ab.

Satz: Wir hören einen Ton um so deutlicher, je näher wir dem Tonerreger sind.

Versuch: Eine schwingende Stimmgabel hören wir schon bei geringer Entfernung nicht mehr tönen, wir hören aber im ganzen Zimmer deutlich den Stimmgabelton, wenn wir den Stiel der Gabel fest auf die Tischplatte drücken.

Die Schwingungen der Stimmgabel theilen sich der Tischplatte mit = diese schwingt auch mit. Die grofse schwingende Platte setzt aber weiterhin eine viel gröfsere Luftmasse in Schwingung als die kleine Stimmgabel, infolgedessen treffen

unser Ohr eine viel gröfsere Anzahl von Luftschwingungen. Die Violin- oder Klaviersaite würde man nicht schwingen hören, wenn nicht hölzerne Platten bei dem Bau der Violine oder des Klaviers verwendet würden.

Man nennt das Mitschwingen eines Körpers «**Resonanz**». Nicht blofs feste Körper schwingen mit, sondern namentlich auch luftförmige.

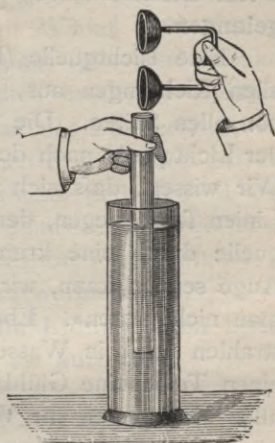
Versuch: Man fülle ein Glas voll Wasser, tauche einen Lampencylinder hinein und halte eine schwingende Stimmgabel über die Oeffnung des Cylinders. Es ist durch höheres oder tieferes Eintauchen der Glasröhre eine Luftsäule zu begrenzen, welche mit der Stimmgabel mittönt.

Beispiele: Resonanz der Luftmasse im Munde beim Sprechen = also beim Schwingen der Stimmbänder. Man lasse die Vokale sprechen und mache aufmerksam, wie die Mundhöhle und dadurch die eingeschlossene Luftmasse sich bei jedem Vokal verändert. Resonanz bei allen Blasinstrumenten: Trompete, Posaune u. s. w.

Wenn Tonschwingungen bei ihrer Ausbreitung auf Körper treffen, die nicht so schnell mitschwingen, erleiden sie von diesen Körpern eine Zurückwerfung (wie Wasserwellen am Ufer). Wenn wir gegen eine wenigstens 20 m entfernte große Häuserfläche oder Felsenwand sprechen, hören wir das gesprochene Wort zweimal, das zweite Mal klingt es, als käme die Stimme von jener Hausfläche oder Felsenwand her. Dieses zweite Tongebilde ist der zurückgeworfene ursprüngliche Ton, Der Vorgang heifst: **Echo** oder Wiederhall. Neunmaliges Echo auf dem kreisrunden Königsplatz in Kassel, 17maliges Echo am Loreleyfelsen.

Der angegebene Versuch zur Erläuterung des Mitschwingens einer Luftsäule möchte doch nicht übergangen werden. Die Einfachheit des Versuchs wird für die Anregung des Schülers von besonderem Werth sein. Nach beistehendem Holzschnitt wird der Resonanzversuch mit einer Glocke und der weiten Glasröhre ausgeführt. Im Bild ist die Röhre zu weit aus dem Wasser gehoben, die Röhre ragt etwa 5 cm heraus. Für den Klassenunterricht würde aber die Wirkung des Versuchs zu schwach sein. Hier muß der

Ton mit einer Stimmgabel erzeugt werden. Die Stimmgabel $a_1 = 435$ Schwingungen bringt eine Luftsäule von ca. 19 cm Länge zum Mitschwingen. Die Stärke der Säule ist von der Tonhöhe abhängig. War für den Glockenton unseres Glockenspiels die Stärke der weiten Glasröhre passend, so wird für den Stimmgabelton die durchschnittliche Stärke eines Lampencylinders nothwendig. — Man taucht den Cylinder in seiner gewöhnlichen Stellung in das Wasser. Ein Lampencylinder ist etwa 25 cm hoch, das Elementglas 10 cm, der Cylinder taucht 6 cm tief in das Wasser. Man wird zuerst den Lampencylinder so tief als möglich in das Wasser tauchen, dann die Stimmgabel anschlagen, sie über die Röhre halten und nun langsam die Röhre aus dem Wasser heben; bald wird der Stimmgabelton verstärkt und bei einer bestimmten Höhe des Cylinders zu einem auffallend starken Ton anschwellen.



Um den Schüler zu veranlassen, daß sich derselbe auch in seinen freien Stunden mit dem Lehrgegenstand beschäftigt, sei folgende Aufgabe vorgeschlagen: Man knüpfe das eine Ende eines dünnen Bindfadens an eine Thürklinke und das andere an ein Lineal, welches man an das Ohr hält. Wenn man durch Zupfen den Bindfaden in Schwingungen versetzt, hört man einen Ton. Es ist zu untersuchen, ob sich die Tonhöhe mit der Länge des Bindfadens ändert, und ob es auf die Tonhöhe von Einfluß ist, wenn der Bindfaden mehr oder weniger straff gespannt ist. Je länger der Bindfaden, desto tiefer der Ton. Je straffer der Bindfaden, desto höher der Ton.

18.* Sonnenschein nothwendig.

Erster Hauptsatz über das Wesen des Lichtes. Geradlinige Fortpflanzung des Lichtes. Durchsichtig und undurchsichtig. Schatten. Zurückwerfung der Lichtstrahlen. Spiegelgesetz.

Apparate: Eine Kerze, der Spiegel mit Silberbeleg.

Beobachtungen: Bei Nacht sehen wir im Zimmer keinen Gegenstand; wir müssen ein Licht anbrennen, wenn wir etwas sehen wollen. In dunkler Nacht sehen wir im Freien nur leuchtende Körper (Laterne, Sterne, Glühwurm). Am Tage erleuchtet die Sonne unsre Erde.

Erster Hauptsatz: Wir sehen einen Körper nur dann, wenn Lichtstrahlen von ihm ausgehen, die in unser Auge gelangen.

Eine Lichtquelle (Kerzenflamme) sendet Lichtstrahlen nach allen Richtungen aus, denn wir sehen den leuchtenden Körper von allen Seiten. Die Lichtstrahlen gehen auf ihrem Wege von der Lichtquelle nach dem Auge durch einen Körper, «die Luft». Wir wissen, daß sich die Lichtstrahlen in der Luft in geraden Linien fortbewegen, denn es ist jedem bekannt, daß eine Lichtquelle durch eine krumme Röhre keine Lichtstrahlen in unser Auge senden kann, wir sagen: «Durch eine krumme Röhre kann man nicht sehen». Ebenso wie in Luft bewegen sich die Lichtstrahlen auch in Wasser geradlinig fort. Tauchen wir z. B. in einen Teich eine Glühlampe, so sendet diese Lichtstrahlen nach allen Richtungen im Wasser geradlinig fort = auch die Fische können die Glühlampe nicht durch eine krumme Röhre sehen.

Satz: Die Lichtstrahlen pflanzen sich nach allen Richtungen geradlinig fort.

Stellt sich zwischen Lichtquelle und Auge aufer der Luft noch ein anderer Körper, so kann zweierlei geschehen: entweder die Lichtstrahlen gehen auch durch diesen Körper hindurch, oder sie werden zurückgeworfen. Der Körper ist entweder **durchsichtig** oder **undurchsichtig**. Es giebt keine vollkommen durchsichtigen oder undurchsichtigen Körper. Auch der scheinbar durchsichtigste Körper wirft an seiner Oberfläche einen Theil der auftreffenden Lichtstrahlen zurück, so wie bei dem scheinbar ganz undurchsichtigen Körper noch Lichtstrahlen in seine Oberflächenschicht eindringen.

Die Lichtstrahlen, welche an einem undurchsichtigen Körper vorbeigehen, begrenzen hinter diesem Körper einen dunklen Raum, den «**Schatten**».

Treffen die Lichtstrahlen auf einen **undurchsichtigen** Körper, so werden sie **zurückgeworfen**. Der undurchsichtige Körper wirft die Lichtstrahlen zurück, wie die Billardbande den ankommenden Ball zurückschlägt, oder wie eine Felsenwand die von einer Tonquelle kommenden Luftschwingungen als Echo zurückwirft. Von der Oberflächenform des undurchsichtigen Körpers wird es abhängen, in welcher Richtung der auftreffende

Lichtstrahl zurückgeworfen wird. Ist die Oberfläche des undurchsichtigen Körpers eine vollkommen glatte Ebene, so werden alle Lichtstrahlen, welche unter gleichem Winkel auftreffen — also parallele Lichtstrahlen — auch unter gleichem Winkel zurückgeworfen. [Durch Zeichnung deutlich machen.] **Spiegel.**

Versuch: Man lege einen Spiegel auf das Fensterbrett, so laß die auftreffenden Sonnenstrahlen einen hellen Fleck auf die Zimmerdecke werfen, und zeige mit einem Stäbchen in der Weise den Weg der auftreffenden und dann zurückgeworfenen Lichtstrahlen, daß man den Schatten des Stäbchens immer in den hellen Fleck an der Zimmerdecke zu werfen sucht.

Satz: Der ebene Spiegel wirft die Lichtstrahlen unter demselben Winkel zurück, unter dem sie auftreffen.

In der Lehre vom Licht halte man von der ersten Lehrstunde ab streng darauf, daß der Schüler die Erscheinungen des Lichtes nicht vom Auge ab, sondern von der Lichtquelle aus verfolgt, also die Lichtstrahlen stets zuletzt in das Auge gelangen läßt. Der Schüler soll schon durch die Ausdrucksweise zu klarer, deutlicher Anschauung gezwungen werden. Offenbar ist der Satz: Eine Lichtquelle kann durch eine krumme Röhre keine Lichtstrahlen in unser Auge senden, anschaulicher und physikalisch richtiger gedacht als der andere Satz: „Durch eine krumme Röhre kann man nicht sehen“.

Die Tonschwingungen eines Körpers werden mit dem Ohre wahrgenommen (gehört), wenn sich zwischen dem tönenden Körper und dem Ohre ein Stoff befindet, welcher dieselben Schwingungen ausführen kann wie die Tonquelle. Diesen Stoff nennen wir einen **Leiter**. So sind z. B. Luft, Holz, Wasser u. s. w. gute Leiter der akustischen Schwingungen. — In ähnlicher Weise haben wir uns die Vorgänge bei den Lichterscheinungen vorzustellen. Zahlreiche Beobachtungen zwingen uns zu der Annahme, daß sich die Theilchen einer Lichtquelle in lebhaften Schwingungen befinden, und daß ferner sich diese Schwingungen im Raume wie Wellen fortpflanzen bis in unser Auge, durch dessen Vermittlung wir die Lichtquelle wahrnehmen, das heißt also: sehen. Der Hauptsatz der Optik lautet: **Wir können einen Körper nur dann sehen, wenn von ihm Lichtschwingungen ausgehen, die bis in unser Auge gelangen.** Zwischen der Lichtquelle und dem Auge muß dann stets ein Stoff vorhanden sein, welcher die Lichtschwingungen ausführen und dadurch fortpflanzen kann. Ein Körper wie die Luft wird der Leiter der Lichtschwingungen nicht sein können, denn wir sehen z. B. die Sonne, obgleich der Weltenraum luftleer ist. Allgemein wird deshalb angenommen, daß der ganze Weltenraum mit einem feinen, unwägbaren Stoff — dem Aether — erfüllt ist, durch dessen Mitschwingen die Schwingungen der Lichtquelle bis in unser Auge übermittelt werden.

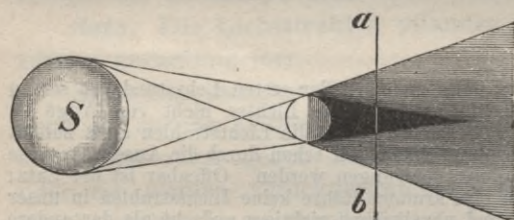
Nun scheint aber die folgende wichtige Beobachtung gegen diese Lehre von den Lichterscheinungen zu sprechen. Wenn wir zwischen eine tönende

Glocke und unser Ohr die Hand halten, werden wir doch noch — allerdings schwächer — den Ton hören. Es gehen also die akustischen Schwingungen der Luft um die Hand herum. — Anders gestaltet sich der Vorgang, wenn wir zwischen eine Kerzenflamme und das Auge die Hand halten. Wir sehen in diesem Falle die Lichtquelle nicht mehr. Noch viele andere Beobachtungen lehren uns, dafs wir eine Lichtquelle nur dann sehen, wenn sich auf der geraden Linie von der Lichtquelle nach dem Auge kein Körper befindet, welcher den Durchgang der Lichtschwingungen verhindert.

Nach eingehenderen Forschungen ist aber dieser letzte Satz nicht so ohne weiteres richtig. Es gehen auch Lichtschwingungen um die Hand herum, nur sind dieselben so schwach, dafs sie unter den gewöhnlichen Beobachtungsverhältnissen nicht wahrgenommen werden können.

Unser Satz lautet genau: Von den Lichtschwingungen sind für gewöhnlich nur diejenigen wirksam, welche in gerader Linie von der Lichtquelle ausgehen. — Abgekürzt sagt man: Das Licht pflanzt sich geradlinig fort.

Unter der Annahme, dafs für den grundlegenden Unterricht in der Physik nur 40 Lehrstunden zur Verfügung stehen, kann die Erscheinung des Schattens nur kurz berührt werden. Ist mehr Zeit gegeben, so liefse sich vielleicht Folgendes bemerken: Die Schattenfigur ist abhängig von der Entfernung des Schirmes, auf welchem uns der Schatten sichtbar wird, und des undurchsichtigen Körpers von der Lichtquelle. In der Figur sei *S* die Sonne, dann erhellt ohne weiteres, dafs wir hinter der Kugel zwei Schattenräume zu unterscheiden haben:



10.

der Kugel einen schwarzen Kreis beobachten, welcher von einem schwach beleuchteten Kreisring begrenzt ist. — Die Schattenfigur erscheint nur bei geringer Entfernung des Schirmes von der Kugel scharf und deutlich, weiterhin geht der Kernschatten allmählich in den Halbschatten über. — Der Kernschatten eines Stabes ist bei Sonnenlicht ungefähr 105 mal so lang als der Stab breit ist. Benutzen wir zu dem Versuch eine Stricknadel, deren Durchmesser 2 mm beträgt, so reicht der Kernschatten bis 21 cm vom Stabe weg.

Der Spiegelversuch bedarf zu seiner Erläuterung nur weniger Worte. Man wird gut thun, wenn man den Versuch einmal vorher im Schulzimmer ausführt und zwar zu der Tageszeit, in welche die Physikstunde fällt. Man hält in das Bündel Sonnenstrahlen, welche auf den Spiegel treffen, etwa einen Bleistift. Die richtige Lage des Bleistifts erkennt man an der Lage des Schattens, dieser muß immer in dem Lichtfleck liegen, welchen man durch die Spiegelung der Sonnenstrahlen an der Zimmerdecke erhält. Man geht nun mit dem Bleistift von der Sonne weg nach dem Spiegel und dann weiter nach der Zimmerdecke zu, während immer darauf zu achten ist, dafs der Schatten des Bleistifts in jenem Lichtfleck bleibt. Wenn man die Anschaulichkeit dieses Versuchs noch durch eine einfache Zeichnung unterstützt hat man für den weiteren Aufbau entwickelterer Vorstellungen über das Wesen der Spiegelung genügenden Grund gelegt.

Man vergesse nicht, daß der Lichtfleck größer ist als die Spiegelfläche. Der Spiegel wirkt wie eine Oeffnung! Weiteres findet man in dem Buch zu unserem Experimentirkasten Seite 63—65 und 69.

Zur selbstthätigen Beobachtung seitens des Schülers und zur Vorbereitung für die Lehrstunde 19 dient folgende Aufgabe: Man schneide in die Mitte eines Papierblattes eine Oeffnung, bringe das Blatt so vor den Spiegel, daß das Auge das Spiegelbild der Oeffnung ungefähr in der Mitte des Spiegels sieht. Im Spiegelbild der Oeffnung sieht man Gegenstände des Zimmers oder der Landschaft. Man betrachte diese bei verschiedener Entfernung des Auges vom Spiegel. — Je näher das Auge dem Spiegel ist, desto mehr Gegenstände erblickt es in dem Spiegelbild der Oeffnung. Das Auge erhält bei Ausführung des Versuchs den Eindruck, als blickte es durch die wirkliche Blattöffnung. Der Schüler empfindet, daß das Spiegelbild kein wirkliches Bild sein kann, da es sich verändert, wenn der Beobachter seinen Platz wechselt. Die Oeffnung im Blatt habe etwa 2 cm Durchmesser.

19.

Spiegelbild. Zerstreutes Licht. Zweiter Hauptsatz über das Wesen des Lichtes.

Apparate: Der Spiegel, eine Kerze, ein Blatt schwarzes Papier mit einer feinen Oeffnung in der Mitte, die Mattglasplatte.

Beobachtung: Wenn Lichtstrahlen eines Gegenstandes auf einen Spiegel treffen und durch Zurückwerfung in unser Auge gelangen, sagen wir: das Auge sieht den Gegenstand **im** Spiegel. Durch Zeichnung deutlich machen. Wir verlegen stets einen Gegenstand in die Richtung, aus welcher die Lichtstrahlen des Gegenstandes unser Auge treffen. Wir sehen im Spiegel in Wirklichkeit den Gegenstand selbst, wir glauben aber nur sein Bild zu sehen, weil wir den Gegenstand in einer anderen Richtung wissen. Den Spiegel selbst sehen wir nicht, nur den Rand.

Wie kein durchsichtiger Körper **alle** Lichtstrahlen durchläßt, so wirft auch kein Spiegel alle Lichtstrahlen zurück. Auch aus diesem Grund scheint uns das Spiegelbild etwas anderes zu sein als der Gegenstand selbst.

Sobald die Oberfläche des undurchsichtigen Körpers rauh ist, werden auftreffende parallele Lichtstrahlen nach **allen** Richtungen zurückgeworfen. Die rauhe Oberfläche kann aus unzählig

vielen kleinen Spiegeln zusammengesetzt gedacht werden, die alle möglichen Lagen einnehmen. Man sagt: das auftreffende Licht wird «zerstreut».

Dieses weiße Papier sendet von sich selbst keine Lichtstrahlen aus = wir können es deshalb in der Nacht nicht sehen. Am Tage treffen Sonnenstrahlen auf das Papier, die nach allen Richtungen zurückgeworfen werden. Es gelangen so einige in das Auge des Schülers A, in das Auge des Schülers B, u. s. w., mithin sehen A, B u. s. w. das weiße Papier.

Die Lichtstrahlen aber, die von dem weißen Papier aus die Augen von A, B u. s. w. treffen, sind doch Sonnenstrahlen, mithin müssen A, B u. s. w. in der Richtung nach dem Papier zu wie in Spiegeln unzählig viele kleine Sonnen sehen! In Wirklichkeit ist das auch der Fall, sie liegen aber so dicht beisammen, daß das Auge nur eine helle weiße Fläche sieht.

Wollte man auf dem weißen Papier **nur ein** Bild der Lichtquelle sehen, so müßte man Sorge tragen, daß jeder Punkt der Lichtquelle nur einen Lichtstrahl nach dem Papier sendet. Durch eine einfache Vorrichtung läßt sich das erreichen.

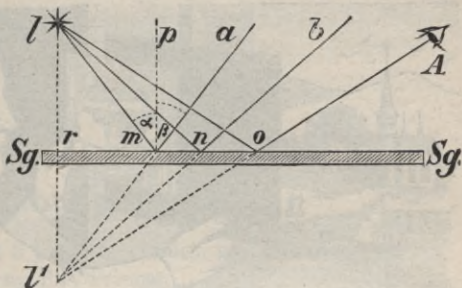
Versuch: Man versehe die Mitte eines Blattes schwarzen Papiers mit einer kleinen Oeffnung, halte das Blatt vor eine Kerzenflamme und beobachte auf dem weißen Papier das entstehende Bild. Durch Zeichnung deutlich machen.

Zweiter Hauptsatz: Jeder von einem leuchtenden Punkte ausgehende Lichtstrahl giebt, wenn er auf einem Schirm aufgefangen wird, ein Bild des leuchtenden Punktes. Der leuchtende Gegenstand setzt sich aus leuchtenden Punkten zusammen, die Bilder dieser Punkte geben das Bild des Gegenstandes.

Man entwerfe auf gleiche Weise ein Bild der Gegenstände vor dem Fenster.

Der Lichtstrahl selbst ist unsichtbar wie die Luftschwingungen eines Tones. Wir glauben Sonnenstrahlen zu sehen, wenn die Lichtstrahlen der Sonne in der Luft schwebende Staubtheilchen treffen.

Man würde an der Wandtafel etwa nebenstehende Figur anzeichnen. Der leuchtende Punkt l sendet ein Bündel Lichtstrahlen auf dem Wege loA nach dem Auge. Das Auge erhält so den Eindruck, als kämen die Lichtstrahlen von der Richtung $l'o$ her, es verlegt deshalb den Gegenstand, welcher diese Lichtstrahlen aussendet, in die Richtung und in die Entfernung $l'A$, sodass $l'oA = loA$. Der Beobachter sieht den leuchtenden Punkt l soweit hinter dem Spiegel, als er vor dem Spiegel liegt.

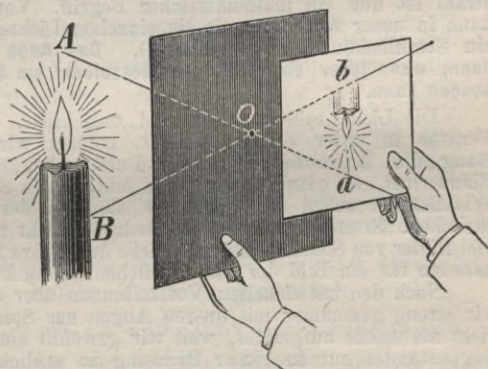


11.

Der Versuch mit der Kerzenflamme, feinen Oeffnung und dem weissen Papier ist ein Grundversuch in der Lehre vom Licht. Er mufs unter allen

Umständen dem Schüler gezeigt werden. Die Ausführung des Versuchs ist wohl ohne weiteres aus dem beistehenden Holzschnitt ersichtlich. Das

schwarze Papier halte man so, dafs die schwarze Seite nach der Mattglasplatte, welche man später an Stelle des weissen Papiers verwendet, gerichtet ist. Die feine Oeffnung bohre man mit einer Stecknadel in die Mitte des Blattes. Das Bild auf der Glasplatte wird um so deutlicher, je weniger Seitenlicht auf den Schirm fällt. Das schwarze Papier sei von der Kerzenflamme etwa 10 cm entfernt. Man achte darauf, dafs das Auge des Beobachters vor Einschalten der Mattglasplatte durch die feine Oeffnung gerade in die Flamme sieht.

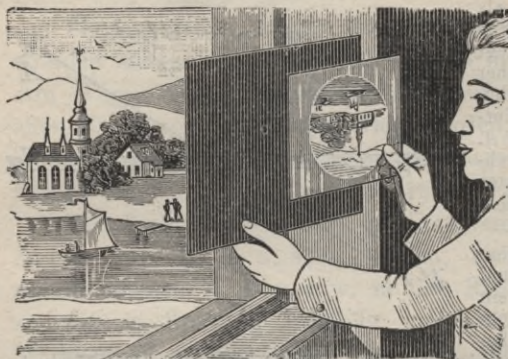


12.

Das Bild ist umgekehrt: was beim Gegenstand oben und rechts ist, zeigt sich auf dem Bilde unten und links. Eine Betrachtung des beistehenden Holzschnittes erklärt wohl sofort diese Erscheinung. $A'Oa$ und Boa bedeuten Lichtstrahlen, die von dem Punkte A und B der Lichtquelle ausgehen, in O durch die feine Oeffnung im schwarzen Papier gelangen und in den Punkten a und b den Schirm treffen. Das Bild wird um so gröfser, je weiter man den Schirm von der Oeffnung entfernt. Diese Thatsache ist aus der Figur ohne weiteres ersichtlich. Aber was das Bild an Gröfse zunimmt, verliert es an Lichtstärke und Deutlichkeit.

Statt der Kerzenflamme kann man weiterhin die Gegenstände vor dem Fenster benutzen. Je besser sie von der Sonne beleuchtet sind, desto lichtstärker wird das Bild ausfallen. Man gehe in den dunklen Hintergrund des

Zimmers, um das Seitenlicht möglichst abzuhalten. In der Figur steht der Beobachter zu nahe am Fenster. Für ein gutes Gelingen der Versuche ist ein Verdunkeln des Zimmers durchaus überflüssig, man achte nur darauf, daß nicht



13.

direktes Licht auf die Mattglasplatte fällt. — Wir haben den Wunsch, daß jeder Schüler das schwarze Papier und die Mattglasplatte in die Hand bekommt, damit die Uebersichtlichkeit und Einfachheit dieses grundlegenden Versuchs gegenüber der Vorführung der einfachen Dunkelkammer zur rechten Geltung kommt.

Wir nennen die Lichtschwingungen, welche sich auf einer von der Lichtquelle ausgehenden geraden Linie befinden, einen Lichtstrahl. Von einer Lichtquelle gehen Lichtstrahlen nach allen Richtungen aus. Der einzelne Lichtstrahl ist nur ein mathematischer Begriff. Von einem leuchtenden Punkte kann in unser Auge niemals ein einzelner Lichtstrahl gelangen, sondern stets ein Strahlenbündel (Strahlenkegel). **Das Auge sieht einen Gegenstand nur dann, wenn jeder einzelne Punkt desselben ein Strahlenbündel in unser Auge senden kann.**

Die Lichtstrahlen selbst sind unsichtbar. Wenn die Sonne durch das Fenster in unser Zimmer scheint, können wir für gewöhnlich nicht den Gang der Lichtstrahlen in der Luft, sehen, ist aber viel Staub in der Zimmerluft, so glauben wir ganz deutlich die Sonnenstrahlen zu sehen. In Wirklichkeit sehen wir aber nur die von der Sonne erleuchteten Staubtheilchen. Streng genommen ist auch das nicht richtig. Wir sehen unendlich viel Bilder von Sonnenpunkten, welche durch ihre Entstehung so geordnet sind, daß sie für ein Bild der Staubtheilchen gelten können.

Nach den entwickelten Vorstellungen über das Wesen des Lichtes sehen wir streng genommen mit unsren Augen **nur** Spiegelbilder. Sie werden meist nicht als solche aufgefaßt, weil wir gewöhnt sind, im Spiegel das Bild eines Gegenstandes nur in einer Richtung zu erblicken, während durch die Zerstreuung der Lichtstrahlen an der Oberfläche eines rauhen Körpers Spiegelbilder aus allen Richtungen gesehen werden können.

Hausaufgabe: Wenn der Beobachter *A* mittelst eines Spiegels die Person *B* erblickt, muß dann umgekehrt *B* von *A* etwas sehen können? Ja, *B* muß wenigstens das Auge von *A* sehen können. — Von *B* gehen Lichtstrahlen nach dem Spiegel und werden dort so reflektirt, daß sie in das Auge des *A* gelangen. Auf demselben Wege können dann auch Lichtstrahlen von *A* nach dem Spiegel und weiter nach *B* gelangen.

Wie ist die blaue Glasplatte und der Spiegel anzuordnen, daß der Beobachter einen Gegenstand wie durch zwei blaue Glasplatten sieht? Der Lichtstrahl, welcher vom Gegenstand in das Auge gelangt, muß durch die bunte Glasplatte gehen, einmal auf seinem Wege vom Gegenstand zum Spiegel und dann vom Spiegel in das Auge. — Man sieht also durch die Buntglasplatte nach dem Spiegel und betrachtet in ihm diejenigen Gegenstände, deren Lichtstrahlen, ehe sie den Spiegel erreichten, bereits durch das Buntglas gegangen waren. Zum Gegenstand nehme man eine Kerzenflamme oder eine

hell beleuchtete Landschaft. Das Buntglas sei im Anfang etwa 5 cm vom Spiegel entfernt. Man sehe auch einmal über den Rand des Buntglases in den Spiegel, um den Lichtunterschied besser beobachten zu können.

20.

Brechung.

Apparate: Ein Blatt Papier mit 3 parallelen Linien, ein Glas Wasser, eine Kerze, das Prisma.

Undurchsichtige Körper werfen die Lichtstrahlen zurück, durchsichtige Körper lassen die Lichtstrahlen hindurch. Wir nennen einen durchsichtigen Körper auch «optisches Mittel». Optik = Lehre vom Licht.

Das wichtigste optische Mittel ist für uns die Luft, für die Fische ist es das Wasser. Wir wissen, daß sich die Lichtstrahlen in einem und demselben optischen Mittel in geraden Linien fortpflanzen. Wir machen von dieser Eigenschaft unzähligen Gebrauch. Wollen wir von unserm Auge nach einem entfernten Punkte eine gerade Linie mit Stangen abstecken, so errichten wir die Stangen so, daß die von dem entfernten Punkte kommenden Lichtstrahlen immer am Rande der Stangen entlang nach unserm Auge gehen. Durch Zeichnung deutlich machen.

Eine wichtige Thatsache ist es nun, daß die Lichtstrahlen ihre Richtung ändern, wenn sie von einem optischen Mittel in ein anderes optisches Mittel übergehen. Der Lichtstrahl pflanzt sich also im ersten optischen Mittel geradlinig fort, an der Grenzfläche aber zwischen den beiden Mitteln ändert er seine Richtung, um dann im zweiten Mittel wieder geradlinig weiter zu gehen. Zeichnung.

Satz: Der Lichtstrahl wird an der Grenzfläche zweier optischer Mittel gebrochen. Man nennt den Vorgang «Brechung»

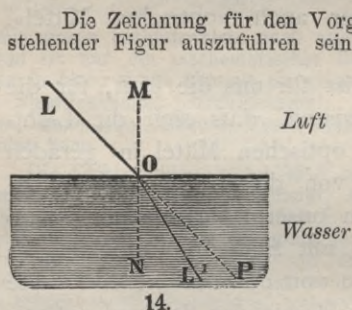
Versuch: Man zeichne auf ein Blatt Papier drei parallele, starke Linien und setze auf das Papier ein Glas Wasser. Es ist zu vergleichen die Lage der Linien, welche man durch das

Wasser in schräger Richtung sieht mit der Lage der Linien, die man neben dem Glase erblickt.

Andere Beispiele: An einer Flamme vorbei nach einem entfernten Gegenstand sehen, durch das Prisma eine Kerzenflamme betrachten (man sehe von dem bunten Saum der Flamme ab).

Satz: Lichtstrahlen, welche rechtwinklig zur Grenzfläche aus einem optischen Mittel in das andere übergehen, werden nicht gebrochen.

Zeichnung. Den ersten Versuch bei geradem Hineinsehen in das Wasser zu wiederholen.



Die Zeichnung für den Vorgang der Brechung würde etwa nach beistehender Figur auszuführen sein. Ob nun der Lichtstrahl in der Richtung LO kommt und in der Richtung OL' weiter geht oder umgekehrt, ist für die Ablenkung ganz gleich. — Nehmen wir an, das Auge befände sich bei L , dann muß der Lichtstrahl von L' kommen. Dieser Lichtstrahl trifft das Auge aber nicht in der Richtung $L'O$, sondern in der Richtung PO . Das Auge versetzt infolgedessen den Gegenstand, von dem der Lichtstrahl kommt, auch in die Richtung OP , der Gegenstand erscheint verschoben, wie das der Versuch mit den 3 Parallelen recht deutlich zeigt.

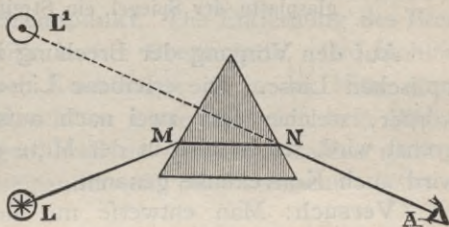
Um den Vorgang der Brechung dem Schüler vorzuführen, wurde nicht der übliche Versuch mit der Münze im Wasserbecken gewählt, weil derselbe zu umständlich ist. Der vorgeschlagene Versuch mit den 3 Parallelen unter einem Glas Wasser ist ja auch nicht ganz einwandfrei, da die von den Parallelen ausgehenden Lichtstrahlen erst durch Luft, dann durch Glas, dann durch Wasser, dann wieder in die Luft gehen, allein der Versuch hat den großen Vortheil, daß jeder Schüler schnell und richtig beobachten wird. Die Linien sollen scharf und tiefschwarz sein, ihr Abstand betrage etwa 1 cm. Man wird sie so lang ziehen, daß rechts und links die Linien unter dem Glase hervorragen, denn nun treffen das Auge gleichzeitig Strahlen, die gebrochen sind, und solche, die neben dem Glase her nur in der Luft gegangen sind, also keine Brechung erfahren haben. Auf diese Weise kann der Beobachter den Unterschied im Gang der Lichtstrahlen auffällig sehen. — Die Größe der Verschiebung ist von der Höhe des Wassers im Glase abhängig, man wird also das Glas möglichst voll Wasser gießen.

Wenn man aus größerer Entfernung über eine Kerzenflamme weg nach einem entfernten Gegenstand, z. B. Baum sieht, bemerkt man, wie die Blätter des Baumes zittern. Man kann denselben Vorgang im Hochsommer sehr gut beobachten, wenn man über ein heißes Schieferdach hinweg nach einem entfernten Gegenstand sieht. Die Erscheinung wird durch die Thatsache er-

klärt, daß heiße Luft ein anderes optisches Mittel ist wie kalte Luft. Wenn also der Lichtstrahl aus heißer Luft in kalte übergeht oder umgekehrt, erfährt er jedesmal eine Brechung. Da sich nun um die Kerzenflamme unzählige Luftwirbel drehen, so erfahren die Lichtstrahlen die verschiedensten Ablenkungen, und das Auge erhält den Eindruck, als ob die Strahlen aus sendenden Gegenstände zitterten.

Während einige Schüler die eben beschriebene Beobachtung anstellen, läßt man dieselbe Kerzenflamme von anderen Schülern durch das Prisma be trachten. Das Prisma stellt man

etwa 1 m entfernt von der Kerzenflamme L auf. Entsprechend dem im Bild angegebenen Wege der in das Auge des Beobachters gelangenden Lichtstrahlen $LMNA$ verlegt das Auge die Kerzenflamme nach L^1 . Das Auge blickt also garnicht nach der Flamme, sondern seitwärts, wie die Figur zeigt. Den farbigen Saum der Flamme läßt man vorläufig unerklärt. — Die

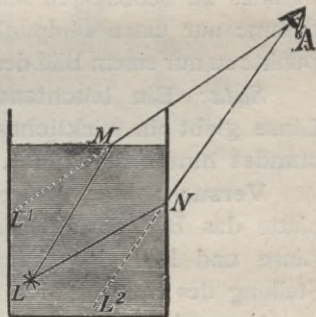


15.

richtige Stellung des Prismas findet man durch den Versuch. Man wird das Prisma auf Bücher stellen, sodafs die Schüler, ohne das Prisma in die Hand nehmen zu müssen, nach der Flamme durchsehen können. Zweckmäfsig ist es, wenn an der Wand des Schulzimmers eine Stelle angegeben wird, nach welcher der Schüler von bestimmtem Orte aus erst über das Prisma weg sieht, um dann, wenn er das Auge senkt, durch das Prisma die Flamme zu erblicken.

Für das Verhalten senkrecht auftreffender Lichtstrahlen giebt die Linie NOM der ersten Figur dieses Abschnittes eine Vorstellung. Wenn man auf die Parallelen von oben senkrecht herabsieht, bemerkt man keine Verschiebung der unter dem Wasser befindlichen Parallelenstücke.

Folgende Aufgabe wird dem Schüler Gelegenheit bieten, den Unterrichtsstoff nochmals durchzudenken: Auf dem Boden eines mit Wasser gefüllten Glases liege nach der Wand zu ein Steinchen. Wenn man nun von oben in schiefer Richtung nach dem Steinchen sieht, erblickt man dasselbe doppelt. Es soll diese Erscheinung beobachtet und nach dem Brechungsgesetz erklärt werden. In der Figur sei L das Steinchen. Von demselben können die zwei Strahlenbündel LMA und LNA in das Auge des Beobachters gelangen. Letzterer sieht also in Richtung der beiden ankommenden Strahlenbündel je ein Steinchen, das eine in L^1 , das andere in L^2 . Die Schüler haben darüber eine Handzeichnung anzu fertigen.



16.

21.* Sonnenschein nothwendig.

Die Linse.

Apparate: Statif mit Klemme No. 2, die beiden Linsen, eine Kerze, die Mattglasplatte, der Spiegel, ein Streifen schwarzes Papier.

Auf den Vorgang der Brechung beruht die Wirksamkeit der optischen Linse. Die erhabene Linse ist ein geschliffener Glaskörper, welcher von zwei nach außen gewölbten Flächen begrenzt wird, sie ist also in der Mitte dicker wie am Rande. Sie wird auch Konvexlinse genannt.

Versuch: Man entwerfe mit der Linse auf der Mattglasplatte das Bild einer Kerzenflamme.

Kurze Erläuterung: Von jedem Punkt der Kerzenflamme gehen Lichtstrahlen nach allen Richtungen aus. Diejenigen Lichtstrahlen eines Punktes, welche durch die Linse gehen, werden so gebrochen, daß sie sich hinter der Linse wieder in einem Punkte schneiden. Hält man an diese Stelle einen Schirm, so wird dort nur ein Bild des leuchtenden Punktes zu beobachten sein. Da nun jeder Punkt der Kerzenflamme nur einen Bildpunkt giebt, so vereinigen sich alle Bildpunkte zu nur einem Bild der Kerzenflamme. Name: **Sammellinse.**

Satz: Ein leuchtender Gegenstand vor der erhabenen Linse giebt ein wirkliches, aber umgekehrtes Bild des Gegenstandes hinter der Linse.

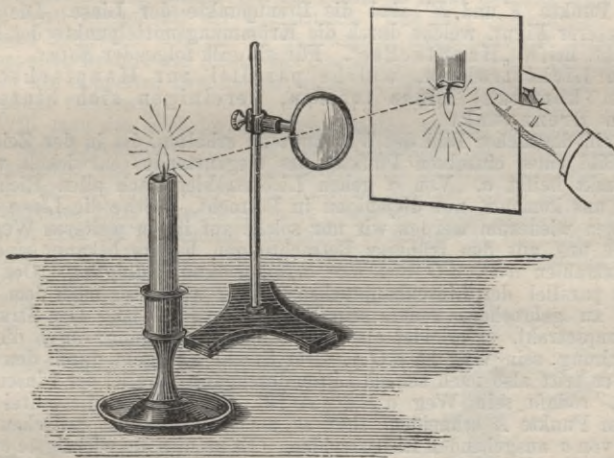
Versuch: Man entwerfe mit der Linse auf der Mattglasplatte das Bild einer Kerzenflamme, bringe nun aber zwischen Linse und Bild den Spiegel und zeige jetzt bei verschiedener Stellung des Spiegels den Ort der Bilder.

Versuch: Man entwerfe mit der Linse auf der Mattglasplatte das Bild einer Kerzenflamme und beobachte bei verschiedener Entfernung der Flamme von der Linse die Größe und Lage des Bildes.

Satz: Je näher wir die Kerzenflamme der Linse bringen, desto größer wird das Bild. Entfernen wir die Flamme von der Linse, so wird das Bild kleiner. Das Bild ist stets umgekehrt.

Aufmerksam machen: Je gröfser das Bild, desto lichtschwächer ist es. — Weitere **Versuche**: Entwerfen eines Bildes der Landschaft, eines Sonnenbildes. Im Sonnenbild treffen nicht nur alle Lichtstrahlen, sondern auch alle Wärmestrahlen nahezu auf einen Punkt zusammen, daher grofse Wärmewirkung in diesem Punkt. Schwarzes Papier versengen. **Brennglas**. Der Ort des Sonnenbildes heifst: **Brennpunkt**. Die Entfernung des Brennpunktes von der Linsenmitte heifst: **Brennweite**. Die Hohllinse oder Zerstreuungslinse auch Konkavlinse ist in der Mitte dünner wie am Rande. Mit einer solchen Linse läfst sich kein Bild auf der Mattglasplatte auffangen, weil sie die Lichtstrahlen nicht zusammenführt, sondern auseinanderreifst oder zerstreut.

Die Ausführung des wichtigen Versuches „die Entstehung eines Linsenbildes“ zeigt der Holzschnitt. Wenn der Schirm richtig eingestellt ist, erblickt man auf dem Schirm das umgekehrte Bild der Kerzenflamme. Eine Verdunklung des Zimmers ist bei diesem Versuch durchaus unnöthig, man vermeide nur, dafs der Schirm vom Tageslicht hell beleuchtet wird. Es ist zu

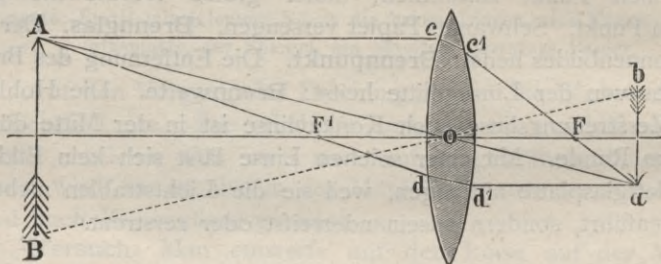


17.

wünschen, dafs einzelne Schüler die Mattglasplatte in die Hand bekommen, um das Linsenbild selbst aufzufangen. — Wir legen Gewicht darauf, dafs man als ersten Gegenstand des Linsenbildes eine Kerzenflamme wählt, da hierbei die wichtigste optische Eigenschaft des Gegenstandes: dafs er Lichtstrahlen aussendet, deutlich zur Anschauung gebracht wird. Die Sonne kann man nicht verwenden, da hierbei die Umkehrung des Bildes nicht gezeigt

werden kann, abgesehen noch davon, daß das Bild zu lichtstark wird, und daß ein Nähern oder Entfernen der Linse von der Sonne (im optischen Sinne) unausführbar ist (die Bildgröße ändert sich nicht).

Die nachstehende Figur erläutert die Wirkung einer Linse auf den Gang der Lichtstrahlen, welche durch die Linse hindurchgehen. Es ist ganz gleich, ob AB oder ab der Gegenstand ist; ist AB Gegenstand, so ist ab Bild, oder



18.

umgekehrt. Der Gegenstand sei der Pfeil ab . Der optische Mittelpunkt der Linse, dessen Lage von der Krümmung und der Glasart der Linse abhängt, sei der Punkt O . Für ihn gilt folgender Satz:

Alle Lichtstrahlen, welche durch den optischen Mittelpunkt einer Linse gehen, werden nicht gebrochen, sondern erfahren nur eine sehr kleine parallele Verschiebung. Man nennt sie „Hauptstrahlen“.

Die Punkte F und F^1 sind die Brennpunkte der Linse. Die Gerade $F^1 O F$ unserer Figur, welche durch die Krümmungsmittelpunkte der Linsenflächen geht, heißt „Hauptachse“. Für sie gilt folgender Satz:

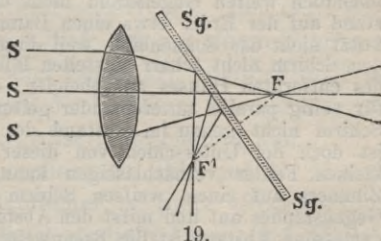
Alle Lichtstrahlen, welche parallel zur Hauptachse eine erhabene (konvexe) Linse treffen, vereinigen sich hinter der Linse im Brennpunkt.

Um ein deutliches Bild des Vorgangs zu erhalten, ist in der Zeichnung nur das Bild eines einzelnen Punktes des Gegenstandes entwickelt worden. Dieser Punkt heißt a . Von a gehen Lichtstrahlen nach allen Richtungen aus. Für uns kommen nur diejenigen in Betracht, welche die Linse treffen. Unter diesen wiederum werden wir nur solche auf ihrem weiteren Wege verfolgen, die uns aus den früheren Betrachtungen bereits bekannt sind. Die drei Lichtstrahlen ad^1 , aO und ac^1 erfüllen diese Bedingung. Der Strahl ad^1 trifft parallel der Linsen­hauptachse auf, er wird also nach dem Brennpunkt F^1 zu gebrochen, sodafs sein Weg $ad^1 d F^1 A$ ist. Der Strahl aO ist ein Hauptstrahl, er erleidet also bei seinem Durchgang durch die Linse keine Brechung, sein Weg ist aOA . Der Strahl ac^1 geht durch den Brennpunkt F , er tritt also nach seinem Linsendurchgang parallel der Linsen­hauptachse aus, sodafs sein Weg $ac^1 c A$ ist. So wie sich diese drei Lichtstrahlen im Punkte A schneiden, thun es auch alle übrigen zwischen ihnen liegenden von a ausgehenden Lichtstrahlen. (Es ist dies die wichtigste optische Eigenschaft der Convexlinse.) Im Punkt A entsteht mithin ein Bild des Gegenstandspunktes a . In ganz gleicher Weise lassen sich die Bilder der übrigen Punkte des Gegenstandes entwickeln, sodafs schließ­lich AB als Bild des Gegenstandes ab entsteht. — Wir sehen, daß das Bild umgekehrt erscheint und größer als der Gegenstand.

Es wird vielleicht auffallen, daß der wenig bekannte Versuch mit Linse und Spiegel im grundlegenden Unterricht Aufnahme gefunden hat; allein wir würden es bedauern, wenn gerade dieser Versuch übergangen werden sollte.

Der Versuch trägt viel zum Verständniß der Spiegelung und Brechung bei, der Schüler wird gezwungen, seine optischen Vorstellungen etwas herzhafter, frei beweglicher zu behandeln. Im Holzschnitt, der wie fast alle Figuren aus unserem Buche zum Experimentirkasten entnommen ist, wird ein Sonnenbild vom Spiegel zurückgeworfen nach F^1 , er deutet also die Ausführung unseres Versuches nur an.

Für den Versuch, welcher die Abhängigkeit der Entfernungen von Gegenstand und Bild von der Linse darlegen soll, sei der Vollständigkeit wegen der **Hauptsatz für die Sammellinse** hier angeführt: Befindet sich der Gegenstand um die doppelte Brennweite vor der Konvexlinse, so erscheint das Bild um die doppelte Brennweite hinter der Linse. Die Entfernung von Gegenstand und Bild ist dann die kleinste überhaupt erreichbare, sie ist gleich der vierfachen Brennweite der Linse. Das Bild ist dann an Größe gleich dem Gegenstand.

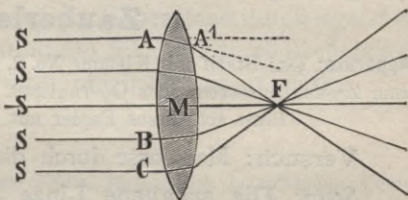


19.

Wer diesen Satz festhält, wird niemals bei dem Gebrauch einer Konvexlinse in Verlegenheit kommen. Rückt der in der doppelten Brennweite befindliche Gegenstand nach der Linse zu, so entfernt sich das Bild von der Linse und wird größer als der Gegenstand. Das Bild bewegt sich aber bedeutend schneller fort als der Gegenstand, denn wenn der Gegenstand aus der doppelten Brennweite bis in die einfache Brennweite, also bis in den Brennpunkt gerückt ist, hat sich das Bild aus der doppelten Brennweite bis in das Unendliche fortbewegt. — Entfernt sich der in der doppelten Brennweite befindliche Gegenstand von der Linse, so rückt das Bild nach der Linse zu und wird kleiner als der Gegenstand. Das Bild bewegt sich jetzt aber bedeutend langsamer fort als der Gegenstand, denn wenn der Gegenstand aus der doppelten Brennweite bis in das Unendliche gelangt ist, hat sich das Bild nur von der doppelten Brennweite bis in die einfache Brennweite, bis in den Brennpunkt fortbewegt.

Will man das Bild der vom Schulfenster aus zu sehenden Gegenstände (Haus oder Landschaft) mit der Linse entwerfen, so stelle man sich mit Mattglasplatte und Linse im Hintergrund des Schulzimmers auf und richte die Linse auf die betreffenden Gegenstände, also vor allem nach dem Fenster. Die Glasplatte muß etwa 10 cm weit hinter die Linse gehalten werden. Will man ein Sonnenbild entwerfen, so stellt man die Linse so auf, daß eine ihrer beiden Flächen von den Sonnenstrahlen voll getroffen wird, und hält den Schirm etwa 10 cm hinter die Linse. Auf dem Schirm erblickt man das runde Sonnenbild, welches bei theilweise bewölktem Himmel mit Wolken umgeben ist und zur Zeit einer Sonnenfinsternis eine sichelförmige Gestalt hat.

Der Brennpunkt F ist das Bild eines in der Linsenoptischen Achse liegenden unendlich weit entfernten Lichtpunktes. Bei einer solchen Lage des Gegenstandes müssen diejenigen von ihm ausgehenden Lichtstrahlen, welche die Linse treffen, als parallel untereinander gelten. Die Sonnenstrahlen sind nicht alle untereinander parallel, nur die von einem Punkt der Sonne ausgehenden Lichtstrahlen kann man als Parallelen betrachten. Der Winkel, welchen zwei Sonnenstrahlen bilden, von denen der eine vom äußersten Punkt des linken Sonnenrandes,



20.

Der Brennpunkt F ist das Bild eines in der Linsenoptischen Achse liegenden unendlich weit entfernten Lichtpunktes. Bei einer solchen Lage des Gegenstandes müssen diejenigen von ihm ausgehenden Lichtstrahlen, welche die Linse treffen, als parallel untereinander gelten. Die Sonnenstrahlen sind nicht alle untereinander parallel, nur die von einem Punkt der Sonne ausgehenden Lichtstrahlen kann man als Parallelen betrachten. Der Winkel, welchen zwei Sonnenstrahlen bilden, von denen der eine vom äußersten Punkt des linken Sonnenrandes,

der andere vom äußersten Punkt des rechten Sonnenrandes kommt, und die beide auf einen Punkt der Erdoberfläche treffen, beträgt im Mittel 32 Minuten 33 Sekunden.

Wenn man die Brennweite der Linse bestimmen will, wählt man als unendlich weiten Gegenstand nicht die Sonne, sondern einen fernen Gegenstand auf der Erde, etwa einen Baum, ein Haus oder Aehnliches. Man benutzt nicht das Sonnenbild, weil dieses zu sehr blendet und sich deshalb auf dem Schirm nicht scharf einstellen läßt. Wenn nun auch die von einem Punkt des entfernten Hauses ausgehenden, die Linse treffenden Lichtstrahlen nicht für völlig parallel untereinander gelten können, sodafs also das Bild auf dem Schirm nicht genau im Abstand der Brennweite von der Linse entsteht, so ist doch der Unterschied von dieser Entfernung so gering, dafs man den kleinen Fehler vernachlässigen kann. — Man fängt im Hintergrund des Zimmers auf einem weissen Schirm das Linsenbild dieses weit entfernten Gegenstandes auf und misst den Abstand des Schirmes von der Linse. Dieser gemessene Abstand ist die Brennweite. Zur schnellen und immerhin genauen Ermittlung der Brennweite einer Konvexlinse ist dieses Verfahren das gebräuchlichste.

Um den Schüler zu veranlassen, sich noch weiterhin mit der Sammellinse zu beschäftigen, sei folgende Frage der Klasse zur Beantwortung vorgeschlagen: Wenn die Linse, mit welcher wir in dieser Stunde die verschiedensten Bilder auf die Mattglasplatte geworfen haben, zu Boden fiel und in zwei Stücke zerbräche, würde man wohl noch mit einem Stück der Linse diese Bilder erzeugen können? Ja. Das Bild wird nur lichtschwächer. — Man kann sich davon überzeugen, wenn man die Linse zur Hälfte mit Papier überdeckt. — Die Thatsache folgt ohne Weiteres aus der Haupteigenschaft der Sammellinse: die von einem leuchtenden Punkt ausgehenden Lichtstrahlen wieder in einem Punkt zu vereinigen. — Der Schüler wird bei flüchtiger Ueberlegung denken, es entstehe nur das halbe Bild.

22.

Vergrößerungsglas. Fernrohr. Mikroskop. Opernglas. Dunkelkammer. Photographie. Zauberlaterne.

Apparate: Das Statif mit Klemme No. 2, die beiden Linsen, der Halter No. 21a zum Zusammensetzen eines Opernglases, die Mattglasplatte, eine Kerze, ein Blatt schwarzes Papier mit eingeschnittenem Kreuz.

Versuch: Man lasse durch die Linse Druckschrift betrachten.

Satz: Die erhabene Linse kann als Vergrößerungsglas oder Lupe verwendet werden.

Bei dem einfachen Fernrohr wie beim Mikroskop betrachtet man mit einem Vergrößerungsglas das von einer zweiten erhabenen Linse erzeugte Bild eines Gegenstandes.

Versuch: Man stecke die beiden Linsen in die konischen Löcher des Halters No. 21a, bringe die Hohllinse an das Auge, betrachte dann durch beide Linsen einen entfernten Gegenstand und stelle durch Verschieben der Längsröhre scharf ein. Bei dem so erhaltenen **Opernglas** entsteht kein Bild, das auf einem Schirm aufgefangen werden könnte (wie beim Fernrohr), sondern man sieht direkt den Gegenstand, der durch die Hohllinse nur näher gerückt erscheint. Unser Opernglas vergrößert ungefähr 2 mal.

Entwirft man mit der Konvexlinse ein Bild auf der Mattglasplatte, so wird dieses um so deutlicher, je mehr «fremdes Licht» abgehalten wird. Man umschließt deshalb Linse und Mattglasplatte mit einem innen geschwärzten Kasten, der **Dunkelkammer** genannt wird. Damit man die Entfernung der Linse von der Mattglasplatte ändern kann, ist die Linse in einer verschiebbaren Röhre befestigt.

Bei der **Photographie** wird vom aufzunehmenden Gegenstand mit der erhabenen Linse ein Bild auf eine Jodsilberplatte entworfen. Das Jodsilber zersetzt sich aber unter der Einwirkung des Lichtes und wird schwarz. Je stärker und länger das Licht wirkt, desto schwärzer wird das Jodsilber. So wird das **optische Bild** schliesslich ein **festes Bild**. Die Jodsilberplatte muß natürlich vor fremdem Licht geschützt werden, es wird deshalb das Linsenbild in der Dunkelkammer entworfen.

Versuch: Man entwerfe von dem schwarzen Papier mit eingeschnittenem Kreuz ein Bild auf der Mattglasplatte. Jetzt beleuchte man durch ein Kerzenlicht möglichst scharf das Kreuz und lasse beobachten, wie dann das Bild auf der Mattglasplatte wesentlich schärfer wird.

Bei der «**Zauberlaterne**» wird der Gegenstand durch irgend eine Lichtquelle hell beleuchtet, damit sein Bild, das durch Konvexlinsen auf einen Schirm entworfen wird, möglichst scharf wird.

Man scheue nicht die geringe Mühe, immer den betreffenden Versuch wirklich auszuführen. Der Schüler wird z. B. den Grundgedanken des Fernrohrs oder der Photographie viel besser erfassen, wenn man wirklich ein Linsenbild entwirft und mit diesem die Sache erläutert.

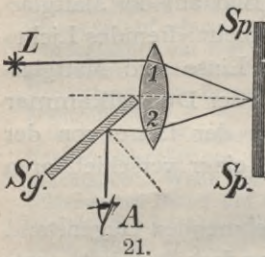
Bei unserm letzten Versuch, welcher die Einrichtung einer Zauberlaterne veranschaulichen soll, kann man auch statt des Papierblattes mit eingeschnittenem Kreuz ein Stück feinen Tülls nehmen. Der Tüll eignet sich deshalb sehr gut

für unsern Versuch, weil eine scharfe Einstellung seines Bildes leicht ist. Man kann auf der Mattglasplatte das Kreuzbild oder das Flammenbild auffangen, je nachdem der Schirm weiter ab oder näher an der Linse steht.

Für häusliche Beschäftigung bietet die folgende Frage viel Stoff: Wie kann man mit einer Linse und einem Spiegel ein einfaches Fernrohr zusammenstellen?

Diese Aufgabe soll zeigen, wie bei einiger Ueberlegung etwas ausführbar wird, was auf den ersten Blick unmöglich erscheint. Für das astronomische Fernrohr sind wenigstens zwei Sammellinien nothwendig.

Aus Vorhergehendem wissen wir aber, daß eine halbe Linse so gut ein Bild entwickelt wie die ganze Linse. Wir könnten also die Linse in zwei Theile zerschlagen, mit dem einen Linsentheil ein Bild des fernen Gegenstandes entwickeln und mit dem andern Linsentheil wie mit einem Vergrößerungsglas das Bild betrachten. Allein die Linse soll ganz bleiben. Wir müssen also mit dem Spiegel die Lichtstrahlen zwingen, daß sie zweimal durch die Linse gehen, einmal durch die eine, dann durch die andere Linsenhälfte. Von dem entfernten Gegenstand *L*, siehe beistehenden Holzschnitt, gehen Lichtstrahlen durch die Linsenhälfte 1, werden an dem Spiegel zurückgeworfen und gehen durch die andere Linsenhälfte 2. Bei einigem Geschick kann man durch die Linsen-



hälfte 2 sehen, ohne mit dem Kopf die von *L* kommenden Lichtstrahlen zurückzuwerfen. Bequemer wird die Beobachtung mit Hülfe eines zweiten Spiegels *Sg*, dessen Lage aus der Figur ersichtlich ist.

23.

Das Auge und das Sehen.

Apparate: Das Statif mit Klemme No. 2, die Linse, die Mattglasplatte.

Die wichtigsten Bestandtheile des Auges sind die **Kristalllinse** und die **Netzhaut**. Die Kristalllinse ist im Innern des Augapfels zwischen zwei gallertartigen durchsichtigen Flüssigkeiten eingebettet. Die Netzhaut bildet sich aus den feinen Enden des Sehnervs, diese breiten sich als eine Nervenhaut hinter der Kristalllinse im Innern des Augapfels aus. — Das Auge wirkt wie eine kleine Dunkelkammer. Die Kristalllinse entwirft auf der Netzhaut kleine umgekehrte Bilder der vor dem Auge befindlichen Gegenstände. Ein gesundes Auge ist so eingerichtet, daß im Zustand der **Ruhe** die Bilder **sehr weit** entfernter Gegenstände gerade auf die Netzhaut fallen. Die Netzhaut ist

mit einem lichtempfindlichen Farbstoff, dem Sehpurpur, bedeckt, welcher durch das auf ihn fallende Licht zersetzt wird und so einen Reiz auf den in die Netzhaut einmündenden Sehnerv ausübt. Der Reiz pflanzt sich im Sehnerv bis nach dem Gehirn fort und wird von dort aus dem Sehenden durch einen ewig unerforschlichen Vorgang als Lichtempfindung zum Bewußtsein gebracht.

Versuch: Unsere Glaslinse soll jetzt einmal die Kristalllinse, und die Mattglasplatte die Netzhaut vorstellen. Entwirft man nun mit der Linse auf der Mattglasplatte das Bild eines sehr entfernten Gegenstandes, so ist der stattfindende physikalische Vorgang des Sehens im Innern eines auf diesen Gegenstand gerichteten Auges zur Darstellung gebracht.

Wie der Versuch zeigt, ist dann der Schirm 10 cm von der Linse entfernt. Im Auge stehen nun nicht solche große Entfernungen zur Verfügung, die Netzhaut ist nur 12 mm (ungefähr) von der Kristalllinse entfernt, es muß mithin die Wölbung der Kristalllinse eine andere sein wie diejenige unserer Glaslinse. Wird die Wölbung größer oder kleiner sein müssen? Sie muß größer sein.

Versuch: Man lasse die Schüler das Lesebuch so nahe vor die Augen halten, daß gerade noch ein bequemes Lesen ohne Anstrengung der Augen möglich ist. Das Lesebuch muß etwa 25 cm Abstand von den Augen behalten.

Für jedes Auge giebt es eine Entfernung, über welche hinaus die Schrift nicht genähert werden darf, wenn das deutliche Erkennen der Schrift ohne die geringste Anstrengung der Augen noch möglich sein soll. Man nennt diese Entfernung «**die Sehweite**». Für ein gesundes Auge beträgt diese Entfernung ungefähr 25 cm.

Ein gesundes Auge vermag also alle Gegenstände deutlich zu sehen, welche sich in einem Abstand von 25 cm bis in das Unendliche vor demselben befinden.

Wenn wir uns nur an den physikalischen Vorgang des Sehens halten, würde diese Thatsache lauten: Das gesunde menschliche Auge ist so eingerichtet, daß die Bilder aller Gegenstände, welche sich 25 cm bis in unendliche Ferne vor der Kristalllinse befinden, auf die Netzhaut fallen. — So ohne weiteres ist dies aber durchaus unmöglich. Wir wissen, daß beim ge-

sunden Auge im Zustand der Ruhe das Bild eines sehr weit entfernten Gegenstandes gerade auf die Netzhaut fällt. Blicke nun das Auge unverändert, so würde sich das Bild um so mehr von der Linse entfernen, je näher der Gegenstand heranrückt. Das Bild würde also hinter die Netzhaut fallen und der Sehende nur undeutliche Lichtempfindungen wahrnehmen. Soll das Bild auf die Netzhaut fallen, so muß entweder die Kristalllinse sich stärker wölben oder von der Netzhaut entfernen. Die Beobachtung hat gezeigt, daß beides stattfindet: Das Auge richtet sich auf das deutliche Sehen eines nahen Gegenstandes dadurch ein, daß ein Muskel die Kristalllinse stärker wölbt und gleichzeitig nach vorn schiebt. Man nennt diese wichtige Eigenschaft des Auges «**Anpassungsvermögen**» oder «**Accomodationsvermögen**» und sagt «das Auge accomodirt sich den verschiedenen Entfernungen».

Versuch: Um den Schülern das Anpassungsvermögen des Auges zu erläutern, lasse man sie etwa 25 cm weit vor das Auge den Finger halten und sie beobachten, wie einmal der Finger erscheint, wenn dasselbe Auge einen fernen Gegenstand deutlich sieht, dann wie der ferne Gegenstand erscheint, wenn das Auge den Finger deutlich sieht.

Krankheiten des Auges. Wird die Kristalllinse trübe, so leidet das Auge am «**grauen Star**». Er ist heilbar. Wird die Netzhaut unempfindlich gegen Lichteindrücke, so tritt unheilbare Blindheit ein, genannt «**schwarzer Star**». Verliert das Auge sein Anpassungsvermögen, so bleibt das Auge entweder **kurzsichtig** oder **weitsichtig**. Man hilft in diesem Falle dem Auge mit einer Brille. Der Augenarzt kann allein bestimmen, welche Brille dem Auge gesund ist.

Absichtlich ist nur der Linse und der Netzhaut des Auges Erwähnung gethan worden. Für den grundlegenden Unterricht genügt das. Die einfache Beschreibung des Auges ohne die mögliche physikalische Erklärung des Zwecks der einzelnen Theile gehört nicht in die Physikstunde. — Man führe jeden Versuch wirklich aus, denn es ist ein großer Unterschied, ob der Schüler während der Erklärung das Linsenbild auf der Mattglasplatte sieht oder nicht. Man wird die Linse nach einem Fenster richten und darauf achten, daß alle Schüler das Linsenbild gleichzeitig sehen können.

Zu dem Versuch, welcher den Schülern das Anpassungsvermögen des Auges deutlich machen soll, sei folgendes bemerkt: Sieht man den fernen Gegenstand deutlich, so erscheint der Finger undeutlich, umgekehrt erscheint

der ferne Gegenstand verschwommen, wenn man den Finger deutlich sieht. Wenn das Bild des fernen Gegenstandes auf die Netzhaut fällt, wird das Bild des näheren Fingers hinter die Netzhaut fallen, ist umgekehrt das Auge so eingestellt, daß es den nahen Finger deutlich sieht, so fällt das Bild des fernen Gegenstandes vor die Netzhaut.

Zur selbstthätigen Beobachtung seitens der Schüler sei folgende Aufgabe gestellt: Wie erscheint die Umrahmung des Zimmerspiegels, wenn das Auge im Spiegel einen entfernten Gegenstand deutlich sieht? Die Umrahmung erscheint verschwommen, denn ihr Bild fällt im Auge hinter die Netzhaut. Das Auge befinde sich ungefähr 30 cm vor dem Spiegel.

24.* Sonnenschein nothwendig.

Der Sonnenstrahl besteht aus Farbenstrahlen. Regenbogen. Undurchsichtige Körper werfen nicht alle Farbenstrahlen zurück, durchsichtige Körper lassen nicht alle Farbenstrahlen durch.

Apparate: Das Glasprisma, der Spiegel, der Farbenkreisel mit Schnur, die Farbenscheibe mit den Regenbogenfarben, eine Kerze, Statif mit Klemme No. 2, die Linse, Buntpapier und schwarzes Papier, Farbenscheiben, blaue Glasplatte.

Beschreibung des Glasprismas. Hinweis auf Brechung. Zeichnung.

Versuch: Man fange mit dem Spiegel Sonnenstrahlen auf und zerlege diese durch das Glasprisma in ihre Farbenstrahlen.

Wir erwarteten nur eine **Ablenkung** der Sonnenstrahlen, es findet aber gleichzeitig eine **Zerlegung** des Sonnenlichtes in seine Farbenstrahlen statt. Die Ursache ist die verschiedene Brechbarkeit der einzelnen Farbenstrahlen, der violette Farbenstrahl wird stärker gebrochen als der rothe Farbenstrahl. Der einfache Lichtstrahl ist stets ein Farbenstrahl.

Satz: Das Sonnenlicht besteht aus unzählich vielen verschiedenen Farbenstrahlen.

Die hauptsächlichsten Farben sind: roth, orange, gelb, grün, hellblau, dunkelblau, violett. Die Farben heißen auch Regenbogenfarben. Ein **Regenbogen** wird sichtbar, wenn die

Sonne scheint, Regen fällt und der Beobachter zwischen Sonne und Regen steht. Jeder Regentropfen wirkt wie ein Prisma.

Wenn das Sonnenlicht als eine Mischung aller möglichen Farbenstrahlen uns weiß erscheint, so muß auch die künstliche Mischung dieser verschiedenen Farben unserm Auge als weiß erscheinen. **Versuch** mit dem Farbenkreisel.

Wie das Sonnenlicht aus den verschiedensten Farbenstrahlen zusammengesetzt ist, so ist es bei den Lichtstrahlen nahezu jeder Lichtquelle der Fall.

Versuch: Man lasse durch das Prisma eine Kerzenflamme oder die Flamme einer Petroleumlampe betrachten.

Wir wissen, daß wir dunkle (nicht selbstleuchtende) Körper nur dadurch zu sehen bekommen, daß sie auftreffende Lichtstrahlen zurückwerfen, und daß von diesen zurückgeworfenen Lichtstrahlen einige in unser Auge gelangen. Würden nun von den dunklen Körpern **alle** Lichtstrahlen zurückgeworfen, so müßten wir **alle** dunklen Körper in der Farbe der Sonne oder des künstlichen Lichtes sehen, es würden uns alle dunklen Körper weiß erscheinen müssen. Da uns aber die Erfahrung lehrt, daß wir die meisten Körper nicht weiß, sondern farbig sehen, so folgt daraus, daß die Oberfläche der dunklen Körper für gewöhnlich nicht alle Licht- oder Farbenstrahlen zurückwirft.

Satz: Jede Körperoberfläche saugt Farbenstrahlen auf und erscheint uns deshalb nur im Licht der noch übrigen Farbenstrahlen, also nicht reinweiß, sondern farbig.

Das grüne Papier saugt z. B. nahezu alle rothen und violetten Farbenstrahlen auf, sodafs von auftreffendem Sonnenlicht nur gelbe, grüne und blaue Farbenstrahlen in unser Auge gelangen und hier die Farbenempfindung «grün» hervorrufen. Schwarzes Papier saugt nahezu alle Farbenstrahlen auf. Schwarz ist also eigentlich gar keine Farbe, während Weiß die Summe aller Farben ist.

Versuch: Es ist mit der Linse das Bild einer Kerzenflamme auf Buntpapier zu werfen und die Veränderung der Farbe und Lichtstärke des Bildes bei den verschiedenen Papieren zu beobachten.

Alle Körperfarben sind Mischfarben, ganz reine Farben giebt es nicht. Treffen z. B. rothe und blaue Farbenstrahlen gemischt

unser Auge, so erscheint uns die Farbe lila. Roth und Violett giebt Purpur. Gelb und Blau giebt nahezu Weifs, wie auch Roth und Grün Weifs giebt (Ergänzungsfarben). **Versuche** mit den Farbenscheiben.

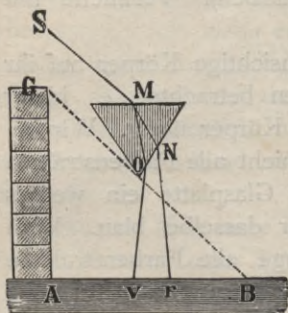
Wir haben bis jetzt dunkle, undurchsichtige Körper auf ihr Verhalten gegen auftreffende Lichtstrahlen betrachtet, es bleibt uns noch die Prüfung der durchsichtigen Körper übrig. Wir beobachten, dafs ein durchsichtiger Körper nicht alle Farbenstrahlen durchläfst. Wenn ich durch die blaue Glasplatte ein weisses Blatt Papier betrachte, so erscheint mir dasselbe blau. Vom weissen Papier gehen nach meinem Auge alle Farbenstrahlen. Sie treffen aber auf diesem Wege auf die blaue Glasplatte. Sie dringen in die Platte ein, hier werden sie aber fast alle zurückgehalten, nur die blauen Farbenstrahlen können durch die Platte gehen und in mein Auge gelangen. Wir sehen deshalb die weisse Papierfläche blau. — Auch das scheinbar weisse Fensterglas saugt Farbenstrahlen auf. Die Luft saugt fast dieselben Farbenstrahlen auf wie die blaue Glasplatte.

Satz: Jeder durchsichtige Körper saugt Farbenstrahlen auf. Ein Gegenstand erscheint uns deshalb durch einen durchsichtigen Körper hindurch nur im Licht der noch übrigen Farbenstrahlen.

Der wichtige Versuch, welcher die Zerlegung der Sonnenstrahlen in ihre einzelnen Farbenstrahlen vorführt, verlangt durchaus nicht eine Verdunklung des Zimmers. — Wenn der Spiegel auf das Fensterbrett gelegt wird, fallen die Sonnenbilder, welche sich zu einem hellen Fleck vereinigen, höchst wahrscheinlich an die Zimmerdecke. Sollte dies nicht so ohne weiteres der Fall sein, so kann man jedenfalls sehr schnell dem Spiegel durch Unterlagen die erforderliche Lage geben. Man hält nun das Prisma zwischen Spiegel und Zimmerdecke in die Sonnenstrahlen. Hat das Prisma die richtige Lage, so findet eine Verschiebung des hellen Flecks an der Zimmerdecke und seine Umwandlung in ein Spektrum statt. Das Spektrum stellt sich als eine Reihe farbiger Streifen dar, mit der Farbenfolge roth, orange, gelb, grün, hellblau, dunkelblau, violett.

Als Vorversuch, der mit der Handhabung des Prismas und mit der Zerlegung des Sonnenlichtes vertrauter machen soll, eignet sich der folgende: Es schein durch das geöffnete Fenster die Sonne in das Versuchszimmer. Man gebe nun dem Prisma eine solche Lage, dafs die auf das Prisma fallenden Sonnenstrahlen so abgelenkt werden, dafs sie denjenigen Theil des Fußbodens treffen, welcher im Schatten liegt. — Man lege ein Blatt weisses Papier an diese Stelle

und beobachte die dort auftretende Lichterscheinung. — Bei richtiger Lage des Prismas sieht man auf dem Papierblatt eine Reihe farbiger Streifen, ein Sonnenspektrum. In der Figur ist G der Fenstersims, GA Mauer, AB der beschattete Theil des Fußbodens. — Auf das Prisma treffen Sonnenstrahlenbündel in der Richtung SM . Sie werden gebrochen und treffen zwischen A und B den Fußboden. Wirkte nun das Prisma nur ablenkend auf die Sonnenstrahlen, so würden alle durch das Prisma gehenden Sonnenstrahlen eine helle Fläche auf dem Fußboden zeichnen. Die der Sonne zugekehrte Prismenfläche wirkt wie eine rechteckige Oeffnung. Wie nun unser Versuch zeigt, beobachten wir keine helle Fläche, sondern eine (breitere) farbige gestreifte Fläche. Die Ursache dieser Erscheinung liegt in einer Eigenschaft der Sonnenstrahlen und in einem besonderen Verhalten brechender Körper.



22.

1. Die Sonnenstrahlen sind ein Gemisch unendlich vieler, verschieden farbiger Lichtstrahlen oder Farbenstrahlen. Zwischen den sieben Hauptfarbenstrahlen: roth, orange, gelb, grün, blau, dunkelblau oder indigo, violett giebt es noch unendlich viele Farbenstrahlen, die einen stetigen Uebergang von einer Hauptfarbe zur nächsten Hauptfarbe bilden.

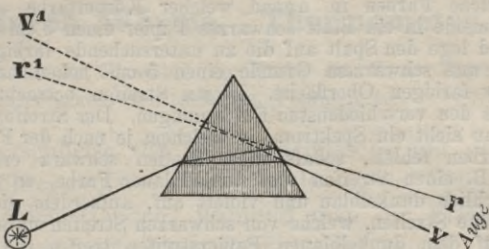
2. Wenn ein Lichtstrahl aus einem optischen Mittel in ein anderes Mittel übergeht, wird er gebrochen. Die Größe der Brechung hängt von der Farbe des Lichtstrahls ab. Die rothen Farbenstrahlen erleiden die geringste, die violetten Farbenstrahlen die stärkste Brechung.

In der Figur sind diese beiden Sätze an dem Sonnenstrahl SM erläutert. Wir haben uns zunächst SM richtig vorzustellen. SM besteht aus unendlich vielen, verschieden farbigen Lichtstrahlen. Bei ihrem Eintritt in das Prisma trennen sich diese Farbenstrahlen voneinander. Der äußerste rothe Lichtstrahl geht nach N , der letzte violette Strahl geht nach O . Bei ihrem Austritt aus dem Prisma wird jeder Strahl nochmals gebrochen und zwar wieder die violetten Strahlen am stärksten, aber kein Farbenstrahl noch weiter zerlegt. — Hätte im Prisma diese Zerlegung des Sonnenstrahls SM in seine einzelnen Farbenstrahlen nicht stattgefunden, so würde auf dem Fußboden AB ein weißer Lichtpunkt wahrzunehmen sein; da nun aber der Sonnenstrahl wirklich zerlegt wird, so entsteht auf dem Fußboden der farbige Strich rv . — Aus gleichem Grunde entsteht bei unserem Versuch keine weiße Fläche auf dem Fußboden, sondern eine breitere farbige gestreifte Fläche: es fallen die vielen, verschieden farbigen Flächen zum Theil übereinander, zum Theil nebeneinander.

Der Versuch mit dem Farbenkreisell verlangt nur wenige Worte der Erläuterung. Man befestigt die mit bunten Kreisabschnitten bedruckte Scheibe auf der Lochsirene unter der großen Schraubenmutter, zieht mit der Schnur ab und hält die sich drehende Scheibe in helles Sonnenlicht. — Die Scheibe erscheint niemals weiß nach unserem gewöhnlichen Farbensinn, sondern grau. Es liegt das nicht etwa an einer falschen Zusammensetzung der Farben, sondern am Mangel von Lichtstrahlen. Es kommen von der Farbenscheibe weniger Farbenstrahlen in unser Auge als von einer gleich großen weiß angestrichenen Scheibe. Die Farbenscheibe saugt etwa ein Drittel des auftreffenden Lichtes auf, welches die weiße Scheibe mit zurückwirft. Die sich drehende Farbenscheibe erscheint uns grau, weil das Auge gewöhnt ist, von einer weißen Fläche mehr weiße Lichtstrahlen zu erhalten, als die Farbenscheibe aussenden kann.

Wenn der Schüler durch das Prisma eine Kerzenflamme betrachten

soll, wird man sich des in No. 20 Gesagten erinnern. Der Hintergrund der Flamme muß möglichst dunkel sein. Man sieht die Flamme breit gezogen und fast alle Farben des Sonnenspektrums. Wenn die rothen Lichtstrahlen treffen, sieht das Auge Roth auf der linken Seite: Die Kerzenflamme sendet nahezu dieselben farbigen Lichtstrahlen aus wie die Sonne. Man kann sich also die weiße Flamme vorstellen als die Vereinigung einer rothen, gelben, grünen etc. Flamme. Die rothe Flamme sendet nur rothe Lichtstrahlen aus, die violette Flamme nur violette.



23.

Da die rothen Strahlen weniger gebrochen werden als die violetten, sieht das Auge die rothe Flamme nicht an der Stelle, wo es die violette Flamme erblickt. Dasselbe gilt für alle dazwischen liegenden farbigen Flammen. Durch das Prisma werden diese Farbenflammen nebeneinander gestellt, es entsteht ein Flammenspektrum. In der Figur ist L die Kerzenflamme. Das Auge verlegt den Gegenstand in die Richtung, in welcher die vom Gegenstand ausgehenden Lichtstrahlen das Auge treffen. Es sieht deshalb die violette Flamme bei v^1 und die rothe Flamme bei r^1 . Das Auge sieht die verschiedenen gefärbten Flammen nicht einzeln abgesondert, weil nahezu ein Flammenbild auf das benachbarte fällt.

Auf das rothe Flammenbild fällt zum Theil das orange Flammenbild, auf dieses zum Theil das gelbe u. s. w. Wenn man nun das orange und gelbe Flammenbild verschwinden lassen könnte, so würde auf das rothe Flammenbild gleich das grüne Flammenbild folgen, dieses verdeckte aber nicht mehr soviel vom rothen Flammenbild, weil es weiter von diesem absteht. Es kann soweit abstehen, daß es das rothe Flammenbild überhaupt nicht mehr berührt. Das rothe Flammenbild erschiene dann scharf abgegrenzt neben dem grünen Flammenbild. Es giebt nun ein einfaches Mittel diese Erscheinung wirklich zu beobachten: Man schalte zwischen Auge und Prisma eine blaue Glasplatte. Dieser einfache Versuch ist außerordentlich lehrreich und anregend. Man erblickt im Flammenspektrum ein einzelnes rothes und grünes Flammenbild vollkommen scharf und deutlich, außerdem sieht man eine Reihe blauer Flammenbilder, aber zum Theil übereinander. Es ist für diesen Versuch nahezu gleich, ob die Glasplatte zwischen Auge und Prisma oder Prisma und Kerze gehalten wird. Kerze—Prisma = 2 m.

Sehr anschaulich ist der Versuch, welcher das Aufsaugen der Farbenstrahlen durch eine farbige Körperoberfläche zeigen soll. Der Schüler sieht, wie die Farbe und Lichtstärke des Flammenbildes, welches doch in seiner Entstehung dasselbe bleibt, abhängig ist von der Oberfläche des aufsaugenden Schirmes. Die Ausführung des Versuchs zeigt Figur 17. Man wird mit einer weißen Papierfläche beginnen. Kerze und Buntpapierschirm seien von der Linse um die doppelte Brennweite entfernt. Das Flammenbild erscheint am hellsten bei Anwendung des gelben Papiers. Auch auf schwarzem Papier erhält man ein Flammenbild. Die Ursache ist eine doppelte: einmal ist das Papier nicht vollständig schwarz, wie man sofort sehen kann, wenn man sehr schräg auf die schwarze Fläche sieht, ferner ist die ursprünglich rauhe schwarze Papierfläche durch gleitenden Druck stellenweise glatt geworden — spiegelt also. — Die Versuche sind sehr schnell ausgeführt, sodafs sie kein Lehrer übergehen sollte.

Es ist gesagt „ganz reine Farben giebt es nicht“. Dadurch werden wir auf die Frage geführt: Giebt es ein Mittel, mit welchem man die einzelnen Farbenstrahlen sieht, welche eine farbige Körperoberfläche zurückwirft? Mit anderen Worten: Giebt es ein Mittel, mit welchem man untersuchen kann, welche Farben in irgend welcher Körperfarbe enthalten sind? Ja: Man schneide in ein Blatt schwarzes Papier einen 5 cm hohen, 5 mm breiten Spalt und lege den Spalt auf die zu untersuchende farbige Oberfläche. Man erhält so auf schwarzem Grunde einen 5 cm hohen und 5 mm breiten Streifen der farbigen Oberfläche. Diesen Streifen betrachte man durch das Prisma aus den verschiedensten Entfernungen. Der Streifen muß gut beleuchtet sein. Man sieht ein Spektrum, in welchem je nach der Farbe des Streifens einzelne Farben fehlen, sodafs diese Stellen schwarz erscheinen. Betrachtet man z. B. einen Streifen von dunkelblauer Farbe, so treten im Spektrum hauptsächlich dunkelblau und violett auf, außerdem sieht man einige rothe und grüne Streifen, welche von schwarzen Streifen unterbrochen sind. Erklärung: Auf dem dunkelblauen Papierstreifen treffen die Strahlen der Sonne auf, seine Oberfläche wird also von allen Farbenstrahlen beleuchtet, welche wir im Sonnenspektrum sehen. Wenn nun das reflektirte Licht, wie uns die prismatische Untersuchung zeigte, nur aus blauen, violetten und wenigen rothen und grünen Lichtstrahlen besteht, so muß der blaue Farbstoff, mit welchem das weisse Papier überzogen ist, die gelben und viele rothe und grüne Lichtstrahlen der Sonne zurückbehalten haben. Der blaue Farbstoff saugt diese Farbenstrahlen auf. — Wer sich näher für diese Untersuchungen interessirt, den verweisen wir auf unser Buch zum Experimentirkasten „Physik“.

Um die Mischung zweier Farben am Farbenkreisel zu zeigen, verfährt man folgendermassen: Man schiebt zwei Farbenscheiben durch ihre Spalte in einander, so dafs von jeder Farbenscheibe ein Theil zu sehen ist und ihre Mittelpunkte zusammenfallen. Nun befestigt man die Scheiben an der Lochsirene unter der grossen Schraubenmutter und zieht mit der Schnur ab.

Damit sich die Schüler die Regenbogenfarben einprägen können, wird man die bunte Farbenscheibe einige Tage zur Betrachtung an der Wand des Schulzimmers aufhängen.

Folgende Frage würde die Schüler zu weiterem Nachdenken über das im Unterricht Vorgetragene veranlassen:

Bei dem ersten Versuch der heutigen Stunde haben wir gesehen: Gehen Sonnenstrahlen durch ein Glasprisma, so werden sie in ihre Farbenstrahlen aufgelöst. Es entsteht die Frage: Giebt es wohl ein Mittel, diese Farbenstrahlen wieder zu weissen Lichtstrahlen zu vereinigen?

Ja — die Sammellinse. Man kann mit der Linse hinter dem Prisma die Farbenstrahlen auffangen, dann vereinigen sie sich hinter der Linse wieder zum Sonnenbild. — Auch mit einem zweiten Prisma läfst sich eine Vereinigung herbeiführen. Wenn man bei richtiger Stellung des zweiten Prismas durch dasselbe das vom ersten Prisma auf einer weissen Fläche erzeugte Sonnenspektrum betrachtet, erscheint dieses weifs.

25.

Ausdehnung durch Wärme. Thermometer.

Apparate: Kochflasche mit langer Glasröhre im Kork, ein Krug Wasser, Wasserglas, Wasserbecken, Spirituslampe, Thermometer.

Versuch: Man verschliefe die leere Kochflasche mit dem Kork mit langer Glasröhre, umfasse dann den Bauch der Flasche möglichst dicht mit beiden Händen, während man die Flasche umkehrt, also den Boden nach oben richtet, und tauche das Ende der Glasröhre ein wenig in ein mit Wasser gefülltes Glas. Es ist zu zeigen, wie die durch die Hände erwärmte Luft in der Kochflasche zur Röhre hinausgetrieben wird und in Blasen im Wasser aufsteigt.

Satz: Die Luft dehnt sich bei Erwärmung aus.

Versuch: Wenn die Kochflasche bei Ausführung des vorhergehenden Versuchs genügend warm geworden ist, halte man sie in derselben Lage nur noch mit zwei Fingern am Halse, um sie wieder abkühlen zu lassen. Es ist zu zeigen, wie Wasser in der Glasröhre aufsteigt, weil sich die Luft bei Abkühlung wieder zusammenzieht.

Satz: Die Luft zieht sich bei Abkühlung zusammen.

Wie die Luft verhalten sich auch die anderen Gasarten bei Wärmeveränderung.

Versuch: Man fülle die Kochflasche bis oben mit Wasser, verschliefe sie dann mit dem Kork mit langer Glasröhre und erwärme die Flasche. Es ist zu zeigen, wie das erwärmte Wasser sich ausdehnt und in der Röhre aufsteigt.

Satz: Das Wasser dehnt sich bei Erwärmung aus.

Versuch: Wenn die Kochflasche bei Ausführung des vorhergehenden Versuchs genügend warm geworden ist, tauche man sie in kaltes Wasser und zeige, wie der Wasserspiegel in der Glasröhre fällt, weil sich das Wasser bei Abkühlung wieder zusammenzieht.

Satz: Das Wasser zieht sich bei Abkühlung zusammen.

Wie das Wasser verhalten sich auch die anderen Flüssigkeiten bei Wärmeveränderung.

Beobachtung: Der Schmied erhitzt den eisernen Reifen, ehe er ihn um das Rad legt. Wie das Eisen dehnen sich alle festen Körper bei Erwärmung aus und ziehen sich bei Abkühlung zusammen.

Das erste Grundgesetz der Wärmelehre lautet: Alle Körper dehnen sich bei Erwärmung aus und ziehen sich bei Abkühlung zusammen.

Beispiele: Eisenbahnschienen dürfen nicht zusammenstoßen, wenn sie im heißen Sommer gelegt werden; Ofenplatten dehnen sich aus und krümmen sich, wenn sie seitlich Widerstand finden; 100 Liter Spiritus im Winter geben im Sommer 104 Liter.

Eine wichtige Anwendung dieser Naturerscheinung ist das **Thermometer** = Wärmemesser. Ausdehnungskörper ist eine Flüssigkeit: Quecksilber oder Alkohol, weil diese erst bei hoher Kälte gefrieren. Kurze Beschreibung. Man nennt den Punkt der Röhre **Nullpunkt** oder **Eispunkt**, wo das Ende des Quecksilberfadens steht, wenn sich die Thermometerkugel in schmelzendem Eis befindet. Man nennt den Punkt der Röhre **Siedepunkt** oder **Kochpunkt**, wo das Ende des Quecksilberfadens steht, wenn sich die Thermometerkugel in Dämpfen kochenden Wassers befindet. Beim Celsius-Thermometer ist der Raum zwischen Nullpunkt und Siedepunkt in 100 Theile oder **Grade** getheilt, beim Réaumur-Thermometer derselbe Raum nur in 80 Grade. Es sind also $100^{\circ} \text{C.} = 80^{\circ} \text{R.}$ Der Réaumur-Grad ist größer als der Celsius-Grad. $\text{Minus } 8^{\circ} = -8^{\circ} = 8^{\circ} \text{ unter Null.}$

Anwendung des Thermometers: Messung der Luftwärme im Zimmer, der Wasserwärme beim Bad, der Luftwärme im Freien (Sonne und Schatten). Der Gärtner braucht es im Warmhaus, der Arzt bei Fieberkranken (über $37\frac{1}{2}^{\circ} \text{C.}$ Blutwärme ist Fieber)

Sehr interessant und dabei leicht ausführbar ist der erste Versuch: Man setze auf die leere Kochflasche den Kork mit der langen Glasröhre luftdicht auf, umfasse dann den Bauch der Flasche möglichst dicht mit beiden Händen und tauche das obere Ende der Glasröhre ein wenig in ein Glas Wasser. Jeder, der den Versuch noch nicht kennt, wird erstaunt sein, wie schnell die Luftblasen aus dem Wasser aufsteigen. — Die Flasche wird man vor Anfang des Versuchs möglichst abgekühlt haben. — Hält man, wenn die Kochflasche durch die Handwärme genügend warm geworden ist, die Flasche in derselben Lage nur noch am Hals mit zwei Fingern, um sie wieder abkühlen zu lassen, so dringt jetzt das Wasser in die Röhre ein und steigt mit Leichtigkeit 20 cm

hoch. Wenn man das Rohrende sehr bald aus dem Wasser zieht, steigt die kleine Wassersäule in der Röhre bei der weiteren Abkühlung der Flasche schnell bis zum Ueberfließen in die Höhe.

Wenn man die Kochflasche vollständig mit Wasser füllt, würde ein Erwärmen mit den Händen nicht hinreichen, um die durch Wärme bewirkte Ausdehnung des Wassers zu zeigen. Man wird als Wärmequelle die Spirituslampe oder noch besser ein Gefäß mit heißem Wasser benutzen und die Kochflasche hineinsetzen. Hat z. B. das Wasser in der Kochflasche zu Anfang 15° C. und das heiße Wasser 50° C., so steigt das Wasser in der Röhre sehr bald einige Centimeter. Es empfiehlt sich als Marke um die Röhre einen Faden schwarzen Zwirns zu wickeln. Wenn man die Spirituslampe zum Erwärmen des Wassers in der Kochflasche benutzt, behält man die Flasche fortwährend in der Hand und bewegt sie vorsichtig und langsam kreisend, damit die Erhitzung recht gleichmäßig wird. Unsere gläsernen Kochflaschen sind überall gleich stark im Glase, sie würden im anderen Falle beim Erhitzen springen, auch wenn die Erwärmung der Glaswand gleichmäßig erfolgt wäre. Man setze die heiße Kochflasche auf eine Holzplatte bei Seite.

Am Thermometer beobachte man, ob der Quecksilberfaden vielleicht zerrissen ist. Sollte das der Fall sein, so faßt man das Thermometer fest um das Rohr mit der Kugel nach außen und schwenkt einigemal recht stark mit der Hand. Durch die Schwingkraft wird alles Quecksilber nach der Kugel hingetrieben. Man lasse zu eingehender Beobachtung das Thermometer im Klassenzimmer hängen.

Die Klasse erhält zum Schluß folgende Frage zur freien Beantwortung: Auf dem Tisch stehe eine Arzneiflasche mit nur wenig Wasser. Sie sei mit einem Kork verschlossen, durch welchen eine Glasröhre mit Spitze bis in die Flüssigkeit taucht. Was wird man beobachten, wenn die Flasche mit beiden Händen fest umschlossen wird? Wir beobachten, daß Wasser in der Röhre aufsteigt. Durch die Hände wird das Glasgefäß und weiterhin die eingeschlossene Luft erwärmt, diese will sich infolgedessen ausdehnen und drückt auf das Wasser in der Flasche. Da der äußere Luftdruck auf das Wasser in der Röhre nicht so groß ist wie jener Druck, wird das Wasser in die Röhre gedrückt und steigt aufwärts.

26.

Eis, flüssiges Wasser, Wasserdampf. Fest, flüssig, gasförmig.

Apparate: Gefüllte Spirituslampe, Kochflasche voll Eis, in welchem das Thermometer steckt.

Wir füllen die Kochflasche mit klar gestoßenem Eis, setzen das Thermometer hinein und lesen -8° C. ab. Jetzt setzen wir eine brennende Spirituslampe darunter. Das Thermometer steigt und zeigt endlich 0° C. an (oder wieviel Grad R.? 0° R.). Jetzt bleibt der Quecksilberfaden auf dem Nullpunkt stehen, ob-

gleich die Spiritusflamme das Gefäß immer weiter erwärmt. Wir bemerken eine Wirkung der Spiritusflamme nur an der Abnahme des Eises.

Endlich ist **alles Eis geschmolzen** und sofort steigt das **Thermometer** wieder. Man fragt sich, wie groß ist die Wärme, die zum Schmelzen des Eises nöthig ist? Genaue Messungen haben gezeigt: Um Eis von 0° in Wasser von 0° zu verwandeln, braucht man soviel Wärme, daß man damit dasselbe Wasser von 0° auf 80° erwärmen könnte!

Wir lassen unsre Spirituslampe weiter unter dem Gefäß brennen, und beobachten, wie die Temperatur des Wassers fortgesetzt zunimmt. Bald werden wir das **Aufsteigen** von feinen **Gasbläschen** bemerken. Es ist die Luft und die Kohlensäure (auch ein Gas), welche im Wasser gelöst gewesen ist und bei dem Erwärmen des Wassers wieder in Gasform entweicht.

Scheinbar vollzieht sich die Erwärmung des Wassers ohne Bewegung. Diese **Bewegungslosigkeit** ist jedoch nur **scheinbar**, vielmehr steigen fortgesetzt die Wassertheilchen, welche sich an den vom Feuer erhitzten Gefäßwänden befinden, nach oben, um anderen Platz zu machen, die noch nicht so heiß sind. Das Aufsteigen ist eine Folge der Ausdehnung des Wassers durch die Wärme. Ein volles Glas heißes Wasser ist leichter als dasselbe Glas voll kalten Wassers. — Durch dieses stetige auf und wieder in die Tiefe Strömen der Wassertheilchen wird eine ziemlich gleichmäßige Erwärmung des ganzen Wassers herbeigeführt.

Wollte man das **Wasser von oben erwärmen**, also z. B. eine Gasflamme auf die Wasseroberfläche richten, so würden wohl die zu oberst liegenden Wasserschichten erwärmt, allein die Wärme würde nur langsam in die Tiefe gelangen. Es könnte sich keine Warmwasser-Strömung bilden, sondern die Wärme müßte sich im Wasser wie in einem festen Körper fortpflanzen. Es würde geschehen, daß das Wasser an der Oberfläche schon kochte, während es in der Tiefe kaum warm geworden wäre.

Noch vor dem Beginn des eigentlichen wallenden Kochens wird ein **singendes Geräusch** im Gefäß zu hören sein. Dies rührt daher, daß jetzt das Wasser so heiß geworden ist, daß die den heißen Boden berührenden Theilchen schon ins

Sieden kommen = schon in Dampf umgewandelt werden. **Wasserdampf ist gasförmiges Wasser**, wie Eis festes Wasser ist. Der Wasserdampf ist unsichtbar. Die Wasserdampf-Blasen bilden sich auf dem Boden, heben sich von ihm ab und steigen in die Höhe, werden dabei immer kleiner und kleiner und verschwinden schliesslich. Es werden die Dampfblasen während des Aufsteigens in der noch weniger heissen Flüssigkeit wieder zu flüssigem Wasser.

Das Wasser wird weiter erhitzt. Einzelne der Dampfblasen erreichen die Oberfläche. Das singende Geräusch wird schwächer, es verschwindet gänzlich. Alle Blasen erreichen die Oberfläche, die ganze Flüssigkeitsmenge wird in wallende Bewegung versetzt. Das **Wasser kocht** oder siedet. — Singendes Wasser ist also nicht mit kochendem Wasser zu verwechseln.

Unser Thermometer zeigt jetzt 80° R. oder 100° C. an. **Heisser wird das Wasser nicht**, wenn wir die Spiritusflamme auch noch so verstärken wollten. Die Hitze, welche wir fortgesetzt dem Wasser zuführen, wird zur Dampfbildung verbraucht. Der Wasserdampf befindet sich unmittelbar über dem kochenden Wasser. Die weissen Wolken, welche wir gewöhnlich Wasserdampf nennen, sind wieder flüssig gewordener Wasserdampf, also Wasser. — Es wird fortgesetzt Wasser von 100° C. in Dampf von 100° C. verwandelt.

Wir denken uns einmal, der Hals der Kochflasche ginge in eine lange Röhre über, in welcher dicht, aber ganz leicht ein Kolben auf und ab gehen kann. Der Kolben stehe zu Anfang unsres Versuchs dicht über dem Wasser. Sowie das Wasser 100° hat und durch weitere Wärmezufuhr in Wasserdampf von 100° verwandelt wird, beobachten wir ein Steigen des Kolbens. Das Wasser dehnt sich bei seinem Uebergang in die Dampfform aus. Wenn alles Wasser in Dampf übergeführt ist, sehen wir, dass der Wasserdampf von 100° einen Raum einnimmt, der 1700 mal grösser ist als derjenige, welchen das flüssige Wasser von 100° einnahm. Während seines Ausdehnens schiebt der Wasserdampf den Kolben vor sich her. Obgleich dieser nicht belastet ist, wissen wir, dass trotzdem ein Gewicht auf ihm lastet: das Gewicht der Luft. Wir nennen diesen Druck Atmosphärendruck, können also sagen: **Wenn Wasser von 100° in Dampf**

von 100° verwandelt wird, dehnt es sich um das 1700fache seines Raumes aus und überwindet dabei den Druck von einer Atmosphäre.

Wenn alles Wasser in Dampf verwandelt ist, wird die weitere Wärmezufuhr wieder am Thermometer zu beobachten sein. Der Wasserdampf wird nunmehr 101° , 102° u. s. w. heiß werden. — Die ganze große Wärmemenge, welche das Wasser von 100° in Dampf von 100° verwandelt, ist also am Thermometer nicht so ohne weiteres zu bemerken. Durch andere Versuche hat man aber gefunden, daß die Wärme der Spiritusflamme, welche das ganze Wasser von 100° in Dampf von 100° verwandelt, hinreichen würde, um dasselbe Wasser von 100° (wenn das möglich wäre) auf Wasser von 636° zu bringen. Im Wasserdampf ist also eine ungeheuer große Wärmemenge aufgespeichert.

Schmelzpunkt. Siedepunkt. Sowie das Wasser in drei Zuständen «fest, flüssig, gasförmig» vorkommt, ist es mit jedem Körper der Fall. So ist z. B. Terpentinöl bei -10° C. fest, bei Erwärmung schmilzt es, d. h. wird flüssig, und geht schliesslich bei 157° C. in die Gasform über. Weitere Beispiele: Quecksilber fest bis -39° C., dann flüssig bis 358° C., von da ab Quecksilbergas. Zink fest bis 430° , dann flüssig bis 1040° C., von da ab bei weiterer Wärmezufuhr Zinkgas. Luft wird durch Zusammenpressen und Wärmeentziehung flüssig und schliesslich fest.

Das Eis wickelt man in ein Tuch und zerschlägt es mit dem Hammer möglichst fein in Stücken. Die Thermometerkugel muß ziemlich auf dem Boden der Flasche aufrufen, da das Eis sehr zusammenschmilzt. Die Erwärmung muß langsam geschehen, denn das Eis braucht Zeit zum Schmelzen. Oefteres Schütteln ist nothwendig. Sollte das geschmolzene Eis zu wenig Wasser geben, so wird man natürlich Wasser nachgießen. Die Flasche sei nur halb voll Wasser. Die Lehrstunde kann insbesondere zum Einüben der Thermometerablesung benutzt werden. — Es ist unbedingt nöthig, daß der ganze Versuch einmal vor der Lehrstunde ausgeführt wird, denn trotz seiner Einfachheit wollen die auftretenden Nebenerscheinungen im Auge behalten sein.

Würde man bei dem im Geiste ausgeführten Versuche über die Ausdehnung des Wasserdampfes den Kolben noch mit Gewichten belasten; so würde Folgendes beobachtet werden: Angenommen der Kolben habe eine Fläche von 600 qcm und sei mit $600 \times 1,033 \text{ kg} = 620 \text{ kg}$ belastet, dann hat der Wasserdampf einmal das Gewicht der auf dem Kolben ruhenden Luftsäule, also den Atmosphärendruck zu heben, dann noch das Gewicht der aufgelegten 620 kg . Der Atmosphärendruck beträgt auf den Quadratcentimeter $1,033 \text{ kg}$,

er ist also bei einer Kolbenfläche von 600 qcm auch gleich 620 kg. Wir können also sagen: der Wasserdampf hat bei seiner Ausdehnung zwei Atmosphären zu überwinden. Kann denn Wasserdampf von 100° C. diesen Druck überwinden? Nein — wir würden Folgendes beobachten: das Wasser von 100° C. wird heifser, das Thermometer zeigt 101°, 102° u. s. w. an, und erst bei 120° C. tritt Dampfbildung ein, wird also der Kolben sammt seiner Belastung von 620 kg gehoben. Während nun das flüssige Wasser in die Dampfform übergeht, zeigt das Thermometer immer dieselbe Temperatur von 120° an, erst wenn alles Wasser in Dampf verwandelt ist, steigt es wieder. Das Wasser dehnt sich bei seinem Uebergang in die Dampfform aus. Wenn alles Wasser in Dampf übergeführt ist, sehen wir, dafs der Wasserdampf von 120° C. einen Raum einnimmt, der 945 mal gröfser ist als derjenige, welchen das flüssige Wasser von 120° einnahm. Während seines Ausdehnens schiebt der Wasserdampf den Kolben vor sich her, der mit einem Gesamtdruck von 2 Atmosphären belastet ist. Wir können also sagen: Wenn auf Wasser ein Druck von 2 Atmosphären lastet, so siedet es erst bei 120°. Bei seiner Verwandlung in Dampf dehnt es sich um das 945fache seines Raumes aus und überwindet dabei einen Druck von 2 Atmosphären.

Hausaufgabe: Was ist schwerer, Eis oder Wasser? Wasser ist schwerer, denn Eis schwimmt auf Wasser. Welche Folgen hat das? Die Flüsse frieren nicht vom Grund aus zu. Ueber der Wasseroberfläche bildet sich durch aufsteigende Eistheilchen eine Eiskecke, welche nun die weitere Abkühlung des Wassers erschwert.

27.

Verdunsten. Thau. Wolken. Regen.

Apparate: Die Spiegelglasplatte.

Beobachtung: Ein Glas Wasser zeigt nach einem Tage Wasserabnahme. Ein nasses Tuch wird an der Luft bald trocken. Tintenschrift trocknet.

Das Wasser geht schon bei gewöhnlicher Temperatur in die Dampfform über. Wir nennen diesen Vorgang «**Verdunsten**». Unsrer atmosphärische Luft enthält stets Wasserdampf. Trockne Luft saugt wie ein Schwamm Wasserdampf auf. — Jetzt überlegen wir: Wärme verwandelte flüssiges Wasser in Wasserdampf, dann wird umgekehrt Wärmeentziehung oder Abkühlung des Wasserdampfes wieder flüssiges Wasser zurückbilden müssen. Wenn wir also die stets mit Wasserdampf gemischte Luft genügend abkühlen, mufs stets dabei die Bildung flüssigen Wassers beobachtet werden. Bringen wir eine kalte Glasplatte in ein warmes Zimmer, so beschlägt die Platte (Brillengläser), **Versuch**

vorführen. Beispiele: Eisblume am Fenster, der Niederschlag geschieht vom Zimmer aus.

In der Nacht schlägt der Wasserdampf der Luft als Thau auf Körper nieder, die sich während der Nacht am stärksten abkühlen, z. B. metallene Gegenstände, Pflanzenblätter. Kühlen sich diese Körper unter den Gefrierpunkt ab, so gefriert der auf sie fallende Thau zu Reif.

Nebel oder **Wolken** sind abgekühlte Wasserdämpfe, sie bestehen aus äußerst feinen Wasserbläschen. Gelangen die Wolken in eine kältere Luftschicht, so verdichten sich die Wasserbläschen noch mehr, es entstehen Wassertropfen, die als **Regen** zur Erde fallen. Bei noch größerer Abkühlung gefrieren die Wasserbläschen zu Eis und setzen sich zu **Schneeflocken** zusammen.

Satz: Regen oder Schnee entsteht stets durch eine Abkühlung der Wolken.

Kreislauf der Natur: Die Sonne verwandelt das Wasser der Meere, der Flüsse, der Teiche in Wasserdampf, der in die Höhe steigt. Durch den Wind gerathen die Wolken in kühlere Luftschichten und fallen als Regen herab. Das Wasser des Meeres wird von der Sonne emporgehoben, vom Winde nach fernen Gebirgen getragen und fällt dort als Regen auf die Wälder herab. Das Moos saugt das Wasser auf und giebt es langsam dem Bache ab, der zum Flusse wird und sich wieder in das Meer ergießt.

Der Versuch mit der Glasplatte wird natürlich an kalten Tagen sicher gelingen. Es ist nicht nöthig, daß die Luft unter dem Eispunkt abgekühlt ist. Ist z. B. die Spiegelglasplatte + 8° warm, so beschlägt sie beim Anhauchen. Die Glasplatte muß längere Zeit (stundenlang) im kalten Raum gelegen haben. Im Sommer kann man einen guten Keller zur Abkühlung benutzen.

Frage für die häusliche Beschäftigung der Schüler: In welchen Erdgegenden wird die Luft am trockensten sein? Im Innern einer großen Wüste. Ist die Luft trockner nach Regen oder Schneefall? Nach Schneefall, Schnee verdunstet langsamer als Wasser.

28.

Der Ofen.

Apparate: Ein Kerzenstumpf, ein Wasserglas.

Beobachtung: Wenn wir mit einer Säge Holz sägen, beobachten wir, daß das Sägeblatt heiß wird. Weitere Beispiele: Bohrer, Radachse (wenn der Schnellzug hält, geht ein Wagenwärter den Zug entlang und fühlt mit der Hand, ob sich eine Achse warm gelaufen hat).

Satz: Durch Reibung wird Wärme erzeugt.

Bedienen wir uns für gewöhnlich dieses Mittels, um einen Körper zu erwärmen? Für gewöhnlich erwärmen wir einen Körper durch Feuer. Wir beobachten ein Feuer, wenn ein Körper verbrennt. Körper, welche brennen können, heißen brennbar: Holz, Kohle, Papier, Petroleum, Spiritus, Leuchtgas. — Jede **Verbrennung** ist eine chemische Verbindung von Sauerstoff mit einem Gas des verbrennenden Körpers. Sie geschieht unter Wärme- und Lichtentwicklung. Der **Sauerstoff** ist in der Luft enthalten. Verbrennung wird also durch Luftabschluß verhindert. **Versuch:** Brennender Kerzenstumpf verlischt unter umgestülptem Wasserglas.

Damit eine Verbrennung vor sich gehen kann, muß ferner auch der **brennbare Körper** erst in den **gasförmigen Zustand** übergeführt werden. Das geschieht durch Wärme.

Die Verbrennung des **Streichholzes** wird schon durch die Wärme eingeleitet, welche bei der Reibung entsteht. Das brennende Streichholz erwärmt weiterhin dünne **Holzspähne** bis zur Vergasung. Das nunmehr brennende Holzgas entwickelt weiterhin soviel Wärme, daß **Kohlen** vergasen und dann ebenfalls brennen. **Warnung:** Um die Kohlen zu schnellerer Entzündung zu bringen, gießen manche Petroleum auf. Man hüte sich, diese so getränkten Kohlen anzubrennen, während man noch die Petroleumflasche in der Hand hält. Die Petroleumflasche behandle man wie ein Pulverhorn. Wer Petroleum ohne

weiteres in schlecht brennende Kohlen gießt, begiebt sich in Todesgefahr.

Das vollständig verbrannte Kohlengas ist farblos wie die Luft. Das Schwarze des **Rauches**, welcher aus der Esse aufsteigt, besteht aus feinen, unverbrannten Kohlentheilchen, zeigt also eine **unvollständige Verbrennung** an. Je vollständiger die Verbrennung ist, desto mehr Wärme entsteht. Man wird suchen müssen, das Kohlengas möglichst lange heiss zu halten.

Satz: Wer den Ofen sparsam feuern will, muß die neuen Kohlen vor die glühenden Kohlen schütten (aber nicht auf und hinter die glühenden Kohlen).

Zur vollständigen Verbrennung gehört auch genügende **Luftzufuhr**. Die Ofenthür muß Löcher haben. Die heissen Verbrennungsgase steigen im Ofen und weiterhin in der Esse aufwärts, die kalte Luft strömt durch die Ofenthür nach dem Feuerraum. Der Ofen muß Zug haben. Die heissen Verbrennungsgase werden im Ofen in vielen Windungen (Züge) nach der Esse geleitet, damit sie vorher ihre Wärme an den Ofen abgeben können. Selbst der beste Ofen läßt $\frac{1}{3}$ der entwickelten Wärme unbenutzt in die Esse gehen. Bei den neueren Oefen läßt sich die Luftzufuhr durch Zuschrauben einer zweiten, löcherlosen Thür ganz absperren. Das darf nur geschehen, wenn alle Kohlen weiß glühen. — **Warnung:** In hohem Grade gefährlich sind Ofenklappen, denn sie zwingen die entwickelten giftigen Verbrennungsgase ihren Weg durch den Ofen nach dem Zimmer zu nehmen.

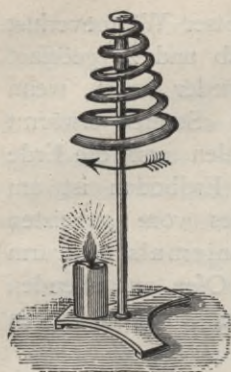
Die Wärme, welche durch die Verbrennung der Kohlen entsteht, theilt sich zunächst dem Ofenmantel mit. Dieser giebt die empfangene Wärme vor allem weiter durch **Ausstrahlung**. Ist der Ofenmantel aus Eisen, so erwärmt er sich wohl schnell, strahlt aber ebenso schnell die erhaltene Wärme wieder aus, «er kühlt schnell ab». Ist der Ofenmantel aus Kacheln zusammengesetzt, so wird er wohl langsamer warm, kühlt aber dafür auch langsamer aus. Zimmer, die den ganzen Tag warm bleiben sollen, brauchen Kachelöfen. — Wie eine Fläche von den hellen Lichtstrahlen der Lampe erleuchtet wird, so werden die Zimmerwände von den auftreffenden, unsichtbaren (dunklen) Wärmestrahlen erwärmt (Ofenschirm). **Ein Zimmer ist nur dann warm, wenn die**

Wände warm sind. Es ist deshalb kein großer Wärmeverlust im Zimmer zu verspüren, wenn die Fenster ab und zu geöffnet werden. Die Zimmerluft wird sehr schnell wieder warm, wenn nur die Wände warm sind. Der große Ofen «Sonne» erwärmt die Luft nur dadurch, daß seine Wärmestrahlen erst die Erde treffen und erwärmen. Die Luft dicht am Erdboden ist am heißesten. Ein Zimmer ohne Ofen, welches vom geheizten Nebenzimmer aus erwärmt werden soll, wird niemals so warm werden wie das Nebenzimmer, da die vom Ofen ausgehenden Wärmestrahlen nicht die Wände des ofenlosen Zimmers treffen können.

Die Erwärmung des kalten Zimmers kann nur durch einen warmen **Luftstrom** erfolgen, welcher vom Ofen aus durch die Thüre hinausströmt. Kalte Luft ist schwerer als heiße Luft = die kalte Luft ist mehr zusammengezogen. Am Fußboden hin fließt die kalte Luft nach dem Ofen, wird dort wärmer und steigt aufwärts bis an die Zimmerdecke. Durch die nachströmende Luft wird sie fortgedrängt und kühlt sich dabei durch Wärmeabgabe an die Zimmerwände immer mehr ab, bis sie wieder zu Boden gesunken ist.

Versuch: In einer offenen Thüre, welche die Verbindung zweier Zimmer mit verschiedener Luftwärme herstellt, führe man eine Kerzenflamme langsam von oben nach unten und schliesse aus der Flammenablenkung auf die jeweilige Richtung des Luftstromes.

Der Ofen theilt seine Wärme dem Zimmer mit durch Ausstrahlung und Wärmeströmungen der Luft. Wir haben Wärmeströmungen bereits kennen gelernt, es waren die Wasserströmungen bei dem Erwärmen eines Gefäßes Wasser. — In der Natur nennen wir die Luftströmungen **Wind**, Sturm, Orkan. Die Ursache des Windes ist die Sonnenwärme. Die Erdoberfläche wird verschieden stark erwärmt, an den wärmeren Stellen steigt die warme Luft aufwärts, und kalte Luft strömt an der Erdoberfläche hin von neuem zu.



24.

Man stelle den Kerzenstumpf auf den Tisch und stülpe ein Wasserglas darüber. Wenn die Flamme im Erlöschen ist, hebe man das Glas nochmals ab, um recht deutlich fühlbar zu machen, daß nur der Luftabschluß die Ursache des Verlöschens der Flamme ist.

Den Schüler wird man anregen, zu Hause eine Schlange anzufertigen nach Art der beistehenden Figur. Eine Stricknadel im Kork einer mit Wasser oder Sand gefüllten Flasche dient als Statif. Die Schlange dreht sich am heißen Ofen und zeigt so deutlich die dort auftretenden Luftströmungen.

29.* Sonnenschein nothwendig.

Gute und schlechte Wärmeleiter.

Apparate: Spirituslampe oder Kerze, Stricknadel, Holzspahn, Linse und Buntpapiere.

Versuch: Man halte zuerst eine Stricknadel in die Spirituslampe und zeige, wie die Nadel bald so heiß wird, daß man sie nicht mehr mit den Händen halten kann; jetzt halte man einen Holzspahn in dieselbe Flamme und mache aufmerksam, wie der Spahn an einem Ende schon brennt, während das andere Ende noch gar nicht warm geworden ist.

Die Wärme theilt sich im Körper von einem Theilchen zum nächsten mit. Die Wärme pflanzt sich fort durch **Leitung**.

Beim Ofen lernten wir kennen: Die Wärme pflanzt sich fort durch **Strahlung**.

Bei dem Erwärmen des Wassers lernten wir kennen: Die Wärme pflanzt sich fort durch **Strömung**.

Satz: Es giebt gute und schlechte Wärmeleiter.

Gute Wärmeleiter: Metalle, Erde. Schlechte Wärmeleiter: Holz, Wasser, Luft, Stroh, Wolle, Haare, Papier, Schnee. — Ein

schlechter Wärmeleiter wird nur langsam warm, bleibt aber dann lange warm. Beispiel: Wenn am Meer die Sonne untergeht, kühlt sich die Erde schneller ab als das Meerwasser, infolgedessen wird die Luft über der Erde schneller kalt als über dem Meer, und es muß ein Wind entstehen, der von der Küste nach der See weht (Landwind). Wenn früh die Sonne aufgeht, erwärmt sich der Erdboden wieder schneller als das Meerwasser, und es muß nun der entgegengesetzte Wind (Seewind) einsetzen. Thatsächlich springt ziemlich pünktlich an der Küste Vormittag 9 Uhr ein Wind auf, welcher von der See her weht.

Ein Wärme ausstrahlender Körper wird wesentlich an seiner Ausstrahlung behindert, wenn ihn ein schlechter Wärmeleiter umgiebt. Beispiele: Fell der Thiere um so dichter behaart, je nördlicher der Aufenthalt, Speise im Gefäß warm erhalten durch Filzkappe, Holzgriff an Feuergeräthen (Plätteisen, Kohlenschaufel, Löthkolben), Schnee schützt Pflanzen vor dem Erfrieren, Bettdecke (durch Einhüllen wird nichts warm, sondern es bleibt nur warm), Doppelfenster, unsre Kleidung.

Sowie die Körper die Wärme verschieden gut leiten, so saugen sie auch die Wärmestrahlen verschieden gut auf. Eine rauhe und dunkle Oberfläche eines guten Wärmeleiters nimmt die Wärmestrahlen am besten auf, eine glatte und helle Oberfläche eines schlechten Wärmeleiters wirft die Wärmestrahlen zurück (wie ein Spiegel). Vergleich mit den Lichtstrahlen. Beispiele: Im Sommer helle Kleidung, im Winter dunkle. Man streicht die Dächer von Pulverhäusern, Petroleumschuppen weiß an. Der Schnee schmilzt unter einem schwarzen Tuchlappen schneller als unter einem weißen. Das schwarze Papier wird von unserm Brennglas noch versengt, wenn das weiße Papier schon nicht mehr gelb wird. Im Hochsommer hat man von der Hitze mehr zu leiden, wenn man auf einer gepflasterten Strafe als auf einer ungepflasterten geht. Man streicht Spalierwände schwarz an, die Weinberge müssen dunklen Boden haben.

Wenn es irgend die Zeit erlaubt, führe man folgenden Versuch aus: Man lasse auf die Linse Sonnenstrahlen treffen und halte hinter die Linse nahe dem Brennpunkt ein Stück Buntpapier. Es ist zu untersuchen, welches Buntpapier zuerst zu glimmen beginnt. Das dunkelste Papier, also dunkelblaues, violettes oder schwarzes Papier fängt zuerst an zu sengen. Das rothe, gelbe, grüne Papier wirft hauptsächlich rothe, gelbe und grüne Lichtstrahlen zurück, das sind aber gerade diejenigen Strahlen, welche die größte Wärmewirkung ausüben.

Offenbar wird ein bestrahlter Körper sich um so höher erwärmen, je mehr Strahlensorten er aufsaugen oder absorbiren kann. Ein Körper, der alles auf ihn fallende Licht aufsaugt, erscheint uns schwarz. Eine rauhe, schwarze Oberfläche wird sich also bei Lichtbestrahlung am schnellsten erwärmen und Wärmestrahlen aussenden. Der Wärmestrahle besteht in Aetherschwingungen wie der Lichtstrahl, oft ist er beides zugleich. So empfinden wir z. B. einen rothen Farbenstrahl mit dem Gefühl als Wärme, mit dem Auge als Licht. So wie nun ein Körper für Aetherschwingungen undurchlässig sein kann, die wir Lichtstrahlen nennen, ebenso kann er es für solche sein, die wir dunkle Wärmestrahlen nennen. Ein Beispiel wird das Gesagte deutlicher machen: Wir denken uns einen großen Kasten, der zur Hälfte mit Erde gefüllt und oben mit einem Glasfenster dicht verschlossen ist. Diese Einrichtung heißt bekanntlich in der Gärtnerei «Frühbeet». Wenn wir nun in das Frühbeet ein Thermometer hängen und das Fenster dem vollen Sonnenlicht aussetzen, werden wir bald beobachten, daß die Temperatur im Innern des Frühbeetes höher steht als außen. Wie erklärt sich diese Erscheinung? Durch das durchsichtige Glasfenster können fast alle Lichtstrahlen der Sonne ungehindert die Erde des Frühbeetes treffen. Die rauhe dunkle Erdoberfläche saugt aber fast alle Lichtstrahlen auf und sendet dafür dunkle Wärmestrahlen aus. Wenn z. B. Lichtstrahlen die Erde des Frühbeetes treffen, welche 600 Billionen Schwingungen in der Sekunde machen, so werden sie durch die Erde in dunkle Wärmestrahlen verwandelt, die vielleicht nur 300 Billionen Schwingungen in der Sekunde ausführen. Für diese Aetherschwingungen ist aber das gewöhnliche Glas undurchlässig, es werden also diese Wärmestrahlen zum Theil vom Fenster wieder nach dem Innern des Frühbeetes zurückgeworfen und führen dadurch eine Erhöhung der Temperatur im Innern des Frühbeetes herbei.

Schlussfrage an die Schüler: Warum liegt auf sehr hohen Bergen ewig Schnee? Die Lichtstrahlen der Sonne treffen zuerst die Luftschicht der Erde. Sie gehen hindurch, ohne die Luft wesentlich zu erwärmen. Von der Erde werden sie aufgesaugt und als dunkle Wärmestrahlen wieder ausgestrahlt. Diese gehen nicht mehr so leicht durch die Luft wie die ursprünglichen Sonnenstrahlen, um so leichter, je dünner die Luft ist. Auf hohen Bergen ist die Luft sehr dünn, infolgedessen die Wärmeausstrahlung sehr stark. Die Erde kühlt sich sehr schnell wieder ab.

30.

Die Lampe.

Apparate: Petroleumlampe (Rundbrenner), ein Holzspahn.

Beschreibung der Lampe. — Petroleum wird aus der Erde durch Bohrung gewonnen. Fundort: Nordamerika, Südrufland. Der Docht hat einen doppelten Zweck. Einmal steigt durch seine feinen Zwischenräume das Petroleum aus dem Behälter in die Höhe (die Flamme wird vom Behälter getrennt), dann bewirkt er durch die feine Vertheilung des Oels einen besseren Luftzutritt. Das Oel dringt im Docht wie in feinen Röhrenchen (Haarröhrenchen) infolge der Flächenanziehung aufwärts. Luft ist zu jeder Verbrennung nöthig, denn die Verbrennung ist eine chemische Verbindung zweier Gase: des Sauerstoffs der Luft mit dem Gas des brennenden Körpers. Ein fester Körper brennt als solcher nicht, er muß gasförmig sein.

Wenn wir das brennende Streichholz an den Docht der Lampe halten, wird zunächst durch Wärme ein wenig Petroleum in Gasform übergeführt. Das Petroleumgas verbindet sich nun bei weiterer Erwärmung mit dem Sauerstoff der Luft = es brennt. — Die durch die Verbrennung entwickelte Wärme vergast weiteres Petroleum, sodafs die Verbrennung fort dauert.

Bei der Entzündung des Dochtes beobachten wir eine starke Rauchentwicklung. Halten wir einen weissen Teller in gehöriger Entfernung über die Flamme, so bemerken wir bald einen Rußansatz auf demselben. Rauch und Ruß ist dasselbe. Ruß ist Kohlenstoff. Soll die Flamme rauchfrei werden, so müssen diese Rußtheilchen in der Flamme vollständig verbrennen. Infolge der chemischen Zusammensetzung des Petroleums ist aber die Petroleumflamme so reich an Kohlenstofftheilchen, dafs die Wärme der Petroleumflamme nicht so ohne Weiteres zur völligen Verbrennung der Kohlenstofftheilchen ausreicht. Wir müssen also suchen, dafs die Petroleumflamme heifser wird. Noch ein Umstand tritt hinzu, der Gleiches verlangt:

Zahlreiche Versuche haben gezeigt, dass das Leuchten einer Flamme nur durch die in ihr enthaltenen glühenden Kohlentheilchen verursacht wird. Eine Flamme entwickelt ihre höchste **Leuchtkraft**, wenn ihre **Kohlentheilchen weiss glühen**. Das wird aber auch nur geschehen, wenn die Flamme grosse Hitze entwickelt.

Durch ein einfaches Mittel: durch Anwendung eines Glas-cylinders erreichen wir eine grössere Hitze der Petroleumflamme. Der Lampencylinder bewirkt dreierlei: 1. Der Flamme wird mehr Luft zugeführt; 2. die Wärmeausstrahlung der Flamme wird vermindert; 3. Die Flamme wird zusammengedrängt.

Zu 1. Wenn der Cylinder warm geworden ist, bewirkt er auch ohne Flamme einen Luftzug. Die Luft erwärmt sich im Cylinderrohr, wird dadurch leichter und steigt aufwärts. Die kalte Luft strömt von unten in den Cylinder nach, sie wird hineingezogen. Bei dem Petroleumrundbrenner wird die Luft auch in das Innere der Flamme getrieben und bewirkt dadurch eine bedeutend bessere Verbrennung.

Zu 2. Das Glas des Cylinders ist ein schlechter Wärmeleiter, es hält also die Wärme der Petroleumflamme zusammen und erschwert die Wärmeausstrahlung. Durch die erhöhte Wärme innerhalb des Cylinders wird mehr Petroleum vergast, sodass die Flamme grösser wird.

Versuch: Man zünde den Docht der Petroleumlampe an, setze den Cylinder auf und stelle die Flamme gerade so hoch ein, dass sie noch nicht raucht. Es ist die Veränderung der Flamme während der nächsten Zeit zu beobachten.

Wir bemerken, dass die Flamme immer grösser wird und dabei lebhaft zu rauchen beginnt. — Die Ursache der Erscheinung liegt in der zunehmenden Erwärmung des Cylinders und weiterhin des Lampendohtes. Es wird dann mehr Petroleumgas erzeugt, als verbrennen kann. — Hieraus folgt die wichtige Regel:

Beim Anzünden der Lampe drehe man den Docht nur wenig hoch und stelle die Flamme erst ein, wenn der Cylinder heiss geworden ist!

Zu 3. Ganz wesentlich für die Entwicklung einer grossen Hitze der Petroleumlampe ist die Einschnürung des Lampen-

cylinders. Hierdurch wird bewirkt, daß die brennenden Gase nicht so schnell aufwärts steigen können = sie gewinnen Zeit zur Verbrennung. Durch das Zusammendrängen der heißen Gase wird auch — wie durch ein Brennglas — die Hitze der Flamme bedeutend erhöht. Die Einschnürung des Lampencylinders gehört wegen der Einfachheit des Gedankens mit zu den größten Erfindungen, die je gemacht worden sind (stammt aus Wien).

Wie soll eine Petroleumlampe ausgelöscht werden? — Wenn eine Petroleumlampe längere Zeit gebrannt hat, wird auch der Oelbehälter ziemlich heiß, so daß sich Oelgase in ihm entwickeln, die mit Luft vermischt an der Flamme leicht explodieren. Bläst man nun, wie dies gewöhnlich geschieht, die Lampe von oben aus, so kann durch eine Dochtlücke die Flamme in den Oelbehälter schlagen und so eine Explosion herbeiführen. — Man drehe demnach vor dem Auslöschten den Docht möglichst tief ein und blase dann unterhalb des Cylinders durch die Luftlöcher die kleine Flamme aus. Noch besser ist es:

Man drehe den Docht so weit ein, daß nur noch eine kleine blaue Flamme brennt, diese lasse man selbst verlöschen.

Wir setzen eine Milchglasglocke auf die Lampe, damit die Lichtstrahlen, welche nach der Zimmerdecke gehen wollen, auf die Tischplatte zurückgeworfen werden. Durch Versuch zeigen, wie ohne Glocke der Tisch weniger hell beleuchtet ist als mit Glocke.

Bei der Besprechung des Dochtes sei erwähnt, daß Rüböl im Lampendocht nahezu so hoch steigt wie Petroleum, trotzdem kann man Rüböl in Petroleumlampen nicht brennen. Es erklärt sich dadurch, daß das Petroleum schnell aufsteigt, während das Rüböl so langsam im Docht aufwärts dringt, daß das oben verbrannte Oel nicht rechtzeitig ersetzt werden kann.

Die Vergasung eines festen Körpers läßt sich recht gut an einem Holzspahn zeigen, welchen man über den Lampencylinder hält. Die Figur 25 zeigt den bekannten Versuch.

Eine weitverbreitete Gewohnheit ist das Niederschrauben der Petroleumlampe aus Gründen der Sparsamkeit. Das ist schon deshalb ein Fehler, weil hierdurch die Luft des Raumes, in dem die Petroleumlampe brennt, ganz erheblich verschlechtert wird. Durch das Niederschrauben der Flamme findet eine unvollständige Verbrennung statt, und hierdurch steigen, ebenso wie bei der zu hoch gestellten Flamme, unverbrannte, unan-

genehm riechende Gase durch den Cylinder empor. Durch das Niedrigschrauben der Flamme wird aber nicht einmal eine wesentliche Ersparnis an Petroleum erzielt! Hiervon kann man sich selbst leicht durch einen Versuch überzeugen, in dem man einmal eine Petroleumlampe mit einer hellen, dann mit einer niedrig geschraubten Flamme ausbrennen läßt und die beiden Brennzeiten vergleicht. Man wird dann finden, daß die niedrig geschraubte Flamme nur wenig länger brennt, als die das volle Licht spendende.



25.

Hausaufgabe: Welche physikalischen Vorgänge spielen sich ab, wenn ich mit einem Streichholz eine Kerze anzünde? Durch Reibung wird Wärme erzeugt, es brennt Phosphorgas, weiterhin Schwefelgas, weiterhin Gase aus dem Holze selbst. Durch die Wärme des brennenden Streichholzes wird fester Talg oder Stearin im Kerzendocht vergast und brennt. Durch die Wärmeausstrahlung der Flamme wird der am Docht anliegende Talg der Kerze flüssig, steigt im Dochtfaden auf, vergast weiter oben und gelangt schliesslich zur Verbrennung.

31.*

Trocknes Wetter.

Die Körper werden durch Reiben elektrisch. Gute und schlechte Leiter. Isoliren.

Apparate: Elektrisirmaschine, Hartgummistab, Glasstab, Statif mit Klemme No. 2, isolirter Pendelhalter, 1 Markkugel, $1\frac{1}{2}$ m langer Leitungsdraht, $1\frac{1}{2}$ m langer reinseidener Faden mit Drahhaken an den Enden, kurzer Draht für Ableitung des elektrischen Pendels, ein paar Stanniol- u. Papierstreifen, Eisenfeile.

Versuch: Man reibe den Hartgummistab und zeige, wie der selbe Stanniolstreifen, Papierstückchen, Korkstückchen, Eisenfeile, eine Markkugel anzieht. Wie Hartgummi wird auch Glas elektrisch.

Versuch: Man drehe die Elektrisirmaschine ohne Saugkonduktor und zeige, wie die Glasscheibe elektrisch wird, indem man einen Stanniolstreifen anziehen läßt, oder Funken mit dem Finger zieht.

Satz: Durch Reiben wird ein Körper elektrisch. Ein elektrischer Körper zieht andere Körper an und giebt elektrische Funken. Name «Reibungselektricität».

Um die gesammte Elektrizität der Glasscheibe zu gewinnen, setzen wir den Saugkonduktor (Erläuterung seiner Wirkungsweise für später vorbehalten) auf die Elektrisirmaschine.

Versuch: Man führe einen etwa 100 cm langen Draht vom Saugkonduktor der Elektrisirmaschine nach dem Knopf des isolirten Pendelhalters, an welchem eine Pendelkugel hängt, und zeige zunächst durch Annähern des Fingers, daß die Kugel nicht elektrisch ist. Jetzt drehe man ein wenig die Scheibe der Maschine und zeige die Anziehung zwischen Kugel und Finger. — Die Kugel ist also durch **Leitung** elektrisch geworden.

Versuch: Man stelle die Leitung vom Saugkonduktor der Elektrisirmaschine nach der Pendelkugel mit einem etwa 100 cm langen reinseidenen Faden her und zeige, wie jetzt beim Drehen der Elektrisirmaschinenscheibe die Kugel nicht elektrisch wird.

Leiter und Nichtleiter = gute und schlechte Leiter. Gute Leiter: Metalle, Kohle, Wasser, der menschliche Körper, die Erde. Schlechte Leiter: Seide, Wolle, Hartgummi, Glas (je nach der Sorte), Harze wie Siegelack, Luft. — Schlechte Leiter **isoliren**. Die **Hartgummisäule** des Saugkonduktors isolirt. (Was würde geschehen, wenn die Säule aus Metall wäre?) Warum fließt die auf der **Glasscheibe** der Elektrisirmaschine entwickelte Elektrizität nicht nach der Achse und weiterhin in die Erde? Das Glas an der Achse isolirt. Auf die Isolation des **Pendelhalters** aufmerksam machen.

Versuch: Durch einen Metalldraht verbinde man den Metallknopf des Pendelhalters mit dem Statif, ferner stelle man eine leitende Verbindung vom Saugkonduktor der Elektrisirmaschine nach dem Pendelhalter her und zeige, wie die Pendelkugel nur elektrisch bleibt, wenn die Metallverbindung zwischen Pendelhalter und Statif aufgehoben ist. — Warum wird der geriebene Hartgummistab nicht sofort unelektrisch, wenn wir ihn an irgend einer Stelle mit dem Finger **ableitend** berühren? Wir leiten nur die Elektrizität der Berührungsstelle ab = fließt in die Erde.

Auch die Metalle werden durch Reiben elektrisch; man merkt es für gewöhnlich nicht, weil man die entwickelte Elektrizität mit der Hand ableitet.

Versuch: Man reibe die Saugkonduktorkugel, welche man

an der Hartgummisäule festhält, mit einem Wollzeug und nähere sie dann der **abgeleiteten** Pendelkugel.

Die Scheibe der Elektrisirmaschine wird durch Reiben an den Reibkissen elektrisch. Da alle Körper durch Reiben elektrisch werden, so müssen auch die Reibkissen, die ja von der Glasscheibe gerieben werden, elektrisch werden. Es entsteht die Frage, welche Vorrichtung müssen wir treffen, um die **Elektricität der Reibkissen** nachweisen zu können? Die Reibkissen müssen isolirt werden. Bei unserer Maschine geschieht das durch eine Hartgummisäule. Wie hätte die Isolation noch herbeigeführt werden können? Durch eine Glassäule oder einen anderen schlechten Leiter. — Die Elektricität der Reibkissen wird sich beim Drehen der Elektrisirmaschine auf der Kugel des Reibkissenkonduktors ansammeln. Wir müssen dann aus dem Reibkissenkonduktor Funken ziehen können, oder ein Anziehen unelektrischer Körper an ihm beobachten. **Versuch** ausführen.

Die Elektrisirmaschine: Die Reibkissen der Elektrisirmaschine werden zwar amalgamirt geliefert, doch empfiehlt es sich den Amalgamüberzug von Zeit zu Zeit zu erneuern. Zu dem Zwecke schabt man mit einem Messer das alte Amalgam von den Kissen herunter, verreibt eine gute Messerspitze voll Amalgam so fein wie möglich, fettet mit dem beigegebenen Stück Talg das Leder der Kissen, streicht mit dem Messer unter starkem Druck etwas Amalgam gleichmäßig auf und reibt die beiden Kissen aneinander ab. Die Kissen müssen an allen Stellen Metallglanz zeigen, ein **schwacher** Ueberzug ist am wirksamsten. Wenn nichts weiter erwähnt ist, muß der Reibkissenkonduktor mit der beigegebenen Ableitung versehen sein.

Die Scheibe kommt auf der Achse zwischen den weiten und engen Pappringen zu stehen und wird von der vorderen Schraube mit kugelförmigem Kopf festgehalten. Eine Ersatzscheibe kostet eine Mark.

Die Elektrisirmaschine kann nicht gestellt werden ohne angeschraubt zu sein. Im Schrank ist es jedenfalls zweckmäßiger, sie zu legen; wer es aber anders wünscht, muß sich in das Standbrett im Schrank einen Einschnitt machen lassen, in den er die Zwinge der Maschine einschiebt. — Am Katheter wird oft der freie Rand der oberen Platte zu schmal sein, so daß die Zwinge nicht festsetzt, man muß in diesem Fall auf das Katheter eine Latte schrauben lassen, auf deren überragendem Theil man die Maschine dann festschraubt.

Die erste Bedingung für eine gute Leistungsfähigkeit der Elektrisirmaschine ist ein sorgfältiges Reinhalten der Glasscheibe und der beiden Hartgummisäulen.

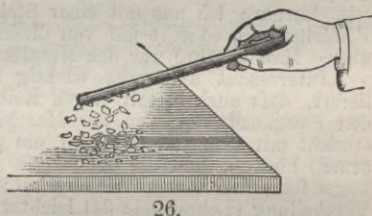
Auf jeder Glasfläche setzt sich sehr bald eine dichte, fest haftende Schicht feinen Staubes an, deren Bildung in unserm Falle durch die nach dem Gebrauch der Maschine noch lange im Glase befindliche Elektricität wesentlich begünstigt wird. Wenn man nun eine solche unreine Scheibe durch die Reibkissen gleiten läßt, reibt das Amalgam derselben jene Schicht ab, wird dadurch verunreinigt und für immer in seiner Wirkung verschlechtert.

Will man die Scheibe gründlich reinigen, so entferne man sie vom Gestell und reibe sie mit Benzin ab. Benzin ist feuergefährlich, man reinige also die Scheibe niemals Abends. Für gewöhnlich genügt Abwischen mit Lederlappen. Letzterer ist für die Reinhaltung einer Glasplatte unbedingt nothwendig.

Die Leistungsfähigkeit einer Elektrisirmaschine hängt aber ferner ab von dem Wassergehalt der sie umgebenden Luft. Dieserhalb kann man im Winter durchschnittlich auf eine bessere Wirkung rechnen als im Sommer. An besonders feuchten Tagen kann es vorkommen, daß die Maschine nahezu den Dienst versagt. Hiergegen läßt sich so gut wie nichts thun. — Anders verhält es sich mit der Feuchtigkeitsschicht auf der Scheibe, welche sich durch einen Niederschlag des Wasserdampfs der Luft bildet. Derselbe wird herbeigeführt, wenn die Scheibe eine niedrigere Temperatur hat als die sie umgebende Luft. Das ist z. B. der Fall, wenn die Maschine aus einem kalten in ein warmes Zimmer gebracht wird. Hier empfiehlt es sich, die Maschine vor dem Gebrauch an den warmen Ofen zu stellen.

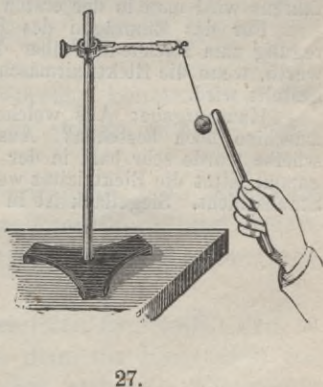
Die Elektrisirmaschine wird in jeder Stunde vorgeführt und in jeder Stunde immer eingehender erläutert. Einmal werden wir auf diese zuverlässige Elektrizitätsquelle in den ersten Stunden nicht gern verzichten wollen, dann ist es aber auch für den Schüler von Werth, wenn er Gelegenheit hat, die Maschine mehreremal zu sehen und ihre Wirksamkeit nach und nach zu begreifen.

Die Ausführung des ersten Versuchs zeigt beistehende Figur. Man reibt den Hartgummistab mit einem wollenen Lappen. Zu empfehlen ist, das Reibzeug (Wolllappen) im Ofen vor zu wärmen oder im Sommer in die Sonne zu legen. Am wirksamsten ist es, den Stab dicht über der Hand, welche ihn festhält, mit dem Reibzeug zu umwickeln und dann den Stab mit kräftigem Ruck durchzuziehen. Dieses Verfahren ist einigemale zu wiederholen. Der Hartgummi wird durch Reiben sehr stark elektrisch.



Die Anziehung einer Markkugel des elektrischen Pendels durch den geriebenen Hartgummistab erläutert die Figur. (Der Fuß des Statifs in der Figur hat eine andere Form wie derjenige des Kabinetts.)

Für den ersten Versuch mit der Elektrisirmaschine schraubt man den oberen Konduktor (den Saugkonduktor) ab und legt ihn einstweilen bei Seite. Man bringt den Stanniolstreifen in die Nähe der Glas-scheibe an die Stelle, wo sonst die Sauger des Konduktors stehen. Den Fingerknöchel hält man an dieselbe Stelle. Die Funken werden bei trockenem Wetter so stark, daß die ganze Klasse den Knall deutlich hört. Man unterlasse nicht, diese beiden Versuche anzustellen, für das richtige Verständniß der Elektrisirmaschine sind sie unbedingt nöthig.



Für die elektrische Leitung wird man den umspunnenen Leitungsdraht benutzen. Man schraubt den Saugkonduktor auf die Maschine und hakt den Draht oben ein. Das andere Drahtende hakt man am Knopf

des elektrischen Pendels ein. Der Versuch ist für die Entwicklung des Begriffs «Leiter» unbedingt notwendig. Je länger man die Leitung machen kann, desto besser. Man wird dann das Aufhängen der Drahtleitung an isolirenden Fäden schon vor der Stunde vornehmen, da diese Lehrstunde sehr reichhaltig ist und zu ihrer vollständigen Erledigung die genaueste Zeiteintheilung voraussetzt. Der reinseidne Faden im zweiten Versuch über elektrische Leitung muß trocken, am besten auf dem Ofen vorgewärmt sein. — Die beiden Versuche sind historisch, man gelangte auf diese Weise zur Vorstellung, daß die Elektrizität sich nicht in allen Körpern fortpflanze. — Den reinseidnen, womöglich weissen Faden versieht man an seinen Enden mit Drahthaken, um die Verbindung des Fadens mit Konduktor und Pendel schnell ausführen zu können.

Der Versuch, welcher die Isolation des Pendelhalters anschaulich machen soll, verlangt einen kurzen Draht mit gebogenen Enden, den man mit dem einen Haken am Knopf des Pendelhalters einhängt und mit dem anderen am Stab des Statifs. Die Elektrizität geht also vom Knopf des Pendelhalters durch den Draht nach dem Statifstab und Fuß in die Erde. — Die Ladung des abgeleiteten und später isolirten Pendels kann man auch mit dem geriebenen Hartgummistab ausführen. Man berührt nicht blofs mit dem elektrischen Hartgummistab den Knopf des Pendelhalters, sondern man streicht den Stab über den Knopf weg, sodafs möglichst alle Punkte des Hartgummistabes einmal den Pendelknopf berühren. Wir dürfen nicht vergessen, daß der Hartgummi ein sehr schlechter Leiter der Elektrizität ist. Berühre ich nur mit einer Stelle des Hartgummistabes den Knopf des Pendelhalters, so geht nur von dieser einen Stelle Elektrizität auf das Pendel über. Man berühre nur den Metallknopf des Pendels, nicht die Kugel selbst.

Interessant und ganz wichtig ist der Versuch, welcher den Nachweis liefert, daß auch Metall durch Reiben elektrisch wird. Man schraubt also den Saugkonduktor von der Maschine, hält ihn am Hartgummistabe fest, streicht mit seiner Metallkugel ein paar mal schnell über Wollzeug (Rockärmel) hinweg, und die Kugel ist elektrisch. Die Anziehung der Pendelkugel ist stärker, wenn sie abgeleitet ist, weil in diesem Falle die elektrische Vertheilung (Lehrstunde 34) leichter und gründlicher erfolgen kann.

Wenn wir die elektrische Ladung der Reibkissen nachweisen wollen, müssen wir natürlich die Erdableitung vom Reibkissenkonduktor entfernen und sie am Saugkonduktor anbringen. Ueber die Beweggründe dieses Verfahrens wird man in der ersten Stunde hinweggehen.

Für das Einprägen des Baues der Elektrisirmaschine, sowie zur Anregung zum Nachdenken über das im Unterricht Gelernte ist es wünschenswerth, wenn die Elektrisirmaschine zur Besichtigung auf den Klassenschrank gestellt wird.

Hausaufgabe: Aus welchem Stoffe könnte die Scheibe der Elektrisirmaschine noch bestehen? Aus Hartgummi, Siegellack. Die Hartgummis Scheibe würde sehr bald in der Politur beschädigt sein, und unpolarisirter Hartgummi leitet die Elektrizität wegen der dann nicht von ihm zu beseitigenden Staubschicht. Siegellack ist in Scheibenform zu zerbrechlich.

32.*

Trocknes Wetter.

Zwei Arten von Elektrizität. Erstes Grundgesetz.

Apparate: Elektrisirmaschine, Kugel auf Hartgummistab, Statif mit Klemme No. 2, isolirter Pendelhalter mit einer Markkugel, Hartgummistab, Siegellackstange, Glasstab.

Versuch: Man lade die Kugel (auf Hartgummistab) durch Anlegen an den Saugkonduktor der bewegten Elektrisirmaschine, berühre dann mit ihr den Metallknopf des isolirten Pendelhalters und zeige durch Annähern des Fingers, wie die Pendelkugel elektrisch geworden ist.

Satz: Nicht nur durch Leitung wird ein zweiter Körper elektrisch, sondern auch durch Uebertragung (mittelst eines elektrisch geladenen isolirten dritten Körpers).

Wenn ich einem elektrischen Körper einen leitenden Körper nähere, beobachte ich **Anziehung**; es entsteht die Frage: Wird das noch der Fall sein, wenn auch der genäherte Körper elektrisch ist?

Versuch: Man lade durch Uebertragung vom Saugkonduktor der Elektrisirmaschine die isolirte Pendelkugel und nähere ihr dann die ebenfalls vom Saugkonduktor geladene Kugel (auf Hartgummistab).

Wir beobachten **Abstofsung**. Voreilig könnte man den Schlufs ziehen: Zwei elektrische Körper stoßen sich ab. Wir stellen deshalb weitere Versuche an.

Versuch: Man lade durch Uebertragung vom Saugkonduktor der Elektrisirmaschine die isolirte Pendelkugel und nähere ihr dann den geriebenen Hartgummistab. Wir beobachten **Anziehung**.

Wir kommen zu dem ganz unerwarteten Ergebnifs, dafs es verschiedene Elektrizitäten geben mufs, denn die Elektrizität des geriebenen Hartgummis ersetzte durchaus nicht die Elektrizität des Saugkonduktors der Elektrisirmaschine. Zahlreiche Versuche

haben nun gezeigt, daß es zwei Arten von Elektrizität giebt «**Glaselektrizität und Harzelektrizität**».

Auf dem Saugkonduktor der Elektrisirmaschine sammelt sich Glaselektrizität; der geriebene Hartgummistab (Hartgummi ist eine Verbindung des Harzes «Kautschuk» mit Schwefel) zeigt Harzelektrizität; durch Reiben des Siegelacks (der wichtigste Bestandtheil des Siegelacks ist das Harz «Schellack») entwickelt man Harzelektrizität.

Wir haben bis jetzt gefunden: Glaselektrizitäten stoßen sich ab, aber Glas- und Harzelektrizität ziehen sich an. Wie verhalten sich Harzelektrizitäten zu einander?

Versuch: Man lade durch Streichen mit dem geriebenen Hartgummistab die isolirte Pendelkugel und nähere ihr dann den geriebenen Hartgummistab. Wir beobachten **Abstoßung**.

Wir finden so das **erste Grundgesetz der Elektrizitätslehre: Gleichnamige Elektrizitäten stoßen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an.**

Für weitere beweisende Versuche benutze man als dritte Elektrizitätsquelle eine geriebene Siegelackstange.

Zum ersten Versuch: Wenn man die Elektrisirmaschine dreht und den Saugkonduktor mit der Metallkugel auf Hartgummistab berührt, wird die Kugel elektrisch bleiben, wenn sie vom Konduktor entfernt wird, vorausgesetzt, daß man mit der Hand nur das Hartgummistabchen hält und nicht auch die Kugel berührt.

Die Abstoßung zweier gleich geladener elektrischer Körper soll im zweiten Versuch gezeigt werden. Man dreht also die Elektrisirmaschine, berührt den Saugkonduktor mit der Metallkugel auf Hartgummistab, bringt diese Kugel vom Konduktor nach dem Knopf des Pendels, berührt mit der Kugel den Pendelknopf, bewegt die Kugel zurück, berührt mit ihr den Saugkonduktor der Elektrisirmaschine (welche man immer fort dreht) von neuem, entfernt wieder die Kugel und nähert sie der gleich geladenen Pendelkugel. Es erfolgt Abstoßung. Der Versuch muß schnell ausgeführt werden, damit die Ladung der Pendelkugel nicht zu sehr nachläßt. Man nähert die geladene Metallkugel schnell der geladenen Pendelkugel, und so wie die Abstoßung klar und deutlich zu sehen ist, entfernt man die Metallkugel wieder. Ein längeres Annähern verändert die elektrischen Vertheilungen, und es treten Folgeerscheinungen auf, die den Schüler verwirren. Es könnte z. B. vorkommen, daß die Pendelkugel nur noch so schwach elektrisch ist, daß die Anziehung der stark geladenen Metallkugel die Abstoßung überwiegt. Sehr gut läßt sich dieser Vorgang beobachten, wenn man die Pendelkugel mit der Elektrizität des geriebenen Hartgummistabes ladet, wenn man also mit dem geriebenen Hartgummistab den Knopf des Pendelhalters streicht und dann den Hartgummistab der Pendelkugel nähert.

Die Pendelkugel und der Hartgummistab sind gleich elektrisch, trotzdem wird man sicher Anziehung beobachten, wenn man den Hartgummistab der Pendelkugel langsam nähert; man muß, um Abstofung zu erreichen, schnell den Hartgummistab der Pendelkugel bis zu einer gewissen Entfernung nähern und dann sofort wieder entfernen.

Hausaufgabe: Wir haben in der ersten Lehrstunde gefunden, daß ein elektrischer Körper einen anderen Körper anzieht. In dieser Stunde haben wir gelernt: Gleichnamige Elektricitäten stoßen sich ab, ungleichnamige Elektricitäten ziehen sich an. Es soll überlegt werden, was geschehen muß, wenn ein elektrischer Körper eine Pendelkugel so stark anzieht, daß die Kugel den Körper berührt? — Die Kugel wird durch Berühren des elektrischen Körpers gleichnamig elektrisch mit ihm. Es muß also nunmehr eine Abstofung erfolgen.

33.*

Trocknes Wetter.

Glockenspiel. Elektrisches Doppelpendel und seine Anwendung. Spitzenwirkung. Flugrad.

Apparate: Elektrisirmaschine, Kugel auf Hartgummistab, Statif mit Klemme No. 2, isolirter Pendelhalter, die beiden Pendelkugeln, Struwelpeter, das Glockenspiel, weite Glasröhre, Holzspahn, Siegellackstange, reinseidner Faden, Hartgummistab, Nähndel, Flugrad mit Holzknopf, ein Leitungsdraht mit zwei Haken.

Versuch: Man lade die Kugel (auf Hartgummistab) am Saugkonduktor der Elektrisirmaschine, nähere sie dann der isolirten Pendelkugel und zeige, wie die Kugel erst angezogen und nach der Berührung abgestofsen wird.

Erklärung des Versuchs. **Vorführung des Glockenspiels.**

Versuch: Man verbinde das isolirte Doppelpendel durch einen Metalldraht mit dem Saugkonduktor der Elektrisirmaschine, drehe die Scheibe und zeige, wie die Kugeln sich gegenseitig abstofsen. — Erklärung. **Elektroskop. Struwelpeter.**

Versuch: Man streiche mit dem geriebenen Hartgummistab den Knopf des isolirten Doppelpendels und zeige, wie die Kugeln auseinandergehen. — Erklärung.

Versuch: Man berühre den Knopf des geladenen Doppelpendels ableitend mit dem Finger und zeige, wie die Kugeln sofort zusammenfallen. — Erklärung.

Versuch: Man berühre den Knopf des geladenen Doppelpendels mit einer Glasröhre oder einem reinseidnen Faden oder

einem Holzstück oder mit der Siegelackstange und zeige, wie die Kugeln im Ausschlag bleiben oder langsam zusammenfallen. — Das weiche Glas der Glasbläser leitet so gut wie etwa Holz. Beim Berühren mit der Siegelackstange bleiben die Kugeln in ihrem Ausschlag oder fallen nur ganz langsam zusammen = Siegelack ist ein schlechter Leiter der Elektrizität. Der Versuch zeigt, wie man mit dem geladenen Doppelpendel die Leitungsfähigkeit irgend welchen Körpers untersucht.

Das geladene Doppelpendel entladet sich mit der Zeit = die Kugeln fallen zusammen auch ohne Ableitung. Warum? Der elektrische Körper strahlt Elektrizität aus wie ein heißer Körper Wärme. Hat der geladene Körper **Spitzen**, so strahlt er seine Elektrizität noch schneller aus. Als Beweis dient folgender

Versuch: Man befestige am Knopf des Doppelpendels eine Nähnadel, lade das Doppelpendel mit dem geriebenen Hartgummistab und zeige, wie schnell die Kugeln zusammenfallen. Der Versuch ist zum Vergleich ohne Nähnadel zu wiederholen.

Die in einer Spitze ausströmende Elektrizität übt einen Druck aus, sie bewirkt eine Drehung des elektrischen **Flugrads**.

Versuch: Man setze den Holzknopf mit Spitze auf den Saugkonduktor der Elektrisirmaschine, lege das Flugrad auf die Spitze und zeige, wie schon bei langsamem Drehen der Scheibe das Flugrad in schnelle Umdrehung versetzt wird. — Man wiederhole den Versuch, nur setze man das Flugrad auf den Reibkissenkonduktor.

Die Beobachtung des ersten Versuchs erklärt sich folgendermaßen: Die elektrische Kugel auf Hartgummistab zieht zunächst die unelektrische Pendelkugel an. Wäre die Pendelkugel nun nicht isolirt aufgehängt, so würde sich die Elektrizität der Metallkugel durch die Pendelkugel, den Draht, das Statif bis in die Erde fortpflanzen. Die Pendelkugel soll aber isolirt sein. Es erhält dann die Pendelkugel durch Berührung dieselbe Elektrizität, wie sie die Metallkugel besitzt; gleichnamige Elektrizitäten stoßen sich aber ab.

Der erste Versuch wird sicher gelingen, wenn der elektrisch geladene Körper ein guter Leiter der Elektrizität ist, also z. B. ein Metall. Fast stets gelingt er nicht, wenn wir einen schlechten Leiter. z. B. den geriebenen Hartgummistab benutzen. Die Kugel wird wohl erst angezogen und dann von der Elektrizität an der Berührungsstelle abgestoßen, aber die übrige Elektrizität auf dem Hartgummistabe, welche sich ja auf dem schlechten Leiter nicht fortbewegen kann, zieht sie kräftiger an. Die Pendelkugel bleibt am Hartgummistabe haften.

Das Glockenspiel ist neuerdings verbessert und mit selbständigem Fuß hergestellt worden. Seine Form entspricht daher nicht mehr der in dem Gesamtbilde (neben dem Titel) gegebenen Abbildung. Der Messingbügel ist so einzustellen, daß die kleine Kugel am seidenen Faden in der Mitte zwischen beiden Glocken hängt und beim Pendeln an deren Rand anschlägt.

Die eine Glocke ist abgeleitet, die andere, mit Oese versehene ist isolirt und wird durch einen Leitungsdraht mit dem Konduktor der Elektrisirmaschine verbunden. Wenn man nun die Maschine dreht, wird die Metallkugel von der Glocke angezogen, durch Berührung gleich elektrisch mit derselben und infolgedessen nunmehr abgestoßen. Sie trifft an die abgeleitete Glocke, giebt durch Berührung ihre elektrische Ladung ab, fällt zurück und wird von neuem von der anderen Glocke angezogen.

Ein wichtiger Versuch, dessen Beobachtung sich der Schüler gründlich einprägen sollte, ist die Ladung des Doppelpendels mit dem geriebenen Hartgummistab.

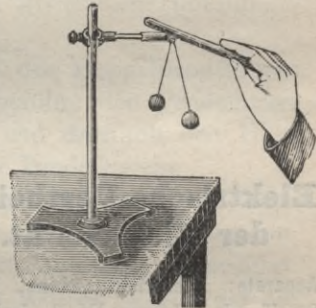
Durch das streichende Berühren mit der Elektrizitätsquelle werden die metallenen Theile und weiterhin die Pendelkugeln gleichnamig elektrisch. Infolgedessen stoßen sich die Kugeln ab. Der Pendelausschlag wird um so größer, je öfter der frisch geriebene Stab den Pendelhalter streichend berührt. — Offenbar gehen die Kugeln bei jeder Art von Elektrizität auseinander. Das Doppelpendel giebt uns also keinen Aufschluß über die Art seiner elektrischen Ladung, es zeigt uns nur eine elektrische Ladung überhaupt an. Je leichter die Pendel sind, desto empfindlicher wird das Doppelpendel. So zeigt ein Doppelpendel aus dünngeschlagenen Streifen von Goldscham oder Aluminium noch außerordentlich schwache elektrische Erregungen an.

Wenn man ein geladenes Doppelpendel mit dem Finger berührt, strömt die Elektrizität des Doppelpendels durch den Finger und den Körper bis in die Erde, so daß das Doppelpendel wieder unelektrisch wird, es ist abgeleitet.

Um die Leitungsfähigkeit eines Seidenfadens zu untersuchen, nehme man in jede Hand ein Ende des zu prüfenden Seidenfadens, spanne ihn straff und halte zuerst seine Mitte an das geladene Doppelpendel. Trockne Seide ist ein schlechter Leiter der Elektrizität. Man untersuche, wie kurz der isolirende Seidenfaden sein kann, um seinen Zweck noch zu erfüllen.

Die Zeit, innerhalb welcher sich ein Körper von selbst durch Ausstrahlung entladet, hängt außer von seiner Form noch sehr von der Beschaffenheit seiner Umgebung, z. B. der Luft ab. Trockne Luft ist ein schlechter Leiter, Wasser ein guter Leiter der Elektrizität. Die Luft ist stets mit Wasserdampf erfüllt. Von der Menge des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes hängt also die Leitungsfähigkeit der freien Luft ab. Bei nassem, regnerischem Wetter ist viel Wasserdampf in der Luft und diese infolgedessen ein ziemlich guter Leiter der Elektrizität. Die Kugeln des geladenen Doppelpendels geben dann ihre Elektrizität an die Luft ab und fallen schnell zusammen. — Das geladene Doppelpendel zeigt also ziemlich genau den Wassergehalt der Luft an: Gehen die Kugeln schnell zusammen, so ist viel Wasser in der Luft; bleiben sie stundenlang im Ausschlag, so muß die Luft sehr trocken sein. An solchen Tagen gelingen die schwierigsten Versuche über Reibungselektrizität.

Bei dem Versuch, welcher die Spitzenwirkung zeigen soll, schiebe man die Nähnadel vorn zwischen den beiden Drahtösen in den Knopf des Pendelhalters. Je feiner die Nadel ist, desto besser gelingt der Versuch.



28.

Zum Vergleich halte man einmal das Flugrad am Holzknopf in der Hand und bringe es nahe an die Scheibe der Elektrisirmaschine, deren Saugkonduktor man abgenommen hat. Der Unterschied in der Umdrehungsgeschwindigkeit ist außerordentlich groß, das Flugrad dreht sich so schnell, daß es kaum noch zu sehen ist.

Ueberraschend und eine sichtbare Wirkung der Spitzen zeigend würde folgender Versuch sein: Wir füllen ein Wasserglas, dessen Durchmesser noch nicht so groß ist als derjenige eines Konduktors der Elektrisirmaschine mit Cigarrenrauch und stürzen dasselbe über einen Konduktor, auf welchen eine Spitze aufgesetzt ist. Bei Ingangsetzung der Maschine, wird sehr bald der Rauch verschwinden. — Der Versuch gelingt noch besser, wenn wir einen Lampencylinder hierzu benutzen, dessen beide Oeffnungen durch Korke mit eingesteckten Metallspitzen verschlossen sind. Die Spitzen werden mit den Konduktoren der Maschine verbunden. Der Rauch kann auch durch brennenden Feuerschwamm hergestellt werden. — Es findet eine Verdichtung des Rauches an den Gefäßwänden statt.

Hausaufgabe: Ich lade ein Doppelpendel mit dem geriebenen Hartgummistabe. Was wird zu beobachten sein, wenn ich den Pendelkugeln eine geriebene Siegellackstange nähere? Die Pendelkugeln werden als gleich elektrisch von der Siegellackstange abgestoßen.

34.*

Trocknes Wetter.

Elektrische Vertheilung. Zweites Grundgesetz der Elektrizität. Der elektrische Funke.

Apparate: Elektrisirmaschine, Hartgummistab, Kugel auf Hartgummistab, Statif mit Klemme No. 2, isolirter Pendelhalter, die beiden Pendelkugeln, ein reinseidner Faden, kurzer Draht für Ableitung des Doppelpendels.

Versuch: Man zeige, daß die Kugeln des elektrischen Doppelpendels auseinandergehen schon bei Annäherung des geriebenen Hartgummistabes an den Knopf des Pendelhalters, daß sie wieder zusammenfallen bei Entfernung des Hartgummistabes.

Satz: Ein elektrischer Körper ruft in einem anderen Körper schon durch Annäherung Elektrizität hervor.

Man nennt diesen wichtigen Vorgang «elektrische Vertheilung».

Durch Zeichnung deutlich machen: Wird dem Körper wie in unsrem Versuche Harzelektrizität genähert, so entsteht in dem Körper nach der Harzelektrizität zu: Glaselektrizität — von der Harzelektrizität ab: gleichzeitig Harzelektrizität. Die Glaselektrizität wird vom Hartgummistabe angezogen und festge-

halten, die Harzelektricität jedoch abgestofsen und in die Kugeln des Doppelpendels getrieben. Diese stofsen sich nun als gleichnamig elektrische Körper gegenseitig ab.

Wenn die Kugeln mit Harzelektricität geladen sind, muß eine Abstofsung erfolgen, wenn ich ihnen Harzelektricität nähere!

Beweisender Versuch: Man nähere dem Knopf des Doppelpendels von oben den geriebenen Hartgummistab und zeige, wie die sich abstofsenden Kugeln von einem genäherten geriebenen Siegellack oder Hartgummistab ebenfalls abgestofsen werden.

Zunächst ist nun der Nachweis geliefert, daß auf dem Doppelpendel thatsächlich Harzelektricität vorhanden ist. Es ist nun noch zu zeigen, daß auch Glaselektricität auf ihm entstanden ist. Das gelingt uns, wenn wir die Harzelektricität ableiten, während die Glaselektricität durch den geriebenen Hartgummistab festgehalten wird.

Versuch: Man nähere dem Knopf des Doppelpendels von oben den geriebenen Hartgummistab, berühre den Pendelhalter mit dem Finger, entferne den Finger und **darnach** den Hartgummistab und zeige den Ausschlag der Pendelkugeln.

Wir müssen nachweisen, daß die Pendelkugeln glaselektrisch sind. Man bestimmt stets die Art einer elektrischen Ladung, indem man mit einer bekannten Elektricität Abstofsung herbeiführt. Sind die Pendelkugeln glaselektrisch, so werden sie von der am Saugkonduktor der Elektrisirmaschine geladenen Kugel (auf Hartgummistab) abgestofsen. **Versuch** ausführen. Wir sind so zu dem **zweiten Grundgesetz** der Elektricitätslehre gelangt:

In einem Körper entsteht durch Annäherung eines elektrischen Körpers niemals eine Elektricitätsart allein, es entstehen gleichzeitig beide Elektricitäten. Die ungleichnamige Elektricität ist dem elektrischen Körper durch Anziehung am nächsten gelegen.

Der zweite Satz ist eigentlich nur die Folge des ersten Grundgesetzes. Durch das Verständniß der elektrischen Vertheilung wird uns nun auch der Vorgang bei der gewöhnlichen elektrischen Anziehung viel klarer.

Satz: Ein elektrischer Körper kann einen unelektrischen Körper nur dann anziehen, wenn er eine elektrische Vertheilung in ihm hervorrufen kann.

Ein schlechter Leiter wird also nicht angezogen. Beispiel: Der geriebene Hartgummistab zieht kein Wollstückchen oder Glaskörper oder Seidenfädchen an. Je leichter und gründlicher die Vertheilung = die Trennung der beiden Elektricitäten geschieht, desto stärker ist die Anziehung. Beispiel: Die abgeleitete Pendelkugel wird stärker angezogen als die isolirte (man nehme als elektrischen Körper den geriebenen Saugkonduktor); das Ende eines kurzen leitenden Stäbchens wird stärker angezogen als die Mitte. Ein langer Körper wird stärker angezogen als ein kurzer.

Wenn ich einen elektrischen Körper einem unelektrischen Körper ganz nahe bringe, wird die Vertheilung so stark, daß die angezogene entgegengesetzte Elektricität durch die Luft nach dem elektrischen Körper überspringt = **elektrischer Funke**. — Wenn der unelektrische Körper in eine Spitze ausläuft, so wird die angezogene Elektricität durch diese Spitze ausströmen, also sich sehr leicht mit dem elektrischen Körper vereinigen. Anwendung: die **Saugkanten** des Konduktors der Elektrirmaschine. Die Harzelektricität strömt durch die Saugkanten auf die Glascheibe und Glaselektricität bleibt auf dem Konduktor. Der Saugkonduktor ladet sich also nicht in der Weise, daß Glaselektricität von der Scheibe überspringt, sondern daß Harzelektricität vom Saugkonduktor nach der Scheibe gezogen wird, und die gleichzeitig entstehende Glaselektricität auf dem Konduktor zurückbleibt.

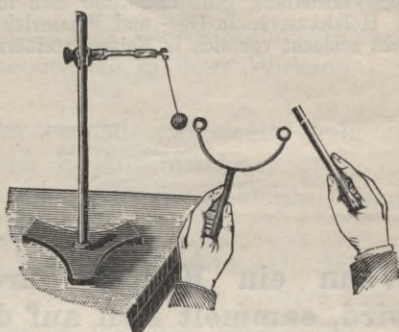
Der erste Versuch muß vor allem schnell ausgeführt werden, wenn er sicher gelingen soll. Hält man den Hartgummistab zu lange über den Knopf des Pendelhalters, so strahlt das Doppelpendel Glaselektricität aus, und nach Entfernung des Hartgummistabes bleiben dann die Pendelkugeln im Ausschlag. Der Hartgummistab darf nicht so nahe gebracht werden, daß Funken überspringen.

Eine Lehrstunde über die elektrische Vertheilung gehört unter allen Umständen schon in den grundlegenden Unterricht der Physik. Die Vorstellung über das Wesen der elektrischen Vertheilung gehört zu den Grundvorstellungen der gesammten Physik. Es wird nach Jahrhunderten der menschliche Geist wohl noch ein klareres, tieferes Verständniß dieser Naturerscheinung gewinnen, aber niemals wird die Grundanschauung hierüber sich ändern. Wer sich das Wesen der elektrischen Vertheilung gründlich zu eigen gemacht hat, kann niemals bei der Behandlung irgend welcher Frage aus der Reibungselektricität irre gehen.

Bei Versuchen, welche zwei geriebene Hartgummistäbe voraussetzen, wird man die Kugel auf Hartgummistab benutzen, d. h. man nimmt die Kugel in die Hand und reibt den Hartgummistab. Die Versuche sind durchweg sehr schnell ausgeführt, wenn Alles zur Hand ist und die Vorbereitung nicht fehlt.

Die elektrische Vertheilung kann noch in einer Reihe anderer Versuche beobachtet werden, von denen wir hier zwei anführen wollen. Nähert

man das eine Ende des Entladers der abgeleiteten Pendelkugel und bringt an das andere Ende des Entladers einen elektrischen Körper, z. B. den geriebenen Hartgummistab gerade so nahe, daß noch kein Funken überspringt, so beobachtet man eine lebhaftere Anziehung der Pendelkugel. Auch dieser Versuch muß schnell ausgeführt werden. — Man halte auf das Doppelpendel die Kugel am Hartgummistab, nähere schnell den stark elektrischen Hartgummistab von oben der Kugel und entferne dann schnell die Kugel, ehe man den elektrischen Hartgummistab wieder weglegt. Die Kugel



29.

und das Doppelpendel sind dann beide elektrisch, aber ungleich. Kugel und Doppelpendel sind erst ein Ganzes, ein Leiter. Durch Annäherung des elektrischen Hartgummistabes entsteht in diesem Leiter eine elektrische Vertheilung. Trennt man während der Vertheilung den Leiter in der Weise, daß auf jedem Theil nur eine Elektrizitätsart ist, so erhält man die Elektrizitäten für sich isolirt. Die Trennung des Leiters: Kugel-Doppelpendel wird in unserm Versuch durch Entfernen der Kugel herbeigeführt.

Recht deutlich kann man den Satz: «Ein unelektrischer Körper wird um so stärker angezogen, je leichter und gründlicher eine elektrische Vertheilung in ihm erfolgen kann» in jenem Versuch zeigen, welcher bereits Lehrstunde 31 besprochen wurde. Dort galt es nachzuweisen, daß die Kugel des Saugkonduktors durch Reiben elektrisch wird. Man hielt die Konduktorkugel am Hartgummistabe, rieb sie und näherte sie der abgeleiteten Pendelkugel. Man wiederhole diesen Versuch und führe ihn dann nochmals mit der isolirten Pendelkugel aus. Der Unterschied in der Stärke der Anziehung wird auffallen.

Ein elektrischer Körper wird das Ende eines langen Körpers stärker anziehen als das eines kürzeren. Man darf nur nicht übersehen, daß für die wieder der längere Körper wegen seines meist größeren Gewichts schwerer beweglich ist.

Mit einer Spitze kann man keine Funken ziehen, es wird z. B. niemals gelingen, einen Funken überspringen zu sehen, wenn man den Knopf mit Spitze in die Hand nimmt und die Spitze dem Konduktor der bewegten Elektrisirmaschine nähert.

Auf Spitzenwirkung beruht das sicherste Verfahren, einen elektrischen Körper wieder unelektrisch zu machen. Man nähere den elektrischen Körper einer Flamme oder ziehe ihn, was noch wirksamer ist, durch die Flamme hindurch, der Körper ist dann unelektrisch. Die Flamme wirkt wie eine Menge höchst feiner Spitzen. Auch die durch Wärme verursachte größere Luftströmung trägt viel zur Elektrizitätsabgabe bei. — Man halte z. B. in die Nähe eines geladenen Doppelpendels ein brennendes Streichholz. Man ziehe den geriebenen Hartgummistab schnell einigemal durch eine Kerzenflamme. (Da sich Hartgummi in der Wärme verzieht, muß der Versuch schnell ausgeführt werden.)

Hausaufgabe: Wenn eine elektrisch geladene Wolke (Gewitterwolke) über der Erdoberfläche hinzieht, wird sie in allen Gegenständen, die sich gerade unter ihr befinden, eine elektrische Vertheilung hervorrufen. Es

sollen Gegenstände genannt werden, in welchen diese Vertheilung leicht vor sich gehen kann, und solche, wo das Gegentheil stattfindet. — In guten Leitern geht die elektrische Vertheilung leichter vor sich als in schlechten. Die Vertheilung geht leicht vor sich in Bäumen, in Wasser (Fluss, Teich), in Holzhäusern, in Gas- und Wasserleitungen, in Telegraphendrähten. Sie geht schlecht vor sich in Felsen, steinernen Gebäuden.

35.*

Trocknes Wetter.

Wenn ein Körper durch Reiben elektrisch wird, sammelt sich auf dem Reibzeug die entgegengesetzte Elektrizität an. Positive und negative Elektrizität. Leydner Flasche.

Apparate: Elektrisirmaschine, Hartgummistab, Kugel auf Hartgummistab, Leitungsdraht, Leydner Flasche, Entlader, schwarzes Papier.

Wir wissen aus den Versuchen über elektrische Vertheilung, daß in einem Körper **niemals** eine Elektrizitätsart **allein** entsteht, stets entwickelt sich gleichzeitig auch die andere Elektrizitätsart. Dasselbe gilt nun auch, wenn wir zwei Körper mit einander reiben und dadurch Elektrizität entwickeln. Bei der Elektrisirmaschine wird eine Glasscheibe von zwei mit Amalgam (Quecksilberlegirung) bestrichenen Lederkissen gerieben: wenn sich also auf der Glasscheibe Glaselektrizität entwickelt, muß sich auf den Reibkissen Harzelektrizität ansammeln.

Beweisender Versuch: Man streiche den Knopf des isolirten Doppelpendels mit dem geriebenen Hartgummistab und zeige die sich mit Harzelektrizität abstossenden Pendelkugeln. Jetzt drehe man die Scheibe der Elektrisirmaschine, berühre mit der Kugel (auf Hartgummistab) den isolirten Reibkissenkonduktor und zeige weiter, wie die Pendelkugeln von der Kugel (auf Hartgummistab) abgestossen werden.

In demselben Mafse, wie sich auf dem Saugkonduktor Glaselektrizität ansammelt, wird auf dem Reibkissenkonduktor Harzelektrizität gebildet. Wenn wir demnach viel Glaselektrizität haben wollen, müssen wir Sorge tragen, daß die Harz-

elektricität fortgeschafft wird. Am einfachsten leiten wir sie durch einen Draht in die Erde ab.

Glas- und Harzektricität ziehen sich an (erstes Grundgesetz) = wenn sie ihre gegenseitige Anziehung ganz ausführen können, so vereinigen sie sich und heben sich in ihrer Wirkung vollständig auf.

Beweisender **Versuch**: Man verbinde mit einem Draht die beiden isolirten Konduktoren der Elektrisirmaschine, drehe die Scheibe und zeige, wie aus keinem der Konduktoren Funken gezogen werden können.

Da die Glaselektricität die Wirkung der Harzelektricität aufhebt, so nennt man auch die Glaselektricität = **positive Elektricität** und die Harzelektricität = **negative Elektricität**. — Kurze Beschreibung der Elektrisirmaschine.

Eine wichtige Anwendung der elektrischen Vertheilung bildet die **Leydner Flasche** oder Verstärkungsflasche. Man sammelt in ihr große Mengen irgend einer Elektricitätsart dadurch an, daß man die entgegengesetzten Elektricitätsarten durch einen schlechten Leiter hindurch sich anziehen läßt. Durch diese Anziehung verhindert man die Ausstrahlung der Elektricität. — Kurze Beschreibung der Flasche und Erläuterung ihrer Wirkungsweise.

Versuche: Flasche laden und ihre Ladung am Doppelpendel zeigen, starke Ladung mit Entlader entladen, Funken durch Papier schlagen lassen.

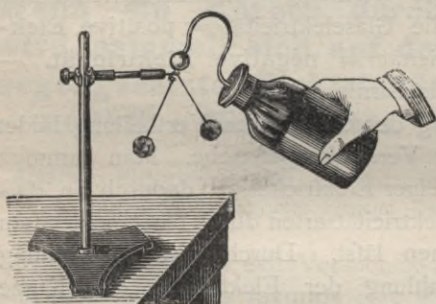
Kurzer Hinweis auf das **Gewitter**. Die Gewitterwolken bilden einen Beleg, die Luft ist die isolirende Zwischenschicht, die Erde bildet den anderen Beleg.

In der ersten Lehrstunde über Reibungselektricität wurde nachgewiesen, daß die Reibkissen auch elektrisch werden, jetzt wird nun nachgewiesen, daß diese Elektricität entgegengesetzt derjenigen des Saugkonduktors ist.

Der Verbindungsbogen der beiden Konduktoren ist ein Stück Leitungsdraht. Man muß nachsehen, daß blanker Draht den Konduktor berührt.

Die Leydner Flasche: Der Blechmantel, welcher den inneren Beleg der Flasche bildet, ist herausnehmbar. Man achte darauf, daß der innere und äußere unbelegte Theil des Glases stets reine und trockene Oberfläche besitzt, da im anderen Falle eine Vereinigung der beiden Elektricitäten auf dem Glase stattfindet. Wenn man die Flasche am positiven Konduktor sehr stark laden will, halte man die Hand, welche die Kurbel bewegt, nicht zu hoch, da sonst vom Konduktor ein Funke auf die Hand überspringt. Es ist rathsam, die

Leydner Flasche einmal im Finstern zu laden, da hierbei die Lichterscheinungen am deutlichsten zeigen, auf welchem Wege eine Entladung unbeabsichtigt eintreten kann. Man wird gut thun, im Anfang die Flasche nur mit drei bis fünf Scheibenumdrehungen zu laden. Man hält mit einer Hand die Flasche **nur** am äußeren Beleg, man leitet also den äußeren Beleg ab. Den Knopf der Flasche drückt man auf den Saugkonduktor, während die andere Hand die Scheibe dreht. Soll die geladene Leydner Flasche entladen werden, soll also eine Vereinigung der durch die Glaswand sich gegenseitig anziehenden Elektricitäten herbeigeführt werden, so müssen wir beide Belege leitend verbinden. Halten wir die Flasche mit der einen Hand am äußeren Beleg und berühren wir mit einem Finger der anderen Hand den Knopf des inneren Belegs, so vereinigen sich die entgegengesetzten Elektricitäten durch unseren Körper, und wir verspüren einen Schlag. Wenn man die Leydner Flasche mit dem Entlader entladen, also die entgegengesetzten Elektricitäten auf den Belegen durch einen Drahtbogen vereinigen will, berührt man mit der einen Oese des Entladers **zuerst** den äußeren Beleg und nähert dann die



31.

andere Oese des Entladers dem Flaschenknopf bis der Funke überspringt. Der Versuch muß schnell ausgeführt werden.

Will man mit der geladenen Flasche das Doppelpendel laden, so halte man die Flasche, wie es die Figur zeigt. (In der Figur hat die Flasche eine andere Form wie diejenige des Kabinets.) Die Kugeln des Elektroskops gehen auseinander; denn da der äußere Beleg abgeleitet ist, kann sich ein Theil der Elektricität des inneren Belegs auch über das Elektroskop ausbreiten.

Soll der Entladungsfunken der Leydner Flasche durch Papier schlagen, so nehme man schwarzes Papier dazu, weil bei ihm die feine



32.

Öffnung, welche der Funke durchschlägt, am deutlichsten zu sehen ist. Die Flasche muß möglichst stark geladen sein. **Zuerst** berührt man mit dem Entlader den äußeren Flaschenbeleg, dann drückt man das schwarze Papierblatt, welches man vorsichtig an einem Ende anfaßt, damit der Funke nicht nach der Hand überschlägt, mit der Mitte an das andere Ende des Entladers und nähert nun Blatt und Entladerende schnell dem Flaschenknopf.

Wenn man die Leydner Flasche entladen hat und man berührt mit dem Finger nochmals den Knopf des inneren Belegs, erhält man einen zweiten Entladungsschlag. Die Ursache ist folgende: Die sich anziehenden Elektricitäten des äußeren und inneren Belegs der Flasche gehen mit der Zeit auf das Glas über, denn wenn auch das Glas schlecht leitet, so leitet es doch immer noch etwas. (Vollkommene Nichtleiter giebt es nicht.) Bei der ersten

Entladung können nun die Elektricitäten innerhalb der Entladungsdauer nicht vollständig von dem schlecht leitenden Glase abströmen. Es bleibt ein „Flaschenrückstand“.

Ueber die Ursache der Gewitterbildung wird man im grundlegenden Unterricht hinweggehen müssen, ist doch gerade diese Frage noch weit von ihrer Beantwortung entfernt. Höchst wahrscheinlich bilden die Strahlen der Sonne die ersten Erreger der Lufterlektricität.

Hausaufgabe: Warum kann die Scheibe der Elektrisirmaschine nicht aus Metall und die Achse aus Hartgummi sein? Die auf der Metallscheibe durch Reiben an den Kissen entwickelte Elektrizität würde nicht mit der sich drehenden Scheibe fortgehen und zum Saugkonduktor gelangen, sondern würde bei den Reibkissen bleiben und sich mit der entgegengesetzten Elektrizität der Reibkissen vereinigen.

36.

Eigenschaften des Magneten. Der Magnet wirkt durch andere Körper hindurch.

Apparate: Der Magnetstab, Eisenfeile, Schlüssel, Holzspahn, Stahlfeder, blaue Glasplatte, ein Blatt weißes Papier.

Versuch: Ich halte in meiner Hand ein Stück Stahl. Wenn ich an ein Ende desselben einen Schlüssel halte und diesen loslasse, bleibt der Schlüssel hängen. Wie nennen wir einen solchen Stahl? Magnet. — Natürliche und künstliche Magnete.

Warum bleibt der Schlüssel am Magnet hängen? Er wird angezogen. Das angezogene Eisenstück heißt «Anker». Zieht der Magnet alle Körper an? Durch **Versuch** nachweisen: Papier Holz, Messing, Kohle nicht, nur Eisen und Stahl.

Satz: Der Magnet zieht nur Eisen und Stahl an.

Durch **Versuch** mit Schlüssel zeigen, daß der Magnet an seinen Enden die stärkste Anziehung ausübt, in der Mitte ist keine wahrnehmbar. Diese Wirkungsweise des Magneten zeigt recht deutlich folgender

Versuch: Man lege auf den Magnetstab ein Blatt Papier, streue Eisenfeile darauf und zeige die Anordnung der Eisentheilchen. [Papier mit Magnet und Eisenfeile für den folgenden Versuch liegen lassen.] Wir nennen die Enden eines Magneten «Pole».

Satz: Ein Magnet hat an seinen Polen die stärkste Anziehungskraft.

Versuch: Man ziehe den Magnet unter dem Papierbogen hinweg und zeige, wie die Eisenfeile mitgeht. — Denselben Versuch mit einer auf die blaue Glasplatte gelegten Stahlfeder ausführen.

Satz: Ein Magnet wirkt durch andere Körper hindurch.

Eisen und Stahl machen eine Ausnahme, weil der Magnetstab diese zunächst selbst magnetisirt.

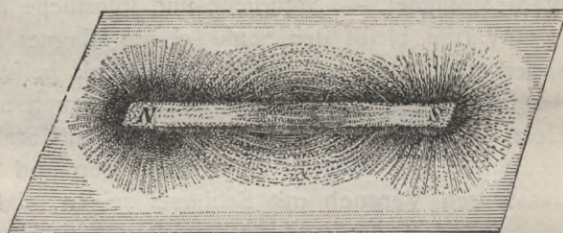
Es ist nicht überflüssig, wenn man den Schülern zeigt, daß ebenso wie der Magnet den Schlüssel anzieht, auch umgekehrt der Schlüssel den Magneten anzieht. Man hält also den Schlüssel und hängt den Magnet daran.

Schon im Alterthum kannte man grauschwarze Steine, welche die Eigenschaft hatten, Eisen anzuziehen. Man nannte sie nach ihrem Fundort, der Stadt Magnesia in Kleinasien, Magnetsteine. Aufser dem Eisen und dem ihm verwandten Stahl zeigen noch die Metalle Nickel und Kobalt magnetische Eigenschaften. Unser Magnet ist ein künstlicher Stahlmagnet.

Bei Ausführung des Versuchs: Magnet — Papier — Eisenfeile läßt man die Eisenfeile mit der Hand aus ziemlicher Höhe in geringen Mengen auf das Papier fallen.

Die Eisentheilchen ordnen sich zu regelmäßig gestalteten krummen Linien, welche magnetische Kurven oder magnetische Kraftlinien genannt werden. Sie verbinden die beiden Punkte eines Magneten miteinander, in welchen der Magnet seine stärkste Wirkung zeigt, also die beiden Pole.

Hausaufgabe:
Wie könnte man die unreine Eisenfeile des Schlossers reinigen? Man bringt einen Magnet so nahe an die Eisenfeile, daß er sie anziehen kann, dann hebt man den Magnet weg und streift die Eisenfeile von ihm ab auf ein Blatt Papier.



37.

Richtkraft des Magneten. Nordpol und Südpol eines Magneten. Kompaß. Verhalten zweier Magnete zu einander. Die Erde verhält sich wie ein Magnet.

Apparate: Der Magnetstab mit Faden zum Aufhängen, die Magnetonadel, das Statif mit senkrechter Spitze.

Versuch: Man hänge einen Magnetstab an einem Faden in wagerechter Lage auf und zeige, wie er in der Ruhelage immer ein und dieselbe Richtung = Nord-Süd einnimmt.

Satz: Ein wagerecht an einem Faden aufgehängter Magnetstab nimmt immer dieselbe Lage ein, sie ist nahezu die Nord-Südrichtung.

Beobachtung: Ein Pol des Magneten ist mit einer Einbohrung versehen: wir bemerken, daß immer ein und derselbe Pol nach Norden zeigt = heißt deshalb **Nordpol** des Magneten. Der andere Pol: **Südpol**.

Die Richtkraft des Magneten benutzt der Seefahrer zur Bestimmung der Fahrtrichtung = **Kompaß**. Vorführung der Magnetonadel. — Der Kompaß wird auch im Bergbau, bei Entdeckungsreisen u. s. w. angewendet.

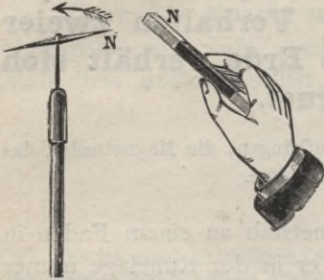
Versuch: Es ist Anziehung und Abstofsung der Magnetonadel durch den Magnetstab zu zeigen.

Gesetz: Gleiche Magnetpole stoßen sich ab, ungleiche Magnetpole ziehen sich an.

Folgerung: Nordpol der Nadel zeigt nach Norden, dann muß gegen Norden der Erde ein starker Südpol sein. Die Erde verhält sich wie ein **Magnet**, dessen Südpol nahezu mit dem geographischen Nordpol der Erde zusammenfällt. Die Kompaßnadel zeigt nicht genau nach Norden = ihre Mißweisung oder Deklination.

Man hängt den Magnetstab horizontal an einem Faden auf. Das freie Ende des Fadens bindet man an einem Gasarm oder Aehnlichem fest, oder hält es in der Hand.

Die Anziehung und Abstofsung zweier Magnetpole wird man nach nebenstehendem Bild ausführen. Um die Pole noch deutlicher unterscheiden zu können, umwicke man den Nordpol des Magnetstabes mit weißem Papier oder weißem Zwirn, auf die Nordspitze der Magnetnadel sticht man ein Blättchen weißes Papier.



34.

Zur Frage des Erdmagnetismus: Ein Stück Ackererde, und sei es noch so groß, zeigt doch keine magnetischen Eigenschaften? Die Erde wird in der Richtung von Ost nach West von elektrischen Strömen umkreist, welche ihre Entstehung den von der Sonne ausgehenden elektrischen Aetherschwingungen und der Umdrehung der Erde verdanken. Diese Ströme wirken, wie wir später sehen werden, gerade so, als wäre die Erde ein großer Magnet, dessen Südmagnetismus auf der nördlichen Halbkugel liegt.

Wo es die Verhältnisse gestatten, wird man die Magnetnadel mit ihrem Statif nach dem Unterricht auf den Schulschrank stellen, damit sich die Schüler die Nord-Südrichtung im Klassenzimmer einprägen.

Hausaufgabe: An einem Faden hänge horizontal im Zimmer ein Magnetstab. Er wird sich so einstellen, daß sein Nordpol nahezu nach Norden zeigt. Wie kann ich es dahin bringen, daß dieser Nordpol nach Westen zeigt, ohne daß ich Magnet oder Faden berühre? Ich werde einen starken Magneten horizontal dicht unter dem Magnetstab so anbringen, daß sein Südpol nach Norden zeigt. Dieser Südpol zieht nun den Nordpol des darüber hängenden Magnetstabes an, und wenn ich den Südpol nach Westen drehe, wird jener Nordpol mitgehen und schließlich nach Westen zeigen. — Den zweiten Magneten lege ich horizontal dicht unter den hängenden Magnetstab, weil sich auf diese Weise auch die anderen Pole anziehen, und so der Magnetstab kräftiger mitgenommen wird.

38.

Magnetische Vertheilung. Herstellung eines Stahlmagneten.

Apparate: Magnetstab, Hufeisenmagnet, Magnetnadel auf Statif (ohne Drahtbügel), Anker vom Elektromagnet, Eisenfeile, zwei Eisendrähte, eine Stricknadel.

Versuch: Man halte über Eisenfeile den unmagnetischen Anker vom Elektromagnet, nähere von oben einen Pol des Magnetstabes und zeige, wie jetzt der Anker Eisenfeile anzieht.

Satz: Ein Magnet ruft in einem Stück Eisen oder Stahl schon durch Annäherung Magnetismus hervor.

Man nennt diesen wichtigen Vorgang «magnetische Vertheilung».

Durch **Zeichnung** deutlich machen: Wird dem Eisen der Nordpol des Magneten genähert, so entsteht im Eisen: nach dem Magneten zu ein Südpol — vom Magneten ab gleichzeitig ein Nordpol.

Versuch: Man hänge an einen Magnetpol zwei leichte, spitze Eisendrähte und zeige die gegenseitige Lage derselben.

Gesetz: Durch Annäherung eines Magnetpoles entstehen in einem Stück Eisen oder Stahl stets gleichzeitig beide Magnetpole. Von diesen ist der ungleiche Magnetpol dem erzeugenden Magnetpol durch Anziehung am nächsten.

Durch die Kenntnifs des Wesens der magnetischen Vertheilung kann man sich die magnetische Anziehung klarer vorstellen.

Satz: Ein Magnet kann einen Körper nur dann anziehen, wenn er in demselben eine magnetische Vertheilung hervorrufen kann.

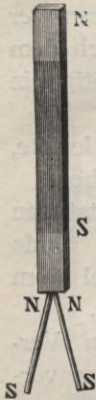
Der Magnet kann Holz nicht anziehen, weil er im Holz keine magnetische Vertheilung hervorrufen kann. — Man giebt Magneten die Hufeisenform, weil hierbei die Anziehung der Pole durch die magnetische Vertheilung im Anker verstärkt wird. — Ein kurzes Eisenstäbchen erfährt an den Enden eine stärkere Anziehung als in der Mitte, weil die magnetische Vertheilung stärker von einem Ende aus erfolgt.

Entfernt man den Magneten wieder, so vereinigen sich im Eisen auch die beiden Magnetismen wieder, während sie im Stahl getrennt bleiben. **Nur der Stahl kann dauernd magnetisch werden** — aber nicht das Eisen. Wichtige Anwendung findet diese Thatsache bei der Herstellung künstlicher Magnete.

Versuch: Man verwandle einen unmagnetischen Stahlstab (Stricknadel) durch Streichen mit dem Stabmagnet in einen dauernden Magneten.

Den ersten Versuch stelle man in der Weise an, dafs man mit der einen Hand den Anker vom Elektromagneten und mit der anderen Hand den Magnetstab hält, um welchen man in der Längsrichtung wenige Streifen Papier gewickelt hat. Man kann bei dieser Vorsicht ohne weiteres den Magnet-

stab fest auf den Anker drücken, ohne befürchten zu müssen, daß der Magnetstab den Anker berührt. Man entferne den Magnetstab, sodafs die Eisenfeile vom Anker abfällt, und nähere ihn wieder, daß die Eisenfeile wieder angezogen wird. Der Versuch muß schnell ausgeführt werden, da sonst das Eisen des Ankers den Magnetismus nicht so schnell abgiebt, also die Eisenfeile nicht wieder losläßt.

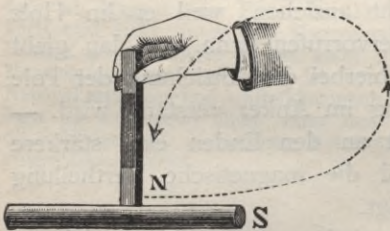


35.

Leicht und sicher gelingt der lehrreiche Versuch, der im Grundgedanken der Wirksamkeit des elektrischen Doppelpendels entspricht. Als Drähte nehme man Haarnadeln oder sehr lange, aber schwache Nägel, die man der größeren Beweglichkeit wegen mit den Spitzen an den Magnet hängt. — Da die Vertheilung auf beide Drähte dieselbe ist, haben sie an ihren unteren Enden gleiche Magnetpole, stoßen sich also ab.

Dauernd magnetisch wird nur der Stahl. Im Eisen läßt sich wohl eine magnetische Vertheilung bewirken, allein nach Entfernung des erregenden Magnets vereinigen sich die Magnetismen im Eisen wieder. Wir dürfen nicht vergessen, daß sich die entgegengesetzten Magnetismen im Eisen stets anziehen. Im Stahl ist eine magnetische Vertheilung wohl schwieriger herbeizuführen, allein nach Entfernung des erregenden Magnets können sich die entgegengesetzten Magnetismen nicht wieder vollständig vereinigen, es bleibt eine magnetische Vertheilung dauernd bestehen. Man könnte sagen: der Stahl ist ein schlechterer Leiter des Magnetismus als das Eisen.

Einen künstlichen Stahlmagnet stellt man auf folgende Weise her: Man setzt das eine Ende des Magneten auf die Mitte des Drahtes und streicht, gleichmäßig drückend, nach dem Ende S, fährt über dasselbe hinaus und kehrt im Bogen durch die Luft zurück, um wieder von der Mitte aus zu beginnen; dies wiederholt man bis 20mal. Jetzt setzt man das andere Ende des Magneten auf die Mitte des Drahtes und streicht in gleicher Weise die andere Hälfte des Drahtes. — Man wird nunmehr an der Stahlnadel nachweisen, daß der Stahldraht einen Nord- und einen Südpol an seinen Enden hat und sich in magnetischer Beziehung nicht von dem Magnetstab unterscheidet.



36.

Man versetze einmal die Magnetnadel in horizontale Schwingungen und beobachte, wie sich dieselben verlangsamen, wenn der Magnetnadel ein Magnetstab mit dem gleichnamigen Pol genähert wird. Eine Magnetnadel schwingt nach denselben Gesetzen, wie wir sie bei dem Pendel kennen gelernt haben. War die Erdanziehung die Ursache der Pendelschwingungen, so ist hier der Erdmagnetismus die Ursache der Nadelschwingungen. Durch den Magnetstab wird die Wirkung des Erdmagnetismus mehr oder weniger aufgehoben, infolgedessen müssen die Schwingungen der Nadel langsamer werden. Wenn der Magnetstab den Erdmagnetismus vollständig aufhebt, wird die Nadel in jeder Lage bleiben, ihre Schwingungszeit also unendlich groß werden.

Eine frei horizontal schwingende Magnetnadel wird um so schneller schwingen, je stärker magnetisch sie ist. Man hat hierdurch ein Verfahren an der Hand, zwei Magnete auf die Stärke ihres Magnetismus zu vergleichen. Offenbar sind zwei Magnete von gleichem Gewicht und gleicher Form nur dann gleich stark magnetisch, wenn sie in gleichen Zeiten gleichviel Schwingungen machen.

Hausaufgabe: Zwei Magnetnadeln von gleichem Gewicht und gleicher Form schwingen frei beweglich horizontal auf ihren Spitzen. Die eine Nadel schwingt aber schneller als die andere. Welche von beiden Nadeln hat den stärksten Magnetismus? — Die Nadel, welche am schnellsten schwingt, hat den stärksten Magnetismus. Denken wir uns, eine Nadel hätte gar keinen Magnetismus, so würde sie nicht schwingen, sondern sich um ihre Achse drehen wie etwa das Flugrad.

39.

Das galvanische Element. Der Stromkreis. Glühen und Schmelzen durch den elektrischen Strom. Galvanische Verkupferung.

Apparate: Das galvanische Element, ein Wasserglas, eine Flasche mit der Elementfüllung, der Glastrichter, ein Wasserbecken, dünner Eisendraht, zwei Leitungsdrähte, eine Feile, ein Glas mit Kupfervitriollösung, die beiden Messingstreifen für galvanische Verkupferung.

Versuch: Man verbinde die Zink- und Kohlenklemme des galvanischen Elementes durch einen dünnen Eisendraht, tauche die Zink- und Kohlenplatte in eine frische Chromsäurelösung und zeige, wie der Eisendraht schmilzt.

Name: «galvanische Elektrizität», Italiener Galvani. Name: «galvanisches Element».

Satz: Wie im Ofen durch Verbrennen der Kohle «Wärme» entsteht, so entsteht im galvanischen Element durch Verbrennung (oder Auflösung) des Zinkes in der Säureflüssigkeit «galvanische Elektrizität».

Man nennt die Zink- und die Kohlenplatte «**Elektroden**». Die Zinkplatte heißt «erzeugende oder Lösungs-Elektrode», die Kohlenplatte «ableitende Elektrode». Sobald die Elektroden in einer Flüssigkeit stehen, welche eine Elektrode auflöst, und die beiden Elektroden durch einen Draht «Schließungsbogen» verbunden sind, entsteht ein elektrischer Strom. Stromschluss und Stromunterbrechung. Je öfter das Element zusammengestellt wird, desto schneller löst sich das Zink auf. Die Kohle bleibt unverändert.

Zeichnung an der Tafel: Auf Grund vieler Versuche nimmt man an, daß von der Stelle, wo das Zink von der Säure angegriffen wird, positive Elektrizität in die Flüssigkeit, die Kohlenplatte und weiterhin in den Verbindungsdraht und die Zinkplatte geht, während negative Elektrizität von derselben Stelle in das Zink und weiterhin in den Verbindungsdraht, die Kohlenplatte und die Flüssigkeit geht. Man nennt diese Wege «Stromkreis».

Satz: Längs des Stromkreises vereinigen sich die beiden Elektrizitäten.

Dem Glühen des Eisendrahtes entspricht das Glühen des Kohlenfadens in der luftleeren Glühlampe.

Versuch: Man schalte eine Feile in den Stromkreis, fahre mit dem einen Verbindungsdraht auf der Feile lang hin, und zeige die auftretenden Funken (glühende Eisenheilchen).

Beim elektrischen Bogenlicht geben glühende Kohlenheilchen das hellglänzende, weiße Licht.

Versuch: Man tauche zwei Messingplatten in Kupfervitriol-lösung und zeige, daß ihre Oberflächen blank bleiben. Jetzt verbinde man je eine Platte durch einen Draht mit einer Elektrode des galvanischen Elementes und zeige, wie die mit der Zinkplatte verbundene Messingplatte einen Kupferüberzug erhält. **Galvanische Verkupferung.**

Satz: Der galvanische Strom zersetzt eine zusammengesetzte Flüssigkeit in zwei einfachere Bestandtheile, die sich an den Elektroden absetzen.

Wie das Kupfervitriol läßt sich auch das Wasser in seine Bestandtheile zersetzen.

Die Elementfüllung wird man nicht im Elementglas herstellen, sondern in größerer Menge in einer Flasche. Man gießt erst das Wasser in die Flasche und dann die Schwefelsäure. [Man hat beim Drogist oder Apotheker englische Schwefelsäure gekauft und sie in der beigegebenen Flasche mit Glasstopfen aufbewahrt.] Wenn man Schwefelsäure in Wasser gießt, entwickelt sich bedeutende Wärme; wir merken das an der Flasche, welche ganz heiß wird. Wir gießen deshalb die Schwefelsäure durch den Glastrichter nach und nach in die Flasche. Jedenfalls ist die Vorsicht am Platze, die Flasche während des Füllens in ein leeres Wasserbecken zu stellen, damit bei Springen der Flasche oder bei Vergießen von Schwefelsäure kein Schaden angerichtet werden kann. Wer mit galvanischen Elementen umgeht, sollte überhaupt stets ein irdnes größeres Gefäß zur Hand haben! Gilt auch für

die Versuche im Unterricht!!! **Die Schwefelsäure betrage den siebenten Theil der Wassermenge.** Das chromsaure Kali muß erst zerkleinert werden, damit es leicht durch den Flaschenhals geht. Man schüttet es auf Papier, biegt dieses rinnenförmig zusammen und läßt die Stückchen bei schräger Lage der Rinne in die Flasche gleiten. Man giebt soviel doppelchromsaurer Kali als die Flüssigkeit lösen kann. Eine gute Erregungsflüssigkeit enthält 1 Gewichtstheil Kaliumbichromat, 2 Gewth. Schwefelsäure, 8 Gewth. Wasser.

Bei den Versuchen mit dem galvanischen Element ist ein zweites Glas unbedingt nothwendig. In dieses Glas stellt man die Elektroden mit ihrem Verschlufsdeckel, wenn das Element nicht arbeiten soll. Nach Beendigung eines jeden Versuchs muß das Herausheben der Elektroden der erste Griff sein! Bleiben die Elektroden in der Flüssigkeit, so wird erstens das Zink unnöthig verbraucht, dann die Flüssigkeit schwächer und dadurch der Strom bis zum vollständigen Erlöschen geschwächt. — Man gießt die Elementfüllung erst im Unterrichtszimmer durch den Glastrichter in das Elementglas. Nach Schluß der Stunde gießt man die Flüssigkeit sofort wieder durch den Trichter in die Flasche zurück. — Bei der Benutzung galvanischer Elemente ist vor Allem auf Reinlichkeit zu halten. Die Klemmen am Element sowie die weiteren Verbindungsstellen mit den Elektroden müssen stets sauber geputzt sein, da sonst die Stromstärke bedeutend geschwächt wird. — Wenn Alles seinen gehörigen Platz hat, ist die Zusammenstellung des Elementes in einer halben Minute beendet.

Die Kupfervitriollösung stellt man her durch Auflösen von Kupfervitriol in Wasser. Je heißer das Wasser ist, desto schneller geht die Auflösung vor sich. Es genügt ein halbes Wasserglas voll Flüssigkeit, in welche man so lange Krystalle wirft, als sie noch aufgelöst werden. Die tiefblaue Kupfervitriollösung läßt sich jahrelang aufheben. Kupfervitriol ist giftig.

Das Schmelzen des dünnen Eisendrahtes gelingt nur bei frischer Elementfüllung, sonst glüht der Draht nur. Man stellt die Verbindung von Draht und Elektrodenklemme nicht durch Festschrauben her, sondern man umwickelt mit dem Draht das Gewinde der Schraube mehrmal, dadurch erhält der Draht eine größere Verbindungsfläche mit der Elektrodenklemme. Nunmehr zieht man den Draht **straff** nach der zweiten Klemme und umwickelt nun auch hier das Gewinde der Klemmschraube. Je kürzer der dünne Eisendraht ist, desto leichter schmilzt er! — Der Versuch würde in folgenden Handgriffen bestehen: 1. Verbindung der Elektrodenklemmen durch den dünnen Eisendraht (wird schon vor dem Unterricht ausgeführt sein). 2. Eintauchen der Elektroden in die Elementflüssigkeit (die Schüler sind vorher angewiesen worden, den Draht hierbei zu beobachten): im Augenblick des Eintauchens glüht oder schmilzt der Draht. 3. Sofortiges Herausheben der Elektroden und Einstellen in das nebenstehende Wasserglas.

Die beobachtete Erscheinung findet Anwendung bei der elektrischen Glühlampe. Statt des Eisendrahtes ist hier ein sehr dünner, besonders zubereiteter Kohlenfaden in den Stromkreis geschaltet. Die zerbrechliche Kohle ist von einer luftleeren Glashülle umgeben, damit sie nicht verbrennt.

Wie im Ofen durch Verbrennung der Kohle Wärme erzeugt wird, so entsteht im galvanischen Element durch Verbrennung des Zinks: galvanische Elektrizität. Im Ofen liefert die umgebende Luft den zur Verbrennung der Kohle nothwendigen Sauerstoff; im Element liefert die Flüssigkeit den zur Verbrennung des Zinks nothwendigen Sauerstoff. Wenn sich die entstehende galvanische Elektrizität nicht fortpflanzen kann, setzt sie sich sofort in Wärme um: die Flüssigkeit, in welche das Zink taucht, erwärmt sich.

Verbinden wir sowohl das Zink als auch die Flüssigkeit durch einen Metalldraht mit der Erde, so kann sich die im Element entstehende galvanische Elektrizität genügend fortpflanzen. (Die Leitungsdrähte müssen in der Erde in großen Platten endigen.) Es strömt dann ununterbrochen vom Zink negative und von der Flüssigkeit positive Elektrizität in die Erde.

Statt die beiden Drähte in die Erde zu leiten, kann man sie auch mit einander verbinden, es führt dann also eine Metalleitung vom Zink unmittelbar nach der Flüssigkeit. Von der Stelle, wo das Zink chemisch angegriffen wird, strömt positive Elektrizität durch die Flüssigkeit in den Draht nach dem Zink und negative Elektrizität durch das Zink in den Draht nach der Flüssigkeit hin. Die entgegengesetzten Elektrizitäten vereinigen sich auf dem Leitungswege, sodafs in der Mitte der Leitung weder freie positive noch negative Elektrizität nachweisbar ist.

Um den Uebergang der positiven Elektrizität aus der Flüssigkeit in den Leitungsdraht zu erleichtern, taucht man in die Flüssigkeit nicht den Draht, sondern eine Platte, an welcher das Drahtende befestigt ist. Die Platte mufs die Elektrizität leiten, darf aber von der Flüssigkeit nicht angegriffen werden, d. h. sie darf nicht, wie z. B. das Zink, von der Flüssigkeit zersetzt werden, da in diesem Falle eine neue Elektrizitätsentwicklung stattfände, die der ursprünglichen entgegenwirken würde. Platin und Kohle erfüllen diese Bedingung. Bei unserem Element ist eine Kohlenplatte verwendet worden. — Man nennt Zink- und Kohlenplatte eines galvanischen Elementes „Elektroden“. Das Zink ist die Lösungs- oder negative Elektrode, die Kohle ist die ableitende oder positive Elektrode. Die freien Enden der Elektroden nennt man Pole.

Man nennt den Metalldraht, welcher die beiden Elektroden verbindet, den Schließungsbogen, er wird mit blank geschabten Enden in die Polschrauben eingeführt. Das galvanische Element ist „offen“, wenn die Elektroden nicht leitend verbunden sind; im anderen Falle heifst das Element „geschlossen“. Um im geschlossenen Element die Richtungen der elektrischen Strömungen zu bestimmen, ist man übereingekommen, nur die Richtung anzugeben, in welcher die positive Elektrizität fließt. Wenn man also sagt: der galvanische Strom fließt im Schließungsbogen von der ableitenden Elektrode (Kohle) nach der Lösungselektrode (Zink), so gilt dies streng genommen nur für die positive Elektrizität des Elementes, da ja die negative Elektrizität in entgegengesetzter Richtung strömt. Dasselbe gilt für den Satz: Der galvanische Strom fließt in der Flüssigkeit von der Lösungselektrode nach der ableitenden Elektrode.

Die galvanische Elektrizität ist wie die Wärme oder die Lichtschwingungen oder die Schallschwingungen unsichtbar. Wir können nur ihre Wirkung beobachten. Der Beobachtung am leichtesten zugänglich ist die Wirkung des galvanischen Stromes auf eine bewegliche Magnetnadel.

Der Versuch, bei welchem eine Feile in den Stromkreis eingeschaltet ist, wird wie folgt ausgeführt: Vom beigegebenen Leitungsdraht schneidet man zwei 30 cm lange Stücke ab, schabt sie an den Enden blank und verbindet sie mit den Klemmen des Elementes, sodafs von jeder Elektrode ein Draht ausgeht. Das eine freie Drahtende drückt man nun auf eine blanke Stelle der Feile und mit dem anderen Drahtende fährt man unter ziemlichem Druck über die Feilenfläche. — Die auftretenden Funken sind glühende Eisenheilchen. Sie werden nur gebildet, wenn die Leitung unterbrochen wird, entstehen also im Augenblick, wo der Draht einen Feilenzahn verläfst. Man nennt deshalb diese Funken „Unterbrechungs- oder Oeffnungsfunken“.

Das elektrische Bogenlicht ist eine Reihe von Unterbrechungsfunken. Wenn man die beiden von einer starken Elektrizitätsquelle ausgehenden Leitungsdrähte je mit einem Stäbchen aus harter Gaskohle verbindet, dann diese Kohlenstäbchen zur Berührung bringt, so gerathen die sich berührenden Spitzen in lebhaftes Glühen. Entfernt man sie jetzt ein wenig von einander, so bilden sich Oeffnungsfunken: es springen weiß glühende Kohlenheilchen von einer Spitze zur anderen. Die Theilchen folgen so dicht aufeinander, dafs sie den galvanischen Strom noch leiten können. (Die infolge der Wärme zwischen den Spitzen entstehende Luftverdünnung erleichtert gleichfalls den Uebergang der Elektrizität.) Der andauernde elektrische Strom unterhält weiterhin dieses Ueberspringen weiß glühender Kohlenheilchen, sodafs ein ständiger elektrischer Lichtbogen entsteht. Zur Einleitung des Bogenlichts ist stets ein Be-

rühren der Kohlenstäbchen nöthig. Zum Fortbestehen des Bogenlichts ist es nöthig, daß sich die Kohlenspitzen nicht über einen bestimmten Abstand voneinander entfernen. Je weniger sich der Abstand der Kohlenspitzen verändert, desto gleichmäßiger bleibt die Lichtstärke des Bogenlichtes. Da die Stäbe infolge des Fortsprühens der Kohlentheilchen kürzer werden, ist eine mechanische Vorrichtung nöthig, durch welche die Kohlenspitzen in unverändertem Abstand von einander erhalten bleiben. Ein derartiger Apparat heißt „elektrische Bogenlampe“.

Die galvanische Verkupferung ist in einem Versuch von höchstens 1 Minute Dauer vorgeführt. Man zeigt zunächst durch Eintauchen der Messingplatten in die Kupfervitriollösung, daß die Platten keinen Kupferüberzug annehmen. Man darf aber das Eintauchen nicht zu lange währen lassen, da sich sonst ein Kupferanflug an den Platten zeigt, der anderen galvanischen Strömen seine Entstehung verdankt. — Wir haben an unserem Element nach Ausführung des vorhergehenden Versuchs die beiden Drähte an ihren Klemmen gelassen. Jetzt steckt man je ein freies Drahtende in je eine Messingplatte, biegt den Draht bei der Plattenöffnung etwas um, damit er nicht wieder herausfährt, taucht die Elektroden in die Elementflüssigkeit und die Messingplatten in die Kupfervitriollösung und giebt Acht, daß sich die Platten nicht berühren. In jeder Hand hält man eine Platte, mit dem Daumen drückt man das Drahtende fest an die Platte, damit der galvanische Strom leicht aus dem Draht in die Platte übergehen kann. Nach einer halben Minute oder noch früher hebt man die Platten aus dem Kupferbad und die Elektroden aus ihrer Flüssigkeit und zeigt den Kupferüberzug an der mit dem Zink verbundenen Messingplatte. Vor einem neuen Versuch muß der Kupferüberzug von der Messingplatte mit Säure oder durch Abreiben mit Schmirgelpapier entfernt werden.

Der Versuch gewährt uns eine Vorstellung von der Wirkungsweise „galvanischer Bäder“, durch deren Anwendung Gegenstände aus minderwerthigem Metall mit einem edlen oder dauerhafteren Metall überzogen werden (Silber, Gold, Nickel).

Hausaufgabe: Von verdünnter Schwefelsäure wird Platin nicht angegriffen, aber Kupfer wird aufgelöst. Wir tauchen nun einen Kupferstreifen und einen Platinstreifen in verdünnte Schwefelsäure. Was entsteht, wenn wir beide Streifen durch einen Draht metallisch verbinden? Es entsteht ein galvanischer Strom, dessen positive Elektrizität vom Kupfer durch Schwefelsäure nach dem Platin und dem Draht geht.

40.

Elektromagnetismus. Telegraph. Elektrisches Lätewerk.

Apparate: Das galvanische Element, ein Wasserglas, die Flasche mit der Elementfüllung, der Glastrichter, ein Wasserbecken, das Statif No. 1 mit Klemme No. 3, das Statif mit Spitze und zwei Klemmen, der Drahtbügel dazu, die Magnetnadel, der Elektromagnet mit Anker, zwei Schlüssel, zwei Gewichte, zwei Leitungsschnuren.

Versuch: Man leite den galvanischen Strom durch den Drahtbügel um die Magnetnadel und zeige die Ablenkung der Magnetnadel.

Wenn wir den Strom unterbrechen, geht die Nadel zurück. Die Wirkung dauert also nur so lange, als der Strom wirkt. —

Galvanometer. Früher haben wir schon eine Fernwirkung auf die Magnetnadel beobachtet, d. h. wir konnten eine Ablenkung der Magnetnadel hervorrufen, ohne sie zu berühren. Womit erreichten wir das? Durch Nähern eines Magneten. Wir ziehen den Schlufs: Auch der galvanische Strom übt auf die Magnetnadel eine magnetische Wirkung aus.

Weiterer Schlufs: Wenn der galvanische Strom eine magnetische Wirkung ausübt, wird er ein Stück Eisen in seiner Nähe magnetisch machen. Leiten wir also den galvanischen Strom durch Drahtwindungen viele Mal um einen Eisenstab, so muß dieser magnetisch und bei Stromunterbrechung wieder unmagnetisch werden. **Elektromagnetismus.**

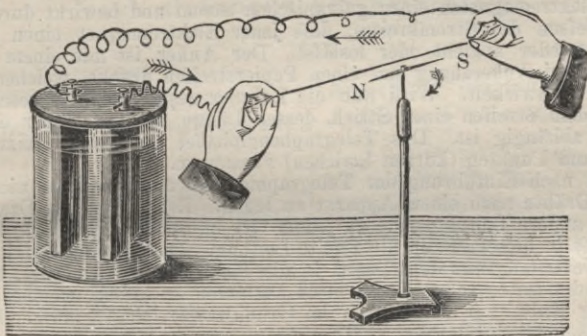
Versuch mit dem Elektromagneten. Warum hat der Elektromagnet Hufeisenform? Wegen der dadurch bewirkten günstigeren magnetischen Vertheilung im Anker.

Satz: Eisen und Stahl wird magnetisch, wenn es vom galvanischen Strom umkreist wird. Stahl bleibt magnetisch.

Anwendungen: Telegraph. Elektrisches Lätewerk.

Bei Ausführung des ersten Versuchs muß das Statif mit Drahtbügel und Magnetnadel so aufgestellt werden, daß der obere Theil des Drahtes mit der Magnetnadel eine Richtung hat. Jede Klemme des Statifs ist durch einen Draht mit einer Elektrodenklemme verbunden. Die Nadel wird beim Eintauchen der Elektroden eine Drehung erfahren und sich rechtwinklig zum Strom zu stellen suchen. Sie wird dieser Lage um so näher kommen, je stärker der Strom ist. Wir können aus der Gröfse der Nadelablenkung einen Schluß auf die Stromstärke ziehen. Je weiter die Nadel von der Nord-Südrichtung abgelenkt wird, desto stärker ist der im Element erzeugte galvanische Strom. Galvanometer.

Es wird sich empfehlen, die Ablenkung der Magnetnadel auch einmal ohne Drahtbügel, also nur mit der einfachen Drahtleitung zu zeigen. Die



38.

Versuchsanordnung ist aus beistehendem Bild ersichtlich. Die Pfeile in der Figur geben die Stromrichtung der positiven Electricität an. Man halte den Schließungsbogen möglichst dicht über die Nadel in der Nord-Südrichtung.

Den Elektromagnet hängt man an der Klemme mit Haken am Statif auf. Vom Element führen die beiden Leitungsdrähte nach den Klemmen des Elektromagneten. Um die Stärke der Anziehung noch deutlicher zu machen, hängt man an den Anker unter einander zwei Gewichte. Es ist auch gut, wenn man andere Gegenstände anziehen läßt, z. B. Schlüssel.

Man lasse im Anfang den Strom nur kurze Zeit geschlossen, damit das Eisen des Elektromagneten nicht zu sehr magnetisch erregt wird. Es behält sonst den Magnetismus längere Zeit und läßt bei Stromunterbrechung den Anker nicht fallen. Wenn man Stromunterbrechung durch Herausheben der Elektroden herbeiführen will, so wird das nicht sofort gelingen. Es bleibt wegen der Flächenanziehung beim Herausheben der Elektroden zwischen den Platten Flüssigkeit haften, die erst abfließen muß. Der Augenschein zeigt das Weitere. — Man wird Stromunterbrechung in diesem Falle herbeiführen durch Herausziehen eines Drahtes aus seiner Elektrodenklemme.

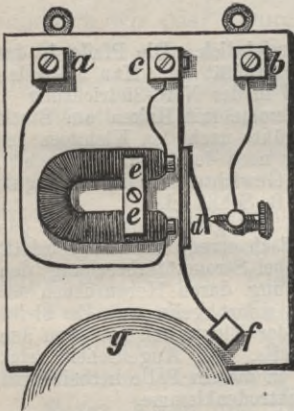
Das weiche Eisen ist nur so lange magnetisch, als es von einem elektrischen Strom umflossen ist. Stahl bleibt auch nach der Stromunterbrechung magnetisch. Die großen Stahlmagnete in der Technik werden nicht durch Streichen mit einem anderen Magneten sondern durch den elektrischen Strom hergestellt, es sind starr gewordene Elektromagnete.

Bemerkenswerth ist die Hufeisenform des Elektromagneten. Das Eisen ist dabei so bewickelt, daß bei Stromschluß ein Schenkelende zum Nordpol und das andere Ende zum Südpol des Magneten wird. Der Vortheil ist nun folgender: Der Nordpol bewirkt im Anker eine magnetische Vertheilung.

Der Südmagnetismus des Ankers kommt ihm am nächsten, während der Nordmagnetismus gegenüber dem anderen Magnetpol liegt. Da dieser ein Südpol ist, wird er dieselbe magnetische Vertheilung hervorrufen und somit die andere verstärken. Wir wissen nun, daß ein Magnet das Eisen um so kräftiger anzieht, je größer die magnetische Vertheilung ist, die der Magnet im Eisen bewirken kann. Es wird also der Hufeisenmagnet das Eisen viel lebhafter anziehen, als es ein einzelner Pol desselben im Stande ist. — Hätte der Hufeisenmagnet eine solche Bewicklung, daß bei Stromschluß beide Schenkellenden gleiche Pole hätten, also die entgegengesetzten in der Mitte des Eisens lägen, so würde der Anker fast gar keine Anziehung erfahren, denn die durch den einen Pol bewirkte magnetische Vertheilung im Anker wird nahezu durch diejenige des anderen Poles aufgehoben.

Die Telegraphie: Man sendet durch eine Drahtleitung nach einem entfernten Elektromagneten einen galvanischen Strom und bewirkt durch Oeffnen und Schließen des Stromkreises, daß jener Elektromagnet einen federnden Anker entweder anzieht oder losläßt. Der Anker ist mit einem Stift versehen, der bei Ankeranzug auf einen Papierstreifen drückt, welcher sich von einer Rolle abwickelt. Wird nun die Leitung geschlossen, so beschreibt der Stift auf dem Streifen einen Strich, dessen Länge von der Dauer des Stromschlusses abhängig ist. Das Telegraphenalphabet setzt sich demzufolge aus Strichen und Punkten (kurzen Strichen) zusammen.

Bald nach Einführung der Telegraphie fand man, daß es nicht nöthig sei, zwei Drähte nach einem Apparat zu legen. Es genügt eine Drahtleitung, wenn das andere Leitungsende an jedem Ort in die Erde geführt wird. Die Erde bildet in diesem Falle die zweite Leitung. Damit die Elektrizität einen leichten Uebergang aus dem Draht in die Erde hat, ist es nöthig, den Draht in ein quadratmetergroßes Kupferblech auslaufen zu lassen, welches beständig in feuchter Erde, am günstigsten im Grundwasser, liegen muß. Diese Metallfläche heißt «Erdplatte».



39.

In der Figur ist die Einrichtung einer elektrischen Glocke angegeben. Die Punkte *a* und *b* werden durch Leitungsdrähte mit einem galvanischen Element verbunden. Der Strom geht dann in dem Apparat von *a* durch den Elektromagnet *ee* nach *c*, von dort nach *d* und weiterhin nach *b*. Der Eisenkern des Elektromagneten wird infolgedessen magnetisch und zieht das vor ihm befindliche Eisenstück *d* «den Anker» an. Hierdurch wird über die am Anker befindliche Feder drückt nicht mehr an den Schraubenstift, welcher mit *b* verbunden ist. Wenn der Strom unterbrochen ist, wird das Eisen wieder unmagnetisch und kann den Anker nicht mehr halten. Derselbe federt in seine frühere Lage zurück, drückt die kleine Feder wieder an den Schraubenstift, bewirkt somit Stromschluß und das Spiel beginnt von neuem. Bei jedem Ankeranzug schlägt der Klöppel *f* an die Glocke *g*. —

Damit die elektrische Glocke nicht immer läutet, muß ein Leitungsdraht zur Glocke unterbrochen sein. Soll die Glocke läuten, so werden die beiden Drahtenden zusammengedrückt. Die Vorrichtung heißt «Drücker oder Taster».

Hausaufgabe: Es ist aus freier Hand die Einrichtung eines elektrischen Läutewerkes aufzuzeichnen.

Inhalts-Uebersicht

nach alphabetischer Reihenfolge.

- A**bleitertes Element 104.
Ableitende oder negative Elektrode 101.
Ableitung, elektrische 79. 87.
— eines galvanischen Elementes 104.
Ablenkung des Lichtes durch das Prisma 44. 45. 58. 59.
— der Magnetnadel durch den galvanischen Strom 106.
Absorbirtes Licht, Wirkung desselben 51. 53. 74.
Absorption oder Aufsaugung des Lichtes 56—60. 74.
Absorptionsspektrum 59.
Accommodation oder Anpassungsvermögen 54.
Adhäsion = Flächenanziehung 7—9.
Aether 37. 74.
Aetherschwingungen 37. 74.
Akustik = Lehre vom Schall oder Ton 31—35.
Amalgam 80. 92.
Anker eines Magnets 95.
Anpassungsvermögen oder Accommodation 54.
Anziehung der Erde 1.
Anziehung und Abstofung, elektrische 83.
Anziehung, magnetische 97.
Aufsaugung oder Absorption des Lichtes 56—60. 74.
— der Wärme 74.
Auftrieb des Wassers 20—23.
— der Luft 29.
Atmosphärendruck 65—67.
Aufgespeicherte Wärme 64. 66. 74.
Auge, Bau desselben 52. 54.
Ausdehnung durch Wärme 61—63. 66. 73. 74.
Auslöschten einer Petroleumlampe 77.
Ausstrahlung der Reibungselektricität 86.
— der Wärme 70. 73—75.
- B**ad, galvanisches 105.
Barometer 26. 29. 30.
Beharrung 11. 12. 13.
Bestimmung der Farbe einer Fläche durch das Prisma 60.
— der Brennweite einer Sammellinse 50.
Bewegung 10. 11
Bewegung eines Pendels 10. 13—15.
Bikonvexe Linse 46—52. 74.
Bild einer Sammellinse 46.
— eines Spiegels 39. 41. 42.
Blaue Glasplatte 42. 57.

Bodendruck 18—20.
 Bogenlampe, elektrische 105.
 Bogenlicht, elektrisches 104.
 Brechung des Lichtes 43—45. 55.
 58.
 Brennglas 47. 73. 74.
 Brennpunkt 47.
 Brennweite 47. 49.
 — Bestimmung derselben 50.
 Brille 54.
 Buntes Papier 59—60. 73. 74.

Caisson 23—24.

Camera obscura oder Dunkel-
 kammer 51.
 Capillarröhre 8. 9. 75.
 Chemische Wirkung des Lichtes
 51. 53.
 — des galvanischen Stromes 105.
 Chemische Vorgänge im galvani-
 schen Element 101. 103.
 Chromsäure-Element 103.
 Cohäsion = Flächenanziehung
 7—9.
 Complementärfarben = Ergän-
 zungsfarben 57.
 Convexlinse 46—52. 74.
 Curven, magnetische 96.

Dampf des Wassers 63—68.

Dampfdruck 65—67.
 Deklination oder Mißweisung 97.
 Docht 8. 75.
 Doppelpendel, elektrisches 85.
 Doppeltchromsaures Kali 103.
 Druck 1
 — einer Atmosphäre 65. 66.
 — der Luft 9. 24—27. 65.
 — des Wasserdampfes 65—67.
 Drücker oder Taster 108.
 Dünner Eisendraht für Glühver-
 suche 103.
 Dunkelkammer 51.

Durchsichtig 36. 55. 57. 74.
 Durchlässig für Wärme 74.

Echo 34.

Ei 22.
 Eis 63. 67.
 Eisen 96. 106.
 Eisendraht für galvanische Glüh-
 versuche 103.
 Eisenfeile für magnetische Ver-
 suche 96. 98.
 Eispunkt 62.
 Elasticität oder Spannkraft der
 Luft 23. 24.
 Electricität, Ableitung derselben
 79. 104.
 — Erzeugung derselben 78. 101
 — galvanische 101. 108.
 — positive und negative 93. 102.
 — Reibungs- 78—93.
 Elektrische Ableitung 79. 104.
 — Anziehung und Abstofsung 83.
 — Bogenlampe oder Bogenlicht
 105.
 — Glocke oder Läutewerk 108.
 — Spitzenwirkung 86.
 — Vertheilung oder Influenz 88.
 Elektrischer Funke 90. 104.
 Elektrisches Doppelpendel 85.
 — Flugrad 86.
 — Glockenspiel 87.
 — Licht 104.
 Elektrisirmaschine 80.
 Elektrode, ableitende oder nega-
 tive 101.
 — erzeugende oder positive oder
 Lösungselektrode 101.
 Elektrolyse oder Zersetzung eines
 Körpers durch den galvani-
 schen Strom 105.
 Elektromagnet 106.
 Elektromagnetismus 106—108.
 Elektroskop oder elektrisches
 Doppelpendel 85.

Element, abgeleitetes 104.
 — galvanisches 100.
 — geschlossenes 104.
 — offenes 104.
 Elementpol 104.
 Entlader 94.
 Entstehung eines Tones 31—33.
 Erdanziehung 1.
 Erdmagnetismus 97. 98.
 Erdpole 97.
 Erdplatte 104. 108.
 Erdströme 98.
 Ergänzungsfarben = Complementaryfarben 57.
 Erzeugende Elektrode oder positive oder Lösungselektrode 101.
 Erzeugung des galv. Stromes 101.
Fall 1.
 Farbe 56—60. 74.
 — einer Fläche, Bestimmung derselben durch das Prisma 60.
 Farbenbestimmung 60.
 Farbenkreisel 56. 58.
 Farbenscheibe 57. 60.
 Farbenstrahl 55—60. 74.
 Fernrohr 50. 52.
 Fest 63. 65. 66.
 Feste Luft 23.
 Feuchtigkeit der Luft 67. 87.
 Fisch 21.
 Flächenanziehung = Oberflächenspannung 7—9.
 Flamme 76. 91.
 Flasche, Leydner 93.
 — Rückstand derselben 94.
 Flaschenzug 7.
 Flaschenrückstand 94.
 Flugrad, elektrisches 86.
 Flüssig 65. 66.
 Flüssige Luft 23.
 Fortpflanzung, geradlinige des Lichtes 36. 38.
 — des Tones 31—33.

Fortpflanzung der Wärme 72.
 Fremdes Licht 51.
 Funke, elektrischer 90. 104.
 — Oeffnungs- 104.
Galvanometer 107.
 Galvanisches Bad 104.
 Galvanische Elektrizität 101—108.
 — Erzeugung derselben 101.
 — Leiter derselben 103. 104.
 Galvanischer Schließungsbogen 104.
 — Strom 101—105.
 Galvanisches Element 101.
 Galvanische Verkupferung oder Galvanoplastik 105.
 Gas 23. 65—67.
 Gasförmig oder luftförmig 23. 65. 66. 69.
 Gebundene Wärme 64. 66.
 Geradlinige Fortpflanzung des Lichtes 36. 38.
 Geschlossenes Element 104
 Geschwindigkeit 9—10.
 — des Tones 32.
 Gewicht 1.
 — der Luft 25. 29.
 Gewitter 91. 93. 95.
 Glaselektrizität oder positive El. 84.
 Glasprisma 45. 55—60.
 Gleichgewicht 3—8. 16—22. 27.
 — von Flüssigkeiten 8. 18—20.
 Glocke, elektrische 108.
 — Schwingungen einer 31—34.
 Glockenspiel, elektrisches 87.
 Glühen von Metalldrähten durch den galv. Strom 103.
 Glühlampe 103.
 Grad 62.
 Grauer Staar 54.
Haarröhre 8. 9. 75.
 Haarröhrenanziehung 8. 75.
 Halbschatten 38.

- Hartgummistab 81.
 Harzelektricität oder negative El.
 84.
 Hauptachse einer Linse 48.
 Hauptstrahl 48.
 Hebel 3—6.
 Hebelapparat 4. 21.
 Heber 19. 27. 28.
 Heronsball 24.
 Hufeisenmagnet 99. 107.
- I**nfluenz = elektrische Vertheilung
 88.
 Influenzelektricität = Reibungs-
 elektricität 78—95.
 Isoliren 79.
 Isolirter Pendelhalter 79.
- K**amel 22.
 Kapillare 8. 9. 75.
 Kapillarwirkung 8. 75.
 Keil 2.
 Kernschatten 38.
 Knallbüchse 24.
 Knallgas 30.
 Kochen 65.
 Kochpunkt 62.
 Körper fest, flüssig, gasförmig 23.
 65. 66. 69.
 Körper, welche magnetisch werden
 96.
 Kohlenlicht, elektrisches 104.
 Kohlensäure 23.
 Kommunizirende Röhren 18—20.
 Kompaß 97.
 Konvexlinse 46—52. 74.
 Kraftlinien, magnetische 96.
 Kristalllinse des Auges 52.
 Künstliche Magnete 96. 99. 100.
 107.
 Kupfervitriol 103.
 Kurven, magnetische 96.
 Kurzsichtig 54.
- L**äutewerk, elektrisches 108.
 Lampe 75—78.
 Lampendocht 8. 75.
 Landwind 73.
 Laterna magica 51.
 Leiter der galv. Elektricität 103
 104.
 — des Lichtes 43. 37.
 — des Magnetismus 99.
 — der Reibungselektricität 79—87
 — des Schalls oder Tones 37.
 — der Wärme 73—75.
 Leuchtgas 23. 29. 69.
 Leydner Flasche 93.
 — Rückstand derselben 94.
 Licht, Ablenkung desselben durch
 das Prisma 44. 45. 55.
 — Brechung dess. 43. 55—60.
 — chemische Wirkung dess. 51.
 53. 73. 74.
 — einer Flamme 76.
 — elektrisches 103—105.
 — geradlinige Fortpflanzung dess
 36. 38.
 — Leiter dess. 43.
 — Zerlegung dess. 55—60.
 — Zerstreuung dess. 39.
 — Zurückwerfung 36. 37. 56. 73.
 74.
 Lichtempfindung 53.
 Lichtstrahlen 40. 42. 73—74.
 Lichtwellen 37. 38. 74.
 Linse, optische 46—52. 74.
 Linsenachse 48.
 Lochsirene 31. 32.
 Lösungselektrode oder erzeugende
 oder positive Elektrode 101.
 Loth 1. 13.
 Luft 23—30. 66. 71. 72. 74. 87.
 — Auftrieb derselben 29. 71. 72.
 — Elasticität derselben 23—24.
 — fest, flüssig, gasförmig 23. 66.
 — Feuchtigkeit derselben 87.
 — Gewicht derselben 25. 29.

Luft, Schwingungen derselben
31—35.

Luftballon 29—30.

Luftdruck 9. 24—27. 29. 30.

Luftförmig 23. 65. 66. 69.

Luftsäulen, schwingende 34. 35.

Luftströmung 71.

Lupe 50.

Magnete, Hufeisen- und Stabform-
99. 107.

— natürliche und künstliche 96.
99. 100. 107.

Magnetische Anziehung und Ab-
stoßung 97.

— Kraftlinien oder Kurven 96.

— Vertheilung 98.

Magnetisiren durch den galvani-
schen Strom 107.

— durch Streichen 100.

Magnetismus 95—101.

— der Erde 97. 98.

— Leiter desselben 99.

Magnetnadel 97.

— Ablenkung durch den galvani-
schen Strom 106.

— Schwingungen derselben 100.

Magnetpole 95. 97.

Matte Glasplatte 41. 46. 50. 52.

Mechanik = Lehre vom Gleich-
gewicht und von der Bewegung
der Körper 1—30.

Messingstreifen für galvanische
Verkupferung 105.

Mikroskop 50.

Mißweisung oder Deklination 97.

Mittel, optisches 43.

Mittönen (Resonanz) 33—35.

Natürliche und künstliche Magnete
96. 99. 100. 107.

Nebel 68.

Negative Elektricität oder Harz-
elektricität 93.

Negative Elektrode oder ab-
leitende Elektrode 101.

Netzhaut des Auges 52.

Nordpol der Erde 97.

— eines Magneten 97.

Nullpunkt 62.

Oberflächenspannung = Flächen-
anziehung 7—9.

Oeffnungsfunke 104.

Ofen 69—72.

Offnes Element 104.

Ohr 31.

Optik = Lehre vom Licht 35—60.

Optische Kammer 51.

Optische Linse 46—52. 74.

Optischer Mittelpunkt 48.

Optisches Mittel 43.

Orkan 71.

Pendel 10. 13—15.

Pendelhalter, isolirter 79.

Petroleum 69. 75.

Petroleumlampe 75. 78.

Photographie 51.

Planetenbewegung 15.

Pole eines galvanischen Elements
104.

— eines Magneten 95.

— der Erde 97.

Positive Elektricität oder Glas-
elektricität 93.

Positive Elektrode oder Lösungs-
oder erzeugende Elektrode 101.

Prisma 45. 55—60.

Quecksilber 21. 26. 62. 66.

Quellfähigkeit 8. 9.

Rauch 70. 75.

Reflexion oder Zurückwerfung des
Lichtes 36. 37. 56.

Regen 67. 68.

- Regenbogen 55.
 Reibung 11—12. 69.
 Reibungselektricität oder Influenz-
 elektricität 78—95.
 — Ausstrahlung derselben 86.
 — Leiter derselben 79—87.
 Reibzeug 80. 92.
 Reif 68.
 Resonanz oder Mittönung 33—35.
 Richtkraft des Magneten 97.
 Richtung des galvanischen Stromes
 102. 104.
 Rolle, feste und bewegliche 6—7.
 Ruhe 9—11.
 Rufs 75.
- S**alzwasser 22.
 Sammellinse 46—52. 74.
 Saugbrunnen oder Saugpumpe
 27—28.
 Saugen mit dem Munde 25. 26. 28.
 Saugheber 19. 27. 28.
 Saugkämme = Saugkanten 90.
 Saugpumpe oder Saugbrunnen
 27—28.
 Schall = Ton 31—35.
 — Entstehung desselben 31—33.
 — Fortpflanzung desselben 31—33.
 — Geschwindigkeit desselben 32.
 — Leiter desselben 32. 37.
 — Stärke desselben 33.
 — Zurückwerfung desselben 34.
 Schatten 36. 38.
 Schiefe Ebene 2.
 Schließungsbogen, galvanischer
 104.
 Schmelzen durch den galv. Strom
 103.
 — durch Wärme 63. 64. 66.
 Schmiermittel 12.
 Schnee 68. 73.
 Schraube 2.
 Schraubenmodell 2.
- Schwarz 56. 74.
 Schwarzer Staar 54.
 Schwefelsäure 30. 102.
 Schwerpunkt 15—17.
 Schwimmen 20—23.
 Schwingungen des Aethers 37.
 38. 74.
 — einer Glocke 31—33.
 — des Lichtes 37. 38. 42. 74.
 — der Luft 31—35.
 — von Luftsäulen 34. 35.
 — des Pendels 13.
 — einer Magnetnadel 100.
 — einer Saite (Faden) 35.
 — eines Stabes 33.
 — eines Tones 31.
 — der Wärme 74.
 Schwingungsdauer 13. 15. 74.
 Schwingungsweite 33.
 Schwingungszahl des Lichtes 74
 — eines Pendels 15.
 — eines Tones 31.
 — der Wärme 74.
 Sekundenpendel 14. 15.
 Seewind 73.
 Sehen 37. 52—55.
 Sehpurpur 53.
 Sehweite 53.
 Senkwage 22.
 Sieden 65.
 Siedepunkt 62. 66.
 Singen des Wassers 64.
 Sirene 31. 32.
 Sonnenbild 42. 47. 49. 50.
 Sonnenlicht 55—60.
 Sonnenspektrum 58.
 Spannkraft oder Elasticität der
 Luft 23—24.
 Spektrum 57—60.
 Spiegel 37. 38. 42.
 Spiegelbild 39. 41. 42.
 Spitzen, elektrische Wirkung der-
 selben 86.
 Sprechen 34.

Springbrunnen 18—20.
 Staar 54.
 Stabmagnet 95.
 Stärke des galv. Stromes 107.
 Stahlmagnete, Herstellung derselben 100. 107.
 Standfestigkeit 16. 17.
 Stechheber 25.
 Stimmgabel 31—35.
 Strahlenbündel 42.
 Strom, galvanischer 101—105.
 — chemische Wirkung dess. 105.
 — Erzeugung dess. 101.
 — in der Erde 98. 104. 108.
 — Magnetisiren durch dens. 107.
 — Richtung desselben 102. 104.
 — Wärmeentwicklung durch denselben 103.
 — Zersetzung durch denselben 105.
 Stromkreis 102.
 Stromrichtung 102. 104.
 Stromschluss 101.
 Stromstärke = Stromintensität 107.
 Stromunterbrechung 101.
 Südpol der Erde 97.
 — eines Magneten 97.

Taster oder Drücker 108.
 Taucherglocke 23.
 Telegraphie 108.
 Thau 67. 68.
 Thermometer 62.
 Ton 31—35.
 — Entstehung desselben 31—33.
 — Fortpflanzung desselben 31—33.
 — Geschwindigkeit desselben 32.
 — Leiter desselben 32. 37.
 — Stärke desselben 33.
 — Zurückwerfung desselben 34.
 Trägheit oder Beharrung 11—12.
 13.

Undurchsichtig 36. 55.
 Undurchlässig für Wärme 74.

Unelektrisch machen 91.
 Unterbrechung des galvanischen Stromes 101.
 Unterbrechungs- oder Oeffnungsfunke 104.
 Untersuchung der Farbe einer Fläche durch das Prisma 60.
 — der elektrischen Leistungsfähigkeit eines Körpers 85—87.
Verbrennung 23. 69. 70. 75.
 Verbundene Röhren 18—20.
 Verdampfen 65. 67.
 Verdunsten 67.
 Vereinigung von Farbenstrahlen 56. 57. 60.
 Vergleichung zweier Magnete auf ihre Stärke 100. 101.
 Vergrößerungsglas 50.
 Verkupferung, galvanische 105.
 Vertheilung, elektrische 88.
 — magnetische 98.
 — Magnetisiren durch 99.
 Vogelflug 29—30.

Wärme, Ausdehnung durch 61—63. 64. 66.
 — Erzeugung derselben 69.
 — durch den galvanischen Strom 103.
 — Wirkung derselben 61. 66—78.
 Wärmebewegung in flüssigen Körpern 64.
 — in der Luft 68. 71.
 Wärmeleiter 72—75.
 Wärmestrahlen 70—74.
 Wage 3. 4. 21—23.
 Warmwasserströmung 64.
 Wasser 18—23. 63—68.
 — Auftrieb desselben 20—23. 64
 Wasserdampf 63—68.
 Wassergehalt der Luft 67. 87.

Inhalts-Uebersicht nach alphabetischer Reihenfolge.

- | | |
|--|---|
| Wasserstoff 23. 29—30.
— Darstellung desselben 30.
Wasserzersetzung durch den galvanischen Strom 102.
Weg 10.
Weifs 56. 73. 74.
Weitsichtig 54.
Widerstand durch Reibung 12.
14. 69.
Wiederhall 34.
Wiedervereinigung der Farbensstrahlen 56. 57. 60.
Wind 71. 73.
Winkelheber 19. 27. 28.
Wirkliches Bild 40—42. 46—49. | Wirkung des galvanischen Stromes auf eine Magnethadel 106.
Wolke 67. 68.

Z auberlaterne 51.
Zerlegung des Lichtes 55—60.
— eines Körpers durch den galvanischen Strom 102. 105.
Zerstreuung des Lichtes 39.
Zurückwerfung oder Reflexion des Lichtes 36. 37. 56. 73. 74.
— des Schalles oder Tones 34.
Zusammendrückbarkeit der Luft 23. 24. |
|--|---|
-

Bezugsbedingungen.

Es steht jedem unserer geehrten Auftraggeber frei, empfangene Apparate innerhalb 10 Tagen, vom Tage des Empfanges an gerechnet, zurückzusenden. Etwa schon gezahlte Beträge werden alsdann umgehend zurückerstattet. Durch diese weitgehende Vergünstigung glauben wir am besten das Vertrauen zu erwecken, ohne welches ein Bezug physikalischer Apparate überhaupt nicht möglich ist. Später eingehende Reklamationen können nicht berücksichtigt werden.

Von der Rücknahme müssen wir nur einige Gegenstände ausschließen, welche durch Gebrauch oder längeren Versuch an Wert verlieren; es sind: In Gebrauch genommene galvanische Elemente, Trockenelemente, Glühlampen, Geißlersche, Crookesche und Röntgenröhren, Fluoreszenzschirme, Gummischläuche und überspannene Drähte. Bei Bestellungen, die den Betrag von 200 M. übersteigen, gelten die Bestimmungen über die Ansichtssendung nur nach besonderer Vereinbarung.

Alle Apparate werden vor dem Versand auf tadelloses Funktionieren genau geprüft. — Kleine Änderungen in der Konstruktion der Apparate werden, auch ohne besondere Anzeige, vorbehalten.

Die Verpackung erfolgt mit größter Sorgfalt; wir können daher für Bruch auf dem Transport keine Verantwortung übernehmen.

Wo nicht ausdrücklich etwas anderes vermerkt ist (wie z. B. bei den Sammlungen und Experimentierkästen) gelten die Preise dieses Verzeichnisses ab Dresden, gegen Kasse und **ohne Abzug von Skonto oder Porto. Verpackung und Porto werden zu Selbstkostenpreisen besonders in Rechnung gestellt.**

Bei Bestellungen wird im Interesse der geehrten Besteller gebeten, stets die **nächste Post- und Bahnstation** anzugeben.

Bei Bestellungen nach dem Auslande wolle man uns über etwa bestehende besondere Vorschriften, besonders betreffs der Verzollung unterrichten.

Bahnkisten werden, wenn innerhalb 6 Wochen frachtfrei und mit dem gesamten Packmaterial zurückgesandt, mit $\frac{2}{3}$ des berechneten Wertes wieder angenommen. **Postkisten sind von der Rücknahme unbedingt ausgeschlossen.**

Sendungen nach überseeischen Ländern werden in Ermangelung anderer besonderer Vorschriften stets in Kisten mit Zinkeinsatz versandt; bei Sendungen nach England, Schweden und Norwegen geschieht es jedoch nur auf besonderen Wunsch.

Als Erfüllungsort für alle Zahlungen an uns gilt Dresden.

Ausländische Geldsorten werden zu dem am Tage des Eintreffens an der Dresdner Börse notierten Kurswert gutgeschrieben.

Zahlungen an uns können geleistet werden:

mit **Postanweisung**;

mittels **Schecks** in **deutscher Währung** und **auf deutsche Bankhäuser**;

ferner auf **Postscheckkonto Leipzig Nr. 6553**;

Deutsche Bank, Filiale Dresden, Dep.-Kasse B;

K. K. Österreichische Postsparkasse Nr. 79810;

K. Ungarische Postsparkasse Nr. 19665 (Clearing-Verkehr).

Teuerungszuschlag oder dergleichen wird nicht erhoben!

Meiser & Mertig, Dresden,
Werkstätten für Präzisionsmechanik.

Erweiterung des Physikalischen Kabinetts.

Da von vielen Seiten dem Wunsche Ausdruck gegeben wurde, den durch Anschaffung des Physikalischen Kabinetts geschaffenen Grundstock einer Sammlung physikalischer Unterrichtsapparate weiter auszubauen und durch allmähliche Angliederung nach und nach zu vervollständigen, haben wir noch eine Reihe von Apparaten zusammengestellt, die dem über den engeren Rahmen unseres «Physikalischen Kabinetts» hinausgehenden Bedürfnis am meisten entsprechen würden.

Bei der größtenteils von uns selbst ausgeführten Konstruktion dieser Apparate wurde besonders auf leichte Übersichtlichkeit sowie möglichste Einfachheit des Aufbaues und dadurch bedingte Wohlfeilheit gesehen. (Bei den Preisen der folgenden Apparate ist Verpackung und Porto nicht inbegriffen; beides wird zum Selbstkostenpreise in Rechnung gestellt.)

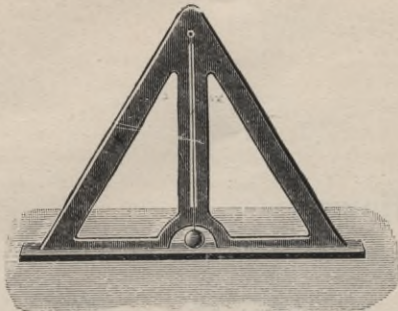
In unserer

Permanenten Ausstellung ☉ ☉

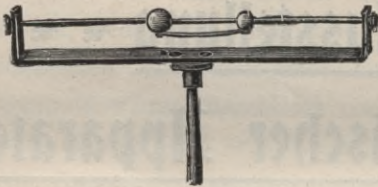
☉ ☉ Physikalischer Apparate,

die immerfort vergrößert wird, haben wir einen großen Teil der in unseren Katalogen verzeichneten Apparate aufgestellt und laden hiermit höflichst zur Besichtigung derselben ein.

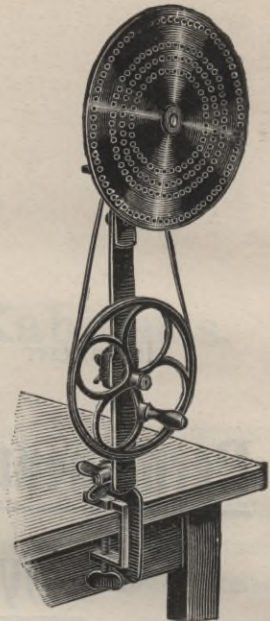




13923.



14111.



14105.

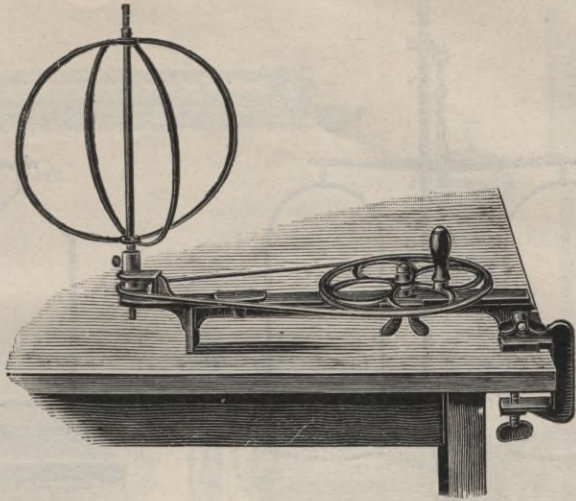
Mechanik.

Ein Stern (*) vor der Nummer bedeutet, daß von dem betreffenden Apparat eine Abbildung auf derselben oder einer der zunächstliegenden Seiten vorhanden ist.

		<i>M</i>
13921.	Senkloth mit Gewicht, Schnur und Rolle	1.80
13922.	— dasselbe einfacher, ohne Rolle	1.—
* 13923.	Setzwaage , ganz aus Metall	2.25
* 14105.	Zentrifugalmaschine , ganz aus Eisen gearbeitet; dieselbe ist mit einer Schraubzwinge scharnierartig verbunden, mittelst welcher sie am Tische in jeder beliebigen Lage, horizontal, vertikal und auch schräg befestigt und gebraucht werden kann. Nebst einem in die Achse zu schraubenden Haken zum Anhängen verschiedener Gegenstände, sowie mit einem einschraubbaren Stab, an dem feste Teile von Nebenapparaten befestigt werden können	19.—
	Mit Halter für Farbscheiben, Sirenen usw. und einschraubbarem Eisenstab zum Anschrauben von feststehenden Teilen.	
	Die Nebenapparate passen, auch wenn nachträglich bezogen, immer genau zur Maschine.	
* 14111.	Zwei miteinander verbundene Messingkugeln von verschiedener Größe, auf einem Drahte gleitend	4.—
* 14115.	Watts Kugelregulator	8.—
14117.	— derselbe mit Drosselklappen-Ventil	16.50
* 14125.	Abplattungsringe , kreisförmige federnde Metallstreifen, die bei der Rotation eine flachgedrückte Form annehmen und so die Abplattung der Erde erläutern	4.—
* 14129.	Glasballon, mit gefärbtem Wasser und Quecksilber zu füllen. Die Flüssigkeiten werden bei der Rotation nach dem größten Durchmesser des Gefäßes getrieben und schweben dort in Form von scharf begrenzten Ringen, das Quecksilber zu äußerst, dahinter und darüber herausragend das Wasser (Saturnringe)	2.75
* 14131.	Glasgefäß zum Einfüllen von Flüssigkeiten , welche bei der Rotation parabolische Oberfläche annehmen. Am besten mit gefärbtem Wasser auszuführen	3.—



14115.



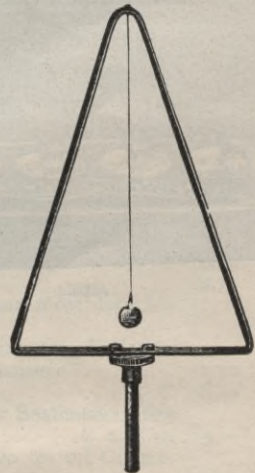
14125 u. 14105.



14129.



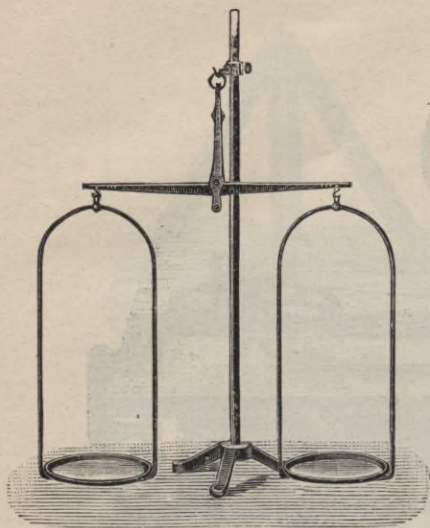
14131.



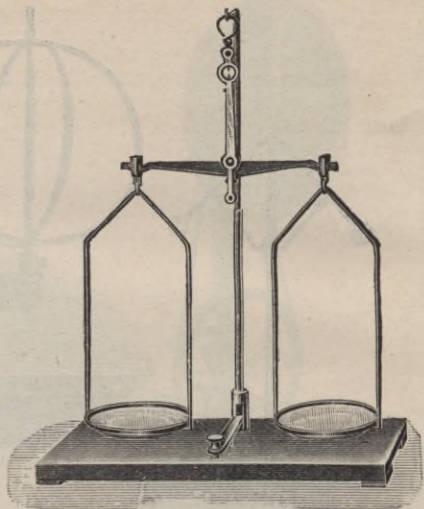
14139.

14133. **Trockenapparat oder Zentrifuge.** Ein siebartiges zylindrisches Gefäß rotiert, wobei die hineingelegten feuchten Gegenstände durch Herausschleudern des Wassers getrocknet werden; das Wasser wird in einem das Sieb umschließenden Gefäße aufgefangen 6.—
- * 14139. **Apparat zur Demonstration des Foucaultschen Pendelversuchs.** Das Pendel schwingt stets in derselben Ebene weiter, trotz Drehung des Gestells, an welchem es aufgehängt ist. Nachbildung des von Foucault ausgeführten Versuches zum Nachweis der Achsendrehung der Erde 3.25
- * 14279. **Wage** mit Messingbalken und Bügelschalen (für Präzisionseichung justiert) für 200 Gramm Belastung, ohne Stativ 7.50

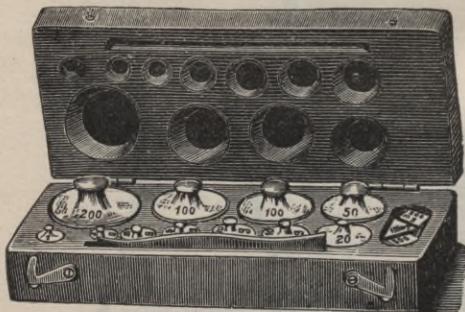
M



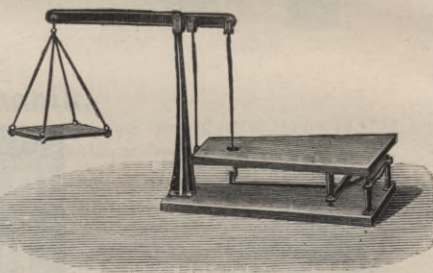
14283 u. 14186.



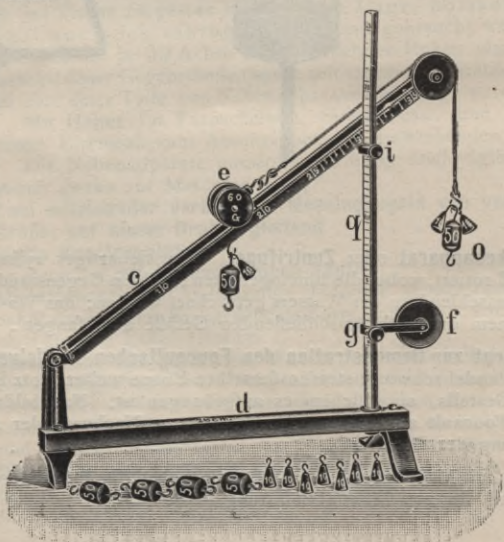
14279 u. 14289.



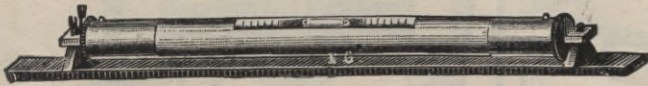
14326.



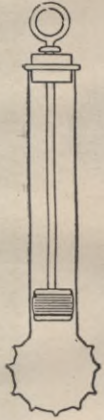
14451.



14455.



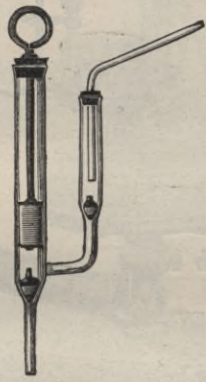
14802.



14812.



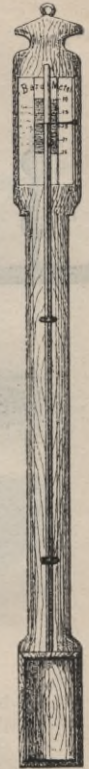
14813.



15449.

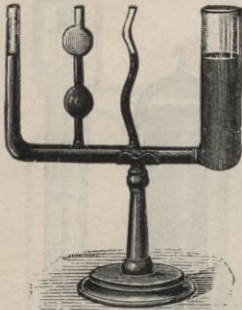


14865.

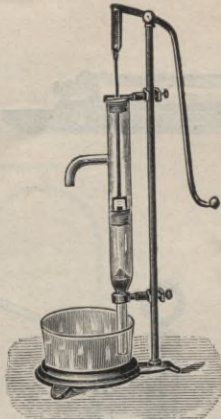


15489.

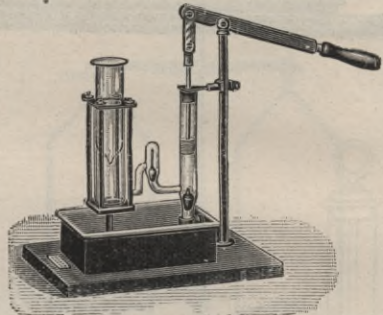
- * 14283. **Wage**, dieselbe für 500 Gramm Belastung, ohne Stativ *M* 8.—
- 14285. **Einfaches Stativ** zur Wage Nr. 14282, bestehend aus eisernem Dreifuß mit senkrechtem Messingstab und verstellbarem Haken zum Aufhängen der Wage 2.50
- * 14286. Dasselbe für die Wage Nr. 14283 2.75
(Das Stativ des Physikalischen Kabinetts kann nicht dazu benutzt werden, da dessen Stab zu kurz ist.)
- * 14289. **Wagenstativ** auf poliertem Brett; mit Vorrichtung zum Entlasten der Achsen bei Nichtgebrauch, für Nr. 14279 passend 7.50
- 14290. — dasselbe für die Wage Nr. 14283 8.—
- 14292 u. 93. **Kurze Bügelschale** für diese Wagen zur Bestimmung des spezifischen Gewichts *M* 2.75 u. 3.—
- 14325. **Ein Satz Grammgewichte von Messing**, von 500 bis 0,1 Gramm, in poliertem Holzkasten, mit Pinzette 10.—
- * 14326. — desgleichen von 200 bis 0,1 Gramm 7.25
- 14411. **Flaschenzug** mit 2×3 Rollen von Holz, mit Messingbügel, Schnur und Haken, ohne Gewichte 6.—
(Als Gewichte können die des Physikalischen Kabinetts verwendet werden; 6 Stück kosten 1,65 *M*.)
- 14429. **Rad an der Welle** aus Holz, ganz einfach, am Stativ des Physikalischen Kabinetts aufzuhängen 4.50
- * 14451. **Modell einer Brückenwage** aus Eisen und Holz, alle Teile gut sichtbar, richtig wägend 12.—
- * 14455. **Schiefe Ebene**, mit Längs- und Höhenteilung, neueste Konstruktion, mit Messingwagen auf 2 Schienen laufend, Schnur, 12 Gewichten (4×10, 4×20, 2×50 und 2×100 g) und ausführlicher Gebrauchsanweisung (71 Versuche) 17.50
Wird die Schnur über die obere Rolle gelegt, so wirkt die Kraft parallel zur schiefen Ebene, wird die Schnur über die



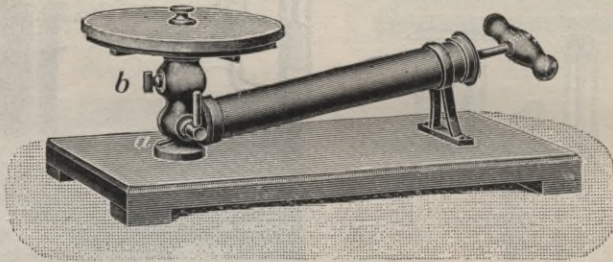
14818.



15447.



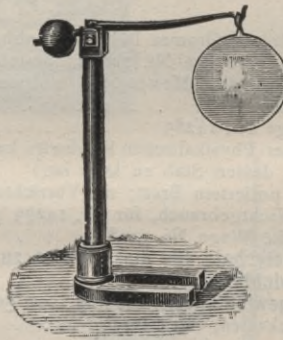
14814.



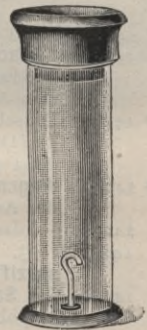
15560 u. 15562.



15666.



15682.

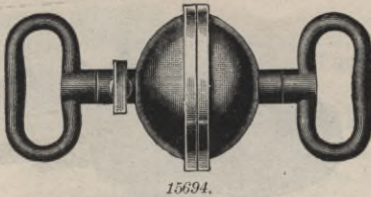


15690.

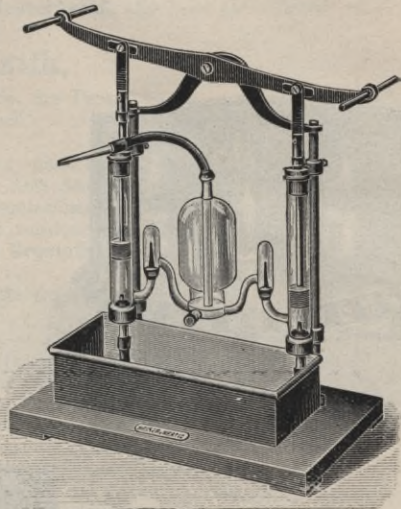
16.

Rolle *f* gelegt, die in der Höhe verstellbar ist, so kann die Kraft parallel zur Basis oder in beliebigem Winkel wirken. Das Gewicht des Wagens (2 Räder) beträgt 60 g, kann aber durch Anhängen von Gewichten beliebig vergrößert werden.

- 14475. **Pendelapparat**, einfach, bestehend aus eisernem Gestell mit drei Pendeln verschiedener Länge, auch zum Anhängen von Rollen, Flaschenzügen, Wellrad etc. zu gebrauchen 5.50
- * 14802. **Wasserwage** in Röhrenform, auf Messingplatte, mit Etui, 15 cm lang 2.60
- * 14812. **Apparat zum Nachweis der allseitig gleichmäßigen Druckfortpflanzung in Flüssigkeiten**. Der Kolben drückt das Wasser nach allen Richtungen aus der Kugel heraus 2.75
- * 14813. **Hydraulische Presse**, ganz aus Glas, einfaches Modell 3.—
- * 14814. — dieselbe mit Gestell und Wassergefäß 17.—



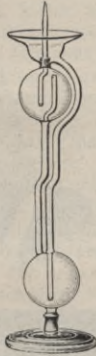
15694.



15749.

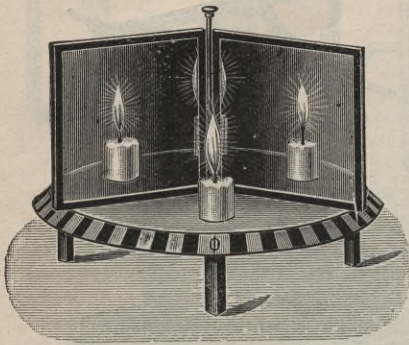


15745.

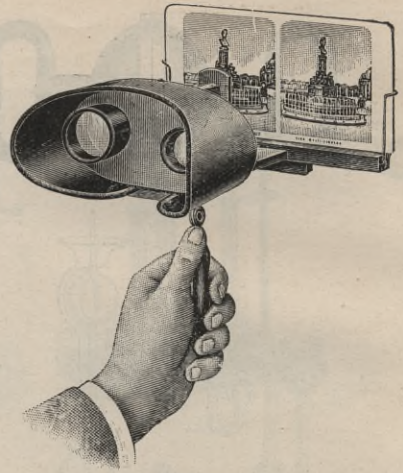


15746.

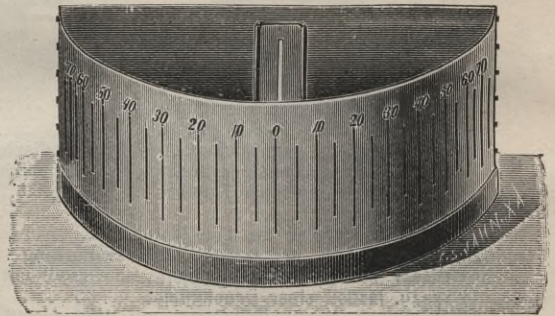
	<i>M</i>
14817. Kommunizierende Röhren aus Glas, 4schenklig, ohne Fuß . . .	1.50
* 14818. — dieselben mit Fuß . . .	2.85
* 14865. Apparat zum Nachweis des Archimedischen Prinzips , hohler und massiver Messingzylinder, genau ineinander passend	7.—
14885. Kartesianischer Taucher mit Standgefäß, Teufelchen und Gummikappe	2.—
15422. Stechheber aus Glas, mit Henkel	—80
15444. Spritze , aus starkem Glas, 21 cm lang	—75
* 15447. Modell einer Saugpumpe , an Gestell mit Wassergefäß	7.50
* 15449. Modell einer Druckpumpe	3.—
15450. — dieselbe an Gestell mit Wassergefäß	8.—
* 15489. Quecksilberbarometer , (Gefäßbarometer) auf poliertem Brett mit Milchglasskala (bei Bestellung wird um Angabe der Seehöhe gebeten)	8.50
* 15560. Hahnluftpumpe mit schrägliegender Stiefel von 23,5 cm Länge, Glasteller von 15 cm Durchmesser, auf poliertem Brett, mit Wechselhahn aus Stahl	38.—
* 15562. — dieselbe, jedoch mit Stiefel von 26,5 cm Länge und Teller von 18 cm Durchmesser	44.—
15635. Rezipient von starkem Glase, mit breitem, plangeschliffenem Rande und Knopf. 14,5 cm äußeren Randdurchmesser	2.50
* 15666. Barometerprobe mit Fuß und Skala	2.75
15673. Gummiballon , die Ausdehnung der Luft bei abnehmendem Drucke zeigend	—25
15675. Ring zum Blasensprengen , aus Glas	1.65
* 15682. Luftwage (Dasymeter), unter den Rezipienten zu stellen. Beim Auspumpen sinkt die Kugel tief hinab, da der Auftrieb der Luft wegfällt	7.50
* 15694. Magdeburger Halbkugeln , mit Hahn und Handgriffen, 9,5 cm Durchmesser, das Paar	20.50
15698. Fallröhre , 1 m lange Glasröhre mit Hahn, in der sich ein leichter und ein schwerer Körper befinden, die in dem luftleeren Raume mit gleicher Geschwindigkeit fallen	14.50
15705. Gefrierapparat , kleiner Rezipient mit Dreifuß und Schälchen	2.50
* 15690. Quecksilberregen	3.25
* 15745. Heronbrunnen , ganz aus Glas, einfachste Form	3.25
* 15746. Heronbrunnen , größer, auf Holzfuß	6.—



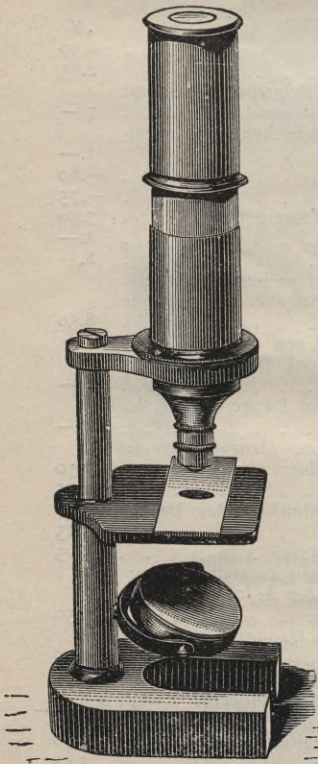
16541.



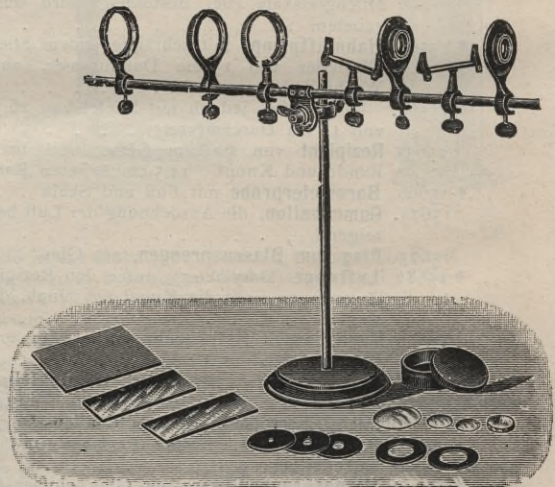
17610.



16590.



17752.



16868.

15748. **Modell einer Feuerspritze**, ganz aus Glas 4.75
 * 15749. — dasselbe mit Gestell und Wassergefäß, alle Teile gut sichtbar 16.—

Akustik.

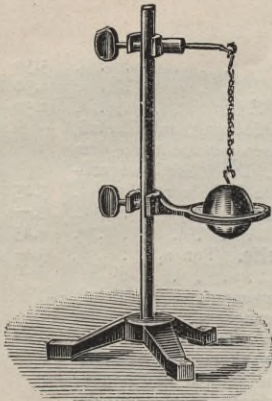
15951. **Fadentelephon**, mit 30 m Faden, das Paar 5.50
 15952. **Sprachrohr** aus lackiertem Blech 4.50
 15954. **Hörrohr** 2.50
 16038. **Lippenpfeife**, kleine Ausführung, ganz aus Messing, auf Glasfuß, welcher als Windkessel dient. Das Anblasen geschieht mit dem Munde durch Glasrohr und Gummischlauch. Die Pfeife kann vollständig auseinander genommen werden, alle Teile verstellbar 5.25
 16044. **Lippenpfeife aus Zinn, offene Orgelpfeife**. Ton a_2 3.—
 16043. — dieselbe größer. Ton d_2 4.25
 16046. **Lippenpfeife aus Zinn, gedeckte Orgelpfeife**. Ton a_1 5.—
 16045. — dieselbe größer. Ton d_1 6.—
 16111. **Starke Stimmgabel** mit Stiel, $a_1 = 435$ Schwingungen (Normal a), genau gestimmt, stark im Ton (nicht zu verwechseln mit den im Handel befindlichen Gabeln mit dünnen Schenkeln) 3.—
 16112. **Vorrichtung zur Darstellung der Schwingungskurve einer Stimmgabel**. Auf den einen Schenkel wird eine seitlich abgebogene Spitze aufgeschoben. Führt man die schwingende Gabel mit der Spitze über eine beigegebene, zu beruende Glasplatte, so entsteht die Schwingungskurve (Wellenlinie); mit Gabel und Glasplatte 4.—
 16188. **Monochord** mit 2 Stahlsaiten und 2 beweglichen Stegen. An der Seite des Kastens ist eine Skala angebracht, welche die wichtigsten Teilpunkte der Saite angibt 6.25
 16197. **Violinbogen**, einfach —.80
 16196. — derselbe größer und in bester Ausführung 3.25
 16200. **Kolophonium** zum Harzen der Bögen, in handlichem Format und mit Pappfutteral I Stück —.15
 16214. **Apparat zur Darstellung der Chladni'schen Klangfiguren**. Hierzu gehört eine runde und eine viereckige Metallplatte; deren Mitte durch eine Klemmschraube auf der mitgelieferten gußeisernen Zwinde festgehalten werden kann; nebst Streubüchse mit Sand 2.75
 16226. **Zungenpfeife**, kleines Modell, mit durchschlagender Zunge und veränderlicher Stimmung. Auf Glasfuß mit Schlauch und Mundstück zum Anblasen mit dem Munde 4.25
 16250. **Resonanzapparat**; ein beiderseits offener Glaszylinder ist mittelst Halter an einem senkrechten Metallstabe verstellbar befestigt und taucht in ein darunter befindliches, mit Wasser gefülltes Standgefäß. Ueberraschende Wirkung 3.85

Optik.

- * 16541. **Winkelspiegel** mit weit sichtbarer Teilung, auch für Parallelstellung 10.—
 16542. **Winkelspiegel**, einfach, ohne Teilkreis, aber ebenfalls mit Fuß . 4.50
 16545. **Kaleidoskop**, ohne Stativ 2.50
Sphärische Spiegel, ein Konkav- und ein Konkavspiegel in gemeinschaftlichem, poliertem Holzrahmen mit Griff:

	Nr. 16552	53	54	55	
Sichtbare Spiegelgröße	78	90	103	113 mm	Durchm.
	3.—	4.—	5.—	6.50	<i>M</i>

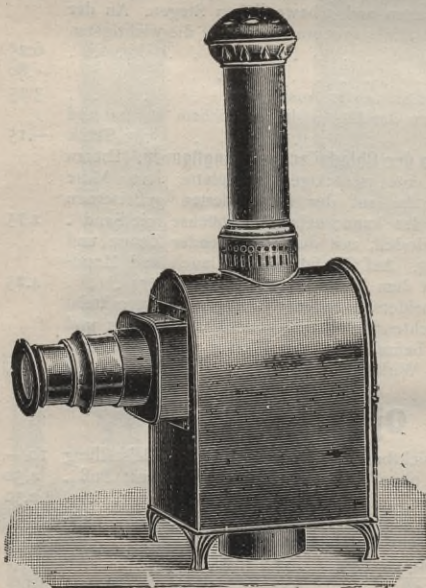
- * 16590. **Apparat zum Nachweis des Brechungsgesetzes**, mit halbkreisförmiger Wand aus Zelluloid, auf welcher sich die Teilung befindet 8.—
 * 16868. **Optische Bank**, bestehend aus Stativ mit nach allen Seiten beweglichem Stab, an welchem 5 verschiedene Linsenfassungen und sonstige Teile angebracht werden. Hierzu noch 4 Linsen, div. Blenden, 2 Klemmen zum Einsetzen von beweglichen Haltern für Glasplatten. 1 matte Glasplatte, 2 Spiegel 12.—
 (Mit dieser optischen Bank können alle Arten Fernrohre, Mikroskop und sonstige opt. Apparate zusammengestellt werden.)



19551



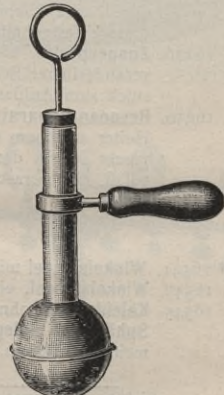
17795.



18109 u. 18110.



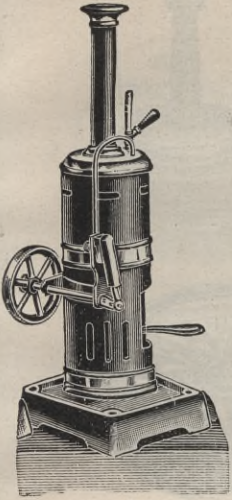
20195.



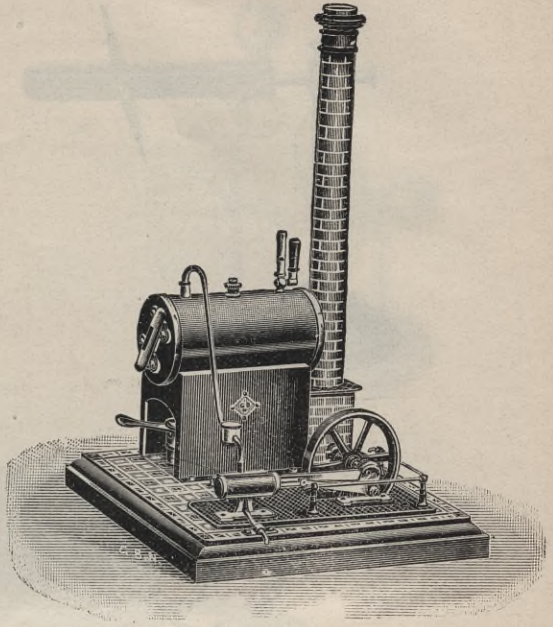
20451.

16956. **Farbenscheiben**, Satz von 10 Stück inkl. 1 Spektralscheibe, 20 cm Durchmesser zum Aufsetzen auf die Zentrifugalmaschine Nr. 14105 5.—
- * 17610. **Stereoskop**, amerikanische Form, sehr praktisch 2.75
17620. **Stereoskopbilder**, Ansichten, Landschaften usw. aus aller Welt. In Serien zu je 10 Bildern I Serie 2.25
17690. **Kamera obskura**, mit verstellbarem Objektivglas, Spiegel und matter Scheibe 5.—

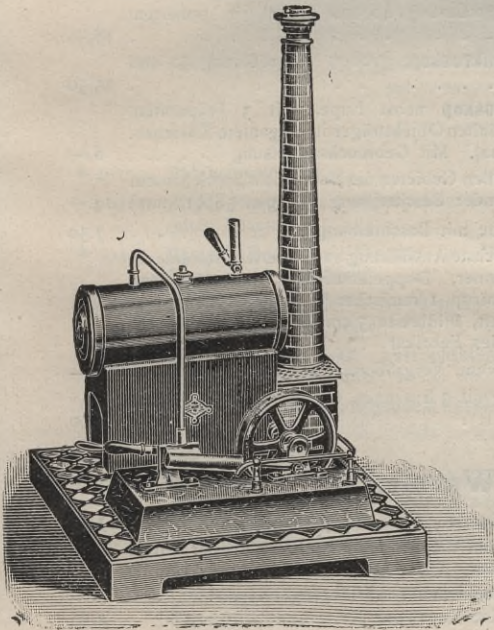
M



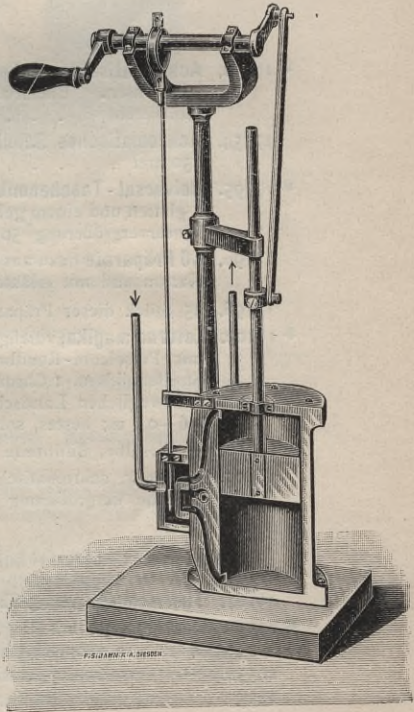
20480. 1:45.



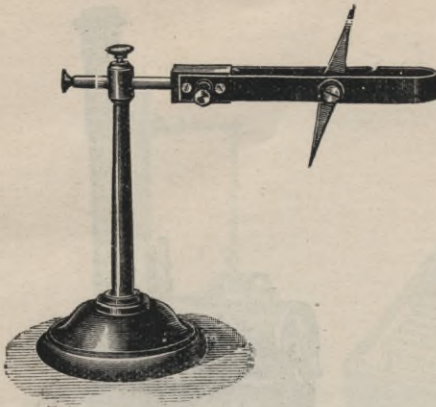
20483. ca. 1:45.



20482. 1:4.



20455.



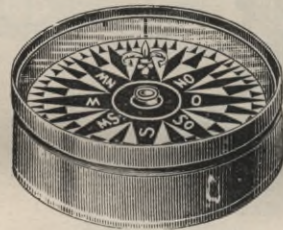
21183.



21176.



21171.

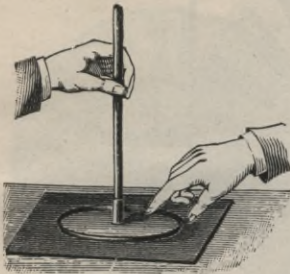


21175.

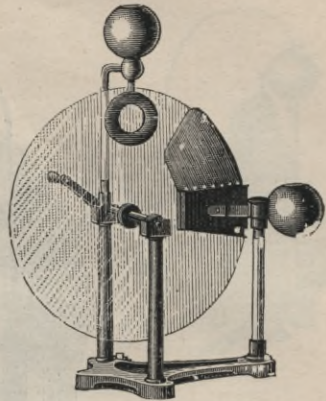
- M*
- * 17752. **Achromatisches Schulmikroskop**, mit 2 achromatischen Objektivlinsen. Linearvergrößerung 40 und 80mal, in poliertem Holzkasten 18,—
 - 17754. **Achromatisches Schulmikroskop**, größer, Vergrößerung 50 und 150 mal 25.50
 - * 17795. **Universal-Taschenmikroskop** nebst Lupe, mit 3 Präparaten, 2 glatten und einem gehöhlten Objektträger in elegantem Kästchen. Linearvergrößerung 50mal. Mit Gebrauchsanweisung 6.—
 - 17796. **50 Präparate** dazu aus allen Gebieten des Naturreichs, in elegantem Karton und mit erläuternder Beschreibung (Format 58×17 mm) 14.—
 - 17798. 25 Stück dieser Präparate mit Beschreibung 7.50
 - * 18109. **Laterna magika**, vorzüglichste Ausführung aus poliertem Stahlblech, mit Petroleum-Rundbrenner, Doppelkondensor, 12 gedeckten Streifenbildern, 1 Chromatrop, 1 komischen Verwandlungsbild und 1 beweglichen Landschaft, Bildbreite 5 cm Vergrößerung auf ca. 0,6—0,9 m; bestes, solides Fabrikat 14.—
 - * 18110. — dieselbe, Bildbreite 6 cm, Vergrößerung auf ca. 0,8—1,0 m 18.—
 - 18801. **Fernrohr**, achromatisch, mit 3 Auszügen, Objektivöffnung 29 mm, 18fache Vergrößerung 8.50

Wärme.

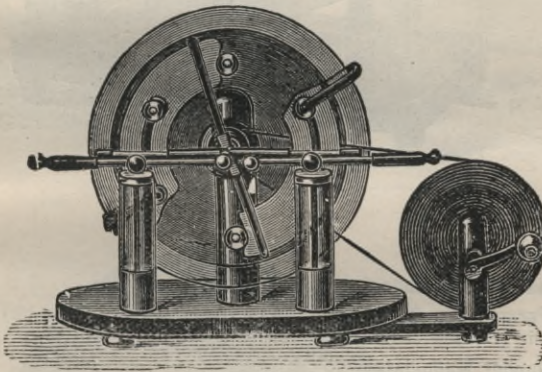
- 19717. **Thermometer** mit 3 Skalen, R., C. u. F., 30 cm lang 1.25
- * 19551. **Messingkugel** mit Ring, um die Ausdehnung fester Körper durch Wärme zu veranschaulichen 6.—
- 19552. — derselbe Apparat in kleinerer Ausführung 3.60
- 19553. — derselbe ohne Stativ; Kugel mit Kette und Griff 2.50



21523—21529.

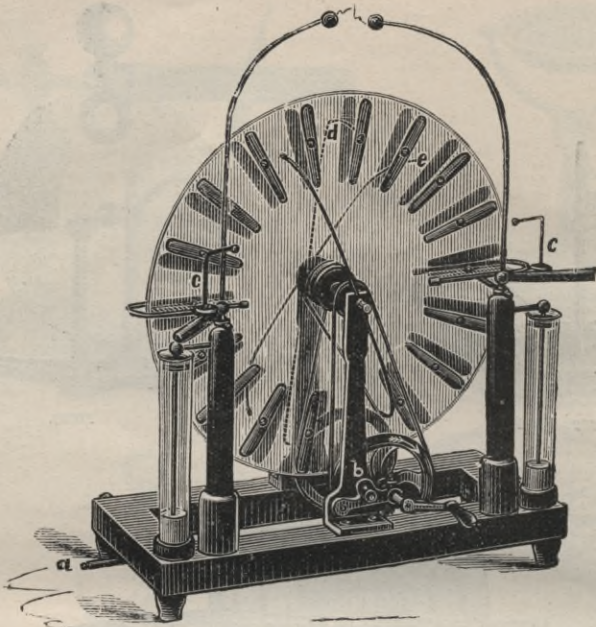


21603.



21623—21624.

	<i>M</i>
* 20195. Pulshammer	1,20
20425. Stahl, Feuerstein und Schwamm in Karton, zum Feuerschlagen; (altes Feuerzeug)	1,—
* 20451. Dampfkolben, die Wirkung des Wasserdampfes zeigend, aus Messing mit Handgriff	6,—
* 20455. Durchschnittsmodell eines Dampfzylinders mit Schiebersteuerung und Kurbel zum Drehen	30,—
* 20480. Dampfmaschine mit aufrechtstehendem Messingkessel und oszillierendem Zylinder, 26 cm hoch	3,50
* 20482. Dampfmaschine mit liegendem Kessel und oszillierendem Zylinder; Größe des fliesenartig belegten Holzfundaments 16,5 × 16,5 cm, Höhe 26 cm	6,50
* 20483. Dampfmaschine mit liegendem Kessel und feststehendem Zylinder, Schiebersteuerung und Dampfstrahlzylinderölung; die Maschine arbeitet vor- und rückwärts, je nachdem das Schwungrad an- gestoßen wird; Größe des Fundamentes 18 × 18 cm, Höhe 28 cm	10,—
20484. Dampfmaschine mit liegendem Kessel u. 2 feststehenden Zylindern (Zwillingsmaschine), Schiebersteuerung u. Dampfstrahlzylinder- ölung; Größe des Fundamentes 20 × 20 cm, Höhe 32,5 cm	17,—

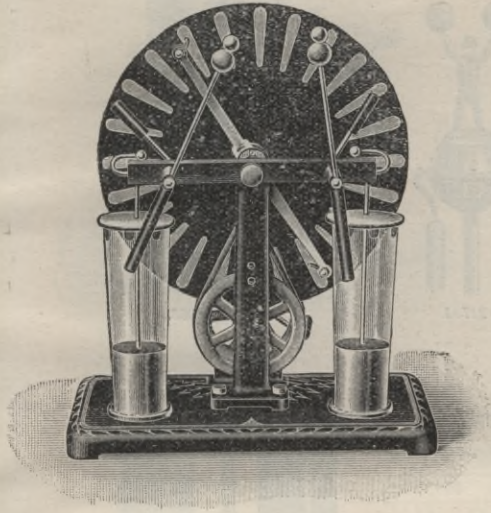


21008 u. 21009.

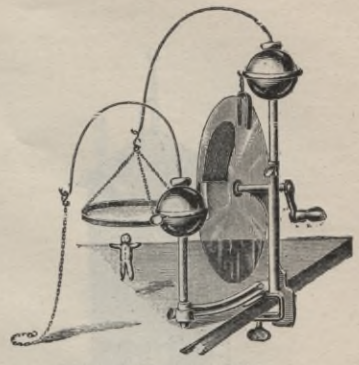
			<i>M</i>
21100.	Natürlicher Magnet (Magnetstein)		1,50
21103.	Permanenter Stabmagnet, 16 cm lang, Größe wie im Phys. Kab., mit Hütchen zum Aufsetzen auf eine Spitze		2,—
21113.	Runder Magnetstab, 20 cm lang		2,75
21125.	Permanenter Hufeisenmagnet von großer Tragkraft, 12 cm Schenkellänge		2,50
21126.	— desgl. 16 cm Schenkellänge		3,75
	Hufeisenmagnet, gewöhnliche Qualität, sehr kräftig, mit Anker		
	Nr. 21134	21135	21136
	10	12,5	15 cm Schenkellänge
	0,50	0,75	1.— <i>M</i>
* 21171.	Kompaß mit versilberter Messingkapsel, Nadel auf Achat spielend, mit Feststellvorrichtung, 35 mm Durchmesser		1,80
* 21172.	— desgl. 45 mm Durchmesser		2,25
21175.	Schiffskompaß mit Windrose in Messinggehäuse, 70 mm Durch- messer		5,—
* 21176.	Schiffskompaß mit Windrose und kardanischer Aufhängung, auf Stativ		10,—
* 21183.	Deklinations- und Inklinationsnadel, zugleich einfaches Galvanoskop		17.—

Reibungselektrizität.

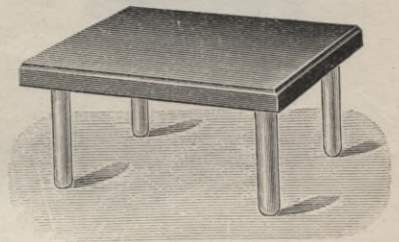
21398. Glasstab, 20 cm lang, mit verrundeten Enden, wird durch
Reiben mit Seide oder Amalgam stark positiv elektrisch . . . —,35
21399. — derselbe, 35 cm lang, mit verrundeten Enden . . . —,50



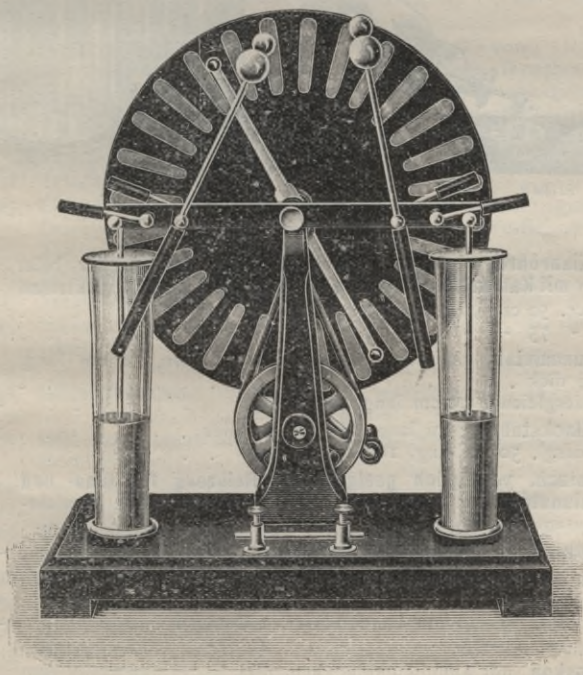
21689.



21601, 21796 u. 21755.



21769.



21690 u. 21691.



21746.

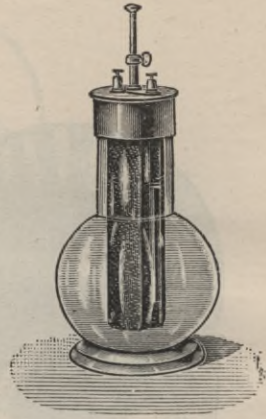
b



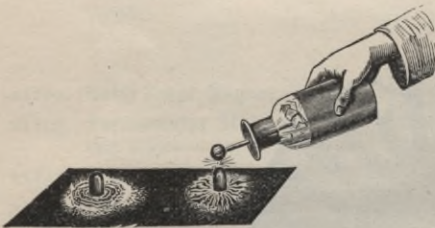
21744.



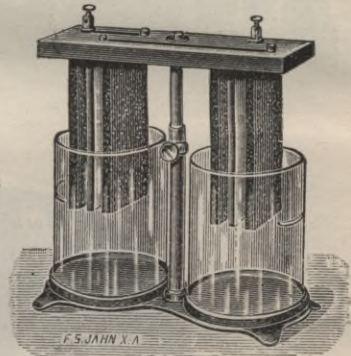
21731.



22902.

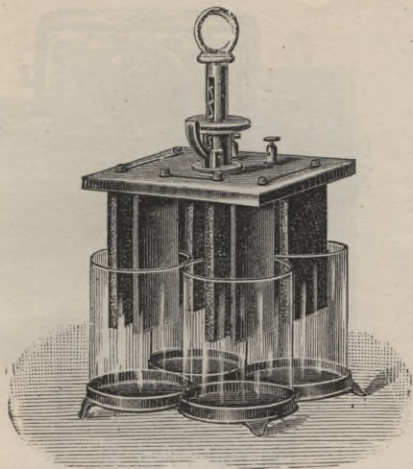


21794 b.

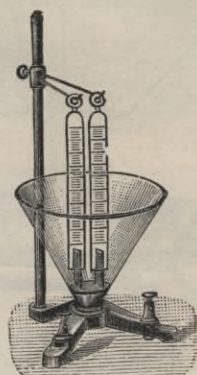


21219.

- M*
- | | | |
|----------|---|------|
| 21403. | Porzellanröhre , wird beim Reiben mit Seide stark positiv , beim Reiben mit Katzenfell oder Fuchsschwanz stark negativ elektrisch
ca. 50 cm lang und 17 mm dick | 2.— |
| 21404. | — - 75 - - - 17 - - - | 3.— |
| 21405. | Hartgummistab , poliert, mit verrundeten Enden, 50 cm lang, 13 mm dick | 1.35 |
| 21405 a. | — desgleichen 20 cm lang, 9 mm dick | —35 |
| 21407. | Siegellackstab , 35 cm lang, 16—17 mm dick | 1.75 |
| 21408. | — desgl. 50 cm lang, 16—17 mm dick | 2.75 |
| 21409. | Seidentuch , vorzüglich geeignet als Reibzeug für Glas- und Porzellanstäbe. ca. $\frac{1}{2} \times \frac{1}{3}$ m groß (wird beim Gebrauch mehrfach zusammengelegt) | 1.10 |
| 21413. | Flanelltuch als Reibzeug für Hartgummi | —30 |
| 21445. | Kugeln aus Sonnenrosenmark geschnitten, 6—7 mm Durchmesser, I Dutzend | —75 |
| 21446. | — desgl. 9—10 mm Durchmesser, I Dutzend | —90 |
| 21447. | — - 13—15 - - - I - | 1.20 |
| 21475. | Elektroskop , mit Aluminiumblättchen, inkl. Kugel und Platte zum Aufschrauben | 3.30 |



22216.



22601.

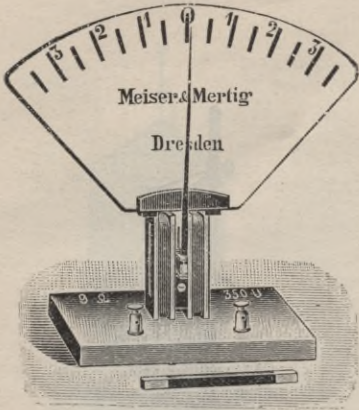
Elektrophor von Hartgummi mit gut abgerundetem Metalldeckel, Hartgummigriff und Fuchsschwanz

M

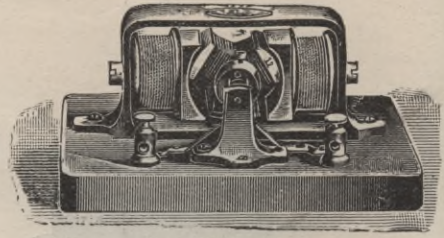
Nr.	* 21526	* 21527	* 21528	* 21529
Hartgummiplatte	15 × 15	20 × 20	25 × 25	30 × 30 cm
Metalldeckel	12	14	17	21 cm Durchm.
	3.85	5.50	7.50	10.— <i>M</i>

(Die kleinste Nummer erhält anstatt des Fuchsschwanzes ein Flanelltuch.)

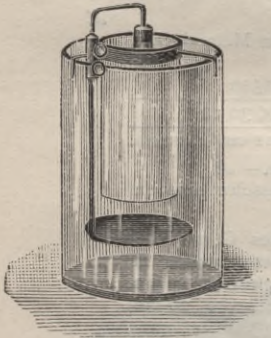
- * 21601. **Elektriermaschine.** Dieselbe hat ein gußeisernes Gestell mit Zwinde, um die Maschine an der Tischkante festschrauben zu können. Die beiden Konduktoren (polierte Messingkugeln) stehen auf Säulen aus Hartgummi, Durchmesser der Scheibe 20 cm, Funkenlänge 2½ cm; inkl. 1 Dose Amalgam. (Abb. s. auch Samml. für Influenzelektrizität) 13.75
- 21602. **Ersatzscheibe** zu dieser Maschine 1.—
- * 21603. **Elektriermaschine**, 30 cm Scheibendurchmesser; gußeisernes Gestell mit besonderer Schraubzwinde zum Festschrauben am Tische, Funkenlänge bis 10 cm 20.—
- 21604. **Ersatzscheibe** zu vorstehender Maschine 2.50
- 21605. **Verstärkungsring** zu Nr. 21603 3.—
- * 21623. **Influenzmaschine**, selbsterregend, 26 cm Durchm. der rotierenden Glasscheibe 35.—
- * 21624. — dieselbe, mit 31 cm Durchmesser 50.—
- * 21668. **Influenzmaschine** nach **Wimshurst**, selbsterregend, 26 cm Durchm. 30.—
- * 21669. — dieselbe, 31 cm Durchmesser 40.—
- * 21689. **Influenzmaschine** mit Hartgummischeiben, selbsterregend, 20 cm Durchmesser 24.—
- * 21690. — dieselbe, 25 cm Durchmesser 36.—
- * 21691. — dieselbe, 30 — 60.—
- 21729. **Papierbüschel** (Struwelpeter) für die Maschine des Physikalischen Kabinetts (Nr. 21601) —.55
- 21730. **Papierbüschel** für die Maschine Nr. 21603 —.75
- * 21734. **Elektrischer Herkules** —.60
- * 21736. **Elektrischer Kugeltanz** 4.50
- * 21744. **Blitzhaus** zur Erklärung des Blitzschlages und der Wirkung des Blitzableiters 8.—
- * 21746. **Blitzröhre**, 30 cm lang 2.75



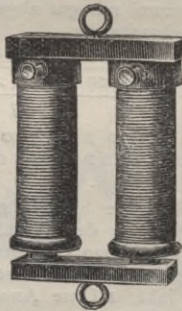
22826.



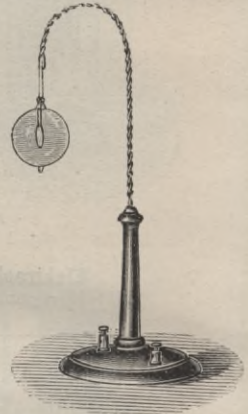
24053.



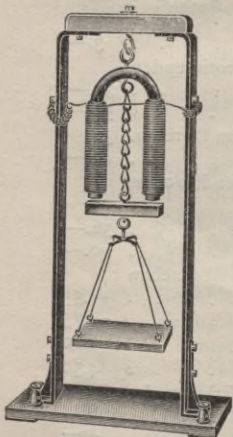
22640.



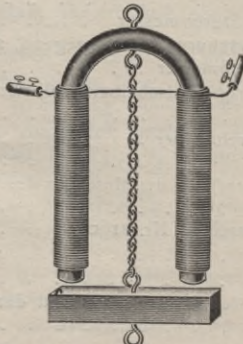
23887.



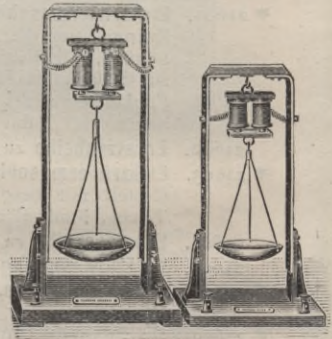
23539.



23878-79.

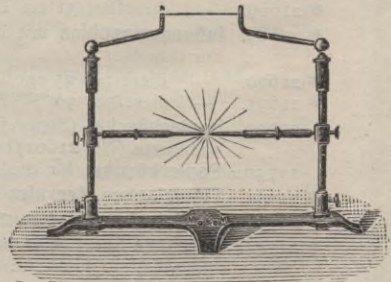


23870-71.

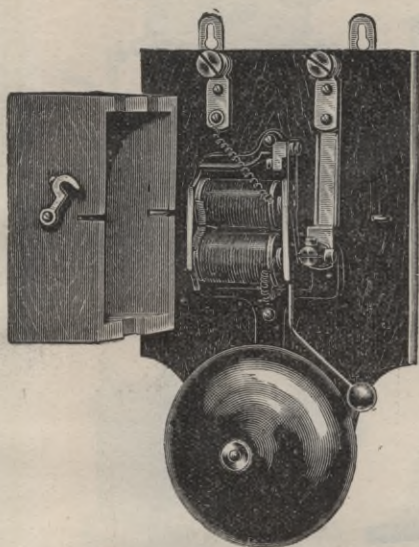


23897.

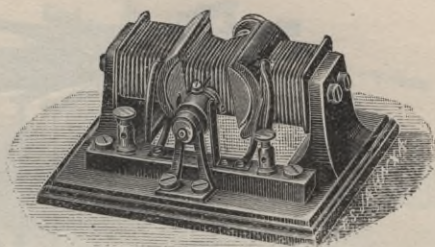
23896.



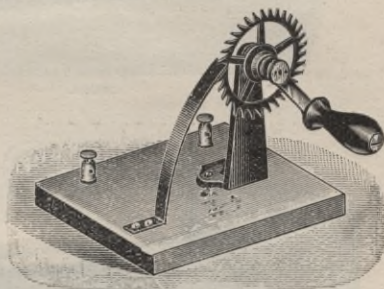
23497.



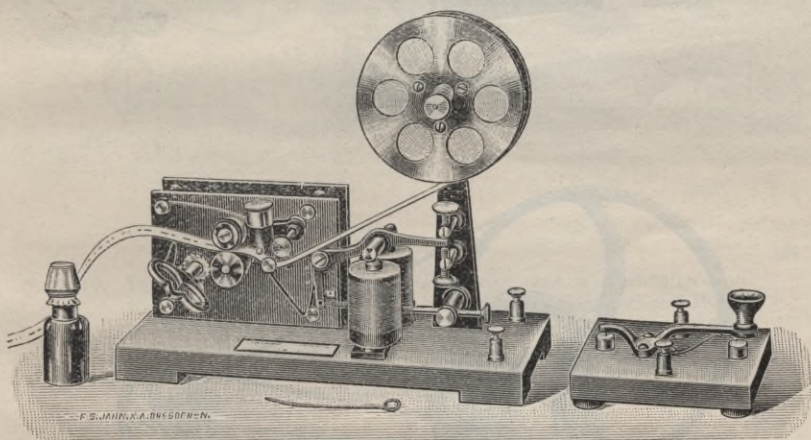
24035.



24054.

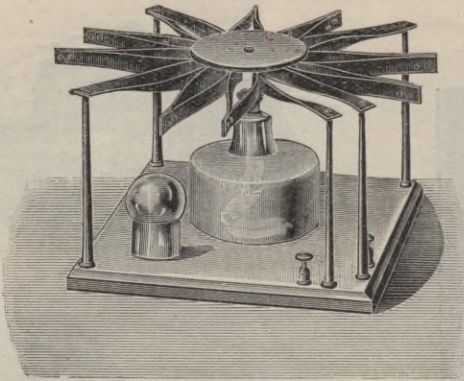


24709.

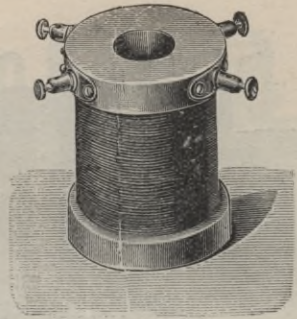


24123.

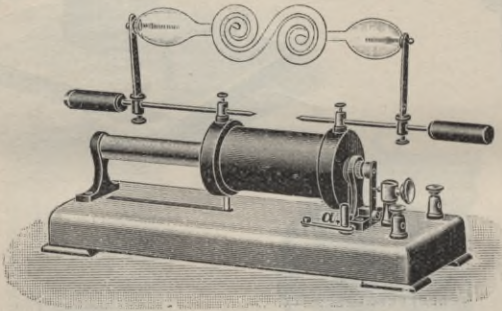
- | | | |
|----------|--|----------|
| | | <i>M</i> |
| 21750. | Blitztafel , 20 × 14 cm, mit Belegen auf beiden Seiten | 3.25 |
| * 21755. | 2 Zuleitungsbügel mit Ketten für die Maschine Nr. 21601. (Diese Bügel sind bei allen Versuchen zu gebrauchen) | —,80 |
| 21756. | 2 Zuleitungsbügel mit Ketten für die Maschine Nr. 21603 | 1.50 |
| * 21769. | Isolierschemel mit 4 Glasfüßen | 5.— |
| * 21794b | Lichtenbergs Figuren , einfach, isolierende Platte mit Knopf und Streubüchsen mit Lycopodium | —,50 |
| 21795. | Leydner Flasche von vorzüglichem Glase, in Flaschenform | 1.10 |
| 21796. | Leydner Flasche , zylindrisch, innerer Beleg herausnehmbar, 13 cm hoch | 1.65 |
| 21797. | Leydner Flasche , zylindrisch, innen und außen mit Stanniol belegt, 15 cm hoch | 2.75 |
| 21798. | Leydner Flasche , wie vorhergehende, 20 cm hoch | 3.50 |
| 21799. | — dieselbe, wie vorhergehende, 25 cm hoch | 4.50 |



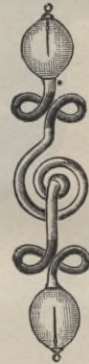
26620.



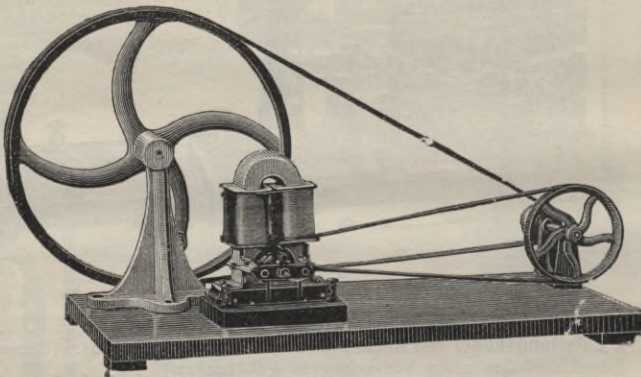
24703.



24750-52.



25201 - 25203.

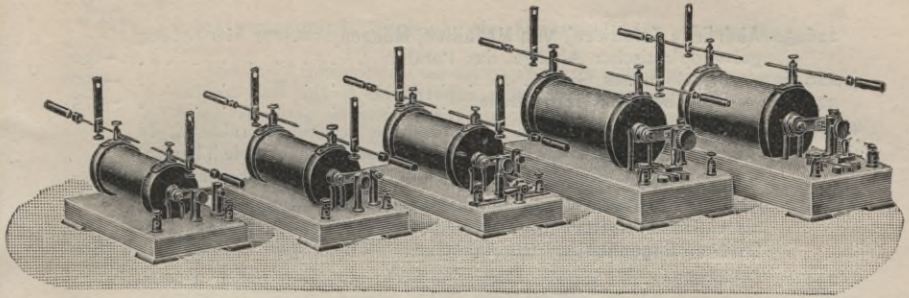


24526.

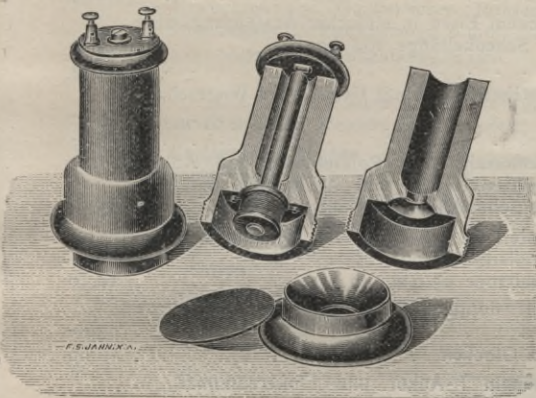
Galvanische Elektrizität.

M.

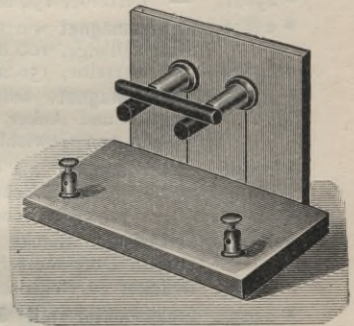
22100.	Kupfer- und Zinkplatte durch Draht verbunden, für den Grundversuch				I.—
22200.	Tauch-Element mit 2 Kohlen- und 1 Zinkplatte, $\frac{1}{4}$ Liter-Füllung				3.75
22201.	— größer, - 2 - - I -				4.80
* 22202.	— - - 2 - - I -				7.50



24501—06.



26501.



26515.

M

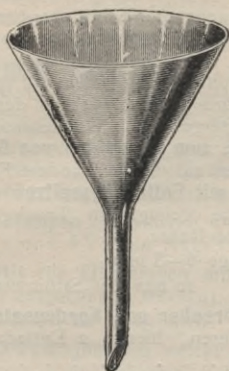
- * 22216. **Tauch-Batterie** für Chromsäurefüllung, mit 4 Elementen von 10,5 × 6 cm Plattengröße und sehr handlicher und sicherer Hebevorrichtung eigener Konstruktion. Diese Batterie ist für Schulen vollkommen ausreichend; sie eignet sich besonders zum Betriebe der kleinen Bogenlampe, von Glühlampen, Elektromagneten, Elektromotoren, zum Wassersetzen, Drahtschmelzen etc. Mit Gebrauchsanweisung 17.—
- 22217. — dieselbe, jedes Element mit 2 Klemmschrauben versehen, sodaß beliebige Schaltungen möglich sind 20.—
- * 22219. **Tauch-Batterie** für Chromsäurefüllung, mit 2 Elementen, von denen jedes eine Zink- und 2 Kohlenplatten von 10,5 × 5 cm Größe enthält. Die Hebevorrichtung ist einfach aber sicher. Wirkung sehr kräftig. Die Batterie vermag 2—3 Glühlampen von 3½ Volt gleichzeitig zu erleuchten. Mit Gebrauchsanweisung 7.50
- * 22601. **Wasserzersetz-Apparat**, mit Platin-Elektroden und in ⅓ ccm getheilten Glöckchen zum getrennten Auffangen der Gase 9.—
- 22602. **Ersatzglöckchen** zu diesem Apparat 1 Stück —.85
- * 22640. **Galvanoplastischer Apparat** zur Herstellung von Kupferabdrücken von Münzen und anderen erhabenen Gegenständen auf galvanischem Wege, mit Gebrauchsanweisung 4.—

22645. **Abdrücke (Matrizen) von Medaillen, Münzen** usw. zur Herstellung galvanoplastischer Abzüge, aus Paraffin —.50
22646. — dieselben aus Gips —.50
22647. — dieselben aus Guttapercha —.75
- * 22826. **Vertikalgalvanometer**, für Schulversuche besonders praktisch, da Skala und Zeiger weithin sichtbar sind. Induktions- sowie Thermostrome werden sehr gut angezeigt, die Skala ist abnehmbar 12.—
- * 23497. **Stativ zum Glühen und Schmelzen von Drähten**, gleichzeitig als einfacher **Halter für Kohlenstifte zur Erzeugung des elektrischen Bogenlichtes** zu gebrauchen. Kohlenstifte 2,5 mm dick 3.50
23537. **Glühlampen** mit starken Ösen, die nicht abreißen, für 2, 3¹/₂, 4, 6, 7 und 8 Volt in Kugelform, inkl. Steuer 1 Stück —.90
- * 23539. **Stativ für Glühlampen mit Ösen** (die Lampe kann bequem aus- und eingehangen werden). Preis ohne Lampe 1.50
23540. — desgl. für 2 Lampen 2.25
- * 23870. **Elektromagnet** aus weichem Eisen in einfacher Ausführung, aber genau so gut wirksam, Schenkellänge 100 mm 7.—
- * 23871. — derselbe, 150 mm 10.—
- * 23878. **Elektromagnet** wie vorstehend aber mit Gestell und Wageschale, Schenkellänge, 100 mm 15.—
- * 23879. — derselbe, 150 mm 19.—
- * 23887. **Elektromagnet**, hufeisenförmig, mit Polklemmen und Anker; Magnet und Anker besitzen Haken zum Aufhängen und Anhängen von Gewichten, Schenkellänge 65 mm 5.—
- * 23896. **Elektromagnet an Gestell** aufgehangen, mit Klemmschrauben und Wagschale, Schenkellänge 40 mm 8.—
- * 23897. — derselbe, Schenkellänge 65 mm 10.50
- * 24035. **Elektrische Glocke** mit doppelt vernickelter Stahlschale von 70 mm Durchmesser 3.—
24045. **Drücker** zu elektrischen Glocken —.60
- * 24053. **Elektromotor mit 3 fachem T-Anker und Elektromagnet**, in jeder Stellung von selbst gehend, mit Schnurlauf 5.25
- * 24054. Derselbe größer 9.25
- * 24123. **Schreibtelegraph (Morse-Apparat) mit Blauschreiber, Papierrolle und Taster**. Der Papierstreifen wird durch Uhrwerk bewegt. Mit diesem Apparat kann man auf beliebige Entfernung telegraphieren. Gebrauchsanweisung und **Morsealphabet** wird beigegeben; inkl. Taster und 1 Fläschchen Farbe 28.—
24525. **Dynamomaschine**, kleiner, liefert einen Gleichstrom von 7—8 Volt und 1—1,5 Amp., erleuchtet 2 Glühlampen von 8 Volt, schmilzt einen Eisendraht von 80 mm Länge und 0,1 mm Dicke 55.—
- * 24526. **Dynamomaschine** mit Doppel-T-Anker und Handbetrieb, liefert Gleichstrom von 10 Volt, 2 Ampère, sehr leicht gehend, inkl. Vorschaltwiderstand, mit Gebrauchsanweisung 65.—
Diese Maschine erleuchtet 2 Glühlampen von 10 Volt Spannung und schmilzt einen dünnen Eisendraht von 10—12 cm Länge und 0,1 mm Dicke.
- * 24703. **Induktionsspule mit 2 Wickelungen, für die Fundamentalversuche über galvanische und Magnetinduktion**. Die Bohrung der Spule gestattet das Einführen der Magnetstäbe Nr. 21103 u. 21113 7.50
(Hierzu wird das Vertikalgalvanometer Nr. 22826 verwandt.)
- * 24709. **Unterbrechungsrad** für Induktionsversuche 5.—
24731. **Induktionsapparat**, klein, mit Unterbrecher, Verstärkungsrohr, 2 Handgriffen und 2 Leitungsschnüren 4.—
24732. **Induktionsapparat**, größer, mit zwei Handgriffen, zwei Leitungsschnüren, 1 Knopf-Elektrode und 1 Pinsel. Der Eisenkern ist herausnehmbar 8.—

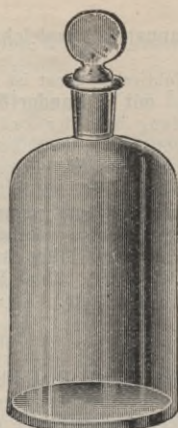
- * 24750. **Induktionsapparat, zugleich als Funkeninduktor verwendbar.**
Neu!
Der Induktionsapparat ist als sogenannter Schlittenapparat ausgeführt und mit **2 Handgriffen und Leitungsschnüren** versehen. Seine Wirkung ist sehr kräftig. Um ihn als Funkeninduktor zu verwenden, wird die Sekundärspule völlig über die primäre geschoben und der kleine kurbelförmige Schalter auf den Kopf gestellt, wodurch der im Fuße untergebrachte Kondensator eingeschaltet wird. Der Apparat kann **zum Erleuchten von Geißler'schen Röhren** ebenso verwendet werden, wie jeder andere Funkeninduktor. **Ein Paar Röhrenhalter mit Entladungsspitzen** werden ebenfalls beigelegt. Zum Betriebe genügt ein Tauchelement. Funkenlänge 4-5 mm, Preis ohne Röhre 15.—
- 24751. — derselbe Apparat, Funkenlänge 6-8 mm 17.—
- 24752. — - - - - 10 mm mit Stromwender 21.—
- * 24901. **Funken-Induktor mit Platin-Unterbrecher und Kondensator** zum Erleuchten von Geißler'schen Röhren, hierzu 2 Entlader und Röhrenhalter. Funkenlänge 6 mm 12.50
- * 24902. — derselbe, Funkenlänge 8 mm 14.—
- * 24903. — - - - - 10 - - - - - 20.—
- Die Apparate zu 6 und 8 mm Funkenlänge werden ohne, der zu 10 mm mit Kommutator geliefert.
- * 25201. **Geißlersche Röhren**, 12 cm lang, in verschiedenen Farben und Mustern —.90
- * 25202. — dieselben, 16 cm lang, in verschiedenen Farben und Mustern 1.—
- * 25203. — dieselben, 20 cm lang, in verschiedenen Farben und Mustern 1.25
- * 26501. **Demonstrations-Telephone**, ein Stück davon ist auseinandernehmbar, sodaß das Innere völlig sichtbar ist; auch zum Sprechen zu gebrauchen. Das Paar 13.50
- * 26515. **Mikrophon**, einfache Form, aber von vorzüglicher Wirkung; das Ticken einer aufgelegten Taschenuhr ist im Telephone auf beliebige Entfernung sehr deutlich hörbar. Mit ausführlicher Gebrauchsanweisung 3.—
- 26516. — dasselbe **mit Induktionsspule**, die aus- und eingeschaltet werden kann 6.50
- 26519. **Doppeldraht für Telephon- und Mikrophonversuche**, 30 m 2.40
- 26601. **Thermoelement**, Eisen und Neusilber, ganz einfach, mit Klemmschrauben —.60
- * 26620. **Thermosäule aus 10 Elementen** wie Nr. 11901, auf Brett sternförmig vereinigt, mit Klemmschrauben; zum Untersetzen einer Spirituslampe eingerichtet; ohne Lampe 10.—



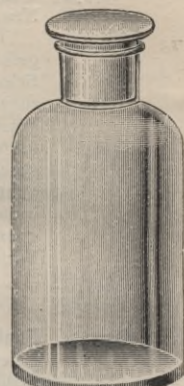
27501—27506.



27600—27605.



27721—27728.



27751—27758.

Apparate und Geräte für Chemie.

Glasgefäße, Trichter, Röhren etc.

Kochflaschen

Nr.	*27501	*27502	*27503	*27504	*27505	*27506
	100	150	250	500	750	1000 g Inhalt
	—,20	—,25	—,30	—,40	—,50	—,60 <i>M</i>

Kochbecher (Bechergläser)

Nr.	27520	27521	27522	27523	27525	27526	27527	27528
	50	75	100	150	300	500	750	1000 g Inhalt
	—,15	—,20	—,25	—,35	—,50	—,65	—,75	—,90 <i>M</i>

Reagensgläser (Probiergläser)

unter 10 Stück einer Nummer werden nicht abgegeben

Nr.	27551	27552	27553	27554	27555	27556
	10	12	15	15	18	20 cm hoch
	13	16	16	20	20	26 mm weit
10 Stück	—,30	—,50	—,70	1,—	1,20	1,50 <i>M</i>

Retorten

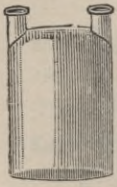
Nr.	27561	27562	27563	27564
	100	150	250	500 g Inhalt
	—,25	—,30	—,35	—,50 <i>M</i>

Kolben (Vorlagen)

Nr.	27581	27582	27583	27584
	100	150	250	500 g Inhalt
	—,20	—,25	—,30	—,40 <i>M</i>

Kolben mit 2 seitlichen, einander gegenüberstehenden Tuben, ohne Stopfen

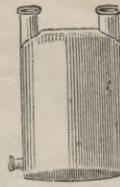
Nr.	27591	27592	27593
	250	500	1000 g Inhalt
	—,60	—,80	1,— <i>M</i>



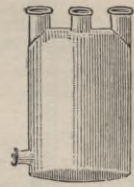
27791—27795.



27801—27805.



27811—27815.



27821—27825.

Glastrichter

Nr. 27598	27599	*27600	*27601	*27602	*27603	*27604	*27605
30	45	60	80	100	120	150	200mm Durchm.
—,15	—,20	—,30	—,40	—,45	—,50	—,60	—,80 M

Flaschen von weißem Glase mit engen Hälsen, ohne Stopfen

	Nr. 27711	27712	27713	27714	
	50	100	150	250 g Inhalt	
10 Stück	—,90	1.—	1,10	1,50	
	Nr. 27715	27716	27717	27718	27719
	500	750	1000	1500	2000 g Inhalt
1 Stück	—,20	—,25	—,35	.40	—,50 M

Flaschen mit engen Hälsen und eingeschliffenen Glasstopfen

	Nr. *27721	*27722	*27723	*27724	*27725	*27726	*27727	*27728
	50	75	100	150	250	500	750	1000g Inh.
1 Stück	.25	—,25	—,30	—,30	—,40	—,50	—,60	—,70 M

— dieselben mit weißen Emailleschildern und schwarzer Schrift nach Angabe

	Nr. 27731	27732	27733	27734	27735	27736
	100	150	250	500	750	1000g Inhalt
1 Stück	1,10	1,20	1,40	1,75	2.—	2,25 M

Diese Flaschen aus gelbem Glase ca. 20% mehr.

Pulvergläser von weißem Glase, mit weiten Hälsen, ohne Stopfen

	Nr. 27741	27742	27743	27744	27745	27746	27747	27748	27749
	50	100	150	250	500	750	1000	1500	2000 g Inhalt
10 Stück	—,90	1.—	1,20	1,65	1 Stück —,25	—,30	—,40	—,45	—,60 M

Pulvergläser mit eingeschliffenen Glasstopfen

	Nr. *27751	*27752	*27753	*27754	*27755	*27756	*27757	*27758
	50	75	100	150	250	500	750	1000 g Inh.
1 Stück	—,25	—,30	—,30	—,35	—,40	—,55	—,65	—,75 M

— dieselben mit weißen Emailleschildern und schwarzer Schrift nach Angabe

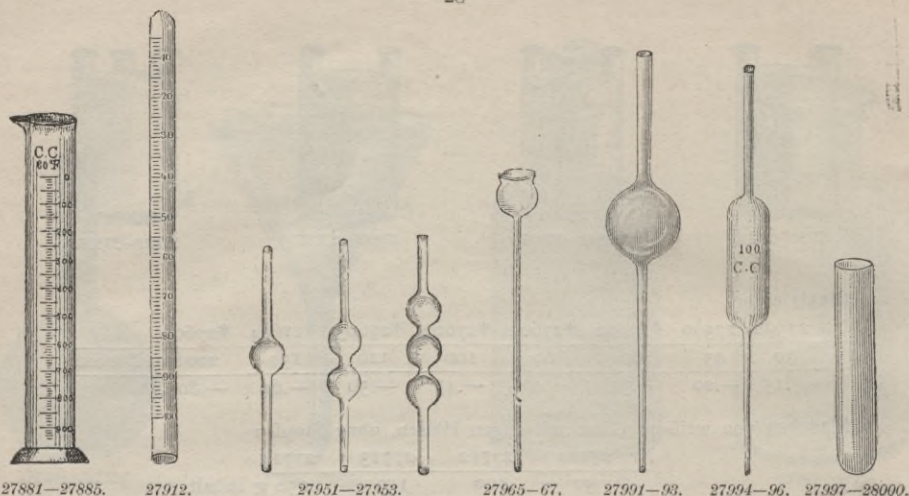
	Nr. 27761	27762	27763	27764	27765	27766
	100	150	250	500	750	1000 g Inhalt
1 Stück	1,15	1,30	1,50	1,90	2,20	2,40 M

Diese Flaschen aus gelbem Glase ca. 20% mehr.

Glasbüchsen zum Experimentieren mit Gasen, mit plangeschliffenen Rändern

	Nr. 27767	27768	27769	27770
	0,75	1	1,5	2 Liter Inhalt
	—,60	—,70	—,80	1.— M

27771. **Gläserne Deckplatten** zu vorstehenden Büchsen, sauber ab- *M*
geschliffen, 5 Stück —,60



27881—27885. 27912. 27951—27953. 27965—67. 27991—93. 27994—96. 27997—28000.

M

27772. **Glocke mit Tubus zur Stickstoffbereitung** durch Verbrennung des Sauerstoffs der Luft,

		Höhe ohne Hals 15 cm, Durchm. 10,5 cm . . .	—,65
27773.	— dieselbe	- - - 17 - - - 12 - . . .	—,90
27774.	— dieselbe	- - - 22 - - - 15 - . . .	1,50

Woulff'sche Flaschen	125	250	500	750	1000 g Inh.
* 27791—27795 mit 2 Hälsen	—,75	—,90	1,15	1,40	1,50 <i>M</i>
* 27801—27805 - 3 -	—,80	1,—	1,25	1,50	1,65 -
* 27811—27815 - 2 - u. Bodentub.	—,90	1,—	1,40	1,65	1,80 -
* 27821—27825 - 3 - - -	1,—	1,20	1,50	1,75	2,— -

Zylindergläser mit Fuß und Rand

Nr. 27861	27862	27863	27864	27865	27866	27867	27868	27869
210	235	260	315	340	340	390	420	450 mm hoch
45	65	50	50	65	80	80	105	105 - 1, Weite
—,50	—,75	—,75	—,80	1,—	1,20	1,40	2,75	3,25 <i>M</i>

Den oberen Rand plangeschliffen kostet das Stück 30 bis 50 Pf. mehr.

Zylinder für Aräometer, oben mit Erweiterung

Nr. 27871	27872	27873	27874	27875	27876
250	300	350	400	450	500 mm hoch
35	38	40	44	47	50 mm Durchm.
—,50	—,60	—,70	—,85	1,—	1,10 <i>M</i>

Graduierte Zylinder (Mensuren)

mit Fuß und Ausguß, nach Kubikzentimetern geteilt:

Nr. *27881	*27882	*27883	*27884	*27885
25	50	100	250	500 ccm
—,60	—,85	1,25	1,65	2,— <i>M</i>

Gasmeßröhren, das eine Ende ist halbkugelförmig verschmolzen, die ganze Röhre in $\frac{1}{5}$ oder $\frac{1}{10}$ Kubikzentimeter geteilt:

Nr. 27911	*27912	27913	27914	27915	27916
25	25	50	50	75	100 ccm Inh.
geteilt in $\frac{1}{5}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$ ccm
Preis	1,20	1,50	1,80	2,40	3,25 <i>M</i>

	<i>M</i>
27917. Gasmeßröhren mit Glashahn, 50 ccm Inhalt, in $\frac{1}{5}$ ccm geteilt	2.75
27918. — dieselbe in $\frac{1}{10}$ ccm geteilt	3.25
27946. Glasröhren zum Biegen , verschiedene Stärken, $\frac{1}{2}$ kg	1.50

* **Kugelröhren** aus schwer schmelzbarem Glase

	Nr. 27951	27952	27953
	mit 1	2	3 Kugeln
	— .40	— .50	— .60 <i>M</i>

27957. Glashähne , sauber eingeschliffen, sehr sanft gehend und absolut dicht, Bohrung 2 mm, mit Rohransätzen von ca. 15—20 cm	1.25
27958. — desgl., Bohrung 3 mm	1.50
27959. — „ „ „ 4 mm	1.75

* 27965. Trichterröhren (Sicherheitsröhren) für Gasentwicklungsapparate , ca. 20 cm lang	— .15
* 27966. — dieselben - 25 - -	— .20
* 27967. — - 30 - -	— .25

Rührstäbe mit verschmolzenen Enden

	Nr. 27981	27982	27983	27984	27985
	15	20	25	30	40 cm lang
10 Stück	— .50	— .60	— .70	— .90	1.20 <i>M</i>

(unter 5 Stück von einer Sorte werden nicht abgegeben.)

* **Pipette** in Kugelform, ohne Marke

	Nr. 27991	27992	27993
	25	50	100 g Inhalt
	— .25	— .30	— .40 <i>M</i>

* **Pipette**, zylinderförmig, mit Marke

	Nr. 27994	27995	27996
	25	50	100 g Inhalt
	— .50	— .60	— .80 <i>M</i>

* 27997. Präparatengläser , stark im Glase, mit runden Boden, zum Aufbewahren von chemischen Präparaten; besonders empfehlenswert zur Anlage einer Sammlung selbstbereiteter Präparate. Jedes Gläschen wird mit passendem Korkstopfen geliefert. Abgabe nicht unter 50 Stück von einer Nummer. <i>M</i>	
40 mm lang 8 mm Durchmesser 100 Stück	2.25
* 27998. 50 - - 10 - - - -	2.75
* 27999. 70 - - 13 - - - -	4.50
* 28000. 90 - - 15 - - - -	6.—

28006. Explosionspipette klein, zur Vorführung der Explosion von Gasgemischen, starke Glaskugel mit Tubus und langem Rohransatz	1.50
28007. — dieselbe größer	1.75

Scheidetrichter, im Winkel von 60°, mit Glashahn:

	Nr. 28015	28016	28017
	$\frac{1}{2}$	1	2 Liter Inhalt
	3.50	4.25	5.— <i>M</i>

Gaswaschflasche, einfach, Glasbüchse mit Kork und Ein- und Ausmündungsrohr

	Nr. 28021	28022	28023
	250	500	1000 g Inhalt
	1.—	1.25	1.50 <i>M</i>

Gaswaschflasche nach Drechsel, mit eingeschliffenem Einsatz

Nr.	28031	28032	28033
	250	500	1000 g Inhalt
	1.75	2.25	3.50 <i>M</i>

Chlorkalziumapparat nach Fresenius, Absorptionsturm oder Trockenturm mit Bleischiebeinlage und Einmündungsröhren

Nr.	28061	28062	28063
Höhe	210	315	420 mm
	2.—	2.50	3.25 <i>M</i>

Chlorkalziumröhren, gerade Form, mit Korkstopfen und Glasröhrchen

Nr.	28065	28066	28067
	200	300	400 mm lang
	—0.30	—0.45	—0.60 <i>M</i>

— dieselben **U**-förmig, mit Stopfen und Röhrchen

Nr.	28068	28069	28070	28071
	100	150	200	250 mm lang
	—0.50	—0.60	—0.80	1.— <i>M</i>

Tiegel, Schalen.

Schmelztiegel von hessischem Ton, dreieckig, ohne Deckel

Nr.	28151	28152	28153	28154
ein Satz von	3	5	6	7 Stück
	—0.30	—0.50	—0.90	1.20 <i>M</i>

Schmelztiegel von Meißner Porzellan mit Deckel

Nr.	28161	28162	28163	28164	28165	28166	28167	28168
Höhe	ca. 23	28	35	40	45	53	60	65 mm
Durchm.	ca. 30	35	40	45	55	65	70	80 mm
Inhalt	ca. 8	15	24	30	60	90	125	185 g
Preis	—0.50	—0.50	—0.60	—0.70	—0.90	1.10	1.30	1.60 <i>M</i>

Abdampfschalen von Porzellan mit Ausguß

Nr.	28171	28172	28173	28174	28175	28176	28177
ca.	50	60	70	85	100	120	150 mm Durchm.
	—0.25	—0.30	—0.35	—0.50	—0.75	1.10	1.30 <i>M</i>

Abdampfschalen von Glas, halbkugelig mit Ausguß

Nr.	28181	28182	28183	28184	28185	28186
Durchm.	ca. 60	80	100	125	150	200 mm
	—0.30	.35	—0.40	—0.60	—0.75	1.— <i>M</i>

Abdampfschalen von Glas mit geraden Wänden, Kristallisier-Schalen, mit Ausguß

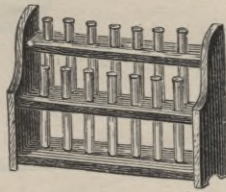
Nr.	28201	28202	28203	28204	28205	28206
Durchm.	ca. 60	80	100	125	150	200 mm
	—0.30	—0.35	—0.40	—0.60	—0.75	1.— <i>M</i>

Viereckige Schalen, geblasen, dünnwandig

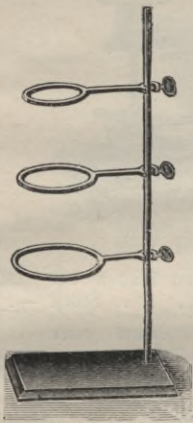
Nr.	28241	28242	28243	28244	28245
Bodenmaße:	10 × 13	15 × 20	19 × 27	26 × 32	32 × 47 cm
	—0.50	—0.75	1.25	3.50	6.50 <i>M</i>

Papiermasse-Schalen, bes. für Arbeiten mit Quecksilber

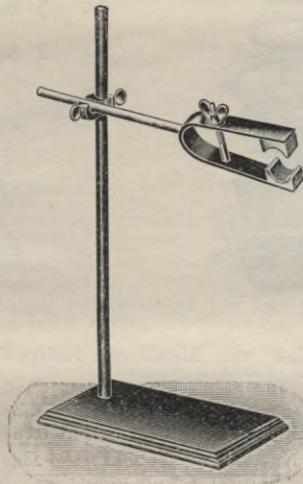
Nr.	28251	28252	28253	28254	28255	28256
Bodenmaße.	14 × 19	19 × 25	26 × 31	31 × 41	42 × 52	58 × 68 cm
	—0.75	1.20	2.25	5.—	7.50	13.50 <i>M</i>



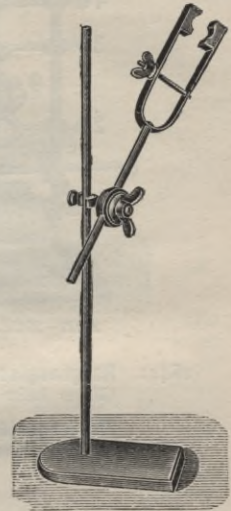
28401 - 28403.



28418. 1:10.



28419. 1:8.



28420. 1:8.

Reibschalen von Porzellan, mit Ausgufs, innen matt, inkl. Pistill

Nr.	28261	28262	28263	28264	28265	28266	28267
	50	60	70	85	100	130	150 mm Durchm.
	-.40	-.50	-.60	-.80	1.-	1.50	1.75 <i>M</i>

Achatreibschalen Nr. 28271 28272 28273 28274 28275 28276

Durchm. ca.	27	38	47	58	67	78 mm
	2.10	2.75	3.50	4.60	7.-	11.- <i>M</i>

Sandbadschalen von getriebenem Eisenblech

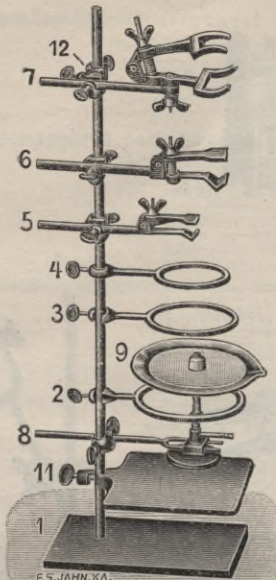
Nr.	28291	28292	28293	28294	28295
	70	90	120	150	200 mm Durchm.
	-.25	-.35	-.50	-.75	1.-

Gestelle, Halter, DreifüÙe.

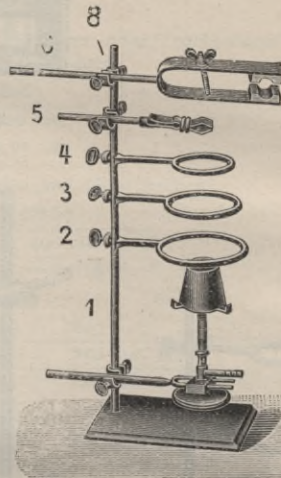
Reagensgläsergestelle	Nr. *28401	*28402	*28403
	für 12	18	24 Stück
	1.-	1.25	1.75 <i>M</i>

Reagensgläsergestelle mit Stäben zum Umstürzen und Trocknen der Gläser

Nr.	28405	28406	28407
	für 12	18	24 Gläser
	1.35	1.75	2.25



F. S. JAHN, KA.
28481—28493. 1 : 10.



28494—28502. 1 : 10.

28411. **Reagensglashalter** von Metall mit Holzgriff, zum Halten der Gläser beim Erhitzen derselben Stück —.50

Filtriergestell, eiserner Fuß mit Eisenstab und einem oder mehreren verstellbaren Ringen zum Einsetzen von Trichtern

Nr.	28416	28417	*28418
für	1	2	3 Trichter
	2.50	3.25	4.25 <i>M</i>

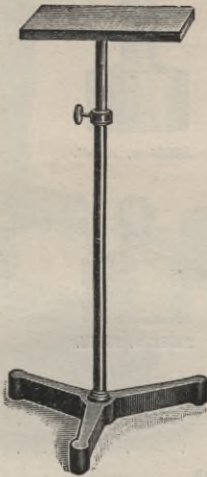
* 28419. **Retortenhalter** mit eisernem Fuß und Stativ, Doppelklemme und großer Federklemme aus Stahlblech mit Korkbacken 4.—

* 28420. — derselbe, jedoch anstatt der Doppelklemme mit **Universalgelenkklemme** eigener Konstruktion, womit die Federklemme durch Lüften nur einer Schraubenmutter nach allen Richtungen, auch senkrecht nach oben, verstellt werden kann 5.—

Großes Universalstativ für alle chemischen Arbeiten:

(Die Nummern vor den einzelnen Teilen entsprechen denen in der Abbildung.) *M*

- * 28481. 1. Stativ, schwere Eisenplatte mit Eisenstab, 65 cm hoch . . . 3.25
- * 28482. 2. Ring, 130 mm lichte Weite mit Doppelklammern Nr. 10 . . . 1.—
- * 28483. 3. Ring, 100 mm l. W. mit Stab z. Einsetzen in die Doppelklemm. —.90
- * 28484. 4. Ring, 65 mm l. W. mit Stab z. Einsetzen in die Doppelklemm. —.70
- * 28485. 5. Bürettenhalter, klein 2.25
- * 28486. 6. Bürettenhalter, groß 2.50
- * 28487. 7. Retortenhalter, nach allen Seiten drehbar 4.—
- * 28488. 8. Gabel zum Tragen eines Bunsenbrenners —.50
- * 28489. 9. Lampenteller von Porzellan, zum Auffangen etwa herablaufender Flüssigkeiten —.90
- * 28490. 10. 3 Doppelklammern zum Einsetzen von Nr. 5—8. Stück *M* 1.40 4.20
- * 28491. 11. Eisenplatte von 20×15 cm Größe mit daran befindlicher Klemme (dient als Tisch zum Aufstellen kleiner Apparate in beliebiger Höhe, sowie zum Aufstellen eines Brenners) . . . 1.80
- * 28492. 12. Drehbare Doppelklemme 1.75
- * 28493. **Das ganze Stativ** mit allen unter 1—12 aufgeführten Teilen *M* 23.75



28511. 1:7.



28513. 1:7.

Universalstativ, kleiner:

* 28494.	1. Stativ, Eisenplatte mit Eisenstab von 50 cm Höhe	1,80
* 28495.	2. Ring, 100 mm lichte Weite, mit fester Klemme	—,90
* 28496.	3. - 80 - - - - -	—,80
* 28497.	4. - 65 - - - - -	—,70
* 28498.	5. Halter für Reagensgläser usw. mit Stab zum Einsetzen in Doppelklemme Nr. 8	1,20
* 28499.	6. Große Federklemme für Retorten, Kochflaschen usw. mit Korkbacken (wie bei Nr. 28419 u 28420)	1,25
* 28500.	7. Gabel zum Tragen eines Bunsenbrenners50
* 28501.	8. 3 Doppelklemmen, zum Einsetzen von Nr 5 7. Stück <i>M</i> —,70	2,10
* 28502.	Das ganze Stativ mit allen unter 1 - 8 genannten Teilen <i>M</i>	9,25

Die Teile der Universalstative können nach Belieben zu den beigedruckten Preisen zusammengestellt und auch einzeln bezogen werden.

28504. **Universalgelenkklemme** allein, wie bei Nr. 28420 *M* 2.—

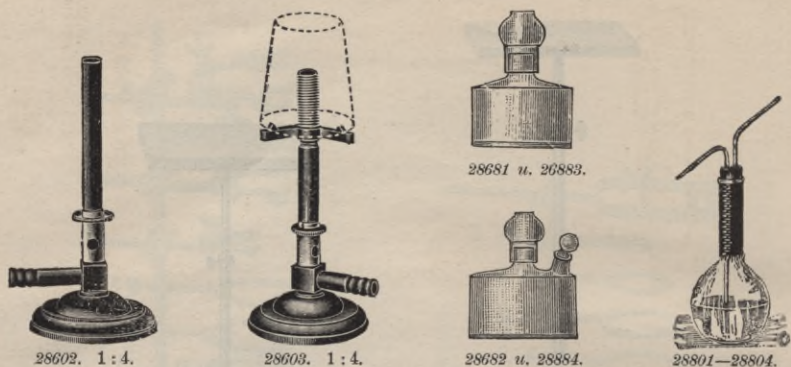
Diese Klemme kann ebenfalls an den Universalstativen verwendet werden, in Verbindung mit den Haltern Nr. 28498 und 28499.

* 28511.	Tischstativ zum Aufstellen kleiner Apparate, von 35 bis 50 cm Höhe verstellbar, Tischplatte 15 × 15 cm	5.—
28512.	— dasselbe, für 25—40 cm Höhe	4,50
* 28513.	— dasselbe, für 20 bis 30 cm Höhe	4.—
28514.	Dreifuß , von Eisen, stark	—,75
28515.	— derselbe höher, für Bunsenbrenner passend	1.—
28517.	Drahtdreieck , über den Dreifuß zu legen, 5, 6 oder 7 cm Seitenlänge (Seitenlänge stets angeben)	—,10

— dasselbe mit Porzellanröhren umgeben in 3 Größen

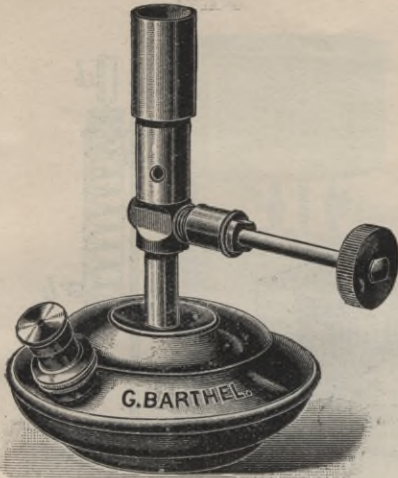
Nr. 28531	28533	8 35
5	7	10 cm lang
—,20	—,25	—,30 <i>M</i>

28541.	Drahtnetz von Eisen, für den Dreifuß 12 × 12 cm	Stück —,20
28543.	— dasselbe größer 20 × 20 cm	—,30

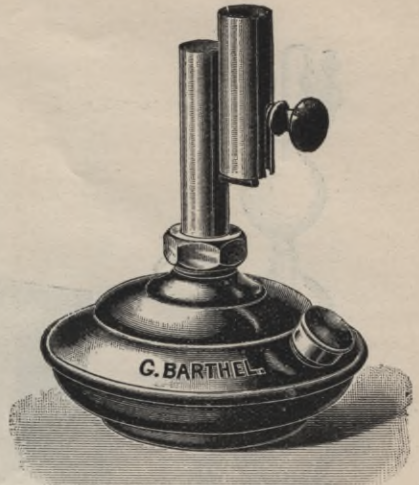


M.

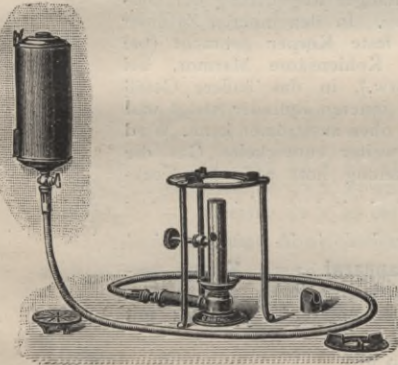
28601.	Bunsenbrenner für Gas, einfach, ohne Regulierung	I.25
* 28602.	— mit Luftregulierung	I.50
* 28603.	— mit verstellbarem Schornstein	2.25
28604.	Bunsenbrenner mit Luftregulierung wie Nr. 28602, mit Einrichtung zum Aufstecken auf die Gabeln der Stative Nr. 28493 und 28502 und mit verstellbarem Schornstein	3.50
28624.	Aufsatz auf Bunsenbrenner zur Erzeugung einer breiten Flamme, besonders vorteilhaft zum Biegen von Glasröhren, ca. 20 mm Spaltbreite	—,50
28625.	— derselbe ca. 30 mm Spaltbreite	—,75
28626.	— derselbe ca. 40 - - - - -	I.—
* 28681.	Spirituslampe von Glas, flache Form, ca. 75 g Inhalt	—,75
* 28682.	— dieselbe mit seitlichem Tubus, zum Einfüllen	I.—
* 28683.	Spirituslampe , 200 g Inhalt	I.—
* 28684.	— dieselbe mit seitlichem Tubus	I.25
28685.	Spirituslampe in Vasenform, 200 g Inhalt	I.15
28686.	— dieselbe mit seitlichem Tubus	I.40
* 28692.	Spiritus-Bunsenbrenner von Barthel, D.R.G.M., für Laboratoriumsarbeiten. Die Leistung entspricht der von 2 Gasbunsenbrennern. Preis inkl. Spiritusbehälter und Metall-Schlauch aber ohne Dreifuß und Kochaufsätze	20.—
* 28693.	Eisernes Gestell mit Ringeinsatz dazu	2.—
* 28694.	Sternbrenner-Aufsatz dazu	—,65
* 28695.	Breitbrenner-Aufsatz , zum Biegen von Glasröhren, dazu	—,65
* 28696.	Spiritusbrenner von Barthel (D.R.G.M.) liefert eine Bunsenflamme von 200 mm Höhe, schmilzt Kupferdraht von 3 mm Durchmesser in 1½ Minuten	II.—
28697.	Eiserner Dreifuß mit Ringeinsatz dazu	2.—
28698.	Sternbrennereinsatz zu Kochzwecken, für vorstehenden Brenner passend	—,65
* 28699.	Dochtloser Benzinbrenner , D. R. G. M., ein Heizapparat für Laboratorien, wo kein Gas zur Verfügung ist; liefert eine Bunsenflamme von 200 mm Höhe; Explosionsgefahr ist ausgeschlossen, schmilzt Kupferdraht von 3 mm in ¾ Minute	12.50
28700.	Eiserner Dreifuß mit Ringeinsatz dazu	2.—
28701.	Kochbrenneraufsatz dazu	I.65
28702.	Kochgestell dazu	2.75



28699. 1:3.



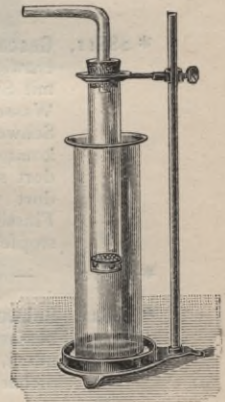
28696. 1:3.



28692—28695.



28805—28806. 1:9.



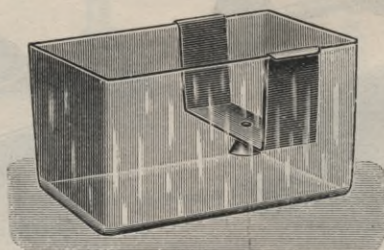
28811—28812. 1:8.

Glasapparate, Gasometer.

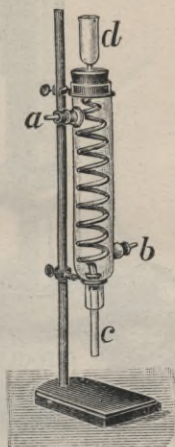
	<i>M</i>
* 28801. Spritzflasche mit Korkstopfen, 500 g Inhalt	1.—
* 28802. — — — — — 1000 g —	1.50
* 28803. — — — Gummistopfen, 500 g Inhalt	1.85
* 28804. — — — — — 1000 g —	2.25
* 28805. Gasentwicklungsapparat für Wasserstoff, Schwefelwasserstoff, Kohlensäure usw. mit Trichterrohr, Gummischlauch und winkelförmigem Ausflußrohr, mit Korkstopfen, 250 g Inhalt	1.50
* 28806. — derselbe 500 g Inhalt	1.75
28808. Gasentwicklungsapparat wie Nr. 28805, aber mit Gummistopfen, 250 g Inhalt	2.75
28809. — derselbe 500 g Inhalt	3.25



28821—28823. 1:10.



28884—28887.



28861. ca. 1:10.

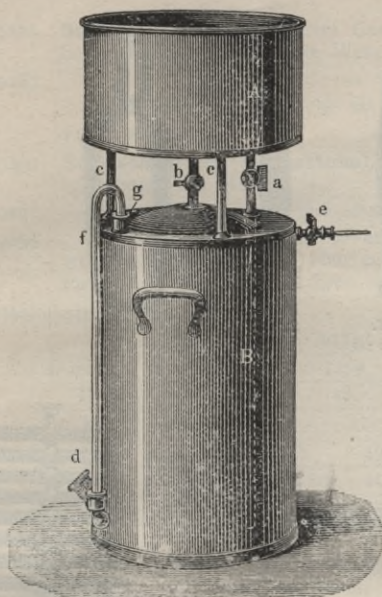
M

- * 28811. **Gasentwicklungsapparat** mit selbsttätiger Regulierung der Gasentwicklung je nach dem Verbrauch. In den inneren Zylinder mit Siebboden aus Blei wird der feste Körper gebracht (bei Wasserstoffentwicklung Zink, bei Kohlensäure Marmor, bei Schwefelwasserstoff Schwefeleisen usw.), in das äußere Gefäß kommt die Flüssigkeit, die in den inneren Zylinder steigt und dort so lange Gas entwickelt, als es oben ausströmen kann. Wird dort verschlossen, so drückt das weiter entwickelte Gas die Flüssigkeit zurück und die Entwicklung hört auf. Mit Korkstopfen. 5.—
- * 28812. — derselbe mit Gummistopfen 6.—
- * 28821. **Schwefelwasserstoff-Entwicklungsapparat** nach Kipp, verbesserte Form mit eingeschlifftem inneren Rohr, um zu verhüten, daß das Schwefeleisen in die untere Kugel fällt; mit Sicherheitsröhre und Ausflußhahn
 Inhalt der mittleren Kugel 250 gr. 8.50
- * 28822. — — — — — 500 gr. 10.—
- * 28823. — — — — — 1000 gr. 11.50

Kühlapparat mit Schlangenkühler auf eisernem Gestell, sehr praktisch für jede Destillation von Flüssigkeiten. Der vom Destillierkolben kommende Dampf wird bei *d* eingeführt, durchströmt die Schlange und tritt unten bei *c* als Flüssigkeit aus. Bei *b* tritt von der Wasserleitung oder aus einem Reservoir kaltes Wasser ein, bei *a* läuft das warme Wasser ab. Höhe des weiten Gefäßes 25—30 cm:

Nr.	*28861	28862	28863	28864
Weite	50	75	100	175 mm
	8.—	9.—	12.—	18.— <i>M</i>

- 28881. **Pneumatische Wanne von lackiertem Blech** 25,5 × 17,5 cm, 12 cm hoch mit beweglicher Brücke 5.—
- 28882. — von Blech mit beweglicher Brücke, kleinere Ausführung 21 × 14,5 cm, 10 cm hoch, unlackiert. 2.75
- 28883. — dieselbe lackiert 3.85



28901—28905.



28908—28911.

M

* 28884.	Pneumatische Wanne von Glas 25 × 15 cm, 14 cm hoch mit Brücke aus Metall	3.75
* 28885.	— dieselbe 27 × 18 cm grofs, 16 cm hoch mit Brücke	4.50
* 28886.	— dieselbe 36 × 23 cm grofs, 25 cm hoch mit Brücke	6.50
* 28887.	— dieselbe 42 × 27 cm grofs, 25 cm hoch mit Brücke	9.—
Geringe Abweichungen in den Mafsen vorbehalten.		
* 28901.	Gasometer nach Pepys , aus starkem Zinkblech, lackiert, mit gut gedichteten Hähnen und Wasserstandsrohr, Inhalt 10 Liter	30.—
* 28902.	— derselbe, Inhalt 15 Liter	35.—
* 28903.	— - - 20 -	40.—
* 28904.	— - - 30 -	45.—
* 28905.	— - - 40 -	50.—
* 28908.	Gasometer nach Berzelius , ganz aus Glas mit guten Glashähnen, 4 Liter Inhalt	20.—
* 28909.	— derselbe, 6 Liter Inhalt	23.50
* 28910.	— - 8 -	30.—
* 28911.	— - 10 -	35.—
29150.	Lötrohr , einfach, mit Mundstück	—60
29151.	— zum Auseinandernehmen, mit Bein-Mundstück	1.75
29152.	Platinspitze dazu, abnehmbar; Preis veränderlich	4.50
* 29160.	Schmelztiegelzange von Eisen, einfach	1.—
* 29161.	— dieselbe doppelt gebogen, von Eisen	1.25
* 29162.	Pinzetten von Stahl, einfach	—30
* 29166.	— - Messing, einfach, gerade oder gebogen	—50
* 29167.	— - - mit Elfenbeinspitze, gerade	—90
* 29168.	— - - - - gebogen	1.—
* 29169.	Selbstschließende Pinzette , vernickelt	1.—



29162.



29166.



29167.

1 : 3.



29168.



29169.



29160. 1 : 3.3.



29161. 1 : 3.



29188. 1 : 3.

29170.	Dreikantfeile mit Heft	<i>M</i>	— .50
29171.	Korkfeile (Rundfeile) mit Heft		— .50
	Korkbohrer von Messing, mit schwarzem Griff		
29182.	1 Satz von 3 Stück		1.80
29183.	1 - - 6 -		2.60
29184.	1 . - 9 -		4.50
29186.	Korkbohrer aus gehärteten Stahlröhren, vernickelt, mit schwarzem Griff . . . 1 Satz von 3 Stück		3.—
29187.	1 - - 6 -		6.—
* 29188.	1 - - 9 -		9.—
	Gummischlauch von bestem Para-Patentgummi		
29282.	— 5 mm lichte Weite, 1 $\frac{1}{4}$ mm Wandstärke	1 m	2.—
29283.	— 6 - - - - 1 $\frac{1}{2}$ - - -	1 -	2.80
29284.	— 8 - - - - 1 $\frac{3}{4}$ - - -	1 -	4.25
29285.	— 10 - - - - 2 - - -	1 -	6.—

29286. **Gummischlauch** von grauem Gummi, sogenannter Gasschlauch, beste Qualität, 8 mm lichte Weite, 2 mm Wandstärke . . . I m 2.— *M.*
29287. — 9 - - - 2 - - - I - 2.40
- Die Preise für Schläuche sind unverbindlich, da Gummi im Preise steigt.
29291. **Schlauchklemme (Quetschhahn)**, 6 cm lang, federnd, von selbst schließend, aus Messing —.30
29292. — dieselbe, 8 cm lang und stärker —.50
29295. — durch Schraube einstellbar, so daß der Schlauch beliebig weit geschlossen werden aber auch durch einen Fingerdruck sofort voll geöffnet werden kann, aus Messing —.90

Kautschukstopfen bester Qualität

Nr.	29311	29312	29313	29314	29315	29316
Durchm.	8/6	10/8	12/9	15/12	17/14	20/16 mm
Höhe	16	17	18	18	18	19 mm
Preis	—,08	—,10	—,12	—,15	—,20	—,30 <i>M.</i>
Nr.	29317	29318	29319	29320	29321	
Durchm.	22/18	25/21	29/25	34/30	40/36 mm	
Höhe	19	20	20	23	23 mm	
Preis	—,44	—,50	—,65	1,10	1,50 <i>M.</i>	

Das Einbohren von Löchern in die Gummistopfen wird mit 5 Pf. für jedes Loch berechnet.

Preise ebenfalls unverbindlich.

Gummischläuche, Stopfen, Platten usw. werden am besten in Glycerin aufbewahrt oder in ein damit befeuchtetes Stück Leinwand eingewickelt.

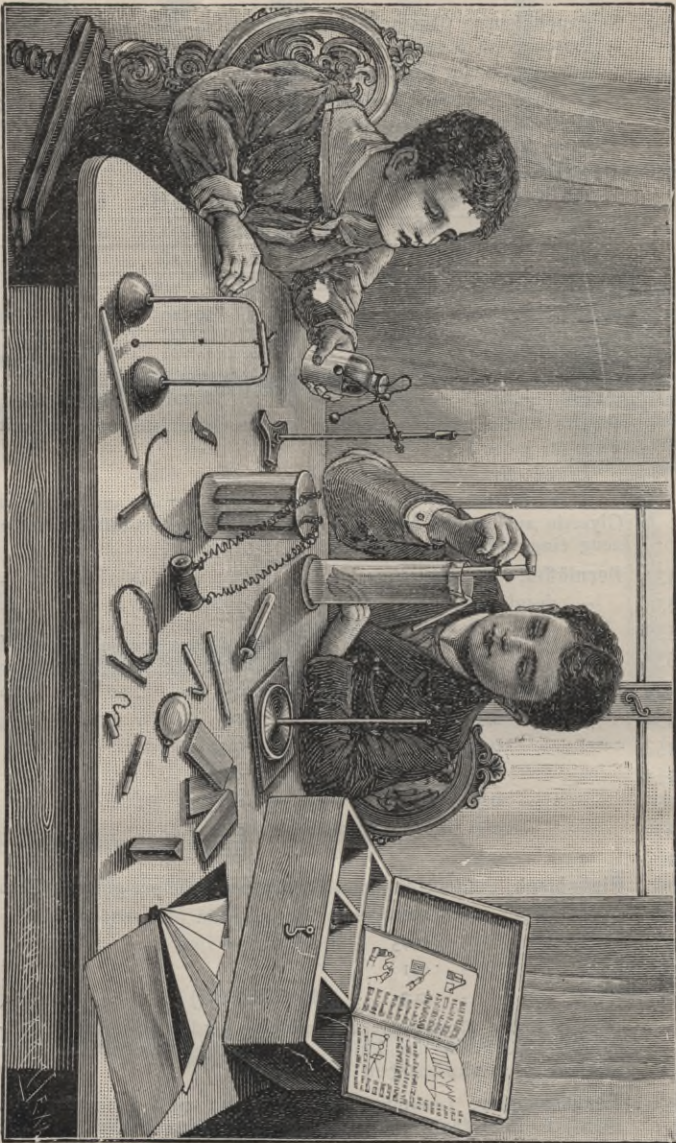
29331. **Hornlöffel**, 10 cm Länge —.25
29332. — desgl. 14 - - - - - —.45
29333. — - 18 - - - - - —.60
29334. — - 22 - - - - - —.90
29451. **Platindraht**, 0,1 mm dick, nicht unter 0,5 m I m 1.40
29452. — 0,15 - - - - 0,5 - I - 3.—
29453. — 0,2 - - - - 0,5 - I - 5.25
29454. — 0,25 - - - - 0,25 - I - 8.—
29455. — 0,3 - - - - 0,25 - I - 12.—
29456. — 0,4 - - - - 0,2 - I - 22.—
29457. — 0,5 - - - - 0,1 - I - 30.—
29460. **Platinblech**, Stärke 0,015 mm, für Glühversuche geeignet I □ cm —.30
29461. — desgl. - 0,02 - - - - - I - —.40
29462. — - 0,05 - - - - - I - —.90
29463. — - 0,1 - - - - - I - 1.80
29464. — - 0,2 - (für Kontakte) I - 3.50

Die Preise für stärkere Platindrähte werden auf Anfrage mitgeteilt. Die Preise für Platin sind freibleibend, weil sehr starken Schwankungen unterworfen.

29481. **Reagenspapier**, Lackmuspapier, blau und rot, Kurkumapapier (gelb) 10 Blatt (21 × 16 cm), gleichviel welcher Farbe —.30
29482. — dasselbe in je 10 Blättern der 3 Sorten von ca. 10 × 16 cm, in flachem Karton —.60
29483. **Filtrierpapier**, bestes 10 Bogen —.35
29484. — desgleichen 1 Buch —.85

Bestellen Sie zur Ansicht auf 10 Tage!

Vollständig gefahrlos!



Stets vorrätig.

13001. Experimentierkasten „Physik“ mit illustriertem Buch für Knaben von 10—16 Jahren.
400 Versuche aus allen Gebieten der Physik mit Erläuterungen. Preis 22 Mark (mit Verpackung und Porto).

Meiser & Mertigs

Experimentierkästen und Sammlungen

zum experimentellen Studium der Physik.

13001. Experimentierkasten „**Physik**“ mit illustriertem Anleitungsbuch zur Selbstübung für die Jugend; portofrei nach Deutschland und allen angrenzenden Ländern, einschließlich europäisches Rußland . . . 22.—

(Nach dem übrigen Ausland kommen die Mehrkosten des Portos zur Berechnung.)

Inhalt:

1. Elektrophor , bestehend aus Hartgummiplatte, Metalldeckel mit Hartgummistab (als Griff) und Reibzeug	3.85
2. Glasstab	—35
3. Leydner Flasche	1.10
4. Entlader mit Hartgummigriff	—55
5. Stativ (senkrechter Eisenstab mit Fuß) und Klemme zum Einsetzen des Pendelhalters oder der Linse	1.—
6. Elektrisches Flugrad , dazu eine isolierte Spitze, welche auf den Stab des Stativs aufgesetzt wird.	—65
7. Isolierter Pendelhalter zum Einsetzen in die Klemme des Stativs	—55
8. Elektrisches Doppelpendel (zwei Sonnenrosenmarkkugeln an dünnen Drähen mit Ösen zum Einhängen in den Pendelhalter) mit Kästchen	—45
9. Elektrisches Glockenspiel	1.75
10. Permanenter Stabmagnet	—45
11. Aufhängevorrichtung für den Magnet	—30
11a. Magnetnadel mit Achathütchen	1.50
12. Galvanisches Element (Zink- u. Kohlenplatte, hölzerner Verschlußdeckel)	2.20
13. Elektromagnetspule mit Polklemmen und Eisenkern	1.55
14. Drei Meter übersponnener Kupferdraht	—15
15. Optisches Glasprisma	—45
16. Bikonvexe Linse mit Fassung zum Einsetzen in die Klemme des Stativs in jeder beliebigen Stellung	1.10
17. Belegter Spiegel (Silberbeleg, 50 × 100 mm, mit abgeschliffenen Kanten)	—25
18. Unbelegte Spiegelglasplatte (50 × 100 mm, mit abgeschliffenen Kanten)	—10
19. Blaue Glasplatte (50 × 100 mm, mit abgeschliffenen Kanten)	—15
20. Acht Blätter buntes Papier mit glanzfreier Oberfläche (rot, orange, gelb, grün, hellblau, dunkelblau, violett und schwarz)	—25
21. Ein Blatt Stanniol	—15
22. Standglas (Höhe 23 cm, innerer Durchmesser 6 cm)	—75
23. Weite Glasröhre (Länge 20 cm, Durchmesser 14 mm)	—40
24. Kartesianischer Taucher (Schulmodell)	—55
25. Glasröhre , ein Ende derselben ist in eine Spitze ausgezogen	—15
26. Heberröhre	—20
27. Kapillarröhre	—05
28. Illustriertes Anleitungsbuch (deutsch, französisch oder englisch), enthaltend 400 Versuche mit eingehenden Erläuterungen (196 Seiten Druck, 84 Abbildungen)	4.—
Polierter Kasten mit Fächern , worin die Apparate untergebracht sind	2.75

Jeder dieser Apparate kann auch einzeln bezogen werden. Verpackung und Porto werden dann zu Selbstkosten in Rechnung gestellt.

Vollständig gefahrlos!

Telegrammwort: „Physik“.



Anenstab
 Elektrischer Spruenerferer.

Pulverförmige
 Schwefelge

Elektrische
 Batterie

Elektrische
 Batterie

Anenstab

F. S. JAHNKA, BREMEN

13002. **Experimentierkasten „Franklin“** mit illustriertem Anleitungsheft.
 Preis mit Verpackung und Porto 26,50 Mark.

Meiser & Mertigs

Experimentierkästen und Sammlungen

zum experimentellen Studium der Physik.

*13002. Experimentierkasten „**Franklin**“ mit illustriertem *M*
 Anleitungsheft, portofrei nach dem Deutschen Reiche
 u. angrenzenden Ländern, einschließlich europäisches
 Rußland **26.50**

(Bei dem übrigen Ausland kommen die Mehrkosten des Portos
 in Anrechnung.)

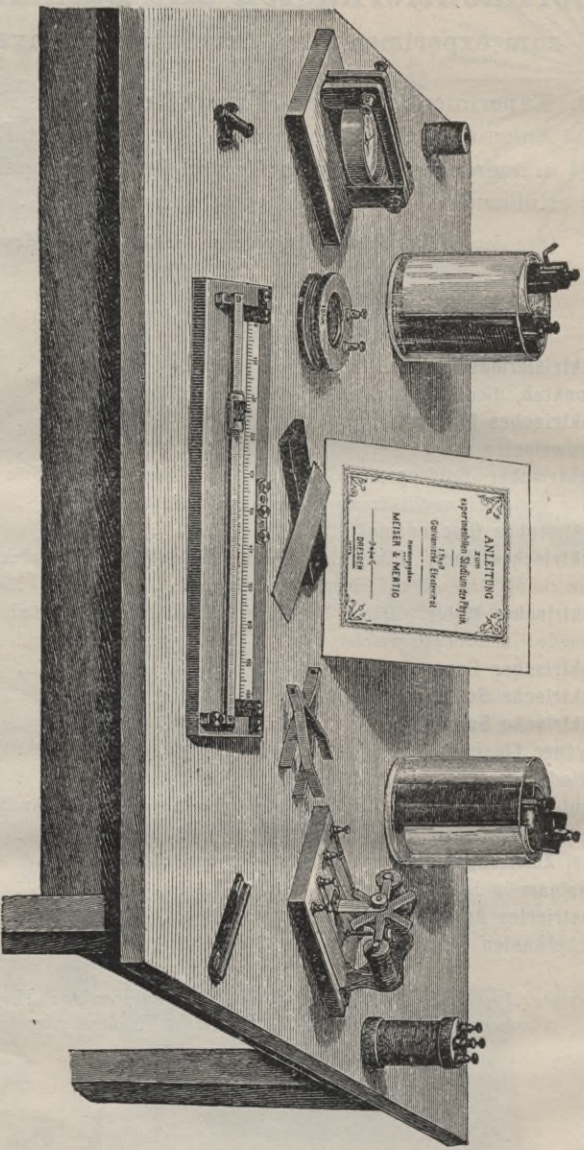
Inhalt:

1. Elektrisiermaschine	13.75
2. Aronstab, dient zur Darstellung elektrischer Funkenreihen	—45
3. Elektrisches Flugrad	—55
4. Struwelpeter	—55
5. Elektrischer Goldregen. Goldfitter wird durch Elektrizität in die Höhe geworfen und fällt als feiner Regen wieder herab	—45
6. Elektrisches Glockenspiel	1.75
7. Elektrisches Boot. Ein kleines Boot bewegt sich infolge elektrischer Einwirkung dauernd auf einer Wasseroberfläche	1.30
8. Elektrischer Motor. Durch Reibungselektrizität wird ein Rad in sehr schnelle Umdrehung versetzt	1.65
9. Elektrischer Puppentanz	—65
10. Elektrische Schlange	—25
11. Elektrische Spirale	—10
12. Leydner Flasche	1.10
13. Entlader	—55
14. Lichtenbergs Figuren. Interessante Versuche über die Ausbreitung der Elektrizität auf einer Platte	—45
15. Zwei Zuleitungsketten mit Drahtbügeln in Holzknöpfen	—80
16. Amalgam in Büchse	—55
17. Illustriertes Anleitungsheft	—65
18. Fächerkasten aus Eichenholz mit Titelbild	2.75

Vollständig gefahrlos!

Telegrammwort: „Franklin“.

Jeder dieser Apparate kann auch einzeln bezogen werden; Verpackung und
 Porto werden dann zu Selbstkosten in Rechnung gestellt.



13012. Sammlung von Apparaten zum experimentellen Studium der Physik; mit anleitender Druckschrift.
I. Teil: Galvanische Elektrizität (120 experimentelle Übungsaufgaben mit Auflösungen. Preis 27.50 Mk. (mit Verpackung und Porto).

Sammlung von Apparaten zum experimentellen Studium der Physik.

*13012. I. Teil: **Galvanische Elektrizität.** Preis im *M*
Deutschen Reiche und allen angrenzenden Ländern,
einschl. europ. Rußland 27.50

(Bei dem übrigen Ausland kommen die Mehrkosten des Portos in
Anrechnung.)

13013. — derselbe in poliertem Fächerkasten 31.—

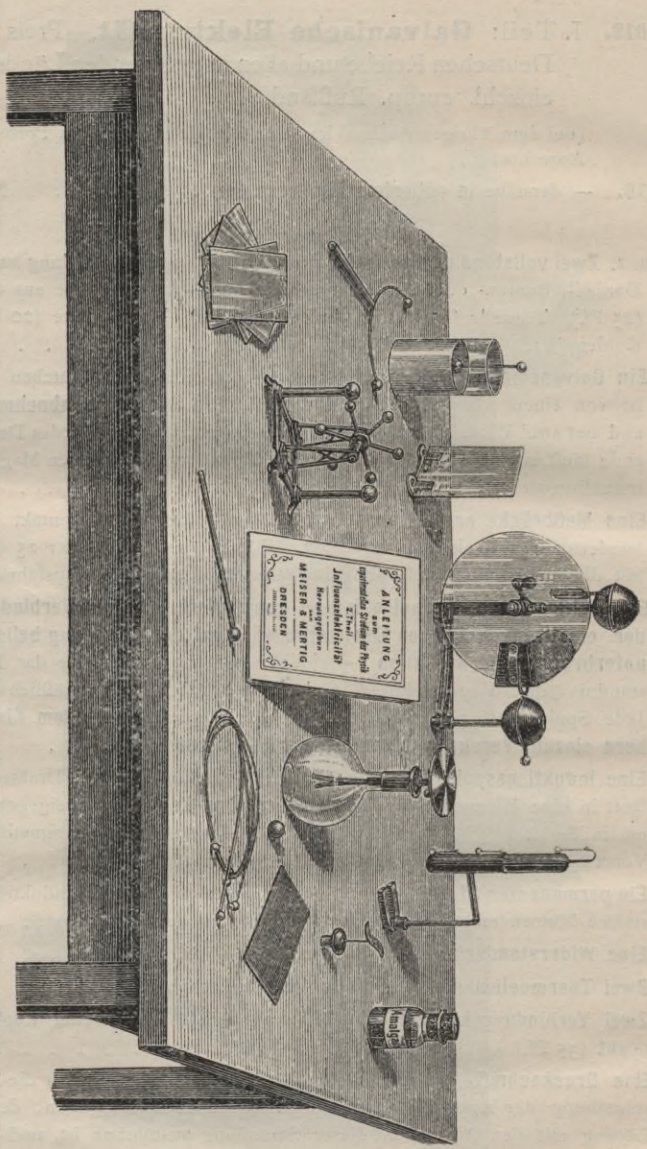
Inhalt:

1. u. 2. **Zwei vollständige Elemente**, geeignet zur Zusammenstellung zweier Daniell-, Bunsen- oder Chromsäure-Elemente — bestehend je aus Glas (25 Pf.), Tonzelle (35 Pf.), Zinkplatte (20 Pf.), Kupferplatte (20 Pf.), Kohlenplatte (25 Pf.), zwei Klemmen (60 Pf.) 3.30
3. **Ein Galvanometer.** Die Nadel schwingt auf einem Achathütchen und ist von einem Glasgehäuse umschlossen. **Die Spule ist abnehmbar** und hat zwei Wickelungen (starker und schwacher Draht). Jedes Drahtende läuft in eine Klemme aus. — Das Galvanometer zeigt den Magnetinduktionsstrom sowie den Thermostrom sehr gut an 7.15
4. **Eine Meßbrücke nach Wheatstone** mit verschiebbarem Kontakt und hundertteiliger Skala am Meßdraht, (Länge des Meßdrahts: 25 cm). Mit diesem Apparat sind sämtliche Widerstandsmessungen ausführbar 6.—
5. **Ein Elektromotor.** Derselbe ist so konstruiert, daß die Verbindung der elektromagnetischen Eisenkerne während der Bewegung beliebig unterbrochen werden kann — eine Einrichtung, welche für das Verständnis der Magnetbildung und Magnetanziehung unerlässlich ist. Jede Spule läuft in zwei Klemmen aus, so daß mit jedem Eisenkern einzeln Versuche angestellt werden können 5.25
6. **Eine Induktionsspule.** Dieselbe hat zwei Wickelungen, jedes Drahtende läuft in eine Klemme aus. Ein **weicher Eisenkern** wird beigegeben, um in Verbindung mit der Induktionsspule sämtliche elektromagnetische Versuche ausführen zu können 2.75
7. **Ein permanenter Stabmagnet.** Die mit demselben erzeugten Induktionsströme können am Galvanometer sehr gut beobachtet werden —.50
8. **Eine Widerstandseinheit** = 1 Ohm 2.50
9. **Zwei Thermoelemente** — einzeln. (Eisen-Neusilber,) —.50
10. **Zwei Verbindungsklemmen** (50 Pf.) und 6 m überspannener **Kupferdraht** (35 Pf.) —.85
11. **Eine Druckschrift** (deutsch, englisch oder französisch) enthält die Beschreibung der Apparate, 120 experimentelle Übungsaufgaben, deren Lösung mit den Apparaten dieser Sammlung ausführbar ist, und die Auflösungen dazu 1.—

Jeder dieser Apparate kann auch einzeln bezogen werden. Verpackung und Porto werden dann zu Selbstkosten berechnet.

Die Sammlungen sind stets vorrätig!

Telegrammwort: "Galvani".



13014. Sammlung von Apparaten zum experimentellen Studium der Physik; mit anleitender Druckschrift.
II. Teil: Induktionselektrizität (120 experimentelle Übungsaufgaben mit „Aufösungen“). Preis 27.50 Mark (mit Verpackung und Porto).

Sammlung von Apparaten zum experimentellen Studium der Physik.

*13014. II. Teil: **Influenzelektrizität.** Portofrei nach *M*
dem Deutschen Reiche und allen angrenzenden
Ländern, einschließlich europäisches Rußland . . . **27.50**
(Bei dem übrigen Ausland kommen die Mehrkosten des Portos
in Anrechnung.)

13015. — dieselbe in poliertem Fächerkasten 31.—

Inhalt:

- | | |
|--|-------|
| 1. Elektrisierungsmaschine. Dieselbe hat ein gußeisernes Gestell mit Zwingen, um die Maschine an der Tischkante festschrauben zu können. Die beiden Konduktoren (polierte Messingkugeln) stehen auf Säulen aus Hartgummi. Durchmesser der Scheibe 20 cm, Funkenlänge $2\frac{1}{2}$ cm. Bei nebenstehendem Preis ist eine Büchse Amalgam inbegriffen (eine Ersatzscheibe kostet 1 <i>M</i>) | 13.75 |
| 2. Elektroskop. Durch den Verschlußstößel des Umschließungsgefäßes führt eine Hartgummiröhre, welche den Zuleitungsdraht isoliert. Auf letzteren kann sowohl eine runde Zinkscheibe als auch eine Messingkugel geschraubt werden. Beide sind mit konischen Löchern zur Aufnahme eines Endstiftes der Zuleitungsschnüre versehen. Die Elektroskopblättchen sind provisorisch aus Stanniol hergestellt (wegen Schwierigkeiten beim Versand), zwei Paar Aluminiumblättchen werden beigegeben | 3.30 |
| 3. Verteilungsapparat. Derselbe besteht aus einem isolierten walzenförmigen Leiter mit drei Pendeln aus Sonnenrosenmark | 1.90 |
| 4. Leydner Flasche. Die zylinderförmige Flasche ist aus bestem Glase, der innere Beleg ist ein herausnehmbarer Blechmantel, der Knopf wird durch ein Drahtgestell gehalten, welches sich federnd an den inneren Beleg anlegt | 1.65 |
| 5. Entlader. Die Endkugeln haben konische Löcher zur Aufnahme eines Endstiftes der Zuleitungsdrähte. Der Griff ist aus Hartgummi | —,80 |
| 6. Probekugel. Dieselbe ist an einem Hartgummistäbchen befestigt | —,30 |
| 7. Motor für Influenzelektrizität. Derselbe kann durch die Elektrisierungsmaschine oder die geladene Leydner Flasche in Bewegung gesetzt werden | 6.— |
| 8. Elektrisches Flugrad. Hierzu gehört ein Stößel mit Spitze, welcher in den Konduktor paßt | —55 |
| 9. Hartgummiplatte | —,60 |
| 10. Vier Glasplatten mit abgeschliffenen Rändern | —,90 |
| dazu ein Fuß zum senkrechten Aufstellen einer Platte | —,80 |
| 11. Drei Leitungsschnuren. Die Enden laufen in konische Stifte aus | 1,10 |
| 12. Eine Büchse Amalgam | —55 |
| 13. Stanniol, ein Blatt $\frac{1}{2}$ m \times $\frac{1}{3}$ m | —,20 |
| 14. Druckschrift (deutsch, englisch oder französisch) enthält die Beschreibung der Apparate, 120 experimentelle Übungsaufgaben, deren Lösung mit den Apparaten dieser Sammlung ausführbar ist, und die Auflösungen dazu | 1.— |

Die Sammlungen sind stets vorrätig!

Telegrammwort: „Influenz“.

Jeder dieser Apparate kann auch einzeln bezogen werden; Verpackung und Porto werden dann zu Selbstkosten berechnet.

Sammlung von Apparaten zum experimentellen Studium der Physik.

*13016. III. Teil: **Akustik.** Portofrei nach dem Deutschen Reich und allen angrenzenden Ländern, einschließlich europ. Rußland 27.50

(Bei dem übrigen Ausland kommen die Mehrkosten des Portos in Anrechnung.)

13017. — dieselbe in poliertem Fächerkasten 32.—

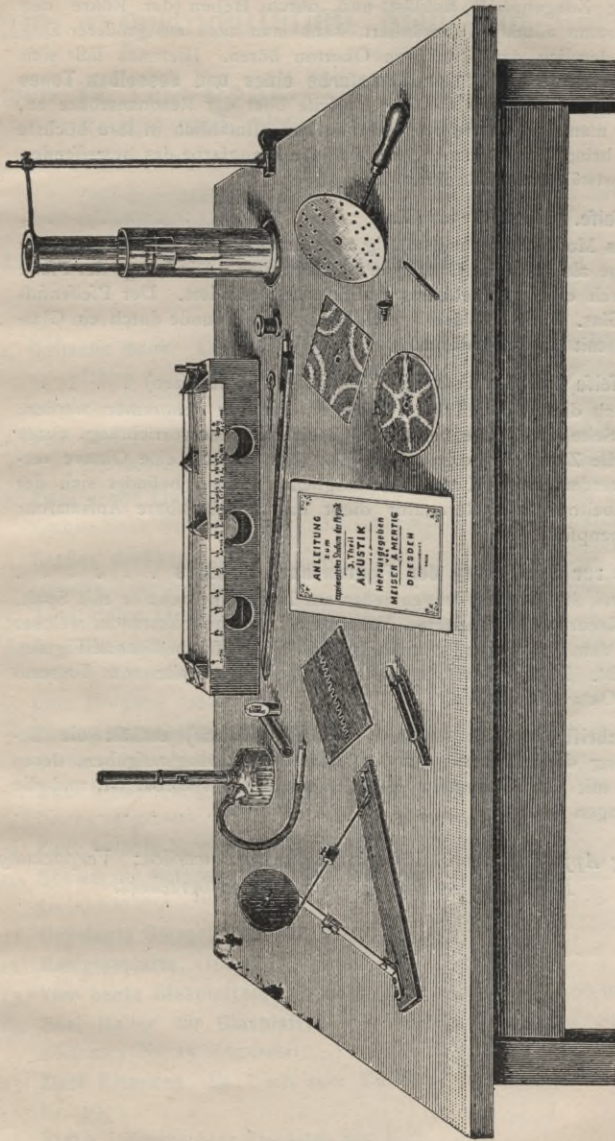
Inhalt:

- 1. **Lochsirene.** Die durchlöchernte Scheibe wird durch Abziehen einer Schnur in Umdrehung versetzt und mit einem Glasröhrchen angeblasen 3.30
- 2. **Stimmgabel** $a_1 = 435$. Dieselbe ist nach einer Normalstimmgabel genau abgestimmt 3.—
- 3. **Vorrichtung zur Darstellung der Schwingungskurve einer Stimmgabel.** Auf einen Schenkel der Stimmgabel dieser Sammlung wird eine Hülse geschoben, welche einen Blechstreifen mit umgebogener Spitze trägt, der andere Schenkel erhält ein passendes Gegengewicht. Faßt man nun die schwingende Stimmgabel am Stiel und fährt mit der Spitze über die beigegebene zu beruhende Glastafel, so entsteht die Schwingungskurve —.80
- 4. **Monochord.** An der Seite des Kastens ist eine Skala angebracht; dieselbe gibt einmal die wichtigsten Teilpunkte der Saite ($\frac{8}{9}$, $\frac{4}{5}$, $\frac{3}{4}$ usw.) an und außerdem die Höhe des Tones für bestimmte Saitenlängen, wenn $\frac{3}{5}$ der Saite auf den Stimmgabelton abgestimmt ist. Durch diese Einrichtung ist es möglich, sämtliche Töne der c-dur-Tonleiter von $c_1 = 261$ bis $c_3 = 1044$ schnell anzugeben. Man kann also mit dem «gestimmten» Monochord beliebige andere Töne, z. B. der Pfeifen dieser Sammlung, sofort auf ihre Lage in der natürlichen Tonleiter bestimmen 6.25
- 5. **Violinbogen** —.80
- 6. **Röllchen Stahlsaite** —.10
- 7. **Apparat zur Darstellung der Chladnischen Klangfiguren.** Hierzu gehört eine runde und eine viereckige Metallplatte, deren Mitte durch eine Klemmschraube auf der mitgelieferten gußeisernen Zwinge festgehalten werden kann 2.50
- 8. **Apparat zu Versuchen über Resonanz.** Mit Zwingen 3.85
— Ohne Zwingen 2.65

Die Zusammenstellung des Apparates zeigt der nebenstehende Holzschnitt. Der senkrechte Eisenstab wird in dieselbe Zwingen eingeschraubt, welche zum Apparat No. 7 gehört. — Eine **beiderseits offene** Glasröhre (die Resonanzröhre) taucht in Wasser, welches in das äußere Standgefäß zu gießen ist. Je nachdem man nun die Resonanzröhre hoch oder tief stellt, wird ein größerer oder kleinerer Resonanzraum gebildet. Entspricht der Resonanzraum z. B. dem Ton $a_1 = 435$,

Telegrammwort: „Akustik“.

Die Sammlungen sind stets vorrätig!



13016. Sammlung von Apparaten zum experimentellen Studium der Physik; mit anleitender Druckschrift.
III Teil: Akustik (120 experimentelle Übungsaufgaben mit Aufösungen). Preis 27.50 Mark (mit Verpackung und Porto).

und hält man die schwingende Stimmgabel der Sammlung kurz über die Resonanzröhre, so beobachtet man außerordentlich kräftiges Anschwellen des Stimmgabeltones. — Der Apparat eignet sich auch sehr gut zum Nachweis der **Obertöne**. Wenn man z. B. über der Resonanzröhre die Zungenpfeife anbläst und durch Heben der Röhre den Resonanzraum allmählich verändert, kann man auch aus größerer Entfernung deutlich den jeweiligen Oberton hören. Hiernach läßt sich ferner die **Veränderung der Klangfarbe eines und desselben Tones** beobachten. Bläst man die Zungenpfeife über der Resonanzröhre an, während man die letztere aus ihrer tiefsten allmählich in ihre höchste Stellung bringt, so hört man, wie sich die Klangfarbe des betreffenden Tones fortwährend verändert.

9. **Lippenpfeife.** Mit Fuß aus Glas 5.25

Das Modell kann vollständig auseinander genommen werden, die Unterlippe als auch die Oberlippe ist beweglich. Die Länge der Pfeife wird durch ein verschiebbares Aufsatzrohr verändert. Der Pfeifenfuß ist aus Glas. Das Anblasen geschieht mit dem Munde durch ein Glasröhrchen mit Gummischlauch.

10. **Zungenpfeife** (auf den Fuß der Lippenpfeife aufzusetzen) 4.25

Auch dieses Modell kann leicht auseinander genommen werden. An der Seite der Zunge befindet sich eine Schiebervorrichtung, durch welche die Zungenlänge, also die Tonhöhe, um ca. eine Oktave verändert werden kann. Unter den möglichen Tönen befindet sich der Stimmgabelton. Als Resonator dient das verschiebbare Aufsatzrohr der Lippenpfeife.

11. **Apparat zur Darstellung der Figuren nach Lissajou** 3.85

Zwei Stahlstreifen tragen jeder am Ende eine Scheibe mit Spalt. Durch Kreuzung der letzteren kommt ein Lichtpunkt zustande, welcher je nach dem Schwingungsverhältnis der Stahlstreifen bestimmte Figuren beschreibt. Durch Gewichte lassen sich alle Intervalle vom Unisono bis zur Oktave herstellen.

12. **Druckschrift** (deutsch, englisch oder französisch) enthält die Beschreibung der Apparate, 120 experimentelle Übungsaufgaben, deren Lösung mit den Apparaten dieser Sammlung ausführbar ist, und die Auflösungen dazu I.—

Jeder dieser Apparate kann auch einzeln bezogen werden; Verpackung und Porto werden dann zu Selbstkosten berechnet.

Sammlung von Apparaten zum experimentellen Studium der Physik.

* 13018. IV. Teil: **Optik.** Portofrei nach dem Deutschen Reich und allen angrenzenden Ländern, einschließlich europäisches Rußland 27.50
(Bei dem übrigen Ausland kommen die Mehrkosten des Portos in Anrechnung.)

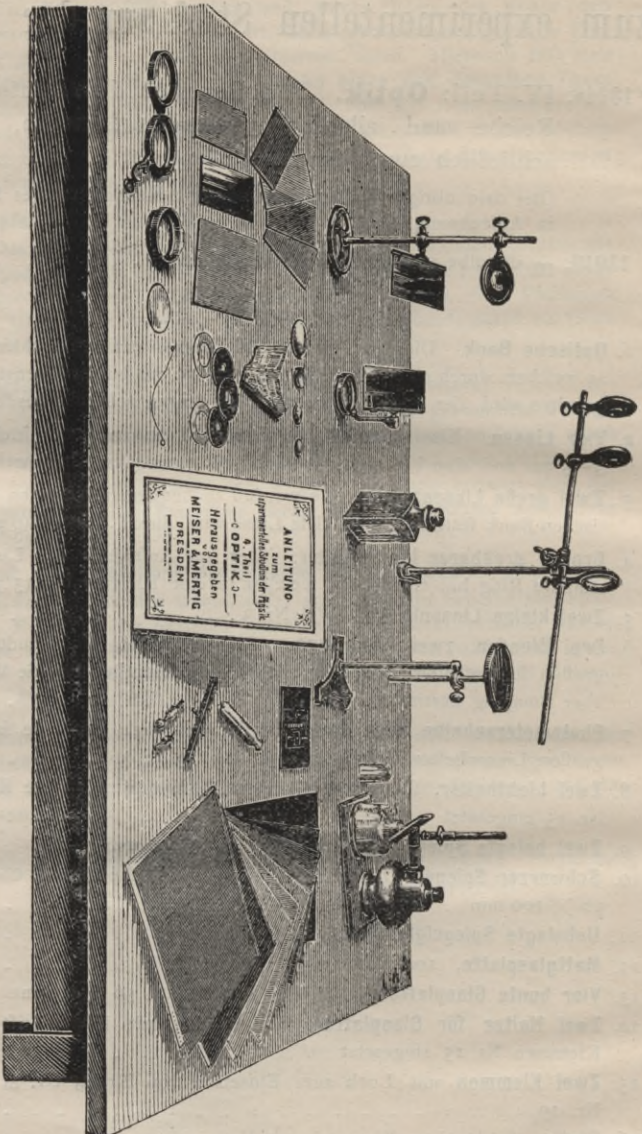
13019. — dieselbe in **poliertem Fächerkasten** 32.—

Inhalt:

1.	Optische Bank. Dieselbe besteht aus Zwinge mit senkrechtem Stab, an welchem durch eine starke Klemme ein 50 cm langer Eisenstab festgehalten wird, der durch Scharnier in alle Lagen gebracht werden kann	3.—
2.	Vier Linsen. Eine große Konkavlinse mit 20 cm, zwei kleine mit 3—5 cm und eine kleine Konkavlinse mit etwa 5 cm Brennweite . . .	2.65
3.	Zwei große Linsenhalter. Sie werden in bequemer Weise an der optischen Bank festgeschraubt. Die Linse wird durch Sprengring gehalten	1.55
4.	Großer drehbarer Linsenhalter. Der zur Aufnahme der Linse bestimmte Ring hat einen Stift, welcher in eine Klemme Nr. 15 paßt . . .	—80
5.	Zwei kleine Linsenhalter. Wie Nr. 3	1.45
6.	Drei Blenden, zwei Flachringe. Sie passen in die Rundung der großen Linsenhalter. Die Flachringe sind namentlich für die Versuche über Beugung bestimmt	—30
7.	Photometerscheibe nach Bunsen. Bei Gebrauch wird sie in einem großen Linsenhalter befestigt	—25
8.	Zwei Lichthalter, für 1 und 4 Lichter. Sie werden in die Klemmen Nr. 15 eingesetzt	—65
9.	Zwei belegte Spiegel (Silberbeleg). 50 × 100 mm	—50
10.	Schwarzer Spiegel. Die Rückseite ist mit Schwarzlack überzogen, 50 × 100 mm	—25
11.	Unbelegte Spiegelglasplatte, 50 × 100 mm	—10
12.	Mattglasplatte, 100 × 100 mm	—20
13.	Vier bunte Glasplatten, rot, gelb, grün, blau, 50 × 100 mm	—75
14.	Zwei Halter für Glasplatten. Sie werden mit ihrem Stift in die Klemmen Nr. 15 eingesetzt	1.—
15.	Zwei Klemmen mit Loch zum Einsetzen von Nr. 4, Nr. 8, Nr. 14, Nr. 19	—70
16.	Stativ. Senkrechter Eisenstab mit Fuß	—55
17.	Acht Blätter buntes Papier, rot, orange, gelb, grün, hellblau, dunkelblau, violett, schwarz, und ein Blatt Stanniol	—40

Die Sammlungen sind stets vorrätig!

Telegrammwort: "Optik".



13018. Sammlung von Apparaten zum experimentellen Studium der Physik; mit anleitender Druckschrift.
IV. Teil: Optik (120 experimentelle Übungsaufgaben mit Auflösungen). Preis 27,50 Mark (mit Verpackung und Porto).

18. **Spiritus-Bunsenbrenner für Spektralversuche.** Vergl. Abbildung. Ein **Docht** führt den Alkohol aus dem großen Gefäß in die horizontale Röhre, Diese wird durch die Flamme der darunter stehenden Spirituslampe erwärmt, so daß der Alkohol im Dochtende vergast und durch eine senkrechte kurze Röhre ausströmt. Wenn die Flamme der Spirituslampe etwa 3 Minuten gewärmt hat, entzündet man das Gas oberhalb des hohen Aufsatzrohres. — Die Flamme des Spiritusbunsenbrenners schmilzt Kupferdraht bis 1 mm Stärke und eignet sich vorzüglich zur Darstellung der Metallspektren 6.—
19. **Pla'ndraht mit Klemme.** Der Stift der Klemme paßt in Nr. 15. Das Ganze wird am Stativ Nr. 16 befestigt 1.20
20. **Spaltvorrichtung.** Auf einer Metallplatte ist eine Schneide fest, die andere beweglich angebracht 1.55
21. **Schwefelkohlenstoff-Prisma.** Schwarzer Glaskörper mit Spiegelplatten-Verschluß, wirksame Öffnung 42×24 mm. Es wird ungefüllt geliefert 4.50
22. **Verstellbares Stativ** zum Aufsetzen des Prismas 1.10
23. **Flaches Gläschen** für Absorptionsversuche —.15
24. **Einsatz mit Ständer für den oberen Spiegel eines Polarisationsapparates** (nach Nö rremberg) —.80
25. **Tischeinsatz zum Polarisationsapparat** —.45
26. **Runde Spiegelglasplatte** zum Einsetzen in Nr. 25 —.15
27. **Krystallisierter Gyps** vom Montmartre bei Paris —.30
28. **Druckschrift** (deutsch, englisch oder französisch) enthält die Beschreibung der Apparate, 120 experimentelle Übungsaufgaben, deren Lösung mit den Apparaten dieser Sammlung ausführbar ist, und die Auflösungen dazu 1.—

Jeder dieser Apparate kann auch einzeln bezogen werden; Verpackung und Porto werden dann zu Selbstkosten berechnet.

M

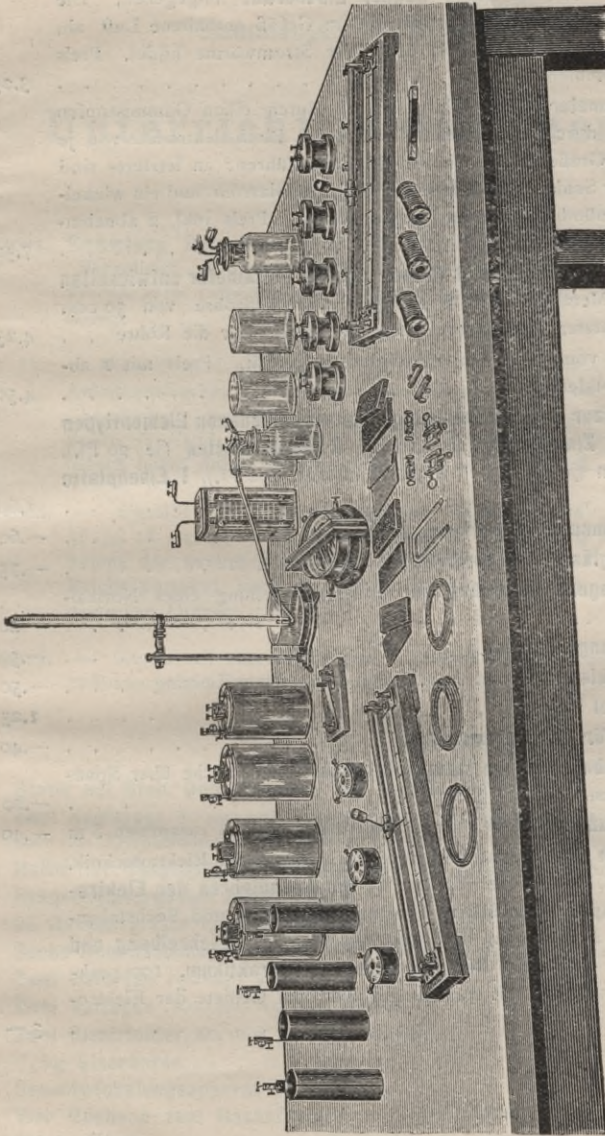
- * 13022 **Sammlung von Apparaten zum Studium der Elektrotechnik**, mit illustriertem Anleitungsbuch und 100 experimentellen Übungsaufgaben. Preis im Deutschen Reiche inkl. Verpackung und Fracht, nach außerdeutschen Ländern franko bis zur deutschen Grenze 90.—
- 13040. — dieselbe **mit verschließbarem Wandschrank aus Eichenholz** (Größe 58×28 cm, 74 cm hoch) zum übersichtlichen Aufstellen sämtlicher Apparate 122.—
- 13041. — desgl. **mit verschließbarem Wandschrank aus Kiefernholz**, nußbaumartig gebeizt und mattiert 114.—

Inhalt:

1. **Vier Elemente** von 13,5 cm Höhe zur Zusammenstellung von 4 Bunsen- oder Daniell-Elementen. Jedes Element besteht aus **Batterieglas** (30 Pf.), **Zinkzylinder** (1.55 M), **Tonzelle** (40 Pf.), **Kohlenprisma** (30 Pf.), **Kupferzylinder** (60 Pf.), **2 Klemmschrauben** für Zink- und Kupferzylinder (jede 40 Pf.), **Kohlenklemme** (60 Pf.). Sämtliche Klemmen sind abnehmbar und mit 2 Drahtlöchern versehen (vergl. Abbildung) 14.—
2. **Galvanometer**. In einem schweren Metallfusse ist eine Dose von 100 mm Durchmesser gelagert und von einer rechteckigen Spule umgeben. In der Dose spielt auf feingeschliffener Spitze eine mit Achathütchen und 75 mm langem Zeiger versehene Magnetnadel über einer Gradteilung von ca. 80 mm Durchmesser, unter der zur Vermeidung schiefen Ablesens eine Spiegelplatte liegt. Die Spitze wird beim Transport und sonstigen Bewegungen des Apparates durch eine Abhebevorrichtung für die Nadel (Arretierung) vor Beschädigung durch Stoß geschützt. Die Spule besitzt doppelte Wickelung; die mit gelben Klemmen hat verschwindend kleinen Widerstand, der Widerstand der anderen beträgt genau 100 Ohm. — In den Aufgaben des beigegebenen Buches wird genau angegeben, wie das Galvanometer als **Voltmeter** und **Amperemeter** zu eichen ist 16.50
3. **Meßbrücke** mit 32 cm langem Meßdraht, der auf einer in halbe Hundertstel geteilten Skala ausgespannt ist. Der verschiebbare Kontakt ist zur Schonung des Meßdrahtes zurücklegbar und wird beim Gebrauch durch Gewicht aufgedrückt 15.—
4. **Drei Vergleichswiderstände** in Holzdosen mit Klemmschrauben und Metallschild: 1, 10, 100 Ohm 7.50
5. **Drei Rollen mit Seide besponnene Konstantandrähte** verschiedener Stärke zur Selbsterstellung von Meßwiderständen —.90
6. **Fünf leere Spulen mit Klemmschrauben** zum Aufwickeln abgemessener Widerstandsdrähte von No. 5 4.—
7. **Ausgleichswiderstand** (in der Abbildung links, der Meßbrücke ähnlich). Ein Konstantendraht von nahezu 1 Ohm Widerstand ist auf einer Skala ausgespannt. Durch einen verschiebbaren Kontakt (genau wie bei der Meßbrücke) können von diesem Draht beliebig lange Stücke in Stromleitungen eingeschaltet werden. Ein Hundertstel der Skala (sie ist in halbe Hundertstel geteilt) entspricht $\frac{1}{100}$ Ohm 9.—

Telegrammwort: „Elektrotechnik“.

Jeder Apparat ist einzeln käuflich!



13022. Sammlung von Apparaten zum Studium der Elektrotechnik
mit illustriertem Anleitungsbuch und 100 experimentellen Übungsaufgaben.
Preis 90.— Mark (mit Verpackung und Porto).

Stets vorrätig!

Telegrammwort: „Elektrotechnik“.

- | | | |
|-----|--|------|
| 8. | Kalorimeter zur Messung der Stromwärme. Durch den ein Glasgefäß verschließenden Gummistopfen sind ein Glasröhrchen und drei starke Drähte mit Anschlußklemmen (im Innern) geführt, an welche die Widerstände anzuschließen sind, deren Stromwärme gemessen werden soll. Hierzu wird eine Partie dünner Eisendraht mitgegeben. Die Widerstände geben ihre Wärme an die im Gefäß enthaltene Luft ab, deren Spannkraftszunahme ein Maß der Stromwärme bildet. Preis inkl 3 Polklemmen | 3.25 |
| 9. | Knallgasvoltameter. Ein Glasgefäß ist durch einen Gummistopfen verschlossen, durch den starke Drähte mit Platinelektroden von je 30×18 mm Größe sowie ein Glasröhrchen führen; an letzteres sind mittels zweier Schlauchstückchen ein längeres Glasrohr und ein winkelförmiges Ausmündungsröhrchen angeschlossen. Preis inkl. 2 abnehmbaren Polklemmen | 7.50 |
| 10. | Apparat zum Auffangen und Messen des im Voltameter entwickelten Knallgases. Metallfuß mit Wassergefäß, Gasmeßröhre von 50 ccm Inhalt mit geätzter Teilung in 1/8 ccm und Halter für die Röhre . . . | 4.25 |
| 11. | Akkumulator von 3—4 Amperestunden Kapazität. Preis mit 2 abnehmbaren Polklemmen | 4.50 |
| 12. | Acht Platten zur Zusammenstellung der verschiedenen Elementtypen und zwar: 2 Zinkplatt n (je 20 Pf.), 2 Kupferplatten (je 20 Pf.), 2 Kohleplatten (je 25 Pf.), 1 Braunsteinplatte (30 Pf.), 1 Eisenplatte (10 Pf.) | 1.60 |
| 13. | Zwei Polklemmen für die Platten in No. 12 | —60 |
| 14. | Drei Batteriegläser von 10 cm Höhe | —75 |
| 15. | U-förmig gebogene Glasröhre zur Zusammenstellung eines Normalelementes | —20 |
| 16. | Zwei Verbindungsklemmen | —50 |
| 17. | Zwei Abzweigklemmen zum Anschluß inmitten einer Leitung . . . | —50 |
| 18. | Stromschlüssel (Taster) | 1.25 |
| 19. | Richtmagnet für das Galvanometer | —40 |
| 20. | Drei Meter unbespinnener Konstantendraht für Versuche über Spannungsdifferenzen | —20 |
| 21. | Isolierter Leitungsdraht in zwei verschiedenen Stärken, zusammen 8 m | —40 |
| 22. | Anleitungsbuch für die grundlegenden Versuche in der Elektrotechnik. Das Buch besteht aus drei Teilen: 1. Die Grundlehren der Elektrotechnik , 40 Kapitel, 124 Seiten Text mit 72 Zahlen- und Buchstabenaufgaben mit Auflösungen und 100 Figuren. 2. Beschreibung und Gebrauch der Apparate der Sammlung. 3. Praktikum , 100 praktische Übungsaufgaben mit Auflösungen aus dem Gebiete der Elektrotechnik | 3.— |

Meiser & Mertigs

Sammlungen von Apparaten

für den

Unterricht in der Chemie

sowie zum Selbstunterricht.

M

13023. **Sammlung Berzelius** (größte Ausführung). Telegrammwort: „Berzelius“. Preis im Deutschen Reiche inkl. Verpackung und Fracht, nach außerdeutschen Ländern franko bis zur deutschen Grenze 60.—

Diese Sammlung enthält alles, was zu den Versuchen des Anleitungsbuches nötig ist; weggelassen sind nur einige Chemikalien, die sich ihrer Natur nach nicht zum gewöhnlichen Versand eignen, wie Säuren, Flüssigkeiten usw., die jedoch leicht durch Drogengeschäfte zu beziehen sind.

13028. — dieselbe mit **verschießbarem Wandschrank** (Größe 58 × 28 cm, 74 cm hoch) und **innerer Einrichtung zur Aufnahme der ganzen Sammlung, aus Eichenholz**, im Deutschen Reiche portofrei, nach außerdeutschen Ländern franko bis zur deutschen Grenze 92.—

13029. — desgl. mit **verschießbarem Wandschrank aus Kiefernholz**, nußbaumartig gebeizt und mattiert 84.—

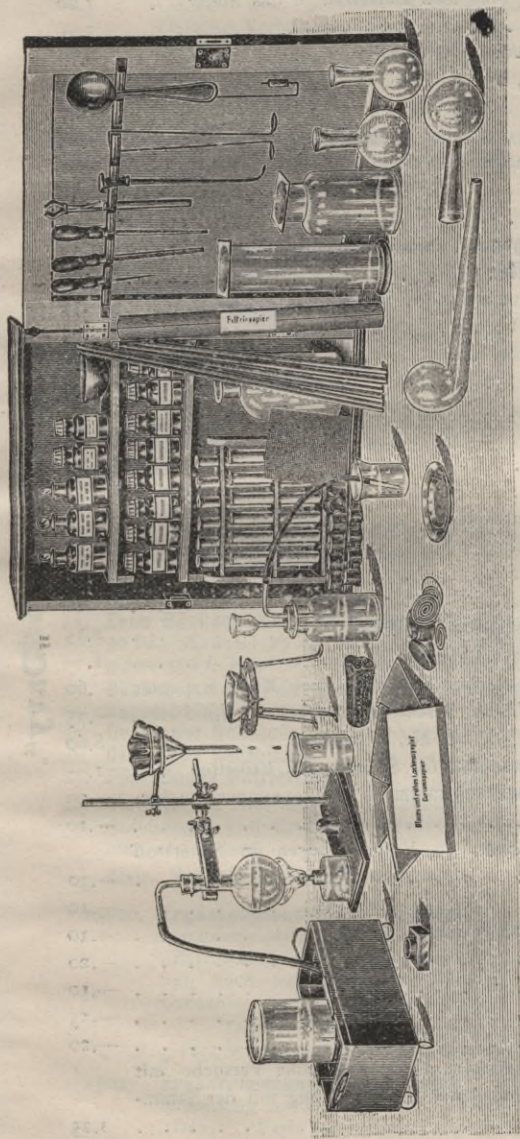
Stets vorrätig!

Inhalt:

- | | |
|--|------|
| 1. Stativ mit Stab, Doppelklemme und Retortenhalter | 4.— |
| 2. Zwei Kochringe 80 mm und 65 mm l. Weite mit Klemmen; sie dienen auch als Trichterhalter beim Filtrieren | 1.50 |
| 3. Halter für Reagenzgläser, mit Stab zum Einsetzen in das Stativ | 1.20 |
| 4. Reagenzgläsergestell für 12 Gläser | 1.— |
| 5. 25 Reagenzgläser verschiedener Größen | 1.70 |
| 6. Sechs Kochflaschen, 1 zu 100, 1 zu 150, 3 zu 250, 1 zu 500 g | 1.75 |
| 7. Zwei Retorten 150 und 250 g | —65 |
| 8. Zwei Vorlagen (Kolben) 150 und 250 g | —55 |
| 9. Zwei Glastrichter 80 und 120 mm Durchm. | —90 |
| 10. 1/4 kg Glasröhren | —75 |
| 11. Gasentwicklungsapparat | 1.50 |
| 12. Vier Büchsen zum Gasauffangen mit abgeschliffenen Rändern, je 750 gr Inhalt | 2.40 |
| 13. Vier abgeschliffene Deckplatten | —60 |
| 14. Standzylinder mit abgeschliffenem Rande, 23,5 cm hoch, 6,5 cm Durchm. | —75 |
| 15. Flasche ohne Boden, 20 cm hoch | —65 |
| 16. Drei Abdampfschalen, 85, 100 und 120 mm Durchm. | 2.35 |

Telegrammwort: „Berzelius“.

17.	Reibschale von Porzellan, 85 mm Durchm.	—80	
18.	Vier Bechergläser, 100, 150, 300, 500 g	1.75	
19.	Meßzylinder (Mensur) 100 g	1.25	
20.	Lötrohr mit Mundstück	—60	
21.	Korkfeile	—50	
22.	Dreikantfeile	—50	
23.	Ahle	—25	
24.	Satz von 3 Korkbohrern aus Messing mit Griffen	1.80	
25.	Drei Sandbadschalen, 90, 120 und 160 mm aus getriebenem Eisenblech	1.60	
26.	Dreifuß	—75	
27.	Drahtnetz	—20	
28.	Drahtdreieck	—10	
29.	Pneumatische Wanne mit verstellbarer Brücke	2.75	
30.	1½ m Gummischlauch, schwarzer Patentschlauch	3.—	
31.	Karton Reagenspapier: blaues und rotes Lackmuspapier, Kurkumapapier	—60	
32.	Spirituslampe von Glas mit Tülle, Docht und Deckel	—75	
33.	24 Büchsen mit Chemikalien: Chlorsaures Kali 50 Pf., Braunstein 30 Pf., Schwefel 25 Pf., Zink 20 Pf., salpetersaures Kali 30 Pf., Bleiglätte 35 Pf., Kupfer 35 Pf., Salmiak 30 Pf., Marmor 25 Pf., Antimon 40 Pf., Flußspat 30 Pf., Schwefeleisen 30 Pf., Kupfervitriol 30 Pf., Wismuth 75 Pf., Pottasche 40 Pf., kohlen-saures Natron 30 Pf., Borax 30 Pf., Chlorbarium 50 Pf., Chlorstrontium 50 Pf., kohlen-saure Magnesia 30 Pf., doppel-tchromsaures Kali 40 Pf., unterschwefligsaures Natron 30 Pf., Zinn 45 Pf., Blei 30 Pf.	8.60	
34.	Drei leere Flaschen mit Glasstopfen für Säuren mit Etiketten	1.—	
35.	Glasbüchsen als Teerfänger bei der Leuchtgasbereitung	—10	
36.	Weite Glasröhre zur Reduktion von Kupferoxyd usw.	—35	
37.	Luftballon aus Kollodium	1.—	
38.	Drei Rührstäbe	—20	
39.	Pinzette aus Stahl	—30	
40.	Drei hessische Tontiegel	—30	
41.	Porzellanschmelztiegel mit Deckel	—50	
42.	Stück Magnesiumband	—25	
43.	- Platindraht, 12 cm lang	} für Glühversuche {	1.20
44.	- Platinblech, 9 □ cm groß		2.70
45.	Büchse mit Uhrfedern und Feuerschwamm zu Verbrennungsversuchen	—20	
46.	Schmelzlöffel	—10	
47.	Zwei Drähte mit Eisenschälchen zu Verbrennungen in Sauerstoff und Chlor	—30	
48.	Draht mit Kerzchen	—10	
49.	Stück Holzkohle für Lötrohrversuche	—10	
50.	20 verschiedene Korkstopfen	—40	
51.	Kleines Tellerchen	—10	
52.	Schwimmer	—15	
53.	Zinkstäbchen für den Bleibaum	—10	
54.	Fünf Bogen Filtrierpapier	—20	
55.	Illustriertes Anleitungsbuch, enthaltend 200 chemische Versuche mit Anleitung und Erklärungen (wird nur in Verbindung mit der Sammlung abgegeben)	1.25	
	Kiste, Verpackung und Frachtpesen	4.50	



13031.

13024. **Sammlung Davy** (mittelgroße Ausführung). Telegrammwort „Davy“. (Inhalt nächste Seite.) 16

In Wirklichkeit werden nicht 10, wie im Bilde dargestellt, sondern **24 Büchsen mit Chemikalien** beigegeben, der Schrank ist jedoch nicht im Preise inbegriffen!

Preis im Deutschen Reiche inkl. Verpackung und Fracht, nach außerdeutschen Ländern franko bis zur deutschen Grenze 38.—

Bei dieser Sammlung sind die Glasgeräte weniger reichhaltig, aber immer noch ausreichend. Von Chemikalien sind dieselben wie in Sammlung Berzelius beigelegt.

13030. — dieselbe mit **verschießbarem Wandschrank aus Eichenholz** (Größe 47 × 28 cm, 59 cm hoch) mit **innerer Einrichtung zur Aufnahme der ganzen Sammlung**, im Deutschen Reiche portofrei, nach außerdeutschen Ländern franko bis zur deutschen Grenze 61.50

* 13031. — desgl. mit **verschießbarem Wandschrank aus Kiefernholz**, aufbaumartig gebeizt und mattiert 56.50

Inhalt:

M

1.	Stativ mit Stab, Doppelklemme und Retortenhalter	4.—
2.	Kochring mit Klemme, 65 mm Durchm., dient auch als Trichterhalter beim Filtrieren	—,70
3.	Halter für Reagensgläser mit Stab zum Einsetzen in das Stativ . . .	1,20
4.	Gestell für 12 Reagensgläser	1.—
5.	Zwölf Reagensgläser verschiedener Größen	—,70
6.	Drei Kochflaschen, 100, 150, 250 g	—,75
7.	Retorte, 150 g	—,30
8.	Vorlage, 150 g	—,25
9.	Glastrichter, 90 mm Durchmesser	—,40
10.	0,1 kg Glasröhren	—,35
11.	Gasentwicklungsapparat	1,50
12.	Zwei Büchsen zum Gasauffangen mit abgeschliffenen Rändern, je 750 g	1,20
13.	Zwei abgeschliffene Deckplatten	—,30
14.	Standzylinder mit abgeschliffenem Rande, 23 cm hoch, 6,5 cm Durchm.	—,75
15.	Flasche ohne Boden, 20 cm hoch	—,65
16.	Abdampfschale, 85 mm Durchmesser	—,50
17.	Zwei Bechergläser, 100 und 150 g	—,60
18.	Lötrohr mit Mundstück	—,60
19.	Korkfeile	—,50
20.	Ahle	—,25
21.	Dreikantfeile	—,50
22.	Sandbadschale, 120 mm Durchmesser	—,50
23.	Dreifuß	—,75
24.	Drahtnetz	—,20
25.	Drahtdreieck	—,10
26.	Pneumatische Wanne mit verstellbarer Brücke	2,75
27.	1/2 m Gummischlauch, schwarzer Patentschlauch	1.—
28.	Karton Reagenspapier: blaues u. rotes Lackmuspapier, Kurkumapapier	—,60
29.	Spirituslampe von Glas, mit Tülle, Docht und Deckel	—,75
30.	24 Büchsen mit Chemikalien, wie bei Nr. 13023, 33	8,60
31.	Drei leere Flaschen mit Glasstopfen für Säuren, mit Etiketten . . .	1.—
32.	Büchse mit Uhrfedern und Feuerschwamm zu Verbrennungsversuchen	—,20
33.	Schmelzlöffel	—,10
34.	Zwei Drähte mit Eisenschälchen zu Verbrennungen in Sauerstoff und Chlor	—,30
35.	Draht mit Kerzchen	—,10
36.	Ein Stück Holzkohle für Lötrohrversuche	—,10
37.	Zehn verschiedene Korke	—,20
38.	Kleines Tellerchen	—,10
39.	Schwimmer	—,15
40.	Fünf Bogen Filtrierpapier	—,20
41.	Illustriertes Anleitungsbuch, enthaltend 200 chemische Versuche mit Anleitungen und Erklärungen (wird nur in Verbindung mit der Samm- lung abgegeben)	1,25
	Kiste, Verpackung und Frachtspesen	3,50

Stets vorrätig!

Telegrammwort: „Davy“.

13025. **Sammlung Lavoisier** (kleine Ausführung). Telegrammwort „Lavoisier“. Preis im Deutschen Reiche inkl. Verpackung und Fracht, nach außerdeutschen Ländern franko bis zur deutschen Grenze 20.—

Diese kleinste Sammlung enthält von Chemikalien, Geräten usw. nur das Nötigste, ist aber für Anfänger und einfache Verhältnisse noch ausreichend und kann eventl. später durch Nachbezug einer Ergänzungssammlung vergrößert werden.

Inhalt:

1.	Stativ mit Stab, Doppelklemme und Retortenhalter	4.—
2.	Sechs Reagensgläser verschiedener Größen	—30
3.	Zwei Kochflaschen , 100 und 150 g	—45
4.	Retorte , 150 g	—30
5.	Vorlage , 150 g	—25
6.	Glasrichter , 80 mm Durchmesser	—40
7.	Büchse zum Gasauffangen mit abgeschliffenem Rande, 750 g Inhalt	—60
8.	Deckplatte	—15
9.	0,1 kg Glasröhren	—35
10.	Abdampfschale , 85 mm Durchmesser	—50
11.	Becherglas , 100 g	—25
12.	Lötrohr mit Mundstück	—60
13.	Korkfeile	—50
14.	Dreikantfeile	—50
15.	Sandbadschale , 120 mm Durchmesser	—50
16.	Dreifuß	—75
17.	Drahtnetz	—20
18.	Drahdreieck	—10
19.	1/2 m Gummischlauch , schwarzer Patentschlauch	1.—
20.	Karton Reagenspapier : blaues und rotes Lackmuspapier, Kurkumapapier	—60
21.	Spirituslampe von Glas, mit Tülle, Docht und Deckel	—75
22.	Zehn Büchsen mit Chemikalien : Chlorsaures Kali 50 Pf., Braunstein 30 Pf., Schwefel 25 Pf., Zink 20 Pf., salpetersaures Kali 30 Pf., Bleiglätte 35 Pf., Kupfer 35 Pf., Schwefeleisen 30 Pf., Zinn 45 Pf., Blei 30 Pf.	3.30
23.	Büchse mit Uhrfedern und Feuerschwamm zu Verbrennungsversuchen	—20
24.	Schmelzöffel	—10
25.	Draht mit Schälchen zu Verbrennungen in Sauerstoff und Chlor	—15
26.	Draht mit Kerzchen	—10
27.	Fünf Bogen Filtrierpapier	—20
28.	Illustriertes Anleitungsbuch , enthaltend 200 chemische Versuche mit Anleitungen und Erklärungen (wird nur in Verbindung mit der Sammlung abgegeben)	1.25
	Kiste, Verpackung und Frachtpesen	2.50

13026. **Ergänzungssammlung „Scheele“**. Durch Vereinigung dieser Sammlung mit der Sammlung „Davy“ entsteht die Sammlung „Berzelius“. Preis mit Verpackung im Deutschen Reiche portofrei, nach außerdeutschen Ländern franko bis zur deutschen Grenze 23.50

Inhalt: Alle die Gegenstände, welche zu „Davy“ hinzugefügt werden müssen, um „Berzelius“ zu ergeben.

13027. **Ergänzungssammlung „Liebig“**. Durch Vereinigung dieser Sammlung mit der Sammlung „Lavoisier“ entsteht die Sammlung „Davy“. Preis mit Verpackung im Deutschen Reiche portofrei, nach außerdeutschen Ländern franko bis zur deutschen Grenze 19.50

Inhalt: Alle die Gegenstände, welche zu „Lavoisier“ hinzugefügt werden müssen, um „Davy“ zu ergeben.

Stets vorrätig!

Telegrammwort: „Lavoisier“.

Einige zum großen Teil unverlangt eingegangene Empfehlungen.

Neues Palais b. Wildpark-Potsdam, 4. Mai 1908.

Mit den mir Anfang Januar d. J. übersandten physikalischen Apparaten zum Unterricht **I. K. H. der Prinzessin Victoria Luise von Preußen** bin ich sehr zufrieden gewesen. Ich habe die Apparate ein ganzes Vierteljahr hindurch benützt und dabei Gelegenheit gehabt, ihre Gediegenheit und nie versagende Brauchbarkeit kennen und schätzen zu lernen.

Professor Dr. Porger.

Bezirksschulrat Tulln.

Tulln (Niederösterreich), am 19. Oktober 1900.

Über Ihr Ansuchen wird Ihnen bestätigt, daß der Bezirksschulrat mit den von Ihnen gelieferten Lehrmitteln ganz zufrieden war.

Der k. k. Bezirkshauptmann
als Vorsitzender:
Stein.

Allendorf bei Salzingen, 6. Februar 1899.

Zu Anfang des Jahres bezog ich für die hiesige Schule von Ihnen die 55 Apparate des „**Physikalischen Kabinetts**“ nebst einer Auswahl von Apparaten des Kastens „**Franklin**“.

Nachdem ein gut Teil der Versuche ausprobiert worden ist, nehme ich mit Vergnügen Veranlassung, Ihnen meine vollste Zufriedenheit auszudrücken.

Die Apparate sind ohne Ausnahme preiswert, peinlich sauber und genau gearbeitet und funktionieren bei einfacher Handhabung ausgezeichnet. Doch dies sind Eigenschaften, die mehr oder weniger auch den Apparaten anderer Firmen eigen sind. Neu aber ist an den Apparaten des Physikalischen Kabinetts die erstaunliche Kombinationsfähigkeit, welche es ermöglicht, an der Hand der beigegebenen Druckschrift: „40 Dispositionen usw.“ mit der geringen Zahl von Einzelapparaten eine für Volksschulen vollständig ausreichende Menge interessanter zweckmäßiger und belehrender Versuche aus allen Gebieten der Physik anzustellen.

Schwarz, Lehrer.

Annaberg, den 10. Mai 1903.

Die von Ihnen für unsere Bürgerschule gelieferten physikalischen Apparate haben alleseitigen Beifall gefunden. Einerseits die sorgfältige und solide und dabei doch elegante Ausführung, andererseits besonders die für Unterrichtszwecke praktische Konstruktion, sowie das tadellose Funktionieren machen dieselben zu einem ausgezeichneten Lehrmittel. Die Preise habe ich als recht mäßige gefunden.

M. Benade, Bürgersehullehrer.
Beglaubigt: Dr. K. Piersig, Direktor.

Aschaffenburg, 21. Juni 1897.

Hiermit sende ich die Summe für die mir gesendeten **Röntgen-Apparate**. Zugleich drücke ich Ihnen meine volle Zufriedenheit für die gelieferten Apparate aus. Dieselben funktionieren ausgezeichnet.

Fritz Dessauer.

Altenburg, S.-A., 13. April 1895.

Nachdem ich jetzt ein Jahr lang bei dem wöchentlich einstündigen physikalischen Unterrichte am hiesigen freiadligen Magdalenenstifte die Apparate Ihres „**Physikalischen Kabinetts**“ benutzt habe, teile ich Ihnen gern mit, daß ich mit Hilfe der sorgfältig gearbeiteten Apparate alle die im beigegebenen praktischen Handbuche angegebenen Versuche gut ausführen konnte, so daß ich das „**Physikalische Kabinetts**“ als durchaus gut und preiswert empfehlen kann.

Richard Köhler,
Oberlehrer am Herzogl. Ernst-Realgymnasium.

Baumgarten b. Frankenstein (Schlesien), 13. August 1897.

Physikalisches Kabinett gestern ohne Schaden erhalten und hat dasselbe wegen seiner eleganten und noblen Ausführung allgemeinen Beifall gefunden.

Pohl, Hauptlehrer.

Bodenbach, den 19. Dezember 1901.

Die bestellten Lehrmittel habe ich heute erhalten und bin mit der Lieferung sehr zufrieden.

Dittrich, Direktor der Knaben-Volks- u. Bürgerschule.

Borbeck, den 28. September 1895.

Der Unterzeichnete kann die Firma Meiser & Mertig—Dresden in jeder Hinsicht allen Schulanstalten bestens empfehlen, da dieselbe seiner Ansicht nach bis jetzt von anderen Firmen ähnlicher Art in bezug auf Preiswürdigkeit, Handlichkeit und beste Funktionierung der gelieferten Instrumente in keiner Weise übertroffen werden kann.

H. Zillekens, Lehrer a. d. Rektoratsschule.

Borna b. Chemnitz, 13. Oktober 1894.

Die hiesige Schule hat von den physikalisch-technischen Werkstätten Meiser & Mertig in Dresden ein „**Physikalisches Kabinett**“ bezogen. — Im hiesigen Lehrerkollegium herrscht über das vorzügliche Funktionieren der Apparate, deren Dauerhaftigkeit und dabei elegante und praktische Konstruktion nur eine Stimme. Mit denselben zu unterrichten ist Lust und Freude.

Die Sammlung der Apparate kann daher bestens empfohlen werden.

F. Pönitz, erster und dirigierender Lehrer.

Bourg-Bruche b. Saales (Elsaß), den 7. Dezember 1894.

Als ich das „**Physikalische Kabinett**“ für den grundlegenden Unterricht in der Physik“ zur Ansicht erhielt, fand ich mich höchst überrascht und alle meine Erwartungen übertroffen. Die einzelnen Apparate sind sehr solid, sauber und genau gearbeitet und ermöglichen eine höchst reichhaltige Zusammenstellung. Ich habe dieselben auch auf ihre Brauchbarkeit hin untersucht und beehre mich, Ihnen mitzuteilen, daß alle zu meiner vollkommenen Zufriedenheit funktionieren. Auf meinen Antrag wurde deshalb das Kabinett für die hiesige Volksschule angeschafft. Da sich dasselbe bei auf heutigen Tag beim Unterrichte sehr gut bewährt hat, möchte ich es allen Kollegen zur Anschaffung empfehlen, was bei dem sehr niedrigen Preise von nur 55 Mark ja leicht möglich ist.

E. Fischer, Lehrer.

Buchdorf (Bayern), 5. Mai 1897.

Ich bin mit den Apparaten (**Physikalisches Kabinett**) sehr zufrieden. Alle Experimente sind gelungen. Die Sammlung ist preiswürdig. Der Kassierer wurde zur Zahlung angewiesen.

Mahler, Lehrer.

Burg i. D., den 6. April 1902.

Wir haben die Apparate gestern Nachmittag eingehend geprüft, und möchte ich diese Gelegenheit zugleich benutzen, um Ihnen meine vollste Anerkennung auszusprechen. Die Apparate funktionieren in jeder Weise tadellos und machen Ihrer Firma in jeder Hinsicht Ehre. Es wird mir ein Vergnügen sein, Ihre Apparate bei Gelegenheit zu empfehlen und dürfen Sie versichert sein, daß ich auch bei fernem Bedarf mich an Sie wenden werde.

Jerst, Hauptlehrer.

Danzig, 18. März 1897.

Die Apparate (**Physikalisches Kabinett**) haben meinen völligen Beifall. Sie funktionieren sehr gut und sind (was in pädagogischer Hinsicht sehr wertvoll ist) von genialer Einfachheit, so daß das Augenmerk des Schülers von vornherein nur auf das Wesentliche gerichtet ist. Mir selbst macht es Vergnügen, mit den Apparaten zu experimentieren.

Dr. A. Rosenstein.

Davos (Schweiz), den 15. August 1893.

Ihre Sendung vom 23. v. Mts. ist hier kürzlich richtig eingetroffen. Ich bin mit der „**Tauch - Batterie**“ sehr zufrieden. Sie ist bis ins kleinste solid gearbeitet, insbesondere gefällt mir die Hebevorrichtung sehr gut.

A. v. Rzewski.

Diedenhofen, den 26. Oktober 1902.

..... ich freue mich, Ihnen mitteilen zu können, daß der dem Gymnasium gelieferte **große Funkeninduktor** (12 cm Funkenlänge) in vielen Versuchen sich immer ganz vorzüglich bewährt hat.

H. Teike, Oberlehrer am Gymnasium.

Diedenhofen, den 13. Mai 1903.

Auf Ihren Wunsch bestätige ich gern, daß die in den letzten Jahren für das hiesige Gymnasium gelieferten Apparate den Anforderungen durchaus genügen. Sie zeichnen sich bei mäßigem Preis durch saubere und genaue Ausführung aus und funktionieren, dieser Ausführung entsprechend, tadellos.

H. Teike, Oberlehrer am Gymnasium.

Dresden, den 23. August 1896.

Die von den Herren Meiser & Mertig für das physikalische Kabinett der Annenschule (Real-Gymnasium) zu Dresden gelieferten Apparate, darunter ein „**Ampèresches Gestell**“ nach Müller-Pouillet, entsprachen vollkommen allen Anforderungen bezüglich Genauigkeit und Brauchbarkeit.

Konrektor Professor Dr. **Henke**.

Ebnat (Schweiz), 11. Dezember 1896.

Die Vorführung Ihres **Physikalischen Kabinetts** in unserer Lehrerkonferenz hat allgemeinen Interesse erweckt. Alle diesbezüglich vorgeführten Experimente, namentlich diejenigen mit der Elektrisiermaschine und ihren Nebnapparaten, gelangen vortrefflich. Besonders berriedigte die einfache und doch zweckmäßige Ausführung der dem physikalischen Kabinett angehörenden Apparate, sowie die vielseitige Verwendung derselben je nach dem zu behandelnden Unterrichtsstoff.

Reallehrer **Aug. Hilpertshause**.

Emmendingen (Baden), den 8. Mai 1903.

Seit bereits 10 Jahren sind mir die Fabrikate der Firma Meiser & Mertig und zwar sowohl die **Experimentierkästen**, wie auch eine große Zahl der übrigen Apparate wohlbekannt. Was nun zunächst die Experimentierkästen betrifft, so wurden dieselben nicht nur auf meine Empfehlung hin von Eltern für ihre Söhne angeschafft, sondern auch von mir selbst im Klasseunterricht vielfach verwendet. Wenn die betreffenden Apparate hierzu auch in erster Linie nicht bestimmt sind, so können doch verschiedene derselben, wie z. B. die **optische Bank**, die **Pfeifen**, das **Monchord**, die **galvanischen Elemente** usw., in kleineren Klassen recht gut gebraucht werden. Die übrigen Apparate der genannten Firma, von denen ich u. a. in den letzten Jahren eine **Dynamomaschine**, ein Modell einer kleinen **Bogenlampe**, einen **Elktromotor**, einen **Morseapparat**, **Telephon** und **Mikrophon**, eine **Reibungselektrisiermaschine** und einen **Wärmel leitungsapparat** bezogen habe, zeichnen sich vor allem durch große Sauberkeit in der Ausführung und Preiswürdigkeit aus und genügen den Anforderungen, welche man an solche Apparate in Schulen zu stellen pflegt, vollkommen. Besonders preiswert ist auch die Sammlung für „**drahtlose Telegraphie**“, welche sich bei mir nicht nur im Schulunterricht, sondern auch in öffentlichen, populär wissenschaftlichen Vorträgen recht gut bewährt hat. Da mir die Firma Meiser & Mertig auch jederzeit mit sehr günstigen Zahlungsbedingungen entgegengekommen ist, so kann ich genannte Firma in jeder Beziehung zur Anschaffung physikalischer Apparate wärmstens empfehlen.

Prof. **Fr. Jost**, Realschulvorstand.

Günthersdorf, Post Waldau O.-L., den 8. December 1893.

Zur Mitteilung, daß das **Physikalische Kabinett** wohlbehalten hier angekommen ist. Alle Instrumente sind reizend sauber gearbeitet und verdienen in jeder Beziehung vollstes Lob. Die bis z. Z. angestellten Versuche gelangen mit den Apparaten sämtlich.

P. Lacmann, Lehrer.

Emtinghausen (Braunschweig), 18. Oktober 1896.

Den Empfang Ihres „**Physikalischen Kabinetts**“ hierdurch bestätigend, teile ich Ihnen zugleich mit, daß dasselbe allgemeinen Beifall gefunden hat und für die hiesige Schule beschafft werden soll.

A. Ernsting, 1. Lehrer.

Ferndorf (Kreis Siegen), 13. Oktober 1894.

Ich bezeuge hierdurch gern, daß ich mit dem „**Physikalischen Kabinett**“ aus den Werkstätten der Herren Meiser & Mertig recht zufrieden bin. Dasselbe enthält in zweckmäßiger Auswahl die für einen einfachen Physik-Unterricht nötigen Apparate, welche sauber und gediegen ausgeführt sind. Volks- und Privatschulen, welche nicht über allzugroße Geldmittel verfügen, ist die Anschaffung des „**Physikalischen Kabinetts**“ zu empfehlen.

A. Roick, Rektor.

Fraustadt, den 10. Mai 1903.

Die Firma „**Physikalisch-technische Werkstätten von Meiser & Mertig in Dresden**“ hat das hiesige Königliche Lehrerseminar mit **physikalischen Apparaten** ausgestattet, und ich bestätige gern, daß dieselben sich beim Gebrauche bewährt haben und allen unterrichtlichen Anforderungen entsprechen.

Pelz Königlicher Seminardirektor.

Grand-Halleux (Belgien), den 9. Mai 1903.

Mit den von Ihnen bezogenen **physikalischen Apparaten** sind wir vollständig zufrieden. Dieselben erweisen sich im Gebrauch als praktisch und sind für die gewöhnlichen Experimente recht empfehlenswert, zumal ihre Anschaffung keine großen Auslagen verursacht. Im Laufe dieses Jahres werden wir noch einige Instrumente bei Ihnen bestellen.

Dr. Eruno, Direktor.

Görlitz, den 18. August 1896.

Auf Ihre Anfrage erwidere ich Ihnen, daß wir mit Ihren „**Physikalischen Apparaten**“ mit den für das Gymnasium, wie mit den für die hiesigen Volksschulen gelieferten, durchaus zufrieden sind; die Apparate sind sorgfältig gearbeitet und erfüllen vollständig ihren Zweck beim physikalischen Unterricht.

Mit Hochachtung

Ihr ergebener

Dr. Putzler, Gymnasial-Professor.

Göttingen, den 9. Mai 1903.

Nachdem ich die im Herbst 1901 von Ihnen bezogenen **physikalischen Apparate** durch längeren Gebrauch erprobt habe, bezeuge ich hiermit gern, daß mich dieselben wegen ihrer dauerhaften, sauberen und sehr zweckmäßigen Ausführung durchaus befriedigen.

F. Bartels, Lehrer.

[Groß-Sürche (Post: Triebel), 10. Mai 1898.

Die Apparate finden meine wärmste Anerkennung, kann sie jeder Schule nur empfehlen.

Ernst Brummack, 1. Lehrer.

Grubensadingskampe (Post: Stutthof, Westpr.), 3. Januar 1897.

Bin mit den Apparaten (**Physikalisches Kabinett**) vollständig zufriedengestellt. Besten Dank.

Troycke, Lehrer.

Günthersdorf, Post Waldau, O.-L., den 8. Dezember 1898.

Zur Mitteilung, daß das **Physikalische Kabinett** wohlbehalten hier angekommen ist. Alle Instrumente sind reizend sauber gearbeitet und verdienen in jeder Beziehung vollstes Lob. Die bis z. Z. angestellten Versuche gelangen mit den Apparaten sämtlich.

P. Lachmann, Lehrer.

Hadersleben, den 24. April 1898.

Seit dem vorigen Jahre wird Ihr „**Physikalisches Kabinett in 47 Schüen meines Aufsichtsbezirks**“ gebraucht. Die Apparate erweisen sich als zweckmäßig und gut gearbeitet. Für unsere Schulen ist die Sammlung völlig ausreichend und dazu durchaus preiswürdig. Das Handbuch mit den 40 Dispositionen ist eine wertvolle Beigabe.

Schlichting, Kgl. Kreisschulinspektor.

Hamburg, den 2. Mai 1903.

Die Firma Meiser & Mertig in Dresden lieferte in Veranlassung des Lehrmittelausschreibens der Oberschulbehörde zu Hamburg für die dortigen Volksschulen:

111 St. Rahmengestelle — 112 St. Wagen und Gewichte — 107 St. Rollen — 111 St. Flaschenzüge — 81 St. Saugpumpen — 106 St. Druckpumpen — 91 St. zerlegbare und 105 St. große Leydener Flaschen — 110 St. Vertikalvanoskope — 108 St. Induktionspulen — 51 Seekompaßmodelle.

Die Lieferung dieser Apparate wurde den Herren Meiser & Mertig s. Z. wegen der soliden Ausführung und der Preiswürdigkeit der vorgelegten Muster übergeben. Es wird der Firma gern bestätigt, daß die Lieferung jenen Mustern entsprach und zur vollen Zufriedenheit ausgefallen ist.

G. C. J. Vollers, Vorsitzender der Hamburger Lehrmittelausstellung.

Herzogenrath (Rheinprovinz), 2. April 1897.

Die Apparate (**Physikalisches Kabinett**) sind vorzüglich, alle mit denselben angestellten Experimente gelangen zur größten Zufriedenheit und bieten dieselben für den grundlegenden Unterricht in Physik schätzenswerte Vorteile.

Vieth, Hauptlehrer.

Hildesheimer Lehrerverein. Auf der Versammlung am 13. März 1896 waren zwei Sammlungen physikalischer Apparate, hervorgegangen aus den Werkstätten von Meiser & Mertig in Dresden, ausgestellt. Der Referent, Herr Gellermann, führte etwa folgendes aus: „Um im physikalischen Unterrichte von der Anschauung ausgehen zu können, sind physikalische Apparate unumgänglich nötig. Die meisten derselben sind zur Beschaffung für einfache Volksschulen zu kostspielig; die ausgestellten Sammlungen sind aber nicht mit diesem Uebelstande behaftet. Der „**Experimentierkasten**“ enthält 28 Gegenstände und ein illustriertes Anleitungsbuch zur Ausführung von 40 Versuchen. Das „**Physikalische Kabinett**“, enthaltend 55 Apparate, ist für den grundlegenden Unterricht in der Physik bestimmt. Ein beigegebenes Buch enthält in 40 Dispositionen für den Physikunterricht die Anleitung zur Handhabung der Apparate. Der Experimentierkasten ist zum Preise von 22 Mk., das physikalische Kabinett für 55 Mk. portofrei zu beziehen. Alle Gegenstände sind auch einzeln zu haben.“ Nachdem die Apparate gesehen und beurteilt waren, auch mehrere Versuche von der Leistungsfähigkeit derselben Zeugnis abgelegt hatten, stimmte die Versammlung folgendem Urteile des Referenten zu: Die Apparate des Experimentierkastens und des Physikalischen Kabinetts funktionieren gut. Alle Teile sind exakt ausgeführt, was bei so außerordentlich geringem Preise sehr anzuerkennen ist. Noch mehr ist die zweckmäßige Zusammenstellung der Apparate, die es möglich macht, mit einer geringen Zahl derselben eine Menge der schönsten und belehrendsten Versuche auszuführen, zu loben. Die Beschäftigung mit dem Experimentierkasten wird Schülern, für welche er zunächst bestimmt ist, eine angenehme und lehrreiche Arbeit sein. Das Physikalische Kabinett eignet sich zum elementaren Unterricht in der Physik; darum kann es allen denjenigen Volksschulen warm empfohlen werden, welche zur Anschaffung größerer und kostspieligerer Apparate nicht die nötigen Mittel besitzen.

Hochheim bei Erfurt, den 20. Dezember 1898.

Das „**Physikalische Kabinett**“ ist am 6. d. Mts. unversehrt angekommen und hat nach eingehender Prüfung meinen vollen Beifall gefunden.

Hochachtung
G. Wehenkel, Lehrer.

Hoirup II p. Toftland (Schleswig), 30. November 1897.

Im Besitz des **physikalischen Kabinetts**, spreche ich Ihnen meine höchste Anerkennung aus, da nicht nur alle Apparate sauber gearbeitet sind, sondern auch ganz vorzüglich funktionieren.

Jos. Nicolaysen, Lehrer.

Kiekbusch (pr. Hutzfeld b. Eutin), 1. Juli 1896.

Ihr „**Physikalisches Kabinett**“ für Volksschulen ist mir zugestellt und zu meiner größten Zufriedenheit ausgefallen. Ich habe nicht verfehlt, dasselbe auf unserer letzten Konferenz meinen Kollegen vorzuführen, die sämtlich der Ansicht waren, daß Sie, verehrte Herren, in Ihrem „**Physikalischen Kabinett**“ etwas Vorzügliches, für einfache Schulverhältnisse vollkommen Anreichendes und sehr Billiges geliefert haben. Der Erfolg wird sich gar bald in Bestellungen aus der hiesigen Gegend zeigen.

A. Loose.

* Kirchhain, Bez. Kassel, den 27. Mai 1896.

Die Apparate (**Physikalisches Kabinett**) finden großen Beifall, bestelle jedenfalls noch mehr.]
Achtungsvoll

G. Wunderlich.

Leerhabe b. Witmund, 7. Juni 1898.

Das „**Physikalische Kabinett**“ ist unversehrt angekommen. Die Apparate sind geschmackvoll und erfüllen vollständig ihren Zweck. Bin sehr zufrieden.

H. Lichtsinn, Lehrer.

Leppersdorf bei Landeshut in Schlesien,
den 10. Juni 1896.

Das „**Physikalische Kabinett**“ ist tadellos angekommen und funktioniert, wie die Versuche bis jetzt erwiesen, vortrefflich.

Brettschneider, Hauptlehrer.

Lomnitz in Sachsen, den 16. August 1890.

Ihr „**Physikalisches Kabinett**“ ist vollständig und unversehrt in meine Hände gelangt und kann ich zur Freude bestätigen, daß alle Apparate vorzüglich funktionieren.

Ergebenst
M. Arit, Kirchschullehrer.

Saint Maurice, le 2 nov. 98.

Je vous expédie le montant qui vous est dû pour les instruments envoyés le 2 Septembre 98. Le tout est arrivé en bon état. Merci donc de votre exactitude; pour la même occasion je me recommande à votre excellente maison pour tout ce dont j'aurai besoin de la suite.

Chne. Camille de Merro, professeur de physique, St. Maurice en Valais, Suisse

Meerssen bei Maastricht (Holland), 23. September 1899.

... konnte ich erst in den letztvergangenen Tagen mit den von Ihnen bezogenen Apparaten (**Röntgen-Kollektion B**) meine Proben anstellen. Demzufolge kann ich Ihnen mitteilen, daß ich äußerst zufrieden damit bin. Ich muß Ihnen selbst gestehen, daß Sie besonders geliefert haben, als Ihr Katalog verspricht. Meinen besten Dank dafür.

M. H. van Poppel, Direktor des Königl. Lehrerseminars.

Namur, le 10 mai 1903.

Je me plais à vous témoigner toute ma satisfaction pour les appareils que votre maison m'a fournis. La construction en est sérieuse et soignée. J'estime que, par la création de vos modèles sans luxe inutile, votre maison coopère d'une façon efficace à la diffusion des notions scientifiques.

Je serai très heureux de recevoir votre nouveau catalogue.

Veillez agréer messieurs mes salutations empressées.

P. Lucas,

Collège Notre-Dame de la Paix.

Nittenau, den 13. Dezember 1894.

Vor kurzem wurde für die Schule Nittenau das „**Physikalische Kabinett**“ von Meiser & Mertig angekauft. Die Apparate genannten Kabinetts wurden nun heute anlässlich einer Bezirkslehrerversammlung auf ihren Wert für die Schule geprüft und fanden eine äußerst günstige Beurteilung.

Das „**Physikalische Kab net.**“ bringt alle Apparate, welche zum Verständnis der Naturlehre — soweit diese in der Volksschule gelehrt wird — verhelfen, und zeichnet sich nicht nur durch seine Reichhaltigkeit aus, sondern auch durch Solidität und Billigkeit.

Den Schulen, besonders auch allen landwirtschaftlichen und gewerblichen Fortbildungsschulen, sei hiermit diese gediegene, sehr brauchbare Sammlung physikalischer Apparate aufs wärmste empfohlen!

Der Bezirkslehrerverein Nittenau.

Oberhermersdorf, 21. Juli 1897.

Unter Anerkennung der vollsten Zufriedenheit für das gelieferte **Physikalische Kabinett** empfangen Sie den Betrag.

Wilkens, Vorsitzender des Schulvorstandes.

Obersetzen, Kreis Siegen, den 6. März 1899.

Die Apparate bewähren sich ganz vorzüglich. Ganz besonders gut gelingen die Versuche mit der einfachen aber genau gearbeiteten **Elektrisiemaschine**. Keiner der Apparate lenkt durch eine auffällige Konstruktion die Kleinen von der Sache ab.

Mit aller Hochachtung

Breitenbach, Lehrer.

Odessa (Süd-Rußland), den 10. Mai 1903.

Indem ich mich den vielen ausgezeichneten Empfehlungen anschließe, kann ich nur hinzufügen, daß ich seit 1899 ausschließlich die Apparate der Firma Meiser & Mertig benutze und jetzt eine solche Zuversicht in die richtige und brauchbare Ausführung dieser Apparate besitze, daß ich, wenn einmal ein Versuch mit einem neuerhaltenen Apparat nicht gleich gelingt, den Fehler nicht in der Ausführung des Apparates, sondern in der Ungeübtheit oder der nicht genügenden Aufmerksamkeit des Experimentators suche. Wer mit diesem Vertrauen die Versuche beginnt, wird stets ein günstiges Ergebnis erzielen.

Joh. Podoba,

Gründer und Leiter des Odessaer „Praktischen Kursus der Elektrizität“,
Kandidat der Naturwissenschaft.

Oederquart b. Freiburg (Elbe), 3. Oktober 1895.

Ich teile Ihnen hierdurch ergebenst mit, daß das mir zur Ansicht gesandte „**Physikalische Kabinett**“ von der hiesigen Schullehrer- und Interessentenversammlung am letzten Dienstag für die hiesige Volksschule übernommen worden ist. Ich erkläre nochmals, daß mir die Apparate recht gefallen und als zweckmäßiges Lehrmittel für den Physikunterricht bestens zu empfehlen sind.

H. Poppe, Hauptlehrer.

Osterade pr. Albersdorf, 11. Februar 1897.

Für die prompte Erledigung meiner Bestellung aufrichtigen Dank. Die Apparate sind ganz vorzüglich und dabei sehr preiswert. Ich werde Anlaß nehmen, meinen Kollegen Ihre Werkstatt zu empfehlen.

C. Tiedemann.

Plauen (Voigtl.), 11. Juni 1898.

Teile Ihnen im Auftrage hierdurch mit, daß die **Influenzmaschine**, sowie sämtliche von Ihnen gelieferten Apparate sehr gut funktionieren und den Beifall aller Interessenten gefunden haben. Sämtliche Apparate sind zum Ankauf bestimmt worden.

I. A.: **M. Müller**, 1. Fortbildungsschule am Anger.

S. Regen (Siebenbürgen), 21. Oktober 1894.

Ich war beauftragt, für die hiesige evangelische Mädchenschule eine Sammlung von Apparaten für den elementaren Unterricht in Physik anzuschaffen. Ich glaube einen sehr glücklichen Griff getan zu haben, indem ich als Kern der Sammlung das „**Physikalische Kabinett**“ der Herren Meiser & Mertig bestellte. Die Apparate sind — wie alle übrigen von dieser Firma kommanden — solid gearbeitet und von gefälligem Aeußern. Besondere Anerkennung verdient der Umstand, daß die verhältnismäßig wenigen Apparate durch sinnreiche Kombination zu den verschiedensten — sozusagen zu allen Versuchen verwendet werden können, welche überhaupt in den elementaren Unterricht gehören. Ferner ist rühmlich zu gedenken des der Sammlung beigelegten „illustrierten Buches“, welches eine Menge feiner pädagogischer Winke enthält und in der Besprechung des Unterrichtsstoffes besonders für den Volksschullehrer, der ja wohl in den sehten Fällen Physiker von Fach ist, sehr lehrreiche Unterweisungen gibt. Der Preis ist mit Rücksicht auf die Zahl und Beschaffenheit der Apparate mäßig, mit Rücksicht auf die vielseitige Verwendbarkeit derselben aber sehr gering zu nennen. Alles in allem kann die Kollektion allen Anstalten, die über keine reichen Mittel verfügen, wärmstens empfohlen werden.

Gustav A. Kinn, Gymnasialprofessor.

Reinheim, 19. Dezember 1896.

Sende Betrag der Rechnung mit Dank für die schöne Sendung. Werde in Bälde wieder von Ihnen beziehen.

J. Soriba, Engelpotheke.

Rosendahl b. Husum, 29. Oktober 1896.

Die Sendung (**Physikalisches Kabinett**) gefällt mir recht gut. Alle bisher mit der Elektrisiemaschine angestellten Versuche gelangen.

J. Mohr, Lehrer.

Sarnen (Schweiz), den 10. Mai 1903.

Seit einigen Jahren hat das **physikalische Kabinett** der hiesigen kantonalen Lehranstalt einen großen Teil der Apparate von Ihrer Firma bezogen. Diese Apparate haben durch ihre Einfachheit, ihre saubere und solide Arbeit und den bescheidenen Preis meine vollste Anerkennung gefunden. Was mir außerdem Ihre Firma schätzenswert machte, das ist die außerordentlich prompte und sorgfältige Ausführung der Aufträge. Ich gedenke noch weitere geschäftliche Beziehungen mit Ihnen zu unterhalten.

Dr. **P. Beda Anderhalden**.

Segeberg, den 7. Mai 1903.

Den Herren Meiser & Mertig bestätige ich gern, daß die in letzter Zeit für das hiesige Königliche Seminar gelieferten physikalischen Apparate meinen Beifall gefunden haben. **Sender und Empfangsstation** sind sauber und genau ausgeführt, übersichtlich angeordnet, handlich und funktionieren tadellos. Auch das **Kryptoskop** und die **Röntgenröhre** sind von vorzüglicher Wirkung.

Die Apparate können als praktische und billige Lehrmittel bestens empfohlen werden.

Röhr, Seminarlehrer.

Simmern (Bz. Coblenz), 6. Februar 1897.

Mit den gesandten Apparaten und den 40 Dispositionen bin ich in jeder Hinsicht recht zufrieden.

Rektor **D. Radecke**.

Spandau, 27. Februar 1896.

Teile ergebenst mit, daß das gelieferte „**Physikalische Kabinett**“ sehr gefällt, weil die Apparate vorzüglich funktionieren.

Krüger, Rektor.

Timmdorf b. Gremsmühlen, 15. Januar 1897.

Die kleine **Elektrisierungsmaschine** liefert überraschende Erfolge.

Lehrer **Löndorf**.

Wernshausen (a. d. Werrabahn), 28. Mai 1897.

Das **Physikalische Kabinett** ist am 17. Mai hier eingetroffen. Die Versuche, die ich mit den Apparaten anstellte, sind mir alle gelungen, so daß ich nicht umhin kann, Ihnen meine Freude darüber auszudrücken, daß ich bei Erledigung meines Antrages, physikalische Apparate zu beschaffen, mich an Ihre werthe Firma gewendet habe.

E. Pröschoidt.

Woddes bei Scherrebeck (Schleswig-Holstein),
den 11. Mai 1896.

Die Apparate gefallen uns sehr, werden nächstens mehr bestellen.

H. W. Schmidt, Lehrer.

Wolkenburg, 11. Oktober 1894.

Am 14. Juli d. J. führte ich in der Wanderversammlung des Vereins für erziehenden Unterricht das „**Physikalische Kabinett**“ von Meiser & Mertig in Dresden vor. Die Anwesenden rühmten an den Apparaten die sorgfältige und gediegene Ausführung, die gute Funktionierung, die praktische Einfachheit und die überraschende Billigkeit. Als eine sehr wertvolle Beigabe wurde das Begleitbuch „40 Dispositionen usw.“ erachtet, da es nicht nur klare und erschöpfende Beschreibungen der auszuführenden Versuche gibt, sondern auch durch die Dispositionen eine sichere Unterlage zur Aufstellung des Lehrganges bietet.

Schmidt, Kirchschullehrer.



S - 98

S. 61

27

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000299035