



Lorenzen /
Clasen / Sitschen
Naturkunde
für
Mittelschulen
Zweite Abteilung:
Naturlehre
1. Heft

FERDINAND HIRT · Breslau



Schütze dein Leben!

1. **Du sollst nicht** an Leitungsmasten hinaufklettern und auch nicht an ihnen herumspielen!
2. **Du sollst nicht** auf Bäume, Gerüste oder dergl. klettern, an denen Freileitungen vorbeiführen!
3. **Du sollst nicht** auf Transformatorenhäuschen und ihre Umzäunungen klettern!
4. **Du sollst nicht** in der Nähe von Freileitungen Drachen steigen lassen!
5. **Du sollst nicht** einen Leitungsdraht berühren, auch wenn er herabhängt oder am Erdboden liegt und auch nicht in seine Nähe gehen!
6. **Du sollst nicht** die Verankerungen von Leitungsmasten berühren, auch nicht an ihnen rütteln oder schaukeln.
7. **Du sollst nicht** mit Steinen oder anderen Gegenständen nach den Porzellanisolatoren oder nach den Leitungsdrähten werfen!
8. **Du sollst nicht** Transformatorenhäuser und Schalt-räume betreten, auch wenn sie offen stehen und unbewacht sind!
9. **Du sollst nicht** an elektrischen Leitungen Verunglückte anfassen, aber du sollst sofort Erwachsene zur Hilfe holen!

Beachte diese Gebote!



Inhaltsübersicht

Lehrstoff für die Klasse IV.

I. Mechanik.	
Eigenschaften der Körper.	
Seite	
Erregung § 1	5
Erregbarkeit § 2	5
Elastizität, Zusammendrück- barkeit und Ausdehnbarkeit § 3	6
. § 4	8
Erregung der Zustandsformen § 5	9
Erregung § 6	10
Erregung im allgemei-	
narröhrenanziehung diffusion und die Os-	
t, Sehwage, Gewicht) § 7	12
II. Vom Gleichgewicht Bewegung fester Körper.	
Erregung, Geschwindigkeit § 8	15
Erregung oder das Behar- mögen § 9	16
Erregung der Bewegung § 10	17
Erregung des Punktes § 11	19
Erregung der Gewichtslagen § 12	20
Erregung der Festigkeit § 13	21
Erregung § 14	23
Erregung § 15	27
Erregung der Regel der Mechanik § 16	29
Erregung § 17	31
III. Vom Gleichgewicht und der Bewegung tropfbar-flüssiger Körper.	
Eigenschaften der Flüss-	
. § 18	34
Erregung der Gefäße § 19	35
Erregung des Drucks in Röhren § 20	37
Erregung des Verlusts eingetauchter Körper § 21	38
Erregung des Sinkens, Schweben und Aufsteigens § 22	39
Erregung des scheinbaren Gewicht § 23	40
IV. Vom Gleichgewicht Bewegung luftförmiger Körper.	
Erregung des Aufstiegs der Luft und der Eigenschaften § 24	42

Die Ausdehnbarkeit und Spann- kraft der Luft § 25	42
Die Verdichtung und Verdünnung der Luft § 26	43
Die Luftpumpe § 27	44
Die Wirkung verdichteter Luft § 28	46
Der Druck der äußeren atmo- sphärischen Luft § 29	47
Messen des Luftdrucks § 30	48
Das Barometer § 31	49
Die Wirkungen des Luftdrucks § 32	51

II. Von der Wärme.

A. Erregung der Wärme.

Wärmequellen § 33	55
-----------------------------	----

B. Verbreitung der Wärme.

Die Wärmeleitung § 34	56
Die Wärmestrahlung § 35	57

C. Die Wirkungen der Wärme.

a) Die Ausdehnung der Körper.

Die Ausdehnung der Körper § 36	58
Das Thermometer § 37	59
Das Verhalten des Wassers bei zu- und abnehmender Wärme § 38	62
Wasser- und Luftströmungen § 39	63

b) Die Änderungen des Festigkeits- zustandes.

Das Schmelzen und Erstarren § 40	66
Das Sieden § 41	68
Verdichten des Dampfes. Destil- lieren § 42	70
Das Verdunsten § 43	72
Eigenschaften der Dämpfe § 44	72
Die Dampfmaschine § 45	73

D. Vom Wetter.

Der Wasserdampf in der Atmo- sphäre § 46	77
Tau und Reif § 47	78
Nebel und Wolken § 48	79
Der Regen § 49	79
Schnee, Graupeln, Hagel § 50	80
Bedeutung der atmosphärischen Niederschläge § 51	81
Die Wetterkarten § 52	81

r nehmen
m ist mit
es nennt
findet, ist
mit Eisen.
ne Größe
von links
die von
sch wohl:
schen be-
Grenzen
e Länge.
Maßes.
Teil eines
ist 1 cm,
sche dient
ere a, ha
er (cbm).
er.

der Wand-
es Buches
der Tür,
es Buches
ne Körper
ang!

sche kann
h dessen
- Gießt
Man setzt
n einem
3. Man

Lehrstoff für die Klasse III.

III. Vom Schall.		Seite			Seite
Die Entstehung des Schalls. . .	§ 53	85	Das Magnetisieren. Die magne-		
Fortleitung und Wahrnehmung			tische Verteilung	§ 66	9
des Schalls	§ 54	86	Die magnetischen Kraftlinien .	§ 67	9
Die Geschwindigkeit des Schalls	§ 55	87	Erdmagnetismus. Kompaß . . .	§ 68	10
Die Zurückwerfung des Schalls	§ 56	88	V. Von der Reibungselektrizität.		
Die Stärke des Schalls	§ 57	90	Elektrische Grunderscheinungen.	§ 69	10
Der zusammengesetzte Schall. .	§ 58	90	Die Erzeugung von Elektrizität		
Von den Musik-Instrumenten .	§ 59	92	durch Berührung	§ 70	10
Mittönen, Resonanz	§ 60	93	Positive und negative Elektrizität	§ 71	10
Das menschliche Stimmorgan .	§ 61	94	Leiter und Nichtleiter	§ 72	10
Phonograph und Grammophon	§ 62	94	Das Elektroskop	§ 73	10
			Die elektrische Verteilung oder		
			Influenz.	§ 74	10
			Die elektrische Ladung (Span-		
			nung, Kapazität)	§ 75	10
IV. Vom Magnetismus.			Der Elektrophor	§ 76	10
Die magnetischen Grunderschei-			Die Kondensatoren	§ 77	11
nungen	§ 63	96	Die Reibungselektrifiziermaschine	§ 78	11
Die gegenseitige Einwirkung			Atmosphärische Elektrizität . .	§ 79	11
zweier Magnete	§ 64	97	Namen- und Sachregister. .	116—118	
Der innere Bau eines Magnets	§ 65	98			

Lehrstoff für die Klasse IV.

I. Mechanik.

A. Grundeigenschaften der Körper.

§ 1. Die Ausdehnung.

Der Ball, das Brett, der Federhalter, der Schlüssel, das Papier nehmen einen bestimmten Raum ein; sie sind ausgedehnt. Dieser Raum ist mit einem bestimmten Stoff ausgefüllt. Die Menge dieses Stoffes nennt man die Masse des Körpers. Der Raum, wo sich der Ball befindet, ist mit Gummi ausgefüllt, der Raum, wo sich der Schlüssel befindet, mit Eisen. Ein Körper ist nach allen Richtungen ausgedehnt. Will man seine Größe angeben, so genügt es, wenn man drei Ausdehnungen mißt, die von links nach rechts (Länge), die von vorn nach hinten (Breite) und die von oben nach unten (Höhe, Tiefe oder Dicke). Darum sagt man auch wohl: Der Körper hat drei Ausdehnungen. Ein Körper wird von Flächen begrenzt. Sie haben zwei Ausdehnungen, Länge und Breite. Die Grenzen der Fläche sind die Linien. Sie haben nur eine Ausdehnung, die Länge.

Um die Ausdehnungen messen zu können, bedarf man eines Maßes. Als Maßeinheit für die Längenmaße dient der vierzigmillionte Teil eines Erdmeridians. Er führt den Namen Meter (m)¹⁾. $\frac{1}{100}$ m heißt 1 cm, $\frac{1}{1000}$ m 1 mm, 1000 m 1 km. Als Maßeinheit für die Flächenmaße dient das Quadratmeter (qm). Kleinere Maße sind qcm, qmm, größere a, ha und qkm. Als Maßeinheit für die Körpermaße dient das Kubikmeter (cbm). Kleinere Maße sind hl, l, ccm, cmm, ein größeres Kubikkilometer.

Aufgaben: 1. Schätze und miß die Länge des Schultisches, die Breite der Wandtafel, die Höhe der Zimmertür! 2. Ebenso Länge und Breite dieser Seite des Buches und berechne ihre Größe! 3. Desgleichen Länge und Breite des Fußbodens, der Tür, der Fenster und berechne ihre Größe! 4. Miß Länge, Breite und Dicke dieses Buches und berechne seinen Rauminhalt! 5. Desgleichen vom Schulzimmer! 6. Nenne Körper von sehr großer Ausdehnung! 7. Nenne Körper von sehr geringer Ausdehnung!

§ 2. Die Undurchdringlichkeit.

Erfahrung: In eine bis an den Rand mit Saft gefüllte Flasche kann man keinen Kork treiben.

Versuche: 1. Man verschließt eine Flasche mit einem Kork, durch dessen Durchbohrung ein mit enger Röhre versehener Glastrichter führt. — Gießt man Wasser in den Trichter, so läuft nichts in die Flasche. 2. Man setzt ein leeres Trinkglas mit der Öffnung nach unten auf das Wasser in einem Gefäß und drückt abwärts. — Es dringt nur wenig Wasser hinein. 3. Man

¹⁾ mètron = das Maß.

legt eine Korkscheibe, auf der man eine brennende Kerze befestigt hat, auf das Wasser und stülpt wie vorhin das Trinkglas darüber. — Die Kerze erlischt nach kurzer Zeit, und das Wasser dringt weiter nach oben als beim Versuch 2.

Erklärung: In die Flasche läßt sich kein Kork treiben, weil der ganze Raum mit Saft angefüllt ist. In die Flasche fließt kein Wasser, weil Luft darin enthalten ist. Desgleichen bei Versuch 2. Beim 3. Versuche steigt das Wasser weiter empor, weil ein Teil der Luft beim Brennen der Kerze verbraucht ist.

Gesetz: An der Stelle, wo ein Körper ist, kann gleichzeitig kein anderer sein. Diese Eigenschaft der Körper heißt ihre Undurchdringlichkeit.

Aufgaben: 1. Weshalb kann man einen luftdicht schließenden Kolben nicht bis auf den Boden eines Zylinders drücken? 2. Weshalb füllen sich Flaschen, die man mit der Öffnung nach oben in ein Gefäß mit Wasser getaucht hat, stoßweise? 3. Weshalb pfeifen die Kugeln durch die Luft? 4. Weshalb klappern die Dedel der Kochtöpfe bisweilen, wenn die Speisen kochen? 5. Welche Erscheinung tritt ein, wenn du eine mit Wasser gefüllte Flasche, die einen engen Hals hat, mit der Öffnung nach unten hältst? Erkläre! 6. Steck eine gebogene Glasröhre so in die Flasche, daß der eine Schenkel bis auf den Boden der Flasche reicht! Welche Erscheinung tritt nun ein? Erkläre! 7. Weshalb haben die Formen, die beim Gießen von eisernen Rädern gebraucht werden, Löcher? 8. Durchbohre den Boden einer Probierröhre auf folgende Weise: Erhitze den Boden der Röhre über einer Gas- oder Spiritusflamme, bis sie weich wird. Sodann blas in die Röhre, während die Flamme noch auf sie einwirkt. Der Boden wölbt sich vor und öffnet sich endlich. Mit dieser Röhre stelle folgenden Versuch an: Verdecke die kleine Öffnung mit dem Zeigefinger und tauche die Röhre umgekehrt in ein Gefäß mit Wasser, worauf der Zeigefinger die kleine Öffnung abwechselnd öffnet und schließt. Welche Erscheinung tritt ein? Erkläre! 9. Weshalb zerspringt eine Flasche leicht, wenn sie bis an den Rand mit Flüssigkeit gefüllt ist und man versucht, einen Kork in sie zu treiben?

§ 3. Die Porosität, Zusammendrückbarkeit und Ausdehnbarkeit.

a) **Erfahrung:** Der Badeschwamm, das Brot, das Holundermark füllen den Raum nicht ganz aus; es befinden sich zwischen dem Stoffe Löcher. Ebenso ist es beim Kork, Bimsstein, dem spanischen Rohr. Ein Stück Zucker, das mit einer Ede in den Kaffee getaucht wird, saugt sich bis oben hin voll. Löschpapier, auf das ein Tropfen Tinte gesprüht wird, saugt diese auf.

Versuche: 1. Man wirft ein Stückchen Kreide ins Wasser. — Es steigen aus ihr Luftblasen in die Höhe. 2. Man legt ein Ei ins Wasser. — Auf seiner Oberfläche entstehen Luftperlen. 3. Man füllt eine etwa 50 cm lange Trichterröhre, deren unteres Ende fest mit Waschleder (Fensterleder) verschlossen ist, mit Quecksilber (Röhre im Stativ befestigen!). Unter der Röhre stellt man eine Abdampfschale auf. — Das Quecksilber dringt durch das Leder, während der in ihm etwa vorhandene Staub zurückbleibt. 4. Man erhitzt frisches Brunnenwasser in einer Kochflasche über einer Flamme. — Es entweichen sofort Luftblasen. 5. Man füllt eine unten zugeschmolzene Glasröhre bis zur Hälfte mit reinem Weingeist; darauf gießt man gefärbtes Wasser, bis sie voll ist. Nun verschließt man die Röhre luftdicht (Kork und Lack), so daß die Flüssigkeit bis an den Kork reicht. Jetzt dreht man die Röhre mehrfach um. — Die beiden Flüssigkeiten durchdringen einander,

wobei ein immer größer werdendes Luftbläschen entsteht. 6. Auf den Boden einer Kochflasche legt man einige Körnchen Jod, schließt sie mittels eines Korks und erwärmt gelinde. — Das Jod verschwindet, während die Luft mit violetten Dämpfen gefüllt wird.

Erklärung: Der Stoff eines Körpers füllt den Raum nicht vollständig aus, sondern es bleiben zwischen den einzelnen Teilen Räume frei, die man mit dem Namen Poren bezeichnet. Solche Poren besitzen sowohl feste (Vers. 1, 2, 3) als auch flüssige (Vers. 4, 5) und luftförmige (Vers. 6) Körper. Mitunter sind die Poren so groß, daß man sie mit bloßem Auge erkennen kann (Schwamm, Brot); oft sind sie nur mit Hilfe des Mikroskops¹⁾ oder durch Versuche nachzuweisen. Die Poren sind mit andern Stoffen als dem Körperstoff, gewöhnlich mit Wasser oder Luft, angefüllt.

1. Gesetz: Die Körper besitzen im Innern Zwischenräume oder Poren; sie sind porös. Diese Eigenschaft nennt man Porosität²⁾.

X b) Erfahrung: Einen Schwamm und das Brot kann man mit der Hand zusammendrücken. Bei feuchtem Wetter kann man mitunter die Fenster nicht schließen.

Versuche: 7. Man schlägt mit einem Hammer gegen ein Brett. — Es entsteht eine Vertiefung. 8. Ein Nagel läßt sich in ein Brett treiben. 9. Ein luftdicht schließender Kolben läßt sich in einem Probierzylinder abwärts bewegen. 10. Trockene Erbsen und Bohnen, die man in Wasser legt, werden größer.

Erklärung: Der Stoff, der die Poren anfüllt, läßt sich hinaustreiben, so daß die Stoffteilchen einander genähert, die Poren also kleiner werden. Der ganze Körper nimmt dann einen kleineren Raum ein; er ist zusammengedrückt. Umgekehrt können die Stoffteilchen auch durch fremde Stoffe, die in die Poren dringen, weiter voneinander entfernt werden, so daß die Körper einen größeren Raum einnehmen; sie sind dann ausgedehnt.

2. Gesetz: Die Körper besitzen Zusammendrückbarkeit und Ausdehnbarkeit.

Aufgaben: 1. Weshalb darf man einen Topf, in dem man Erbsen oder Bohnen kochen will, nicht bis zum Rande mit den genannten Dingen füllen? 2. Weshalb sind Mauern, die nach der Südwestgegend liegen, oft feucht? 3. Erkläre, daß sie diese Eigenschaft meist verlieren, wenn sie mit Teer oder Ölfarbe gestrichen werden! 4. Weshalb fettet man bei feuchtem Wetter das Oberleder der Stiefel ein? 5. Weshalb werden irdene Geschirre mit einer Glasur überzogen? 6. Weshalb dürfen Blumentöpfe nicht glasiert sein? 7. Welche Bedeutung hat die Porosität der Mauern für die Erneuerung der Luft in unsern Wohnungen? 8. Bei heißem Wetter sind Schweißtropfen auf unserer Haut. Was schließt du daraus auf die Beschaffenheit der Haut? 9. Eier verderben, wenn die Luft durch die Poren der Schale in das Ei dringt. Wie kann man sie gegen Verderben schützen? 10. Öffnet man eine Flasche, die mit Selterwasser oder Brauseleimonade gefüllt ist, so steigen zahlreiche Luftblasen empor. Wo war die Luft vorher? 11. Wie können Tiere im Wasser leben, da sie doch atmen müssen? 12. Weshalb können in gekochtem und wieder abgekühltem Wasser keine Fische leben?

1) mikrós = klein, skopéo = ich sehe, also Kleineseher.

2) porus, kleiner Zwischenraum.

§ 4. Teilbarkeit.

Erfahrung: Der Steinhauer zerschlägt die Steine, wobei feine Splitter abspringen. Der Tischler zersägt ein Brett in mehrere Teile; dabei fallen feine Sägespäne auf die Erde. Wenn man die Blumen mit Hilfe eines Zerstäubers (Abb. 1) bespritzt, so wird das Wasser in winzige Tropfen geteilt. In der Mühle werden die Körner, in der Küche Zitronenschale, Kartoffeln u. a. Dinge zerkleinert. Ein Veilchen, eine Rose erfüllen das ganze Zimmer mit ihrem Dufte.



Versuche: 1. Man zerschneidet ein Stückchen Kreide mit dem Messer. Wenn die Teile so klein geworden sind, daß man sie nicht mehr zerschneiden kann, so zerschlägt man sie mit einem Hammer. Von dem feinen Kreidepulver zerreibt man mit Hilfe des Fingers etwas an der Wandtafel. — Es entsteht eine blasse Linie, die aber immer noch aus Kreide besteht. 2. Man stellt einen nicht zu weiten Probierzylinder senkrecht auf. In ihn gießt man 1 oder mehrere g Wasser von $+4^{\circ}$, so daß die Rundung des Bodens bedeckt ist. Den Stand bezeichne man durch aufgeklebtes Freimarkpapier. Danach füllt man den Zylinder bis nahe an den Rand, so daß eine Anzahl von ganzen g darin sind. Den Stand merkt man wieder durch Freimarkpapier an. Nun beklebt man den Zylinder der Länge nach mit einem Papierstreifen, überträgt die gemerkten Teilstriche und teilt ihren Abstand in so viele gleiche Teile, als man g Wasser hinzugegossen hat. Die Teilung kann man auch mit Hilfe einer angefeuchteten dreikantigen Feile auf das Glas selbst übertragen. So erhält man ein in cem abgeteiltes Maßglas. Um Flüssigkeiten besser ausgießen zu können, versteht man es noch mit einer Tülle. Zu dem Zweck erwärmt man die eine Seite des oberen Randes, bis sie weich wird. Mit Hilfe eines angewärmten Drahtes drückt man in die weiche Stelle des Randes eine Vertiefung ein. Nachdem das Maßglas abgekühlt ist, füllt man 10 cem Weingeist hinein und löst darin 0,1 g Eosin auf. 1 cem der Lösung gießt man zu 1 l Wasser. — Trotzdem in dem l Wasser nur 0,01 g Eosin verteilt ist, ist es deutlich rot gefärbt. Das tritt besonders hervor, wenn man ein Glas mit reinem Wasser daneben stellt und hinter beide Gläser ein Blatt weißes Papier hält. (Bemerkung: Zum Reinigen des Glases benutzt man Salzsäure.) 3. Man spritzt einige Tropfen Schwefeläther auf den Boden des Zimmers. — Sie machen sich durch ihren Geruch im ganzen Zimmer bemerkbar.

Erklärung: Die Erfahrung und die Versuche lehren, daß sich alle Körper zerteilen lassen. Diese Teilung kann man sich beliebig fortgesetzt denken, wenn auch unsere Werkzeuge nicht fein genug sind, um sie tatsächlich auszuführen. Unendlich kann aber die Teilung nicht sein; endlich muß man auf kleinste Teile kommen, die nicht weiter zerlegt werden können. Diese kleinsten Teile bezeichnet man mit den Namen Massenteilchen, Molekeln oder Moleküle¹⁾. Sie haben dieselben Eigenschaften wie der Körper selbst.

Gesetz: Alle Körper sind teilbar.

1) molécula, kleine Masse.

Aufgaben: 1. Stelle dir auf die vorhin angegebene Weise aus einem Probierzylinder ein Maßglas her und führe den angegebenen Versuch selbst aus! 2. Auf welcher Eigenschaft der Körper beruhen folgende Tatsachen? a) Mit einem Goldstück kann man das Standbild eines Reiters vergolden. b) 1 g Gold läßt sich zu einem Drahte von 60 km Länge ausziehen. (Ein gewöhnlicher Personenzug gebraucht etwa 2 Stunden, um eine solche Strecke zurückzulegen.) c) Zum Schutze gegen Motten legt man Kampher oder Naphthalin in die Schränke, in denen Pelzwerk aufbewahrt wird. Tritt jemand mit einem solchen Pelzmantel ins Zimmer, so riecht man den Kampher. 3. Welche Gewerbe und Tätigkeiten beruhen auf der Teilbarkeit der Körper?

§ 5. Die Kohäsion¹⁾. Zustandsformen der Körper.

Erfahrung: Eisen läßt sich schwer zerbrechen. Die Teile des Holzes lassen sich mit einem scharfen Messer leicht trennen. Ein irdener Teller zerbricht, wenn er auf einen steinernen Fußboden fällt. Die Butter läßt sich im Sommer leichter streichen als im Winter. Eine Stricknadel, die man gebogen hat, springt wieder in ihre alte Form zurück. Wasser läßt sich aus einem Gefäß in ein anderes gießen. Gießt man Wasser aus beträchtlicher Höhe nach unten, so nimmt es Tropfenform an. Wenn in einem verschlossenen Zimmer aus dem Brenner der Gaslampe eine geringe Menge Leuchtgas strömt, so riecht man es.

Versuche: 1. Man biegt aus Draht oder Pferdehaar eine kleine Schleife, so daß sie einen Stiel hat. Dann taucht man die Schleife in Seifenwasser. Nun ist ein dünnes Häutchen darin ausgespannt. — Bläst man stark dagegen, so zerreißt es und fließt zu einem Tropfen zusammen. 2. Man gießt eine geringe Menge Öl auf das Wasser. — Es fließt zu einer Kugel zusammen. 3. In einer Gasentwicklungsflasche übergießt man Schwefeleisen mit verdünnter Schwefelsäure. — Es bildet sich in der Flasche ein Gas (Schwefelwasserstoff). Durch den üblen Geruch gibt es zu erkennen, daß es sich durch das ganze Zimmer verbreitet hat. (Da es giftig ist, lüfte man sofort!)

Erklärung: Die Körper setzen der Trennung ihrer Teile einen Widerstand entgegen. Zwischen den einzelnen Molekeln wirkt eine anziehende Kraft, die sie zusammenzuhalten strebt. Diese Kraft wird mit dem Namen **Zusammenhangskraft** oder **Kohäsion** bezeichnet. Sie ist nicht bei allen Körpern gleich groß. Körper mit großer Kohäsion nennt man **feste Körper** (Eisen, Holz, Butter). Sie haben einen bestimmten Rauminhalt und eine bestimmte Form. Körper mit geringer Kohäsion heißen **flüssige Körper**. Sie haben wohl einen bestimmten Rauminhalt ($1\frac{1}{2}$ l Milch lassen sich nicht in einen Litertopf gießen), aber keine bestimmte Form. Sie nehmen die Form des Gefäßes an, in dem sie sich befinden. In kleinen Mengen nehmen sie Kugelform an. Körper, zwischen deren Molekeln keine Kohäsion wirksam ist, heißen **luftförmige Körper**. Ihre Molekeln entfernen sich voneinander.

Gesetz: Die Körper kommen in den drei Zustandsformen (**Aggregatzuständen**²⁾) fest, flüssig und luftförmig vor.

Unter den festen Körpern unterscheidet man nach der Art der Kohäsion verschiedene Arten. Ein fester Körper ist hart, wenn seine Teile sich schwer trennen lassen und er sich nicht biegen läßt, auch nicht zerbricht, wenn er fällt. Weich ist ein Körper, dessen Teile sich mit geringer Mühe trennen

¹⁾ cohaerere, zusammenhängen.

²⁾ aggregare, zu einer Masse vereinigen.

lassen. Ein spröder Körper ist hart und zerbricht, wenn man ihn zu biegen versucht oder wenn er fällt. Ein zäher Körper ist biegsam und behält dann die Form, die er bekommen hat. Elastisch ist ein Körper, der sich biegen läßt, die Biegung aber nicht behält, sondern seine frühere Form wieder annimmt.

Aufgaben: 1. Nenne feste Körper! 2. Nenne flüssige Körper! 3. Nenne luftförmige Körper! 4. Nenne Körper, die in allen drei Aggregatzuständen vorkommen! 5. Nenne harte, weiche, spröde, biegsame und elastische Körper! 6. Weshalb haben Dächer, Dachrinnen und Straßenkanäle eine geneigte Lage? 7. Weshalb sind die Straßen in der Mitte höher als am Kantstein des Bürgersteigs? 8. Weshalb sind die Bürgersteige vom Hause nach dem Kantstein zu geneigt? 9. Wickle einen dünnen Messing- oder Eisendraht um einen runden, überall gleichbreiten Federhalter, ziehe den Federhalter heraus und biege mit Hilfe einer Drahtzange beide Enden des Drahtes zu Haken um! Du hast jetzt eine elastische Feder erhalten.

§ 6. Die Adhäsion¹⁾.

a) Die Adhäsion im allgemeinen.

Erfahrung: Die Kreide haftet an der Wandtafel, das Reißblei und die Tinte am Papier, der Staub an den Wänden und der Decke, der Ruß im Ofen und Schornstein, der Schmutz an den Fingern, der Tau am Grase, der Straßenschmutz an Stiefeln und Kleidern. Das Wasser läuft beim Ausgießen leicht an der Außenwand des Gefäßes herab.

Versuche: 1. Man legt zwei Glasplatten mit rauher (matter) Oberfläche aufeinander und drückt sie gegeneinander. Dann hebt man die obere Platte empor. — Die untere bleibt liegen oder fällt sofort herunter. 2. Man legt zwei polierte Glasplatten aufeinander und drückt sie gegeneinander. Nun hebt man die obere Platte empor. — Die untere haftet eine Zeitlang daran, ehe sie herunterfällt. 3. Darauf beneßt man die untere Scheibe mit Wasser und wiederholt den Versuch. — Jetzt halten die Platten länger zusammen. 4. Man taucht die Hand in Wasser. — Es bleibt etwas Wasser daran haften. Fettet man die Hand vorher ein, so läuft das Wasser ab. 5. Man füllt ein Glas mit Wasser. — Es steht am Rand etwas höher als in der Mitte; die Oberfläche ist hohl. 6. Man füllt ein Glas mit Quecksilber. — Es steht in der Mitte etwas höher als am Rande; die Oberfläche ist erhaben.

Erklärung: Es findet nicht nur eine Anziehung zwischen den Molekeln eines und desselben Körpers, sondern auch zwischen denen verschiedener Körper statt. Diese Anziehung bezeichnet man mit dem Namen **Adhäsion** oder **Anhangskraft**. Sie wirkt nur dann, wenn die Körper einander berühren, und ist um so größer, in je mehr Punkten die Berührung stattfindet. Darum ist die Adhäsion zwischen einem festen und einem flüssigen Körper größer als zwischen zwei festen Körpern. Die Adhäsion ist oft größer als die Kohäsion. Darum steigt das Wasser etwas am Rande des Glases empor. Beim Quecksilber ist die Kohäsion sehr groß; darum steht Quecksilber am Rande des Glases etwas niedriger als in der Mitte. Sehr gering ist die Adhäsion zwischen Wasser und Fett. Aus diesem Grunde werden fettige Stoffe nicht beneßt.

¹⁾ adhaerere, anhängen, anhaften, anleben.

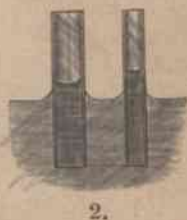
Aufgaben: 1. Weshalb haftet die Tinte an der Feder? 2. Welche Erscheinung tritt ein, wenn man Wasser aus einem Glase gießt? Erkläre! 3. Berühre die Ausflußstelle mit einem Glasstabe! Welche Erscheinung tritt jetzt ein? Erkläre! 4. Fette den Rand eines trockenen Glases ein, bring Wasser in das Glas und gieße es aus! Erscheinung? Erkläre! 5. Weshalb haftet die Tinte an neuen Federn schwer? 6. Weshalb fetten Wasservögel ihr Gefieder ein? 7. Weshalb läuft das Wasser auf Sandboden schnell in die Tiefe, während es auf Tonboden gehalten wird? 8. Welche Handwerker wenden die Adhäsion an? 9. Weshalb bewegen sich Kork- und Sägespäne, wenn sie auf der Oberfläche einer Flüssigkeit in die Nähe der Gefäßwand kommen, schnell nach ihr hin?

b) Die Haarröhrchenanziehung.

Erfahrung: Kaffee und Tee steigen in einem Stücke Zucker, das man hineintaucht, empor. Taucht man ein Löschblatt mit der Ecke in Tinte, so steigt die Flüssigkeit in ihm empor. Mauern, die auf nassem Grunde stehen, sind stets feucht. Tücher saugen das Wasser auf.

Versuch: Enge Glasröhren taucht man in gefärbtes Wasser. — Es steigt in ihnen um so höher empor, je enger sie sind (Abb. 2).

Erklärung: Die obengenannten Gegenstände sind mit feinen Poren (Haarröhren) versehen. Die Adhäsion der Gefäßwände zieht die Flüssigkeit an. Die in sehr engen Röhren wirksame Adhäsion wird **Haarröhrchenanziehung oder Kapillarität**¹⁾ genannt.



Aufgaben: 1. Weshalb dringt die Tinte nicht in Schreibpapier, wohl aber in Druckpapier und in solche Stellen des Schreibpapiers ein, wo rabiert ist? 2. Wie kommt es, daß die Tinte an den Stellen, wo die Feder das Papier berührt hat, eindringt? 3. Weshalb kann man auf fettigem Papiere nicht schreiben? 4. Weshalb verzieht man die Grundmauern der Häuser mit einer Schicht von Asphaltpappe? 5. Weshalb werden feuchte Wände mit Teer oder Ölfarbe gestrichen? 6. Weshalb fettet man das Oberleder der Stiefel ein? 7. Weshalb trinkt man Holzwerk mit Teer oder Karbolinum? 8. Inwiefern sind die Haarröhrchen in den Pflanzen (Gefäße) wichtig für das Aufsteigen des Saftes? 9. Hänge ein Tuch in ein Gefäß, das fast bis zum Rande mit Wasser gefüllt ist, so daß das andere Ende auf den Boden des Zimmers reicht! Welche Erscheinung tritt ein? Erkläre!

c) Die Diffusion²⁾ und die Osmose³⁾.

Versuche: 1. Man gießt in einen Standzylinder gleiche Mengen Wasser und gefärbten Weingeist. — Wenn man vorsichtig zu Werke gegangen ist, sind beide Flüssigkeiten anfangs scharf voneinander getrennt. Läßt man aber den Zylinder ruhig stehen, so gehen allmählich beide Flüssigkeiten ineinander über. 2. In ähnlicher Weise führt man den Versuch mit einer gefättigten Lösung von Kupfervitriol und reinem Wasser aus. 3. In einen anderen Standzylinder gießt man Wasser und Öl. — Die vorhin beobachtete Erscheinung tritt nicht ein. 4. Man schüttelt die Flüssigkeit durcheinander. — Es entsteht eine milchig aussehende Masse. Läßt man diese wieder ruhig stehen, so steigt allmählich das Öl nach oben, während das Wasser den unteren Teil des Gefäßes einnimmt.

Erklärung: Die Adhäsion zwischen den Molekeln von Wasser und Weingeist, bzw. von Kupfervitriollösung und Wasser ist größer als die Kohäsion

1) capillus, Haar.

2) diffundere, ausgießen, ausbreiten.

3) diosmós, durchdringender Geruch.

zwischen den Molekeln von Wasser, Weingeist und Kupfervitriollösung. Infolgedessen findet eine allmähliche Durchdringung der verschiedenen Flüssigkeiten statt. Dagegen ist die Adhäsion zwischen den Molekeln von Wasser und Öl geringer als die Kohäsion zwischen den Molekeln der einzelnen Flüssigkeiten.

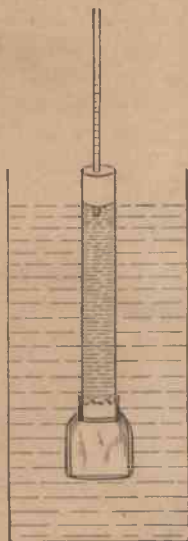
Die gegenseitige Durchdringung zweier verschiedener Flüssigkeiten wird Diffusion genannt.

Versuch: 5. Über die untere Öffnung eines Lampenzylinders spannt man eine Tierblase und befestigt sie durch einen Bindfaden. Danach füllt man ihn mit einer gesättigten Lösung von Kupfervitriol (20 g Kupfervitriol in 100 g Wasser) bis oben an und verschließt die obere Öffnung mit einem durchbohrten Kork, durch den eine Glasröhre führt. Den Lampenzylinder hängt man nun in ein Gefäß mit reinem Wasser. — Die Flüssigkeit steigt langsam in der Röhre empor. Das Wasser nimmt die Farbe der Lösung an (Abb. 3).

Erklärung: Nicht nur Flüssigkeiten, die einander unmittelbar berühren, durchdringen einander. Es findet eine Durchdringung auch dann statt, wenn sie durch poröse Scheidewände (tierische und pflanzliche Häute, Tonwände usw.) geschieden sind. Von der dünneren Flüssigkeit tritt mehr zur dichteren als umgekehrt. Diesen Austausch von Flüssigkeiten durch eine poröse Scheidewand hindurch nennt man Osmose.

Bedeutung der Osmose für die Natur. Auf der Osmose beruht der Saftstrom in den Pflanzen. Von den Blättern wird Wasser verdunstet. Die Salzlösung in den Blattzellen wird stärker salzhaltig. Infolgedessen tritt aus benachbarten Zellen durch die Zellwand Wasser über. Das setzt sich auf die übrigen Zellen fort, bis endlich von den Wurzelhaaren Wasser aus dem Boden aufgenommen wird. Auch im Leben der Menschen und Tiere spielt die Osmose eine Rolle. Ihr ist es zuzuschreiben, daß der Nährsaft aus dem Darm in die Gefäße und aus diesen in die Zellen übertritt. Auch die Atmung beruht auf der Osmose. Der eingeatmete Sauerstoff tritt durch die Haut der Lungenbläschen in das Blut über, und die Kohlenäure wird auf demselben Weg aus dem Blut in die Lungenbläschen befördert.

Aufgaben: 1. Bestreue Rettichscheiben mit Kochsalz! Welche Erscheinung tritt ein? Erkläre! 2. Wenn während der Reifezeit der Stachelbeeren regnerisches Wetter herrscht, so plagen die Früchte. Erkläre! 3. Lege Erbsen oder Bohnen in Wasser! Erkläre das Größerwerden und das Plagen! 4. Stelle den zuletzt beschriebenen Versuch selbst an! 5. Zeichne in schematischer Weise den dabei gebrauchten Apparat!



3.

§ 7. Schwere (Lot, Sezwage, Gewicht).

Erfahrung: Regen, Schnee und Hagel fallen aus den Wolken, Ziegel und Steine von den Dächern, Blätter und Früchte von den Bäumen zur Erde. Ein Stück Kreide, ein Schlüssel, ein Buch fallen zur Erde, sobald man sie losläßt. Ein in die Höhe geworfener Ball oder Stein kehren zur

Erde zurück. — Ein Stein, den man auf die Hand legt, übt einen Druck auf sie aus. Große Steine drücken sich in die Erde ein. Ein Lastwagen schneidet tief in den Boden ein. Nach einem Schneefall sieht man die Fußspuren der Leute.

Versuch: Man bindet einen Körper, etwa eine mit einem Haken versehene Kugel, an einen Bindfaden. Das freie Ende des Fadens hält man mit der Hand fest; danach hebt man die Kugel mit der andern Hand empor und läßt sie los. — Die Kugel fällt und spannt den Faden.

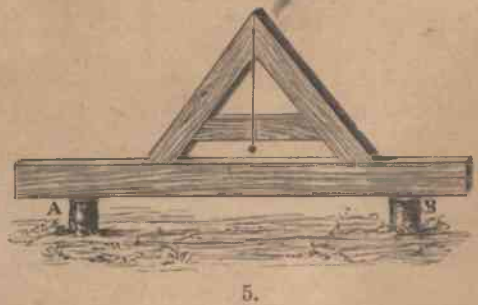
Erklärung: Alle Körper haben das Bestreben, sich in gerader Richtung der Erde zu nähern. Die Ursache ist die Anziehungskraft der Erde oder die **Schwerkraft** (kurz Schwere genannt). Die Richtung, in der ein frei fallender Körper sich der Erde nähert, heißt lotrecht, senkrecht oder vertikal¹⁾. Hängt man den Körper an einem Faden auf, so spannt er den Faden, so daß dieser die senkrechte Richtung annimmt. Ein an einem Faden aufgehängter schwerer Körper heißt ein **Lot**. Es wird gebraucht, um die senkrechte Richtung zu finden (Abb. 4).

Legt man einen schweren Körper auf eine Unterlage, daß er nicht fallen kann, so drückt er auf sie. Den Druck, den ein Körper auf seine Unterlage ausübt, nennt man sein **Gewicht**.

Die Richtung, die mit der Lotrechten rechte Winkel bildet, heißt wagerecht, wasserrecht oder horizontal²⁾. Um sie zu finden, bedient man sich entweder der Sezwage oder der Libelle. Die **Sezwage**

(Abb. 5) besteht aus drei Holzleisten, die zusammen ein gleichschenkliges Dreieck bilden. In der Mitte der Grundlinie befindet sich ein Einschnitt. Von der Spitze hängt ein Lot herab. Wenn dieses über dem Einschnitte herabhängt, so bildet der Faden mit der Grundlinie rechte Winkel; diese hat also wagerechte Richtung.

Die **Libelle** (Abb. 6) besteht aus einer Glasröhre, die in Messing oder Holz gefaßt ist. Sie ist meist mit Weingeist oder Aether, mitunter auch mit Wasser gefüllt, so daß ein Luftbläschen darin bleibt. Die Luftblase befindet sich an der höchsten Stelle der Röhre. Wenn die Glasröhre wagerecht liegt, so befindet sich das Bläschen



das Bläschen



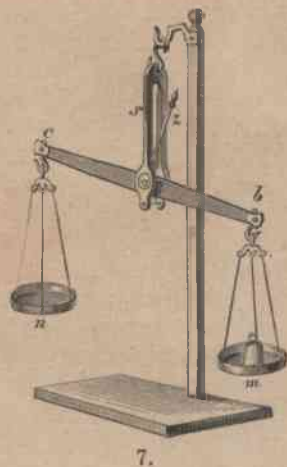
1) vertex, der Scheitel.

2) horizon, begrenzend.

in der Mitte. Um dies erkennen zu können, hat man in gleichen Abständen von der Mitte kleine Striche in die Röhre geritzt. Ist die Fläche, auf der die Libelle ruht, nach rechts geneigt, so fließt das Wasser dahin; das Bläschen geht also nach links.

Einen Druck kann man nur mit einem andern Drucke messen. Als **Gewichtseinheit** benutzt man den Druck, den 1 Kubikzentimeter chemisch reines Wasser von $+4^{\circ}\text{C}$ ausübt. Diesen Druck nennt man 1 g. 1 l Wasser wiegt also 1000 g oder 1 kg; 1 cbm wiegt 1000 kg oder 1 t.

Um das Gewicht eines Körpers zu messen, benutzt man eine Waage. Die **Krämerwaage** (Abb. 7) besteht aus dem Wagebalken bc, der Achse, der Schere s, der Zunge z und den beiden Schalen m und n. Auf die eine Schale legt man



die Ware, auf die andere die Gewichte. Drücken beide gleich stark (ist also ihr Gewicht gleich), so steht die Zunge senkrecht in der Schere.

In der **Federwaage** (Abb. 8) befindet sich eine elastische Spiralfeder. An dieser ist ein Haken angebracht, an den man die Ware hängt. Je schwerer letztere ist, desto mehr wird die Feder ausgedehnt. Ein Zeiger gibt das Gewicht an. Weil dieses aber nur ungefähr richtig angegeben wird, darf die Federwaage nicht im Handelsgewerbe angewandt werden.

Bei der **Wirtschaftswaage** werden durch den Druck, den die Ware ausübt, zwei elastische Federn ausgedehnt. Ihre Bewegung wird auf einen Zeiger übertragen. Auch sie gibt das Gewicht nur ungefähr richtig an.

Aufgaben: 1. Stelle dir auf folgende Weise ein Lot her! Ziehe durch die Öffnung einer Glasperle von etwa 1–14 cm Durchmesser einen Faden und schlage in den Faden einen Knoten, um ihn zu befestigen! 2. Prüfe mit diesem Lot, ob die Tür, die Mauern, die Fenster senkrecht sind! 3. Stelle dir aus einem dünnen Brette mittels einer Laubsäge ein gleichschenkliges Dreieck her, befestige an der Spitze ein Lot und versieh die Mitte parallel sind! 4. Prüfe mit dieser Sechswage, ob der Tisch, der Fußboden, das Fensterbrett, die Bilderrahmen wagerecht sind! 5. Überlege, ob ein Lot in Kiel und eins in Neunork parallel hängen! 6. Überlege, ob zwei senkrechte Mauern, die einander gegenüberstehen, genau parallel sind! 7. Weshalb rollt eine Kugel auf einem schrägen Brette nach unten? 8. Weshalb fließt das Wasser bergab? 9. Weshalb kann ein Pferd einen Wagen leichter bergab als bergauf ziehen? 10. Wie schwer sind 70 ccm Wasser? 11. Wäge 50 Bohnen! Laß sie einen Tag über im Wasser quellen! Bestimme wieder ihr Gewicht! Bestimme danach, wieviel ccm Wasser sie aufgenommen haben! 12. Wäge eine große geschälte Kartoffel! Laß sie 8 Tage lang im Sonnenschein liegen! Wieviel g (ccm) Wasser hat sie verloren?



B. Vom Gleichgewicht und der Bewegung fester Körper.

§ 8. Ruhe, Bewegung, Geschwindigkeit.

Erfahrung: Ein Haus, ein Baum, ein schwerer Stein, eine Säule bleiben an derselben Stelle. Ein Pferd, ein Vogel, ein Wagen, die Teile des Rades einer Maschine bleiben nicht an derselben Stelle. — Ein fallender Stein behält seine Richtung. Ein Punkt am Wagenrad, das sich dreht, ändert die Richtung. — Das Rad einer Uhr bewegt sich stets mit der gleichen Geschwindigkeit. Ein fallender Stein bewegt sich immer schneller, desgl. ein Rodelschlitten, der den Abhang eines Berges hinabsaust. Die Bewegung eines Kreisels wird immer langsamer, bis sie endlich ganz aufhört.

Erklärung: Die Stelle, an der sich ein Körper befindet, nennt man seinen **Ort**. Ein Körper, der an seinem Orte bleibt, befindet sich im Zustande der **Ruhe**. Ein Körper, der sich von einem Orte nach einem andern begibt, befindet sich im Zustande der **Bewegung**. In wirklicher (absoluter) Ruhe befindet sich kein irdischer Körper, da sie alle an den Bewegungen der Erde teilnehmen. Man kann bei ihnen also nur von einer bezüglichen (relativen) Ruhe reden, insofern sie ihre Lage zu andern Körpern nicht ändern.

Bei der Bewegung kommt es auf die Richtung und auf die Zeit an. Ein Körper, der sich immer in derselben **Richtung** bewegt, hat eine geradlinige Bewegung. Krummlinig ist die Bewegung, wenn der Körper die Richtung ändert. Wenn der Körper in jeder **Zeiteinheit** einen gleichgroßen Weg zurücklegt, so ist die Bewegung gleichförmig; ist das nicht der Fall, so ist die Bewegung ungleichförmig. Den Weg, den ein Körper bei gleichförmiger Bewegung in einer Sekunde zurücklegt, nennt man seine **Geschwindigkeit**. Die ungleichförmige Bewegung ist entweder eine beschleunigte oder eine verzögerte. Eine beschleunigte ist sie, wenn die Geschwindigkeit zunimmt, eine verzögerte, wenn sie abnimmt.

Bei der gleichförmigen Bewegung findet man die Geschwindigkeit, wenn man den zurückgelegten Weg durch die Anzahl der Sekunden teilt, die zur Zurücklegung nötig waren.

$$\text{Geschwindigkeit} = \frac{\text{Weg}}{\text{Zeit}}$$

Den zurückgelegten Weg findet man, wenn man die Geschwindigkeit mit der Anzahl der Sekunden malnimmt, die der Körper gebraucht, um den Weg zu durchlaufen.

$$\text{Weg} = \text{Zeit} \times \text{Geschwindigkeit.}$$

Aufgaben: 1. Nenne Körper, die sich im Zustande der Ruhe befinden! 2. Nenne Körper, die eine gleichförmige Bewegung haben! 3. Nenne Körper, die eine beschleunigte Bewegung haben! 4. Nenne Körper, die eine verzögerte Bewegung haben! 5. Welche Bewegung hat der Eisenbahnzug, wenn er sich in Bewegung setzt, welche, wenn er anhalten will? 6. Berechne die Geschwindigkeit folgender Körper!

- Ein Fußgänger legt in 1 Stunde 5,4 km zurück.
- Ein Pferd legt im Schritt in 45 Minuten 2,7 km zurück.
- Ein Pferd legt im Trab in 10 Minuten 1,2 km zurück.
- Ein Pferd legt im Galopp in 3 Minuten 0,81 km zurück.
- Ein Eisenbahn-Personenzug legt in 57 Minuten 34,2 km zurück.

- f) Ein Schnellzug legt in 45 Minuten 59,4 km zurück.
 g) Ein Zweirad legt in 33 Minuten 19,8 km zurück.
 h) Der Schall legt in der freien Luft in 7 Sekunden 2,331 km zurück.

7. Wie groß ist die Geschwindigkeit der einzelnen Flieger, die am 17. Juni 1911 von Hamburg nach Kiel flogen, wenn die Luftlinie zwischen beiden Orten 86 km mißt?

	Abfahrt:	Ankunft:
a) Büchner	4 ⁰⁰	5 ⁰⁰
b) Lindpaintner	4 ⁰¹	4 ⁵⁷
c) Wiencziers	4 ⁰³	4 ⁵⁵
d) Schauenburg	4 ⁰⁹	5 ²¹
e) Laitsch	5 ⁰⁴	—
f) Thelen	5 ²⁴	7 ⁰⁴
g) Jahnow	5 ²⁰	6 ²²
h) Wittenstein	6 ⁰¹	7 ⁰⁵

(Wegen beschädigter Maschine vorher niedergegangen.)

8. Berechne die Wege, die folgende Körper in der angegebenen Zeit zurücklegen!

- a) Eine Schwalbe in 1½ Minuten; Geschwindigkeit 45 m.
 b) Ein Sturm in 18 Sekunden; Geschwindigkeit 16 m.
 c) Ein Dzeandampfer in 2 Stunden; Geschwindigkeit 10 m.
 d) Eine Gewehrflugel in 3 Sekunden; Geschwindigkeit 645 m.
 e) Eine Kanonenkugel in 1½ Sekunden; Geschwindigkeit 440 m.
 f) Ein Punkt auf dem Äquator in 2 Std. 15 Min.; Geschwindigkeit 463,75 m.

9. Wie weit sind 2 Fußgänger 7 Minuten nach ihrer Begegnung voneinander entfernt, wenn der eine eine Geschwindigkeit von 1,5 m, der andere eine solche von 1,25 m hat?

10. Ein Radfahrer und ein Fußgänger begeben sich gleichzeitig von Kiel aus nach Hamburg. Der Radfahrer hat eine Geschwindigkeit von 5 m, der Fußgänger eine solche von 1,4 m. Wie weit sind sie nach einer Stunde voneinander entfernt? 11. Ein Wagen legt in m Sekunden n km zurück. Wie groß ist seine Geschwindigkeit? 12. Um von A nach B zu gelangen, gebraucht ein Eisenbahnzug, dessen Geschwindigkeit c Meter beträgt, t Sekunden. Wie groß ist ihre Entfernung?

§ 9. Die Trägheit oder das Beharrungsvermögen.

a) **Erfahrung:** Eine auf dem Tische liegende Kugel, ein auf der Erde ruhender Stein bleiben so lange in Ruhe, bis sie angestoßen werden. Steht man auf einem ruhenden Wagen und ziehen die Pferde plötzlich an, so fällt man nach rückwärts.

Versuch: 1. Man legt auf ein Wasserglas eine Karte und auf diese eine Münze. Dann zieht man die Karte plötzlich fort. — Die Münze fällt in das Glas.

Erklärung: Die Kugel und der Stein befinden sich im Zustande der Ruhe und bleiben darin, wenn sie nicht durch eine Ursache in Bewegung gesetzt werden. Die Ursache, die einen ruhenden Körper in Bewegung setzt oder einen sich bewegenden Körper zur Ruhe bringt, nennt man eine Kraft. Steht man auf dem Wagen, der sich plötzlich in Bewegung setzt, so gehen nur die auf dem Wagen stehenden Füße sofort in Bewegung über, während der Oberkörper an seinem Orte bleibt. Darum scheint es, als ob der Körper nach rückwärts fällt (Zeichne!). Während die Karte in den Zustand der Bewegung übergeht, verbleibt die Münze im Zustande der Ruhe.

1. **Gesetz:** Alle ruhenden Körper haben das Bestreben, im Zustande der Ruhe zu bleiben.

b) **Erfahrung:** Hält ein Wagen plötzlich an, so fällt man nach vorn. Bodt ein Pferd, so schießt der Reiter über dessen Kopf hinweg. Man kann nicht plötzlich im Laufen anhalten.

Versuche: 2. Man legt eine Karte, auf der eine Münze liegt, auf den Tisch. Darauf setzt man sie langsam und dann immer schneller nach rechts hin in Bewegung. — Die Münze nimmt an der Bewegung teil. 3. Man hält plötzlich mit der Bewegung inne. — Die Münze fliegt nach rechts weiter. — Versuch nach entgegengesetzter Richtung!

Erklärung: Unser Körper befindet sich wie der Wagen im Zustande der Bewegung. Geht der Wagen plötzlich in den Zustand der Ruhe über, so kommt nur der untere Teil unseres Körpers zur Ruhe, während der obere in Bewegung bleibt, darum nach vornüber fällt. Aus dem gleichen Grunde schiebt der Reiter über den Kopf des hockenden Pferdes hinweg. Die gleiche Ursache verhindert das plötzliche Anhalten des Laufens. Erkläre danach die Erscheinungen in den Versuchen 2 und 3!

2. Gesetz: Alle sich bewegenden Körper haben das Bestreben, im Zustande der Bewegung zu bleiben.

c) **Erfahrung:** Ein Ball, den man auf der ebenen Erde rollen läßt, kommt nach kurzer Zeit zur Ruhe. Ein Rad am emporgehobenen Fahrrad, das man durch einen Stoß in Umdrehung versetzt hat, läuft immer langsamer und steht endlich still. Ein geworfener Körper fällt endlich zur Erde, wo er liegen bleibt. Ein Eisenbahnzug rollt, nachdem der Dampf abgesperrt ist, noch eine Zeitlang weiter und steht dann still.

Erklärung: Damit ein ruhender Körper in Bewegung übergehen kann, ist eine Kraft nötig. Scheinbar gehen die vorhin genannten Körper in Ruhe über, ohne daß eine Kraft nötig ist, aber auch nur scheinbar. Der Ball reibt sich auf der Erde, das Rad an seiner Achse; die Luft stellt sich den bewegenden Körpern entgegen und hebt die Bewegung endlich auf. So werden die Körper durch Kräfte gehindert, im Zustande der Bewegung zu bleiben.

3. Gesetz: Jeder Körper beharrt in dem Zustande der Ruhe oder der Bewegung so lange, bis er durch eine Kraft in Bewegung gesetzt oder zur Ruhe gebracht wird (Trägheits- oder Beharrungsgesetz).

Aufgaben: 1. Wie kann man von zwei Büchern, die aufeinanderliegen, das untere wegziehen, so daß das obere liegenbleibt? 2. Weshalb kann ein schwerbeladener, ruhig stehender Wagen oft von 2 Pferden nicht in Bewegung gesetzt werden, während er nachher von einem Pferde gezogen werden kann? 3. Weshalb reißen die Stränge, wenn die Pferde mit einem Ruck anziehen? 4. Beim Schreiben spricht mitunter die Feder. Erkläre! 5. Weshalb fällt das Obst von den Bäumen, wenn diese geschüttelt werden? 6. Wie befestigt man einen Besen auf seinem Stiel? Erkläre! 7. Wie verfährt man, wenn man ein nasses Tuch trocken machen will? Erkläre! 8. Weshalb darf man nicht bergab laufen? 9. Weshalb darf man von einem in Bewegung befindlichen Wagen nicht nach hinten abspringen? 10. Weshalb empfindet man einen Stoß, wenn das Boot, in dem man fährt, gegen das Ufer oder einen Stein fährt? 11. Weshalb zersplittert eine Fensterscheibe nicht, wenn aus einem Gewehr unmittelbar vor ihr eine Kugel durch sie hindurchgeschossen wird?

§ 10. Hindernisse der Bewegung.

Erfahrung: Ein in die Höhe geworfener Stein steigt immer langsamer, kommt endlich zur Ruhe und fällt dann auf die Erde zurück. Ein Ball, den man auf einem glatten Fußboden vorwärts schiebt, kommt zur Ruhe, nachdem er eine weite Strecke zurückgelegt hat. Bewegt man ihn mit gleicher

Kraft auf einem Teppich vorwärts, so kommt er früher zur Ruhe. Bewegt man ihn ebenso auf dem befestigten Schulhose, so bleibt er in der Nähe liegen. Bewegt man die flache Seite eines Lineals durch das Wasser, so spürt man einen größeren Widerstand, als wenn man die scharfe Seite durch das Wasser bewegt. Im Wasser kann man sich schwerer vorwärts bewegen als in der Luft. Bei einem Sturmwind, der uns von vorn trifft, können wir nur mit großer Mühe vorwärts kommen.

Versuche: 1. Man stellt ein glattes Brett so schräg auf, daß ein darauf gelegtes Buch abwärts gleitet. Dann legt man auf das glatte Brett ein rauhes Tuch und wiederholt den Versuch. — Das Buch bleibt liegen. 2. Man stellt das glatte Brett so schräg auf, daß das Buch liegen bleibt. Nun legt man eine Kugel auf das Brett. — Sie bewegt sich abwärts.

Erklärung: a) Der Stein wird mit einer gewissen Kraft in die Höhe geworfen. In jedem Augenblick zieht die Schwerkraft ihn nach unten, verringert also die Bewegung, so daß der Stein endlich zur Ruhe kommt. Da die Schwerkraft weiter auf ihn einwirkt, so kehrt er zur Erde zurück. Das erste Hindernis der Bewegung ist die Schwerkraft.

b) Der Ball und das Buch kommen zur Ruhe, weil beide, wie auch die Körper, auf denen sie sich bewegen, eine raue Oberfläche haben. Selbst Körper mit polierter Oberfläche sind rauh. (Betrachte ein blankpoliertes Metall durch eine Lupe!) Die Erhabenheiten des einen Körpers greifen in die Vertiefungen des andern; die Körper reiben sich aneinander. Das zweite Hindernis der Bewegung ist die Reibung. Soll der Körper sich bewegen, so müssen entweder die Unebenheiten fortgerissen, oder es muß der Körper über sie hinweggehoben werden. Es muß also entweder die Kohäsion oder die Schwerkraft überwunden werden. Die erste Art der Reibung ist die gleitende (Buch auf dem schrägen Brette), die zweite die rollende (Ball). Aus dem Versuch ergibt sich, daß die gleitende Reibung größer ist als die rollende.

Manchmal ist die Reibung nützlich, manchmal schädlich. Ohne die Reibung würde auch kein Nagel in der Wand halten; ohne sie würden wir nicht sicher stehen können. Bei den Maschinen ist die Reibung schädlich, da durch sie ein großer Teil der Kraft aufgezehrt wird. Weil die Reibung um so größer ist, je rauher die einander reibenden Flächen sind (vgl. Buch auf glatter und rauher Unterlage!), so poliert man sie und füllt die dann noch vorhandenen Unebenheiten mit Fett aus (man schmiert die Maschine).

c) Im Wasser und in bewegter Luft kommt man schwer vorwärts, weil man die Kohäsion ihrer Molekeln überwinden muß. Wasser und Luft sind die Mittel, in denen man sich bewegt. Das dritte Hindernis der Bewegung ist der Widerstand des Mittels. Dieser ist um so größer, je stärker die Kohäsion ist, je dichter also das Mittel ist.

Gesetz: Die Hindernisse der Bewegung sind die Schwerkraft, die Reibung und der Widerstand des Mittels.

Aufgaben: 1. Weshalb streut man bei Glatteis Asche, Sand oder Sägespäne auf die Wege? 2. Weshalb pflügt es sich mit einer blanken Pflugshare leichter als mit einer rostigen? 3. Weshalb bestreichen Kunstreiter und Seiltänzer ihre Schuhsohlen mit Kreide? 4. Weshalb schüttet man in enge Handschuhe und Stiefel Talc? 5. Weshalb legen Fuhrleute, wenn sie bergab fahren, einen Hemmschuh unter das Rad oder ziehen die Bremse

an? 6. Weshalb überzieht man schräge Pultdedel mit Tuch? 7. Weshalb ist die Bewegung des Wassers in der Mitte des Flusses schneller als am Ufer? 8. Weshalb bestreicht man bei einem Stapellauf die Hellinge mit Seife? 9. Weshalb kann ein Pferd einen schweren Wagen auf den Eisenbahnschienen ziehen, den es auf der Straße nicht von der Stelle bewegen würde? 10. Weshalb ist ein Pflug leichter im Sandboden als im Tonboden zu bewegen? 11. Weshalb gibt man den Schiffen eine spitze Form? 12. Was hat man zu tun, wenn sich der Schlüssel im Schlosse schwer drehen läßt? 13. Weshalb gleitet man auf gewachstem (gebohntem) Fußboden leicht aus?

§ 11. Der Schwerpunkt.

Erfahrung: Ein Lineal, das nicht unterstützt wird, fällt zur Erde. Wir können es so auf den ausgestreckten Finger legen, daß es nicht fällt.

Versuche: 1. Man legt eine kreisrunde Pappscheibe, die überall gleich dick ist, mit ihrem Mittelpunkt auf die Fingerspitze. — Sie fällt nicht, sondern bleibt im Gleichgewicht, d. h. sie bleibt in wagerechter Lage in Ruhe. 2. Man unterstützt sie in einem andern Punkte. — Sie fällt. Die eine Seite bekommt das Übergewicht.

Erklärung: Jeder irdische Körper fällt in Folge der Schwerkraft zur Erde. Soll er nicht bewegt werden, so muß er unterstützt werden. Es ist aber nicht nötig, daß alle seine Punkte unterstützt werden, um das Fallen zu verhindern; es genügt dazu die Unterstützung eines einzigen Punktes. Diesen Punkt, in dem man sich also das ganze Gewicht des Körpers vereinigt denken kann, nennt man den Schwerpunkt des Körpers. Bei einer überall gleich dicken kreisförmigen Scheibe liegt er im Mittelpunkt.

Um die Lage des Schwerpunktes zu finden, stellt man folgende Versuche an:

3. Eine quadratförmige Pappscheibe wird in der Nähe des Randes mit einer dünnen Stricknadel durchbohrt, so daß sie sich mit Leichtigkeit um diese drehen läßt. Dann klemmt man die Stricknadel in einem Stativ fest, so daß sie wagerechte Richtung hat, und hängt die Scheibe darauf. Jetzt hängt man an der Nadel ein Lot auf; es gibt die Richtung an, in der die Schwerkraft auf die Pappscheibe einwirkt. Diese Richtung überträgt man mit einem Bleistift auf die Pappscheibe. Die Senkrechte von dem Unterstützungspunkt nennt man die Schwerlinie. Darauf hängt man in gleicher Weise die Pappscheibe in mehreren andern in der Nähe des Randes gelegenen Punkten auf und zieht die entsprechenden Schwerlinien. — Alle Schwerlinien schneiden einander in einem Punkte.

4. Die Pappscheibe wird in dem Schnittpunkt der Schwerlinien durchbohrt und in diesem Punkt auf die wagerecht befestigte Stricknadel gehängt. Dann dreht man die Scheibe mehrfach. — Sie befindet sich stets im Gleichgewicht. Der Schnittpunkt ist also der Schwerpunkt.

Ergebnis: Man findet den Schwerpunkt eines Körpers, indem man diesen nacheinander in mehreren Punkten unterstützt und die Schwerlinien zieht. Der Schnittpunkt der Schwerlinien ist der Schwerpunkt.

5. Suche auf die angegebene Weise den Schwerpunkt einer quadratischen, rechteckigen, dreieckigen, ringförmigen Pappscheibe!

Ergebnis: Beim Quadrat und Rechteck liegt der Schwerpunkt in der Mitte, beim Dreieck im Schnittpunkt der Mittellinien, beim Ring außerhalb der Masse des Körpers.

6. Bestimme den Schwerpunkt eines Hammers und eines Beils!

Ergebnis: Bei Körpern von ungleicher Verteilung der Masse (ungleicher Dichtigkeit) liegt der Schwerpunkt in der Nähe des dichteren Teils oder in ihm.

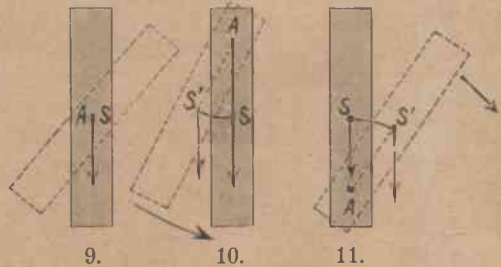
Aufgaben: 1. Der Schwerpunkt des menschlichen Körpers liegt etwa in der Mitte einer Linie, die etwas unterhalb des Nabels von vorn nach hinten den Körper durchschneidet. Welche Folge hat es für die Lage des Schwerpunkts, wenn jemand a) einen schweren Wäschekorb vor sich, b) einen schweren Sack auf dem Rücken, c) einen Eimer mit Wasser in der linken, d) einen Eimer mit Wasser in der rechten Hand trägt? 2. Das Gefäß einer Petroleumlampe mit hoher Säule wird mit Petroleum gefüllt. Welchen Einfluß hat dies auf die Lage des Schwerpunkts? 3. Der hohle Fuß einer Lampe wird mit Blei ausgegossen. Welchen Einfluß hat dies auf die Lage des Schwerpunkts?

§ 12. Die Gleichgewichtslagen.

Versuche: 1. Man durchbohrt eine rechteckige Pappscheibe im Schwerpunkt und hängt sie in ihm an einer wagerechten Stricknadel auf. Dann bringt man sie in verschiedene Lagen. — Sie ist stets im Gleichgewicht (Abb. 9).

2. Man unterstützt sie in einem Punkt über dem Schwerpunkt und bringt sie aus dem Gleichgewicht. — Die Scheibe pendelt hin und her, bis sie endlich wieder im Gleichgewicht ist. Dann hat der Schwerpunkt die tiefste Lage eingenommen (Abb. 10).

3. Man unterstützt die Scheibe in einem Punkte senkrecht unter dem Schwerpunkt. — Auch jetzt ist sie im Gleichgewicht; aber die geringste Bewegung verursacht, daß die Scheibe umkippt und der Schwerpunkt die Lage senkrecht unter dem Unterstützungspunkt einnimmt (Abb. 11).



9.

10.

11.

1. Gesetz: Der Schwerpunkt eines Körpers hat immer das Bestreben, die tiefste Stelle einzunehmen.

Ein Körper, der im Schwerpunkt unterstützt ist, ist in jeder Lage im Gleichgewicht. Er befindet sich im gleichgültigen Gleichgewicht. Ein Körper, der senkrecht über dem Schwerpunkt unterstützt ist, kehrt stets wieder in die Gleichgewichtslage zurück, wenn er aus ihr gebracht ist. Er befindet sich im sicheren Gleichgewicht. Ein Körper, der senkrecht unter dem Schwerpunkt unterstützt ist, verliert leicht das Gleichgewicht. Er befindet sich im unsicheren Gleichgewicht. Ein Körper, der sich im sicheren Gleichgewicht befindet, hängt; ein Körper, der sich im unsicheren Gleichgewicht befindet, steht. Den Unterstützungspunkt eines hängenden Körpers nennt man auch den Aufhängepunkt.

2. Gesetz: Man unterscheidet das gleichgültige, das sichere und das unsichere Gleichgewicht.

Aufgaben: 1. Welche dreifache Lage kann der Schwerpunkt zum Unterstützungspunkt haben? 2. Wann hängt ein Körper ruhig? 3. Wie verfährt man, um das Fallen einer Stange zu verhindern, die man auf dem Finger „balanciert“? 4. Weshalb schießt

man dabei immer nach der Spitze der Stange? 5. Weshalb dürfen in Kinderzimmern keine Steh-, sondern nur Hängelampen gebraucht werden? 6. Gib für folgende Dinge die Art ihres Gleichgewichts an: der Schleifstein, die Hängelampe, der Seiltänzer, der Apfel an Baume, das Pendel der Uhr, das Gewicht der Uhr, der auf einem Beine stehende Storch, ein freistehender Fabrikshornstein, ein in der Hand getragener Eimer, ein an der Wand hängendes Bild! 7/ Schneid ein Stückchen Holundermark so zu, daß es etwa $1\frac{1}{2}$ cm lang und $\frac{3}{4}$ cm dick ist, und stecke von der Grundfläche aus einen Nagel mit gewölbtem, schwerem Kopfe hinein! Weshalb richtet es sich immer wieder auf, wenn du es auf die Seite legst? (Stehaufmännchen.) 8. Gieß das breite Ende einer Eischale mit Blei aus, nachdem du einen Nagel mit dem Kopfe nach unten hineingestellt hast. Auf diesen stecke einen Kork und schneide so viel davon ab, daß das Ganze die Form eines Eies hat! Weshalb stellt sich das Ei stets auf das stumpfe Ende? 9. Diese Vorrichtung läßt sich auch auf folgende Weise herstellen: Durchbohre ein Ei am spitzen und am stumpfen Ende und blase den Inhalt aus. Verschließ die Öffnung am breiten Ende durch aufgeklebtes Papier und stelle das Ei mit dem breiten Ende in eine Schale mit Sand. Darauf fülle die Schale so weit mit Sand, daß nur die Spitze mit der Öffnung hervorsteht. Endlich gieße mit Hilfe eines kleinen Blechtrichters etwas geschmolzenes Blei in das Ei! Dieses wird sich nachher stets aufrichten, wenn du das aus der unteren Öffnung etwa herausgeflossene Blei mit dem Messer abschneidest. 10. Fülle eine Flasche etwa zur Hälfte mit Wasser oder Sand und verschließ sie mit einem Kork, in den du von oben ein etwa 6—8 cm langes Ende einer Stricknadel steckst. Aus dem Ende eines zweiten Korkes schneide mit einem scharfen Messer einen schmalen Streifen heraus und steck eine Münze in den entstandenen Spalt. Darauf stecke von links und rechts je eine Gabel so in den zweiten Kork, daß die Stiele schräg abwärts reichen. Endlich stelle die Münze auf die Stricknadel! Weshalb fällt sie nicht von der Nadel herab?

§ 13. Die Standfestigkeit.

Erfahrung: Ein Kasten fällt leichter um, wenn er auf der kleinen Seitenfläche, als wenn er auf der breiten Grundfläche steht. Eine leere Weinflasche fällt leichter um als eine gefüllte. Eine Blumenvase fällt leicht um, wenn man hohe, schwere Blumen in sie gestellt hat.

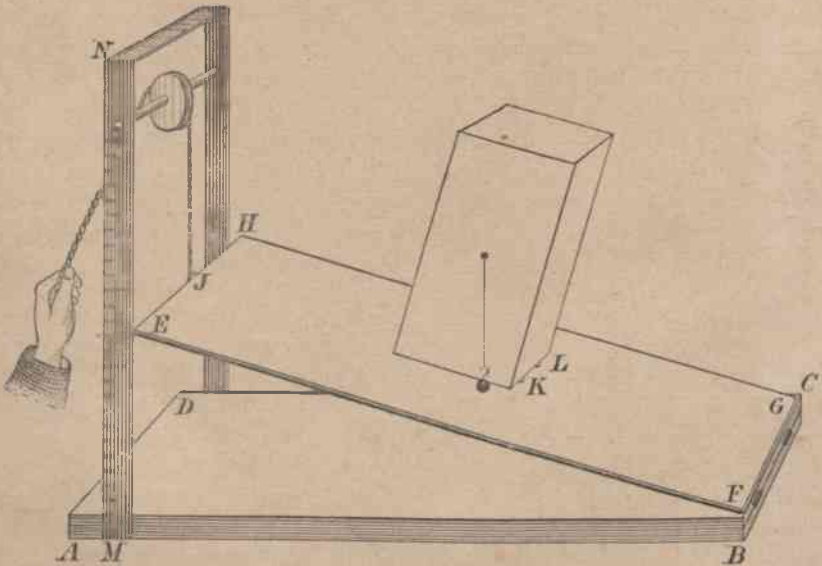
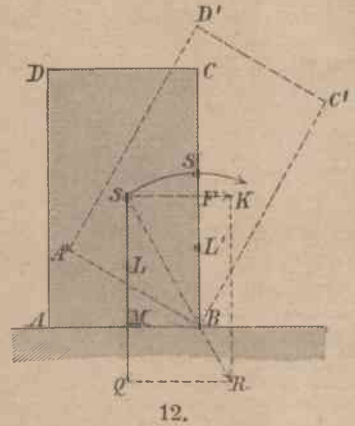
Versuche: 1. Man steckt eine Stricknadel in die ebene Fläche eines Korkes und stellt ihn darauf. — Er fällt sogleich um. 2. Man steckt eine zweite Stricknadel hinein und wiederholt den Versuch. — Der Kork fällt wieder um. 3. Man steckt eine dritte Stricknadel so in den Kork, daß die unteren Enden nicht in einer geraden Linie liegen, und wiederholt den Versuch noch einmal. — Jetzt steht der Kork.

Erklärung: Körper, deren Schwerpunkt höher als der Unterstützungspunkt liegt, stehen. Soll ein Körper sicher stehen, so darf er weder in einem, noch in zwei, sondern er muß in mindestens drei Punkten, die nicht in einer geraden Linie liegen, unterstützt werden. Diese drei Punkte bestimmen eine Fläche, die man die Unterstützungsfläche nennt.

Versuch: 4. Man zieht in den großen Flächen einer kleinen Zigarrenkiste ($\frac{1}{20}$) die Ecklinien. Die Schnittpunkte (Schwerpunkte) durchbohrt man und steckt eine Stricknadel hindurch. Hierauf nagelt man den Deckel zu und stellt die Kiste auf die kleine Endfläche. Jetzt hängt man an der Stricknadel ein kleines Bleilot auf, das die Schwerlinie andeutet. Darauf dreht man die Kiste um die kurze Grundflächenkante. — Solange die Schwerlinie noch in die Unterstützungsfläche fällt, kehrt der Körper in seine frühere Lage zurück. Sobald aber die Schwerlinie nicht mehr die Unterstützungsfläche trifft, kippt der Körper um (Abb. 12).

1. Gesetz: Ein Körper fällt, sobald seine Schwerlinie nicht mehr die Unterstütsungsfläche trifft.

Versuche: 5. (Abb. 13.) Man verbindet zwei Brettchen ABCD und EFGH durch Scharniere und befestigt auf dem Grundbrett zwei oben verbundene senkrechte Leisten, zwischen denen sich eine Rolle befindet. Auf der Rolle liegt eine Schnur, deren eines Ende in der Mitte J der Kante EH befestigt ist. Auf dem oberen Brettchen befinden sich zwei Nägel K und L, die soweit in das Brettchen getrieben sind, daß nur ihre runden Köpfe hervorragen. Sie sollen nur das Hinabgleiten, nicht aber das Umlippen der Körper verhindern. Auf das anfangs wagerecht liegende Brettchen EFGH stellt man ein säulenförmiges Kästchen, dessen Grundfläche etwa 6 cm lang und ebenso breit ist, und dessen Höhe etwa 15 cm beträgt. — Ein leichter Stoß genügt, es umzuwerfen. Darauf füllt man das Kästchen mit Sägespänen. — Jetzt muß man schon stärker stoßen, um es zu Fall zu bringen. Endlich füllt man es mit Schrotkörnern. — Nun gehört ein noch stärkerer Stoß dazu. Ein Körper steht also desto sicherer, je größer sein Gewicht ist.



6. Das leere Kästchen wird so auf das obere Brettchen gelegt, daß seine vordere Grundflächenkante gegen die Nägel K und L stößt. Sodann zieht man langsam an der Schnur, bis der Körper fällt. Die Größe der

Neigung des oberen Brettchens kann man an der Zentimereinteilung des Stäbchens MN ablesen. Nachdem das Brettchen wieder wagerecht ist, stellt man auf dieses ein Kästchen von gleicher Höhe, aber einer Grundfläche von 10 cm Länge und Breite. — Das Brettchen muß mehr gehoben werden, wenn der Körper fallen soll. Endlich führt man den Versuch mit einem Kästchen von 15 cm Länge, Breite und Höhe aus. — Das Kästchen steht noch sicherer. Ein Körper steht also desto sicherer, je größer seine Unterstüßungsfläche ist.

7. Das erste Kästchen füllt man zu einem Drittel mit Schrotkörnern und zu zwei Dritteln mit Sägespänen oder Watte. Dann führt man den vorhin beschriebenen Versuch aus. — Der Körper steht sicher. Hierauf füllt man die unteren zwei Drittel mit Sägespänen oder Watte und das obere mit Schrotkörnern an. — Das Kästchen steht weniger sicher. Dadurch, daß man das obere Drittel mit Schrotkörnern gefüllt hat, ist der Schwerpunkt nach oben verlegt (§ 11,6). Ein Körper steht also desto sicherer, je tiefer sein Schwerpunkt liegt.

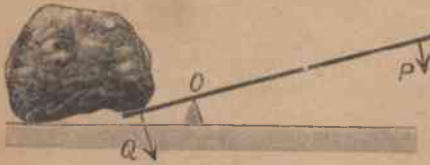
2. Gesetz: Ein Körper steht desto sicherer, je größer sein Gewicht und seine Unterstüßungsfläche ist und je tiefer der Schwerpunkt liegt.

Aufgaben: 1. Die Unterstüßungsfläche des Menschen ist ein Viereck, das entsteht, wenn man durch gerade Linien die Spitze des linken Fußes, die des rechten Fußes, die Ferse des rechten Fußes und die des linken Fußes verbindet. Weshalb ist ein Mensch leicht umzustößen, wenn Fersen und Fußspitzen geschlossen sind? 2. Weshalb vergrößert die Ausfallstellung die Standfestigkeit? 3. Weshalb kann man, wenn man den linken Fuß fest gegen eine Wand stellt, den rechten nicht aufheben, ohne umzufallen? 4. Weshalb ist es schwer, auf dem Schwebebalken oder auf einem Seile zu gehen? 5. Weshalb stehen die Kutscher auf dem Wagen mit gespreizten Beinen? 6. Weshalb kann man auf Stelzen nicht stehen? 7. Wie verändert sich beim Gehen und Laufen die Lage unseres Schwerpunkts? 8. Weshalb stehen vierfüßige Tiere sicherer als Menschen? 9. Weshalb richtet die Ente ihren Vorderkörper empor, wenn sie steht? 10. Weshalb watschelt die Ente? 11. Weshalb beugt man sich nach vorn, wenn man von einem Stuhl aufsteht? 12. Weshalb stehen hohe Lampen im allgemeinen nicht so fest als niedrige? 13. Weshalb beschwert man Schiffe mit Ballast? 14. Weshalb verzieht man Rennjachten mit einem Bleiwei? 15. Weshalb müssen Tischlampen einen großen Fuß haben? 16. Weshalb ist der Fuß der Klavierlampen mit Blei ausgegossen? 17. Weshalb fällt ein hochbeladener Wagen leicht um? 18. Wohin muß man in einem Bücherschrank oder auf einem Bücherbord die großen Bücher stellen? Grund? 19. Wohin muß die Hausfrau in ihrem Wäschschrank die schweren Wäschestücke legen? Grund? 20. Weshalb steht eine Spitzsäule sicherer als eine Ecksäule aus gleichem Stoff und von gleicher Grundfläche und Höhe? 21. Weshalb fällt ein Nähtischchen, das drei Beine an einer Mittelsäule besitzt, leichter um als ein ebenso großes, das von vier Beinen getragen wird? 22. Weshalb haben Straßenbahn- und Eisenbahnwagen kleine Räder? 23. Weshalb sind die Mauern unten dicker als oben?

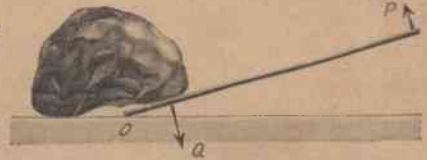
§ 14. Der Hebel.

Erfahrung: Wenn bei einem Straßenbau ein schwerer Stein bewegt werden soll, so stecken die Arbeiter eine unbiegsame Stange darunter, unter die sie einen Stein schieben. Dann drücken sie das freie Ende nach unten, worauf der erste Stein gehoben wird. Oder sie stecken die Stange darunter, so daß die Spitze die Erde berührt, und heben das freie Ende empor. Nachdem der Stein ein wenig fortbewegt ist, schieben sie die Stange wieder darunter und heben das freie Ende wieder empor (Abb. 14, 15).

Erklärung: Die oben beschriebene Brechstange dient zum Heben von Lasten. Sie ist unbiegsam und kann sich um einen Punkt (O) drehen. Dieser Punkt heißt der Unterstü- oder Drehpunkt. Jede unbiegsame Stange, die in einem Punkte so unterstützt ist, daß sie sich um ihn drehen läßt, heißt Hebel. An dem Hebel wirken im einfachsten Falle zwei Kräfte. Von diesen wird die eine als Last (Q), die andere



14.



15.

als Kraft (P) bezeichnet. Der Punkt des Hebels, an dem die Last angreift, wird Lastpunkt genannt. Den Punkt, an dem die Kraft angreift, nennt man Kraftpunkt. Durch die genannten drei Punkte zerfällt der Hebel in zwei Teile, die man Arme nennt. Den Teil, der zwischen Unterstü- und Lastpunkt liegt, nennt man Lastarm (OQ), den Teil, der zwischen Unterstü- und Kraftpunkt liegt, Kraftarm (OP). In Abb. 14 liegen beide Arme zu verschiedenen Seiten des Unterstü- oder Drehpunkts (links und rechts von ihm); in Abb. 15 dagegen liegen sie an derselben Seite (beide rechts). Den ersten Hebel nennt man einen **zweiseitigen**, den zweiten einen **einseitigen**. Die beiden Arme sind entweder gleich oder ungleich. Danach unterscheidet man beim zweiseitigen Hebel wieder gleicharmige und ungleicharmige.

1. Der zweiseitige Hebel.

a) Der gleicharmige zweiseitige Hebel (Abb. 16).

Versuche: 1. Auf den beiden Hebelarmen trägt man gleiche Teile, etwa Zentimeter, ab. In 5 cm Entfernung vom Unterstü- oder Drehpunkt hängt man 1 g auf. — Der Arm senkt sich; das Gleichgewicht ist also gestört. Um den Hebel wieder ins Gleichgewicht zu bringen, muß man an den andern Arm in 5 cm Entfernung ebenfalls 1 g aufhängen. 2. Man hängt 10 cm links vom Unterstü- oder Drehpunkt 3 g auf. 3 g, die man 10 cm rechts vom Unterstü- oder Drehpunkt aufhängt, halten ihnen das Gleichgewicht. 3. Man hängt 4 g im Abstände 7 vom Unterstü- oder Drehpunkt auf. Um ihnen das Gleichgewicht zu halten, müssen im Abstände 7 des andern Arms ebenfalls 4 g aufgehängt werden.

1. Gesetz: Der gleicharmige Hebel ist im Gleichgewicht, wenn Kraft und Last einander gleich sind.

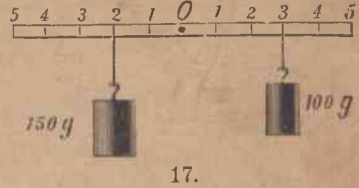


16.

b) Der ungleicharmige zweiseitige Hebel (Abb. 17).

Versuch: 4. Hängt man 2 Teile links vom Unterstützungspunkt 150 g auf, so muß man 3 Teile rechts vom Unterstützungspunkt 100 g aufhängen, um den Hebel ins Gleichgewicht zu bringen. Im Gleichgewicht ist der Hebel auch in folgenden Fällen:

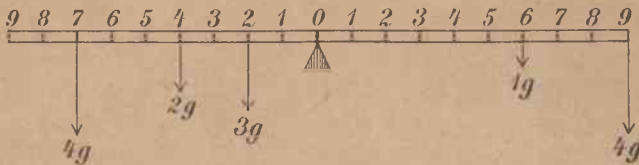
	Kraft:	Kraftarm:	Last:	Lastarm:
a)	7	4	14	2
b)	2	5	5	2
c)	2	6	4	3
d)	5	10	25	2
e)	4	9	12	3



17.

Multipliziert man im Beispiel a Kraft und Kraftarm sowie Last und Lastarm miteinander, so erhält man in beiden Fällen 28, im Beispiel b 10, bei c 12, bei d 50, bei e 36. Die Produkte aus Kraft und Kraftarm und aus Last und Lastarm sind also stets einander gleich. Das Produkt aus Kraft und Kraftarm nennt man die Leistung der Kraft, das Produkt aus Last und Lastarm die Leistung der Last.

2. Gesetz: Der ungleicharmige zweiseitige Hebel ist im Gleichgewicht, wenn die Leistung der Kraft gleich der Leistung der Last ist.



18.

Oft wirken an einem Hebel mehr als zwei Kräfte (Abb. 18).

Versuch: 5. An dem Hebel wirkt im Abstand 2 eine Last von 3 g, im Abstand 4 eine Last von 2 g, im Abstand 7 eine solche von 4 g. Der Hebel ist im Gleichgewicht, wenn am andern Arm im Abstand 6 eine Kraft von 1 g und im Abstand 9 eine solche von 4 g wirken.

Die Gesamtleistung der Last ist $3 \cdot 2 + 2 \cdot 4 + 4 \cdot 7 = 42$, die Gesamtleistung der Kraft $1 \cdot 6 + 4 \cdot 9 = 42$. Es sind also auch hier die Leistungen von Kraft und Last einander gleich.

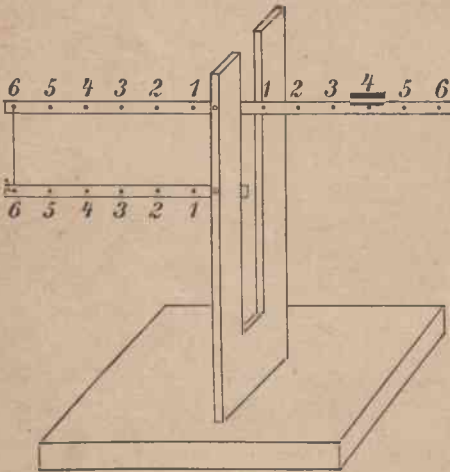
2. Der einseitige Hebel (Abb. 19).

Versuche: 6. Ein gleicharmiger Hebel ist in einer Schere aufgehängt; unter ihm ist in derselben Schere ein halb so langer einseitiger Hebel befestigt; dessen freies Ende ist mit dem Ende des gleicharmigen durch einen gebogenen Draht beweglich verbunden. Durch ein auf dem rechten Arme bewegliches Bleigewicht (Laufgewicht) wird der Hebel ins Gleichgewicht gebracht. Im Punkte 2 des einseitigen Hebels hängt man 6 Gewichte¹⁾

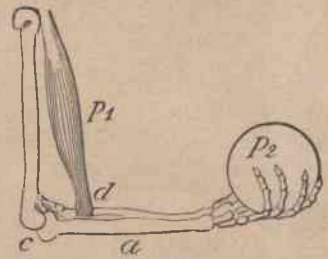
¹⁾ Man benutzt gewöhnlich gleich schwere Bleilote oder g-Gewichte.

auf. — Das Gleichgewicht ist gestört. Soll es wieder hergestellt werden, so muß eine Kraft nach oben wirken. Zu dem Zwecke hängt man im Punkte 4 des rechten Armes 3 Gewichte auf. Diese wirken mit einer Kraft von $3 \cdot 4 = 12$ nach unten und halten einer Last von 2, die im Punkte 6 des linken Armes wirkt, das Gleichgewicht ($2 \cdot 6 = 12$). Der Punkt 6 des linken Armes wird also mit der Kraft 2 nach oben gezogen.

Sie hält also der ursprünglichen Last, die im Punkte 2 des einseitigen Hebels wirkt, das Gleichgewicht. Die Leistung dieser Last ist $6 \cdot 2 = 12$, also ebensoviel wie die der Kraft, die im Punkte 4 des rechten Armes wirkt.



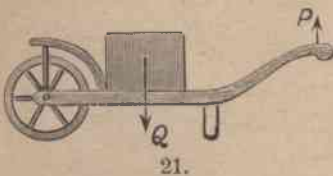
19.



20.

7. Im Punkte 4 des einseitigen Hebels hängt man 9 Gewichte auf. Um ihnen das Gleichgewicht zu halten, müssen im Punkte 6 des rechten Armes 6 Gewichte oder im Punkte 4 9 Gewichte oder im Punkte 3 12 Gewichte oder im Punkte 2 18 Gewichte hängen. Sie wirken mit einer Kraft von 36 nach unten und halten einer im Punkte 6 des linken Armes wirkenden Last von 6 das Gleichgewicht. Auch hier ist also die Leistung der Kraft gleich der Leistung der Last.

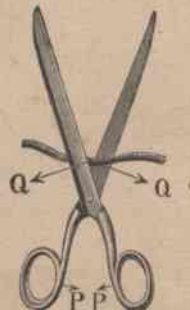
3. Gesetz: Der einseitige Hebel ist im Gleichgewicht, wenn die Leistung der Kraft gleich der Leistung der Last ist.



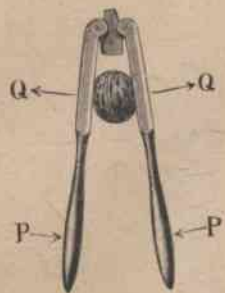
21.



22.



23.



24.

Beide Gesetze vereinigt lauten:

Der Hebel ist im Gleichgewicht, wenn die Leistung der Kraft gleich der Leistung der Last ist.

Anwendung finden sowohl der zweiseitige als auch der einseitige Hebel an den verschiedensten Gegenständen (Abb. 20—24).

Aufgaben: 1. Gib für jeden der abgebildeten Gegenstände an, ob er a) ein zweiseitiger oder einseitiger Hebel, b) ein gleicharmiger oder ungleicharmiger Hebel ist! 2. Wohin müssen die Arbeiter bei der Brechstange den Stein schieben, der diese unterstützt, wenn eine möglichst geringe Kraft angewandt werden soll? 3. Wo muß unter der gleichen Voraussetzung die Last auf der Schubtarre liegen? 4. Wo muß der Faden zwischen den Schneiden der Schere liegen, wenn er mit leichter Mühe durchgeschnitten werden soll? 5. Wo muß die Nuß liegen? 6. Berechne in folgenden Aufgaben den fehlenden Teil!

	Last:	Lastarm:	Kraft:	Kraftarm:
a)	200 kg	0,50 m	? kg	4 m
b)	152 "	0,80 "	?	2 "
c)	105 "	0,25 "	15 "	? "
d)	80 "	0,30 "	8 "	? "
e)	? "	0,20 "	7 "	2,40 "
f)	? "	0,45 "	24 "	2,70 "
g)	2400 "	? "	96 "	2,50 "
h)	480 "	? "	55 "	2,40 "

7. Weshalb haben Blechscheren sehr lange, Papierschere aber kurze Griffe? 8. Wo liegen bei einem Ruder Unterstüßungs-, Kraft- und Lastpunkt? Was für ein Hebel ist es also? 9. Auf einer Wippe sitzt 2 m vom Unterstüßungspunkt entfernt ein Knabe, dessen Gewicht 48 kg beträgt. Auf der entgegengesetzten Seite sitzt seine Schwester 2,40 m vom Unterstüßungspunkt entfernt. Wie schwer ist sie, wenn die Wippe im Gleichgewicht ist? Zeichne die Wippe! 10. Zwei Knaben, von denen der eine 52 kg und der andere 39 kg schwer ist, legen ein Brett über einen Balken, um es als Wippe zu benutzen. Der schwere Knabe sitzt 1,50 m vom Unterstüßungspunkt entfernt. Wo muß der andere Knabe sitzen, wenn das Brett im Gleichgewicht sein soll? 11. Suche Hebel an den Dingen deiner Umgebung auf und bestimme an ihnen die drei Punkte!

§ 15. Die Rolle.

Erfahrung: Wenn Kornsäcke auf den Boden des Speichers gebracht werden sollen, so führt man das Tau, an dem sie hängen, über eine Rolle, die oben befestigt ist. An dem freien Ende des Taus zieht man abwärts. Ebenso werden Balken, Steine, Mörtel u. dgl. auf die Gerüste an Neubauten gebracht. Die Hängelampe hängt in 3 Ketten, die über oben befindliche Rollen laufen. Am andern Ende tragen sie ein Gewicht, das ebenso schwer wie die Lampe ist. Es bewirkt, daß die Lampe in jeder Höhe im Gleichgewicht ist. Wenn man das Offenstehen einer Tür verhindern will, so befestigt man an ihr eine Schnur, leitet diese über eine Rolle und hängt ein Gewicht daran. Der Zug des Gewichtes schließt die Tür.

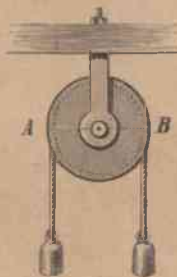
Erklärung: Eine Rolle ist eine freisrunde Scheibe, die sich um ihre Achse drehen kann. Sie besitzt am Rand eine Rinne, die zur Aufnahme einer Schnur (Kette, Riemen) dient. Die Achse ist in einer Schere befestigt. Wenn die Rolle so aufgehängt ist, daß sie bei der Arbeit an dem Orte bleibt, so heißt sie eine feste Rolle. Hebt oder senkt sie sich aber bei der Arbeit, so nennt man sie eine lose oder eine bewegliche Rolle.

1. Die feste Rolle (Abb. 25).

Verfuche: 1. Aber eine feste Rolle legt man eine Schnur und hängt an das eine Ende ein Gewicht. — Es fällt. 2. Man hängt an das andere Ende ein gleiches Gewicht. — Die Rolle bewegt sich nicht. Sie befindet sich im Gleichgewicht. 3. Man hängt an das erste Ende 20, 30, 40 g. — Die Rolle ist nur dann im Gleichgewicht, wenn am andern Ende der Schnur eine gleiche Anzahl von g hängt.

1. Gesetz: Die feste Rolle ist im Gleichgewicht, wenn die Kraft gleich der Last ist.

Das gleiche Gesetz gilt beim gleicharmigen Hebel. Kraft und Last wirken an der Rolle da, wo die Schnur sie berührt, also in A und B. Der Durchmesser AB stellt einen gleicharmigen Hebel dar, dessen Unterstützungspunkt in der Achse der Rolle ist. Bezeichnen wir diese mit M, so ist AM der Lastarm und BM der Kraftarm.

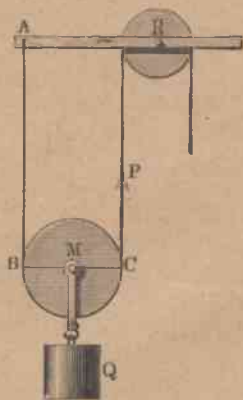


25.

Bei Anwendung einer festen Rolle wird also keine Kraft gespart. Man wendet sie nur an, um der Kraft eine andere Richtung zu geben. Es ist bequemer und weniger gefährlich, mit ihrer Hilfe einen Balken auf ein Gerüst zu heben, als oben zu stehen und ihn hinaufzuziehen. Bei Anwendung einer zweiten festen Rolle kann man der Kraft noch einmal eine andere Richtung geben. Das geschieht z. B., wenn ein Pferd eine Last heben soll (Abb. 26).



26.



27.

2. Die lose Rolle (Abb. 27).

Verfuche: 1. Um eine bewegliche Rolle legt man eine Schnur. Das eine Ende der Schnur befestigt man im Punkt A des Stativs und leitet das freie Ende über eine feste Rolle R. — Da die bewegliche Rolle selbst ein Gewicht hat, fällt sie zur Erde. Man hängt an das freie Ende der Schnur so viel Gewichte, daß die lose Rolle im Gleichgewicht ist. Um diese Gewichte von den andern, die später der Belastung das Gleichgewicht

halten, unterscheiden zu können, bestreicht man sie mit Kreide. 2. An die lose Rolle hängt man ein Gewicht; sie fällt. Hängt man an den Faden ein Gewicht, so wird sie gehoben. — Erst wenn man an die lose Rolle noch ein Gewicht hängt, ist sie im Gleichgewicht. 3. Hängt man an die lose Rolle 3 Gewichte, so sinkt sie; hängt man an den Faden 2 Gewichte, so wird sie gehoben. — Erst wenn man an die lose Rolle noch ein viertes Gewicht hängt, ist sie im Gleichgewicht. 4. Fernere Versuche zeigen, daß Gleichgewicht vorhanden ist, wenn

die Last:	die Kraft:	
6	3	}
8	4	
10	5	
12	6	
		Gewichte beträgt.

2. Gesetz: Die lose Rolle ist im Gleichgewicht, wenn die Kraft gleich der Hälfte der Last ist.

Denkt man sich die Schnur über der Rolle M durchschnitten, so müssen an den Schnittflächen zwei gleiche Kräfte nach oben wirken, um das Fallen zu verhindern (die Rolle also im Gleichgewicht zu halten). Jede Kraft ist gleich der Hälfte der Last. Die eine Hälfte der Last Q zieht an dem Aufhängepunkt A; der andern wird durch P das Gleichgewicht gehalten.

Der Durchmesser BC der losen Rolle stellt einen Hebel dar. Die Last greift in M, die Kraft in C an. B ist der Unterstützungspunkt. Da Kraftpunkt und Lastpunkt an derselben Seite vom Unterstützungspunkt liegen, so ist der Durchmesser der losen Rolle als ein einseitiger Hebel anzusehen, dessen Kraftarm doppelt so lang ist als der Lastarm.

Aufgaben: 1. Mittels einer festen Rolle soll ein Saß gehoben werden, dessen Gewicht 100 kg beträgt. Welche Kraft hält ihm das Gleichgewicht? 2. Wie groß muß die Kraft sein, wenn der Saß gehoben werden soll? 3. Welche Kraft hält ihm bei Anwendung einer beweglichen Rolle das Gleichgewicht? 4. Wie groß muß die Kraft sein, wenn er gehoben werden soll? 5. Jemand besitzt eine Kraft von 56 kg. Einer wie großen Last kann er bei Anwendung einer festen Rolle das Gleichgewicht halten? 6. Einer wie großen Last kann er bei Anwendung einer losen Rolle das Gleichgewicht halten? 7. Eine Last von 470 kg wird mittels einer 8 kg schweren losen Rolle emporgezogen. Wie groß ist die dazu nötige Kraft? 8. Weshalb müssen die Lager der Scheren, in denen sich die Achsen der Rollen drehen, fleißig geschmiert werden? 9. Fertige dir aus 5—6 mm starken Brettchen mit der Laubsäge kreisrunde Scheiben und stelle mittels einer Rundfeile am Rande eine Rinne her. Aus dem gleichen Brettchen säge Scheren. Stelle dann Rollen her, wobei du Stricknadeln als Achsen gebrauchst! 10. Stelle mit Hilfe der Laubsäge aus etwa 2 mm starkem Zigarrenstiftensholz drei kreisförmige Scheiben her. Ihre Halbmesser betragen 20, 19 und 20 mm! Durchbohre sie im Mittelpunkt! Schieb sie auf eine Stricknadel und nagele oder leime sie zusammen! Stelle nach Aufg. 9 die Scheren der erhaltenen Rollen her!

§ 16. Die goldene Regel der Mechanik.

Zum Aufhängen von Rollen, Pendeln u. dgl. benutzt man passend einen etwa 1,20 m langen Stab von 3 cm Breite und 1 cm Dicke (Abb. 28). An einem Ende befinden sich zwei Ausschnitte; der rechte geht von oben nach unten, der linke von unten nach oben. In dem Futter der Tür (Abb. 29) oder an einem anderen passenden Orte (Fenster, Schrank usw.) bringt man

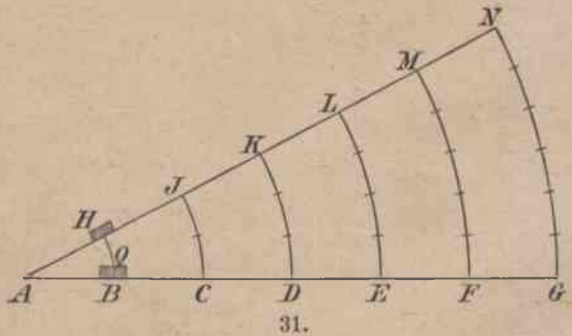
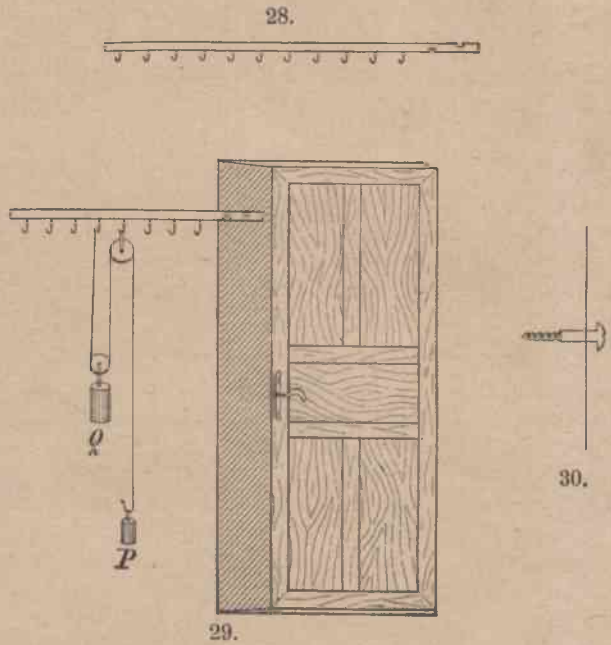
2 Schrauben mit runden Köpfen (Abb. 30) an, so daß der Aufhängestab dahintergeklemmt werden kann. Er selbst wird mit einer Anzahl Haken versehen, die gleichen Abstand voneinander haben.

Versuche: 1. An dem Aufhängestab bringt man eine feste und eine lose Rolle an und bewegt die lose Rolle so weit, daß die Last Q genau 1 m über dem Boden ist. Dann mißt man die Entfernung der Kraft P vom Boden. Sie betrage 1,80 m. Jetzt hebt man die Last um genau 0,50 m und mißt wieder die Entfernung der Kraft P vom Boden. — Sie beträgt nur noch 0,80 m. Während also die Last einen Weg von 0,50 m zurückgelegt hat, hat die Kraft einen solchen von 1 m zurückgelegt. Legt die Last einen

Weg von 0,40 m zurück, so bewegt sich die Kraft um $2 \cdot 0,40 \text{ m} = 0,80 \text{ m}$. Legt die Last einen Weg von 0,65 m zurück, so bewegt sich die Kraft um $2 \cdot 0,65 \text{ m} = 1,30 \text{ m}$. Bei Anwendung der beweglichen Rolle spart man die Hälfte an Kraft; diese muß aber einen doppelt so großen Weg als die Last zurücklegen.

2. Eine 3 m lange Stange (Abb. 31) ruht auf der Erde. Wir benutzen sie als einseitigen Hebel, indem wir 50 cm vom Ende A einen Gegenstand Q befestigen und den Hebel um A drehen.

Greift die Kraft 1 m von A entfernt in C an, so legt sie den Weg CJ zurück, die Last Q aber den Weg BH = $\frac{1}{2}$ JC. Da der Kraftarm $AC = 2 AB$ ist, so ist die Kraft = $\frac{1}{2} Q$. Greift die Kraft in D ($AD = 3 \times AB$) an, so gebraucht man $\frac{1}{3} Q$ als Kraft; diese legt aber einen dreimal so großen Weg zurück. Greift die Kraft in E an, so ist die Kraft = $\frac{1}{4}$ der Last, ihr Weg viermal so



groß als der der Last. Greift sie in F an, so ist sie = $\frac{1}{5}$ der Last, ihr Weg fünfmal so groß. Greift sie endlich in G an, so ist sie = $\frac{1}{6}$ der Last, ihr Weg sechsmal so groß. Was also an Kraft gewonnen ist, geht wieder am Wege verloren. Da man zu einem fünfmal so großen Wege bei gleicher Geschwindigkeit eine fünfmal so lange Zeit gebraucht, so geht auch eine fünfmal so lange Zeit verloren.

Gesetz: Was man an Kraft gewinnt, geht am Weg und an der Zeit verloren, oder: Der mechanische Vorteil ist gleich dem mechanischen Nachteil (die goldene Regel der Mechanik).

Aufgaben: 1. An einem Hebel beträgt die Last 48 kg, die Kraft 8 kg. Die Last wird um 19 cm gehoben. Einen wie großen Weg legt die Kraft zurück? 2. An einem Hebel beträgt die Last 95 kg, die Kraft 19 kg. Die Kraft legt einen Weg von 45 cm zurück. Um wieviel ist die Last gehoben? 3. Die an einer losen Rolle hängende Last beträgt 210 kg. Einen wie großen Weg hat die Kraft zurückgelegt, wenn die Last um 3,60 m gehoben ist? (Wie groß ist die Kraft?) 4. Um wieviel ist die Last gehoben, wenn die Kraft einen Weg von 10,40 m zurückgelegt hat? 5. An einem Hebel legt die Last einen Weg von 17 cm, die Kraft einen solchen von 153 cm zurück. Wie groß ist die Kraft, wenn die Last 666 kg wiegt? 6. An einem Hebel legt die Last einen Weg von 24 cm, die Kraft einen solchen von 132 cm zurück. Wie groß ist die Last, wenn die Kraft 40 kg beträgt? 7. Wie groß ist bei einem Hebel der Lastarm, wenn der Kraftarm 1,20 m mißt und die Kraft einen sechsmal so großen Weg als die Last zurücklegt? 8. Wie groß ist bei einem Hebel der Kraftarm, wenn der Lastarm 0,25 m mißt und die Kraft einen siebenmal so großen Weg als die Last zurücklegt?

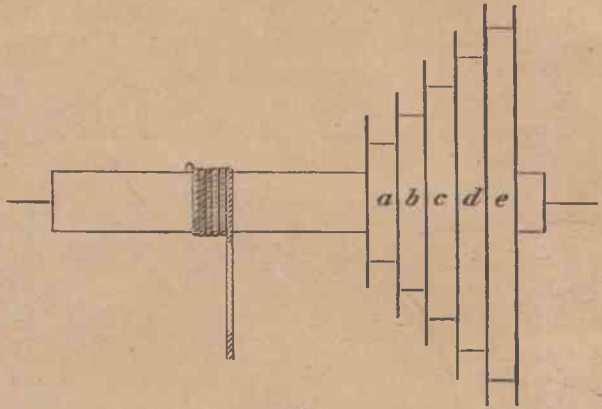
§ 17. Das Wellrad.

Erfahrung: Wenn ein sehr schwerer Stein auf ein Baugerüst gehoben werden soll, so wendet man mitunter eine wagerecht liegende Walze mit einem Querarm an, der einen Griff trägt. Das Seil, an dem die Last hängt, ist um die Walze geschlungen und wickelt sich beim Hinaufwinden um diese auf. Je länger der Querarm ist, um so leichter läßt sich der Stein emporwinden. An einer Kaffeemühle befindet sich eine senkrecht stehende Walze, die oben einen Querarm mit einem Griffe trägt. Am unteren Teile der Walze sitzt ein Rad, dessen Rand mit Riefen versehen ist. Ihm gegenüber sind ebenfalls Riefen angebracht. Die Bohnen geraten zwischen die beiden Reihen der Riefen und werden bei der Umdrehung des Rades zermahlen. Je näher nach der Walze hin man den Querarm anfäßt, desto schwerer ist die Kaffeemühle in Bewegung zu setzen.

Erklärung: Die hier angewendeten Vorrichtungen sind Wellräder. Das Wellrad besteht aus einer Walze (der Welle), an der sich ein oder mehrere Räder befinden, die fest mit der Welle verbunden sind und sich mit ihr um die gemeinsame Achse drehen. Das Rad ist mitunter durchbrochen (mit Speichen versehen). Oft ist sogar statt des Rades nur eine einzige Speiche vorhanden, die Kurbel, an der sich dann gewöhnlich ein Handgriff befindet.

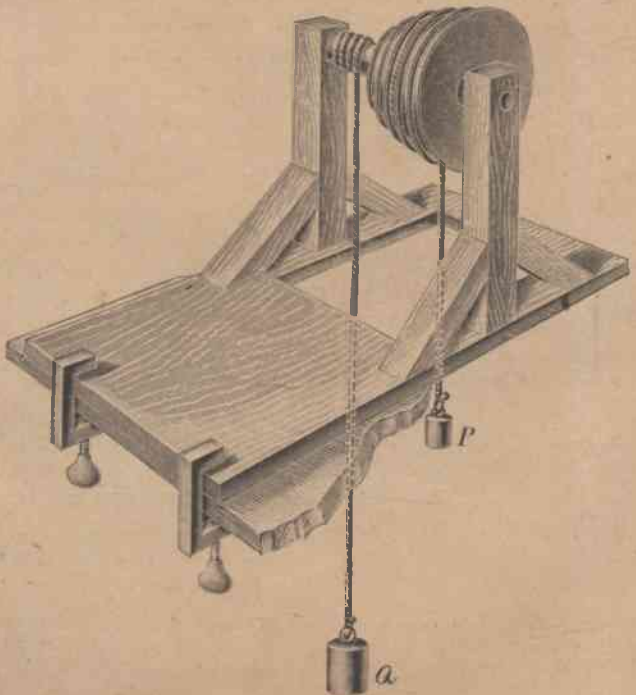
Aufgabe (Abb. 32, 33): Stelle aus einem Rouleaufstabe eine Welle von etwa 10 cm Länge her. Säge aus Zigarrenkistenholz kreisförmige Scheiben, deren Durchmesser genau 2, 3, 4, 5 und 6mal so groß als der der Welle ist. Trenne die einzelnen Scheiben durch kreisförmige dünne Blech- oder Holzscheiben, deren Durchmesser etwas größer als der der benachbarten Scheiben ist. Treib von beiden Enden Stricknadeln von passender Länge in die Welle, so daß sie die Achse bilden. Nagel die einzelnen Scheiben nach

Anweisung von Abb. 32 aufeinander und an die Welle! Zuletzt wird noch eine kleine Scheibe, deren Durchmesser gleich dem der Welle ist, auf das größte Rad genagelt. Stelle nach Anleitung von Abb. 33 eine Vorrichtung zum Aufstellen des Wellrades her (aus Kistenholz)! Schling um die Welle und die einzelnen Räder in folgender Weise Schnüre (Abb. 34), die ev. durch Stifte zu befestigen sind, um ein Abgleiten zu vermeiden! An den Enden der Schnüre werden die Gewichte angebracht.



32.

Versuche: 1. An die Welle hängt man 1 Gewicht; es fällt. Um ihm das Gleichgewicht zu halten, hängt man auch an Rad a 1 Gewicht. Das Gewicht an der Welle wird gehoben. Um dies zu verhindern, muß noch ein zweites Gewicht an die Welle gehängt werden. Die Kraft beträgt also die Hälfte der Last, wenn der Halbmesser der Welle zweimal in dem Halbmesser des Rades enthalten ist. 2. An Rad b hängt man 1 Gewicht. Um das Wellrad in Gleichgewicht zu bringen, muß man 3 Gewichte an die Welle hängen. Die Kraft beträgt also den dritten Teil der Last, wenn der Halbmesser der Welle dreimal in dem Halbmesser des Rades enthalten ist. 3. Auch bei folgenden Versuchen befindet sich das Wellrad im Gleichgewicht:



33.

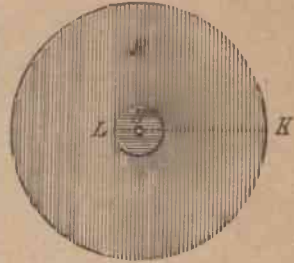
Kraft:	Last:				
	Rad: a	b	c	d	e
1	2	3	4	5	6
2	4	6	8	10	12
3	6	9	12	15	18
4	8	12	16	20	24



34.

Gesetz: Am Wellrad herrscht Gleichgewicht, wenn die Kraft so oft in der Last enthalten ist, wie der Halbmesser der Welle in dem Halbmesser des Rades.

Das Wellrad kann als ein ungleicharmiger Hebel angesehen werden, dessen Unterstützungspunkt in der Achse der Welle liegt. Der Halbmesser LD der Welle stellt den Lastarm, der Halbmesser DK des Rades den Kraftarm dar (Abb. 35).

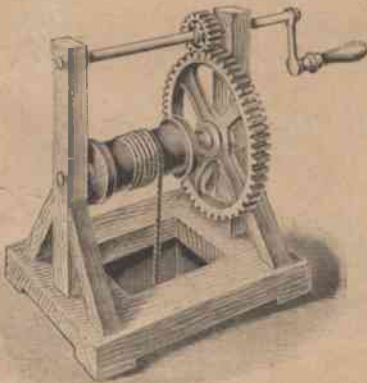


35.

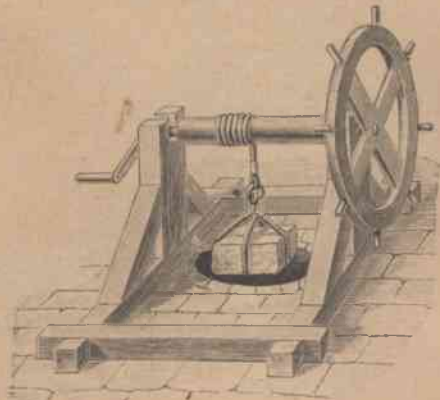
Versuch: 4. Man misst die Entfernung der Last vom Boden, desgleichen die der Kraft am Rade a. Hebt man die Last um 20 cm, so sinkt die Kraft um 40 cm. Wiederholt man den Versuch an den Rädern b, c, d und e, so zeigt sich, daß die Kraft einen Weg von 60, bzw. 80, 100 und 120 cm zurückgelegt hat.

Ergebnis: Auch am Wellrad geht, was man an Kraft gewinnt, am Weg und an der Zeit verloren (Goldene Regel der Mechanik).

Nicht immer hat die Welle wagerechte, sondern mitunter auch senkrechte Stellung. Wenn das Wellrad eine wagerechte Welle hat, so nennt man es Winde oder Haspel (Abb. 37); hat es eine senkrechte Welle, so wird es Göpel genannt (Abb. 38).



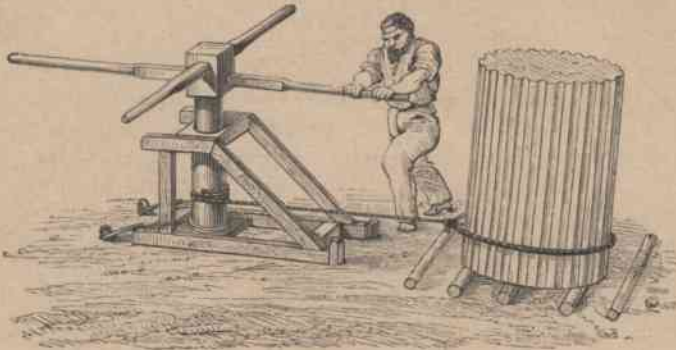
36.



37.

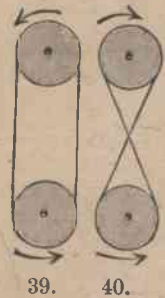
In vielen Fällen wendet man statt des ganzen Rades nur einige Speichen oder wohl gar eine einzige Speiche an, die dann mit einem Handgriff versehen ist. In diesen Fällen kann wegen der Kürze des menschlichen Armes

nicht über eine gewisse Länge der Kurbel hinausgegangen werden. Will man trotzdem bedeutend an Kraft sparen, so verwendet man mehrere Räder. Die Bewegung überträgt man von einem Rad auf das andere durch Zahnräder (Abb. 36) oder durch die sogenannte Schnur ohne Ende (Abb. 39, 40).



38.

Aufgaben: 1. Nenne Wellräder mit vollständigem Rade! 2. Nenne Wellräder mit Speichen! 3. Nenne Wellräder mit Kurbeln! 4. Welche Veränderung erleidet die Kraft, wenn man bei gleichem Rade die Welle a) dicker, b) dünner macht? 5. Welche Veränderung erleidet die Kraft, wenn man bei gleicher Welle a) ein größeres, b) ein kleineres Rad nimmt? 6. An einem Wellrad hängt eine Last von 960 kg. Der Halbmesser der Welle mißt 8 cm, der Halbmesser der Kurbel 48 cm. Eine wie große Kraft hält der Last das Gleichgewicht? Wie groß muß die Kraft sein, wenn die Last gehoben werden soll? 7. Einer wie großen Last kann ein Arbeiter an einem Wellrad mit 16 cm dicker Walze das Gleichgewicht halten, wenn der Halbmesser der Kurbel a) 24, b) 40, c) 48, d) 28, e) 36, f) 44 cm mißt und seine Kraft 65 kg beträgt? 8. Welchen Weg legt die Kraft in den einzelnen Fällen der Aufg. 7 zurück, wenn die Last jedesmal um 1 m gehoben wird? 9. Berechne, wieviel Kraft gebraucht wird und welchen Weg sie zurücklegt, wenn 120 kg 1 m gehoben werden. Es werden angewandt: a) ein gleicharmiger Hebel; b) ein ungleicharmiger Hebel, dessen Kraftarm dreimal so lang als der Lastarm ist; c) ein einseitiger Hebel, dessen Kraftarm sechsmal so lang als der Lastarm ist; d) eine feste Rolle; e) eine bewegliche Rolle; f) ein Wellrad, Halbmesser der Welle 7 cm, Länge der Kurbel 56 cm!



39.

40.

C. Vom Gleichgewicht und der Bewegung tropfbar-flüssiger Körper.

§ 18. Die Grundeigenschaften der Flüssigkeiten.

Erfahrung: Feste Körper, wie Eisen, Kreide, Holz usw., setzen der Trennung ihrer Teile einen mehr oder weniger starken Widerstand entgegen. Auf die Molekeln wirken 2 Kräfte ein; die Schwerkraft zieht sie nach unten, also auseinander; die Kohäsion hält sie zusammen. Die Kohäsion ist stärker als die Schwerkraft. Daher behalten feste Körper ihre Form. Anders ist es bei Wasser, Öl, Quecksilber, Weingeist, Milch. Ihre Teile halten nicht so fest aneinander, daß die Schwerkraft sie nicht zu trennen

vermöchte. Sie fließen auseinander. Kleine Mengen derselben nehmen die Form der Kugel an (Tropfen). Weil die Teile der Flüssigkeiten sich leicht verschieben lassen, müssen sie in Gefäßen aufbewahrt werden, deren Form sie dann annehmen. Die Oberfläche bildet eine wagerechte Ebene. Der Inhalt einer gefüllten Kaffeekanne läßt sich nicht in einer Tasse unterbringen; Flüssigkeiten nehmen einen bestimmten Raum ein; sie lassen sich fast gar nicht zusammendrücken.

Gesetz: Die Teile der Flüssigkeiten sind leicht verschiebbar. Flüssigkeiten besitzen wohl einen bestimmten Rauminhalt, aber keine bestimmte Form, sondern nehmen die Form des Gefäßes an, in dem sie sich befinden.

Aufgaben: 1. Auf welcher Eigenschaft der flüssigen Körper beruht ihre Fähigkeit zu fließen? 2. Weshalb fließt Wasser schneller als Öl? 3. Weshalb fließt das Wasser in Flüssen mit starkem Gefälle schneller als in Flüssen mit geringem? 4. Was für einen Winkel bildet die Oberfläche eines stillstehenden Gewässers mit einem darüber gehaltenen Lote? 5. Weshalb weicht die Richtung des Wassers am Rande des Gefäßes etwas von der wagerechten ab? (Abb. 2).

§ 19. Verbundene Gefäße.

Erfahrung: In der Ausflußröhre einer Kaffeekanne steht die Flüssigkeit ebenso hoch wie in dieser selbst. Hält man die Kanne schräg, so fließt die Flüssigkeit aus (Abb. 41). Das Wasser steigt in den Röhren einer Wasserleitung bis in die oberen Stockwerke eines Hauses empor. Gräbt man in der Nähe eines Gewässers ein Loch, so sammelt sich in diesem Wasser an; es steigt so hoch empor, daß seine Oberfläche mit der des Gewässers gleiche Höhe hat.



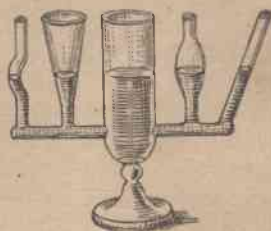
41.

Erklärung: Die Ausflußröhre der Kaffeekanne steht mit dieser in Verbindung, so daß die Flüssigkeit aus dem einen Gefäß in das andere kommen kann. Ebenso ist es bei der Wasserleitung und dem Loch in der Nähe des Gewässers. Gefäße, die so miteinander in Verbindung stehen, daß eine Flüssigkeit aus dem einen in das andere gelangen kann, nennt man verbundene Gefäße.

Versuch: Die in Abb. 42 abgebildeten verbundenen Gefäße füllt man mit gefärbtem Wasser. Die Oberflächen liegen in einer wagerechten Ebene. Hält man den Apparat schräg, so strömt das Wasser nach den niedrigeren Gefäßen, so daß die Oberflächen wieder in einer wagerechten Ebene liegen.

Gesetz: In verbundenen Gefäßen liegen die Oberflächen einer Flüssigkeit in einer wagerechten Ebene.

Anwendungen: 1. Die Wasserleitung. Durch ein Pumpwerk wird das Wasser in ein hochgelegenes Sammelbecken [Hochreservoir¹⁾, Wasserturm]

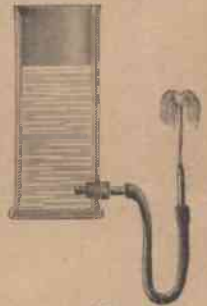


42.

¹⁾ reserväre, erhalten, aufsparen.

gebracht. Von diesem führt ein Hauptrohr in die Stadt, wo es sich in zahlreiche engere Röhren verzweigt. Die Steigeröhren führen das Wasser in die einzelnen Stockwerke der Häuser, wo es an den Zapfhähnen entnommen werden kann.

2. Bei einem **Springbrunnen** (Abb. 43) führt von einem hochgelegenen Gefäß eine Röhre (aus Metall, Glas oder Gummi) nach unten, wo sie umgebogen ist und in einer Spitze endigt. Füllt man das Gefäß mit Wasser, so springt ein Strahl bis fast zur Höhe des Wasserspiegels im Gefäß empor. Es erreicht diesen nicht ganz, weil der Widerstand der Luft, der Stoß der zurückfallenden Tropfen und die Reibung an der Ausflußöffnung zu überwinden sind.



43.

3. Bei einem **Wasserstandsglas** (Abb. 91w) steht ein doppelt gebogenes Glasrohr mit dem Dampfkessel der Maschine in Verbindung. An der Höhe des Wasserspiegels im Wasserstandsglas kann man den Stand des Wassers im Kessel erkennen.

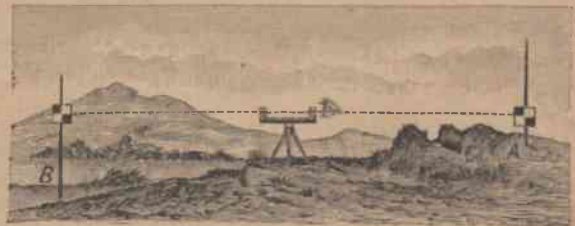
4. **Brunnen und Quellen** sind natürliche Wasserleitungen. Das Wasser sickert in die Erde, bis es auf eine undurchlässige Schicht trifft. Auf dieser bleibt es entweder stehen oder fließt, wenn sie geneigt ist, über ihr hin. Tritt das Wasser am Bergesabhang zutage, so entsteht eine Quelle. Aus der Tiefe holt man das Wasser mit Hilfe von Pumpen herauf. Liegt das Sammelbecken zwischen undurchlässigen Schichten, so muß die obere durchbohrt werden. Durch die entstandene Öffnung steigt das Wasser so hoch empor, wie es in den Spalten der umgebenden Erdmassen steht. Sind diese sehr hoch gelegen, so springt es in einem Strahl empor (Abb. 44, artesischer Brunnen; a Ton, b Sand, c Lehm, d Ackererde).



44.

Sind diese sehr hoch gelegen, so springt es in einem Strahl empor (Abb. 44, artesischer Brunnen; a Ton, b Sand, c Lehm, d Ackererde).

5. Die **Kanalwage, Nivelierwage**¹⁾ (Abb. 45) besteht aus einer etwa 1 m langen, wagerechten Metallröhre; an ihren Enden sind mit Wasser gefüllte senkrechte Glas-



45.

röhren eingekittet. Um den Höhenunterschied der Punkte A und B zu bestimmen, stellt man in ihnen senkrechte Stangen auf; an ihnen kann je eine Tafel auf und ab geschoben werden. Sie werden so hoch eingestellt, daß ein über die Oberflächen des Wassers hinwegsehendes Auge genau

¹⁾ niveler, einebnen.

ihre Mittelpunkte erblickt. Der Unterschied ihrer Höhen gibt den Höhenunterschied von A und B an.

Aufgaben: 1. Stelle aus 2 Lampenzylindern, 2 durchbohrten Korken und einer doppelt gebogenen Glasröhre verbundene Gefäße her! 2. Welche Küchengeräte stellen verbundene Gefäße dar? 3. Unter welcher Voraussetzung steigt das Wasser einer Wasserleitung bis in das oberste Stockwerk? 4. Weshalb leiden die oberen Stockwerke der Häuser in hochgelegenen Stadtteilen mitunter an Wassermangel? 5. Beim Bau des Kaiser-Wilhelm-Kanals und der Trodenmöds auf der Reichswerft in Kiel versiegten in weiterer Umgebung die Brunnen. Erkläre! 6. Durchbohre eine Konservendbüchse nahe am Boden, steck einen durchbohrten Kork, durch den eine Glasröhre führt, in die Öffnung, schieb einen Gummischlauch auf die Glasröhre und in das Ende des Schlauchs eine in eine Spitze ausgezogene kurze Glasröhre. Fülle die Konservendbüchse mit Wasser! Du hast jetzt einen Springbrunnen. 7. Stelle dir aus einer Konservendbüchse, 2 durchbohrten Korken und einer doppelt gebogenen Glasröhre ein Wasserstandsglas her! 8. Zeichne a) eine Wasserleitung, b) eine Kanalwage! 9. Weshalb werden bei hohem Wasserstand niedrigegelegene Straßen überschwemmt, obwohl sie weit vom Hafen entfernt sind?

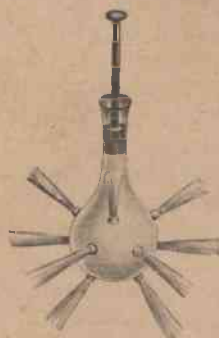
§ 20. Fortpflanzung des Drucks in Flüssigkeiten.

Erfahrung: Schlägt man mit einem Hammer einen mit den Fingern gefaßten Nagel in ein Brett, so spüren diese nichts von dem Schläge. Preßt man die Hand auf ein Säckchen mit Getreide oder Erbsen, so drücken diese nach allen Richtungen gegen den Sack.

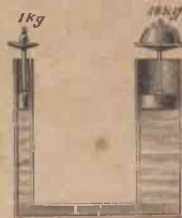
Versuche: 1. Man durchbohrt einen Gummiball an verschiedenen Stellen mit einer glühenden Stricknadel, füllt ihn mit Wasser und drückt auf den Ball. — Das Wasser wird nach allen Seiten mit gleicher Kraft herausgepreßt. 2. In der Wand einer kugelförmigen Flasche (Abb. 46) befinden sich zahlreiche Öffnungen. Oben besitzt sie einen Hals, in dem ein luftdicht schließender Kolben auf und ab bewegt werden kann. Man füllt die Flasche mit Wasser und drückt den Kolben abwärts. — Das Wasser spritzt gleichmäßig nach allen Seiten heraus. 3. Zwei miteinander verbundene Röhren (Abb. 47) haben einen Querschnitt von 1 und 16 qcm. In den Röhren befinden sich dicht schließende Kolben. Man füllt die Röhren mit Wasser. Drückt man auf den kleinen Kolben mit einer Kraft von 1 kg, so muß man auf den großen Kolben 16 kg setzen, um Gleichgewicht herzustellen.

Erklärung: Übt man auf einen festen Körper einen Druck aus, so pflanzt er sich nur in der Richtung der Kraft fort, da alle Teile fest miteinander zusammenhängen. Die Teile flüssiger Körper aber verschieben sich und pflanzen den Druck nach allen Richtungen hin fort. Die angegebenen Versuche lehren, daß dies mit gleicher Kraft geschieht. Jedes qcm der gedrückten Fläche hat einen gleichen, eine 16 mal so große Fläche einen 16 mal so großen Druck zu erleiden.

Gesetz: Ein auf eine Flüssigkeit ausgeübter Druck pflanzt sich nach allen Seiten mit gleicher Stärke fort.



46.



47.

Aufgaben: 1. Weshalb zerpringt eine Flasche, wenn man auf den Kork, der die Flüssigkeit berührt, einen heftigen Schlag ausübt? 2. Weshalb fließt das Wasser aus einem undichten Gefäße heraus? 3. Weshalb platzt eine Stachelbeere, die man zwischen den Fingern drückt?

§ 21. Der Gewichtsverlust eingetauchter Körper.

Erfahrung: Unter Wasser kann man Steine heben und fortbewegen, die man außerhalb des Wassers nicht von der Stelle bewegen kann. Hebt man einen mit Wasser gefüllten Eimer aus einer Wassertonne, so wird er schwerer, je weiter wir ihn aus dem Wasser herausheben. Im Wasser der Badewanne können wir unsern Körper mit geringer Anstrengung heben. Ein Hund kann einen ins Wasser gefallen Menschen vor dem Untersinken bewahren. Sobald die Fischer das Netz aus dem Wasser heben, wird die Last für sie schwerer.

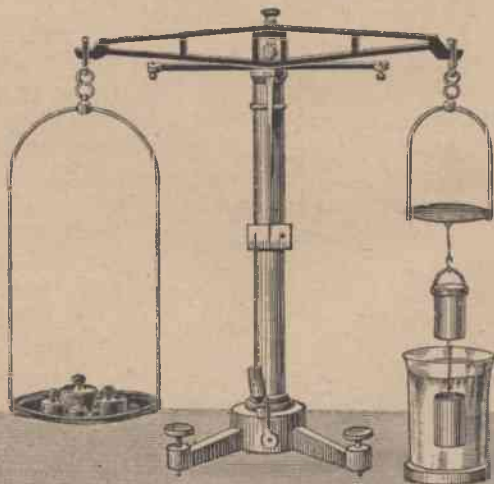
Versuch: 1. Man bindet einen Stein mit einem Bindfaden an den einen Arm einer Wage und bringt diese ins Gleichgewicht. Man taucht nun den Stein in ein daruntergestelltes Gefäß mit Wasser — Das Gleichgewicht ist gestört; die Schale, auf der sich die Gewichte befinden, geht nach unten.



48.

Erklärung: Jeder in eine Flüssigkeit eingetauchte Körper erscheint leichter als außerhalb derselben. Ein Teil seines Gewichtes wird von ihr getragen. Es fragt sich nun, wie groß dieser Gewichtsverlust ist.

Versuch: 2. Man füllt das in Abb. 48 dargestellte Gefäß mit Wasser; es bleibt so viel darin, daß es gerade bis zur inneren Öffnung des Ausflußrohrs reicht. Dann wägt man einen Stein; sein Gewicht betrage in der Luft 126 g. Nun läßt man den an der Wage hängenden Stein in das Gefäß eintauchen und fängt das von ihm verdrängte Wasser in einem



49.

Becher auf. — Der Stein wiegt im Wasser 76 g, verliert also 50 g. Wägt man das verdrängte Wasser, so erweist sich, daß es auch genau 50 g wiegt.

Versuch: 3. Ein massiver Zylinder paßt genau in einen Eimer (Abb. 49), Den Eimer mit dem darunter befindlichen Zylinder hängt man an eine Wage.

die man ins Gleichgewicht bringt. Nun taucht man den Zylinder in das in Abb. 48 abgebildete Gefäß. — Das Gleichgewicht ist gestört; der Körper verliert scheinbar von seinem Gewichte. Jetzt gießt man das in einem Glas aufgefangene verdrängte Wasser in den Becher. — Das Gleichgewicht ist wiederhergestellt.

Gesetz: Jeder in eine Flüssigkeit eingetauchte Körper verliert scheinbar so viel von seinem Gewichte, wie die verdrängte Flüssigkeitsmenge wiegt.

Aufgaben: 1. Versieh die Wand einer Konservenbüchse mit einer Öffnung. Durchbohre einen Kork und stecke durch seine Öffnung eine Glasröhre, die wie die Röhre in Abb. 48 zweimal gebogen wird. Dann verschleße das Loch in der Büchse mit dem Kork und stelle Versuch 2 an! 2. Wie groß ist der Gewichtsverlust eines Steinwürfels von 20 cm Seitenlänge im Wasser? 3. Wieviel verliert ein rechteckiger Körper, den man ins Wasser taucht, wenn er 45 cm lang, 20 cm breit und 4 cm dick ist? 4. Wieviel Wasser verdrängt ein Körper, der im Wasser 29 g leichter ist als außerhalb desselben? Wieviel ccm ist er also groß? 5. Wie groß ist ein Körper, der außerhalb des Wassers 80 g, im Wasser aber 45 g schwer ist? 6. Wie groß sind folgende Körper? Ihr Gewicht beträgt

	in der Luft:	im Wasser:
a)	117 g	102,4 g
b)	127 g	76,6 g
c)	47 g	41,8 g
d)	55,8 g	19,1 g
e)	420 g	359 g
f)	82 g	69 g
g)	a g	b g

§ 22. Das Schwimmen, Schweben und Sinken.

Erfahrung: Ein frisch gelegtes Ei sinkt im Wasser unter; ist es etwas älter, so schwebt es; ist es noch älter, so schwimmt es auf dem Wasser.

Versuch: 1. Man legt ein frisches Ei in einen Glashafen mit Wasser. — Es sinkt zu Boden. Danach stellt man sich eine gesättigte Kochsalzlösung her und gießt davon nach und nach zu dem Wasser im Glashafen. — Das Ei erhebt sich vom Boden und schwebt in der Flüssigkeit. Jetzt gießt man noch mehr Salzlösung zu dem Wasser. — Das Ei schwimmt auf der Flüssigkeit.

Erklärung: Auf einen eingetauchten Körper wirken zwei einander entgegengerichtete Kräfte; die Schwerkraft zieht ihn senkrecht nach unten; der Aufdruck treibt ihn senkrecht nach oben. Es können also 3 Fälle eintreten: Ist die Schwerkraft größer als der Aufdruck, so sinkt der Körper. Ist die Schwerkraft dem Aufdruck gleich, so schwebt er. Ist die Schwerkraft geringer als der Aufdruck, so schwimmt der Körper. Der Aufdruck ist gleich dem Gewichte der verdrängten Flüssigkeitsmenge. Salzwasser ist schwerer als Süßwasser. Da das frische Ei nur wenig schwerer als eine gleich große Menge Süßwasser ist, so sinkt es in ihm unter. Es schwebt aber, sobald Salzlösung hinzugegossen wird.

Versuch: 2. Man legt eine Holzkuugel auf das Wasser des in Abb. 48 dargestellten Gefäßes. — Sie sinkt in das Wasser ein, verdrängt also einen Teil desselben. Es fließt durch das Rohr in ein darunter gestelltes Gefäß ab. Wägt man die Holzkuugel und das verdrängte Wasser, so findet man, daß die Gewichte übereinstimmen. Den Versuch wiederholt man mit einem Korken

Gesetz: Ein schwimmender Körper sinkt so tief ein, daß das Gewicht der verdrängten Flüssigkeitsmenge gleich dem eigenen Gewicht ist.

Darum schwimmt auch ein Körper, der an und für sich schwerer als Wasser ist und untersinken würde, wenn man ihn eine besondere Form gibt (ihn hohl macht), so daß er eine größere Menge Flüssigkeit verdrängt; sein Eigengewicht bleibt sich gleich. Auch kann man ihn mit einem sehr leichten Körper verbinden, der dann tiefer eintaucht (Nagel und Kork).

Aufgaben: 1. Verschließe einen Lampenzylinder unten mit einem Kork und schneide einen etwa hervorstehenden Rand ab, so daß der Zylinder sicher stehen kann. Um den Kork wasserdicht zu machen, tränke ihn mit flüssig gemachtem Paraffin. Gieße Wasser bis fast an den Rand in den Zylinder! Schmilz eine 4—5 cm lange und einige Millimeter weite Glasröhre an einem Ende nur und stecke sie in einen durchbohrten Kork, so daß das zugeschmolzene Ende zu wenig hervorsticht! Wirf das Rohr in den Zylinder und schneide so lange mit einem scharfen Messer dünne Scheiben vom Kork ab, daß ein leichter Stoß genügt, ihn unterzutauchen! Ist zuviel abgeschnitten, so feile etwas vom unteren Ende der Glasröhre ab! Bind über den Zylinder eine vorher nahgemachte Tierblase oder ein Stückchen Schweifblatt! Drücke mit dem Finger auf die Tierblase! Welche Erscheinung tritt ein? Beobachte genau den unteren Teil der Glasröhre, wenn du drückst und zu drücken aufhörst! Erkläre! (Diese Vorrichtung heißt der kartesische Taucher; Abb. 50.) 2. Welche Erscheinung tritt ein, wenn ein Schiff aus einem Fluß in das Meer kommt und umgekehrt? 3. Erkläre das Sinken und Steigen der Fische! 4. Weshalb sind Fischerneze unten mit Steinen und oben mit Korkholz versehen? 5. Welche Bedeutung hat es für die Fische, daß ihre Schwimmblase an der Rückenseite liegt? 6. Weshalb schwimmt Öl auf dem Wasser? 7. Was schließt du aus der Tatsache, daß das Eis auf dem Wasser schwimmt? 8. Weshalb sinkt ein Schwimmer unter, sobald er die Arme aus dem Wasser streckt? 9. Weshalb schwimmen eiserne Schiffe auf dem Wasser? 10. Weshalb gehen sie unter, wenn das Wasser durch ein Loch eindringt? 11. Weshalb schwimmt eine massive eiserne Kugel auf Quecksilber? 12. Bestimme das Traggewicht einer Schwimmblase vom Karpfen! 13. Ein Stück Tannenholz ist 20 cm lang, 10 cm breit und 4 cm dick. Es wiegt 400 g. Wie tief sinkt es in Wasser ein? 14. Ebenso



50.

Körper:	Länge:	Breite:	Dicke:	Gewicht:
a) Eis	2 m	1 m	0,10 m	180 kg
b) Kork	0,50 m	0,20 m	0,05 m	1,2 kg
c) Buchenholz	4 m	0,20 m	0,03 m	19,2 kg

§ 23. Vom spezifischen Gewicht.

Erfahrung: In Lehrbüchern der Mineralogie oder der Technik findet man oft das spezifische Gewicht von Körpern angegeben. Da bei einem Körper, der chemisch rein ist, das spezifische Gewicht das gleiche bleibt, so benutzt man es, um Körper auf ihre Zusammensetzung zu prüfen.

Erklärung: Unter dem spezifischen¹⁾ Gewicht eines Körpers versteht man die Zahl, die angibt, wievielmals so schwer der Körper ist als eine gleich große Menge Wasser. Da 1 ccm Wasser 1 g wiegt, so gibt das spezifische Gewicht an, wieviel g 1 ccm des betreffenden Körpers wiegt.

Versuche: 1. Man schneidet einen Würfel aus Kreide, dessen Kante 1 cm lang ist, und wägt ihn. — Sein Gewicht beträgt 2,2 g. Also ist das spezifische Gewicht der Kreide 2,2. 2. Man wägt ebenso 1 ccm Buchenholz. — Sein Gewicht ist 0,8 g. Das spezifische Gewicht des Buchenholzes beträgt also 0,8.

¹⁾ specificus, eigentümlich.

Man findet das spezifische Gewicht eines Körpers, indem man 1 ccm von ihm wägt. Die Zahl der g gibt dann das spezifische Gewicht an.

Aber nicht von allen Körpern läßt sich ohne weiteres 1 ccm herstellen.

Versuch: 3. Ein prismatisches Stück Marmor von 7 cm Länge, 5 cm Breite und 3 cm Dicke wiegt 298,2 g. Sein Rauminhalt ist $7 \cdot 5 \cdot 3 = 105$ ccm. Diese wiegen 298,2 g. Das Gewicht des ganzen Körpers heißt das absolute¹⁾ Gewicht. Da 105 ccm 298,2 g wiegen, so wiegt 1 ccm

$$\frac{298,2}{105} = 2,84 \text{ g.}$$

Bei **regelmäßigen** festen Körpern findet man also das spezifische Gewicht, indem man das absolute Gewicht durch den Rauminhalt teilt.

Steine haben aber meist unregelmäßige Form. Um deren Rauminhalt zu bestimmen, gibt es zwei Wege.

Versuch: 4. a) Man füllt das in Abb. 48 dargestellte Gefäß mit Wasser und taucht dann den unregelmäßigen Körper hinein. Das Gewicht des ausgeflossenen Wassers, in g ausgedrückt, gibt den Rauminhalt des Körpers an. Teilt man nun das absolute Gewicht durch die gefundene Zahl, so hat man das spezifische Gewicht bestimmt.

b) Noch einfacher bestimmt man das spezifische Gewicht auf Grund der Tatsache, daß ein eingetauchter Körper so viel von seinem Gewichte verliert, wie die verdrängte Wassermenge wiegt (§ 21). Wenn er z. B. 5 g verliert, so wiegt die verdrängte Wassermenge 5 g; 5 g Wasser nehmen aber 5 ccm Raum ein. Der Körper muß also 5 ccm groß sein.

Versuche: 5. Man wägt ein Stück Eisen außerhalb des Wassers. Das Gewicht beträgt z. B. 117 g. Dann hängt man es an einem dünnen Faden an die hydrostatische Wage (Abb. 49), so daß es untertaucht. Jetzt wiegt es 102,2 g. Da der Gewichtsverlust 14,6 g beträgt, ist es 14,6 ccm groß. 1 ccm wiegt also $117 \text{ g} : 14,6 = 8,01 \text{ g}$. — Das spezifische Gewicht dieses Stückes ist also 8,01. **6.** Man wägt ebenso einen Stein. Das absolute Gewicht beträgt z. B. 127 g, das Gewicht im Wasser 76,6 g, der Gewichtsverlust 50,4 g, das spezifische Gewicht also $127 : 50,4 = 2,52$.

Man findet also das spezifische Gewicht **unregelmäßiger** fester Körper, indem man ihr absolutes Gewicht durch den Gewichtsverlust im Wasser teilt.

Aufgabe: Bestimme das spezifische Gewicht folgender Körper:

	Gewicht in der Luft:	Gewicht im Wasser:
Gold	482,5 g	457,5 g
Blei	192,95 g	175,95 g
Messing	159,6 g	140,6 g
Aluminium	62,1 g	39,1 g
Bernstein	2,7 g	0,2 g
Quecksilber	231,2 g	214,2 g
Silber	199,5 g	180,5 g

¹⁾ absolutus, unbezüglich.

D. Vom Gleichgewicht und der Bewegung luftförmiger Körper.

§ 24. Das Vorhandensein der Luft und einige ihrer Eigenschaften.

Der uns umgebende Raum ist nicht leer, sondern mit Luft erfüllt. Diese Luftkugel nennt man die Atmosphäre¹⁾. Man schätzt ihre Höhe auf etwa 400 km. Sie ist durchsichtig, farblos und daher unsichtbar. Für ihr Vorhandensein sprechen aber folgende

Erfahrungen: Bewegt man die Hand oder einen Fächer schnell gegen das Gesicht, ohne es zu berühren, so spürt man, daß etwas gegen das Gesicht stößt. Beim schnellen Laufen, Fahren und Reiten bemerkt man einen Widerstand, der von der Luft herrührt. Beim Sturm ist dieser oft so groß, daß man nur schwer vorwärts kann.

Versuche: 1. Man drückt ein Wasserglas mit der Öffnung nach unten in ein Gefäß mit Wasser. — Es dringt nur sehr wenig hinein. 2. Man verschließt eine Flasche mit einem durchbohrten Kork, durch dessen Öffnung ein Trichterrohr geführt ist, so daß sie luftdicht verschlossen ist. Nun gießt man Wasser in den Trichter. — Es fließt fast gar nichts in die Flasche.

Erklärung: Die Luft nimmt einen Raum ein. Wo Luft ist, kann nicht gleichzeitig ein anderer Körper sein. Sie ist undurchdringlich.

Versuche: 3. Man bringt ein wenig Wasser in einer großen Kochflasche zum Sieden. Dann verschließt man sie mit einem Kork und bringt sie auf einer Wage ins Gleichgewicht. Nachdem das Wasser abgekühlt ist, öffnet man die Flasche. — Die Wage senkt sich. Der entstandene Dampf hat die Luft verdrängt. Nachdem dieser abgekühlt ist und die Flasche geöffnet wurde, drängt sie wieder hinein. 4. Man wägt einen Glasballon, dessen Inhalt genau 1 l beträgt. Danach pumpt man mit Hilfe der Luftpumpe die Luft aus und wägt ihn wieder. — Er ist jetzt 1,3 g leichter geworden. 1 l atmosphärische Luft wiegt also 1,3 g (genauer 1,293 g).

Ergebnis: Die atmosphärische Luft ist durchsichtig, farblos und undurchdringlich; 1 l wiegt 1,3 g.

Aufgaben: 1. Weshalb füllen sich Flaschen unter Wasser stoßweise? 2. 1 l Wasser wiegt 1 kg, 1 l Luft 1,293 g. Wieviel mal so schwer ist Wasser? 3. Wieviel wiegt 1 cbm Luft? 4. Wie schwer ist die Luft in einem Wohnzimmer, das 6 m lang, 3,8 m breit und 3,3 m hoch ist? 5. Wie schwer ist die Luft in einem Schulzimmer, das 9 m lang, 6 m breit und 4,5 m hoch ist? 6. Wie schwer ist die Luft in einem Saale, der 40 m lang, 30 m breit und 12 m hoch ist?

§ 25. Die Ausdehnbarkeit und Spannkraft der Luft.

Erfahrung: Öffnet man in einem verschlossenen Zimmer den Gashahn nur einen Augenblick, so riecht man das Gas bald im ganzen Zimmer. Drückt man auf einen Gummiball, so verliert er seine Form, nimmt sie aber wieder an, sobald der Druck aufhört.

Versuche: 1. Man legt unter den Rezipienten der Luftpumpe eine runzelige, also wenig Luft enthaltende Tierblase und pumpt die Luft aus dem

¹⁾ atmós = Dampf und sphaira = Kugel.

Rezipienten. — Schon nach wenigen Kolbenzügen bläht sich die Blase auf. 2. In einen überall gleich weiten, unten verschlossenen Zylinder (Probierglas) preßt man einen luftdicht schließenden, leicht beweglichen Kolben. — Sobald der Druck aufhört, wird der Kolben wieder herausgedrückt. 3. Ein überall gleich weiter Zylinder ist unten mit einer Tierblase verschlossen. Man drückt einen luftdicht schließenden Kolben in dem Zylinder nach unten. — Die Blase wölbt sich vor.

Erklärung: Die Teile luftförmiger Körper stoßen einander ab. Diese Eigenschaft wird die Ausdehnbarkeit genannt. Dabei üben sie auf die Wände des Gefäßes, in dem sie eingeschlossen sind, einen Druck aus. Diesen Druck nennt man ihre Spannkraft.

Aufgaben: 1. Der Rauch, der aus dem Schornstein steigt, verbreitet sich. Erkläre! 2. Fische, die in großen Meerestiefen leben, werden aufgeblasen, wenn sie an die Oberfläche des Meeres gebracht werden. Erkläre!

§ 26. Die Verdichtung und Verdünnung der Luft.

Die Molekeln der Luft liegen nicht unmittelbar aneinander, sondern sind durch Zwischenräume voneinander getrennt. Je näher sie aneinander liegen, eine desto größere Anzahl erfüllt einen Raum von bestimmter Größe, desto dichter ist also die Luft. Je weiter entfernt voneinander die Teilchen der Luft sind, desto weniger lassen sich in einen Raum von bestimmter Größe bringen, desto dünner ist also die Luft.

1. Verdichtung der Luft.

Versuche: 1. In einen unten geschlossenen Zylinder preßt man einen luftdicht schließenden Kolben. Da der Raum kleiner wird, Luftteilchen aber nicht entweichen können, so müssen diese dichter liegen als vorher. 2. Ein Probierglas verschließt man mit einem durchbohrten Kork, durch den ein luftdicht schließendes Glasrohr führt. Durch das Glasrohr bläst man Luft in den Zylinder. Der Raum bleibt der gleiche; die Menge der Luftteilchen ist aber größer geworden. Sie müssen also dichter liegen als vorher.

1. Gesetz: Luft kann dadurch verdichtet werden, daß

- a) der Raum, in dem eine bestimmte Luftmenge eingeschlossen ist, verkleinert wird;
- b) die Anzahl der Luftteilchen, die in ihm enthalten sind, vergrößert wird.

2. Verdünnung der Luft.

Versuche: 3. In einer sog. Ohrenspritze schiebt man den Kolben bis etwa zur Hälfte hinab und verschließt die untere Öffnung mit dem Finger, so daß keine Luft eindringen kann. Zieht man den Kolben nach oben, so wird der Raum vergrößert, während die Anzahl der Luftteilchen die gleiche bleibt. Da diese sich nun über einen größeren Raum verbreiten können, wird ihre Entfernung voneinander größer. Die Luft wird also dünner. 4. Aus dem in Versuch 2 beschriebenen Probierglas saugt man Luft heraus. Der Raum bleibt der gleiche; die Anzahl der in ihm enthaltenen Luftteilchen wird geringer. Ihre Entfernung voneinander wird größer, die Luft also dünner.

2. Gesetz: Luft kann dadurch verdünnt werden, daß
- a) der Raum, in dem eine bestimmte Luftmenge eingeschlossen ist, vergrößert wird;
 - b) die Anzahl der Luftteilchen, die in ihm enthalten sind, verkleinert wird.

Anwendung: Anwendung findet verdichtete Luft bei den Gummireifen der Fahrräder. Um sie zu füllen, benutzt man eine Verdichtungspumpe (Kompressionspumpe¹⁾ (Abb. 51). Diese besteht aus einem starken Metallzylinder, dem Stiefel, in dem sich ein luftdicht schließender Kolben auf und ab bewegen läßt. Unter dem Kolben ist ein Regelventil a, das sich nur nach unten hin öffnen läßt. Bei b ist eine Öffnung. Sie liegt unter dem Kolben, wenn dieser ganz nach oben gezogen ist. Unten an der Verdichtungspumpe befindet sich ein Schraubengewinde, durch das die Pumpe mit dem Reifen des Fahrrades verbunden wird. Zieht man den Kolben empor, so dringt durch b Luft in den Stiefel. Drückt man ihn nach unten, so wird die Luft verdichtet. Sie öffnet das Ventil und strömt in den Reifen. Zieht man den Kolben zurück, so schließt die Luft im Reifen infolge ihrer Spannkraft das Ventil. Durch b dringt neue Luft in den Stiefel, die beim Abwärtsbewegen des Kolbens in den Reifen gepreßt wird. Da stets neue Luft in den Reifen kommt, wird sie endlich so dicht, daß sie ihn prall spannt.

Aufgaben: 1. Welche Wirkung übt es auf die Dichtigkeit der Luft aus, wenn man a) den Raum vergrößert, b) den Raum verkleinert, c) mehr Luftteilchen in den Raum bringt, d) Luftteilchen aus ihm entfernt? 2. Welche Eigenschaft muß der Kolben haben, durch den man Luft abschließen will? 3. Wodurch stellt man bei der Verdichtungspumpe den Verschluß der unteren Öffnung her? 4. Wodurch ist erreicht, daß diese Vorrichtung sich nur nach einer Richtung hin öffnet? 5. Zeichne den Längsschnitt einer Verdichtungspumpe!



51.

§ 27. Die Luftpumpe.

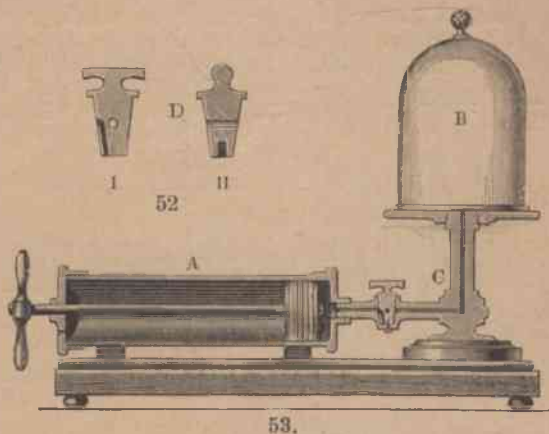
1. **Einrichtung.** Die gebräuchlichste Luftpumpe ist die einstiefelige Hahnluftpumpe (Abb. 52 und 53). Sie wurde 1650 von Otto von Guericke, Bürgermeister von Magdeburg, erfunden und dient dazu, Luft zu verdünnen. Sie besteht zunächst aus einem meist etwas schräg liegenden Metallrohr, dem Stiefel (A), in dem sich ein dicht schließender, nicht durchbohrter Kolben hin und her bewegen läßt. Der Stiefel ist durch ein Rohr C mit dem sorgfältig eben geschliffenen Teller verbunden, auf den eine ebenfalls geschliffene Glasglocke B, der Rezipient²⁾, gesetzt ist. Um einen luftdichten Verschluß zu erzielen, wird der Rand des Rezipienten mit Talg bestrichen. In dem Verbindungsrohr C befindet sich ein doppelt durchbohrter Hahn. Die eine Durchbohrung stellt eine Verbindung des Stiefels mit dem Rezipienten (Abb. 52II), die andere eine solche mit der äußeren Luft her.

2. **Wirkungsweise.** Der Hahn habe die Stellung wie in Abb. 53. Wird der Kolben in den Stiefel geschoben, so wird die in diesem befindliche

¹⁾ comprimere, zusammendrücken.

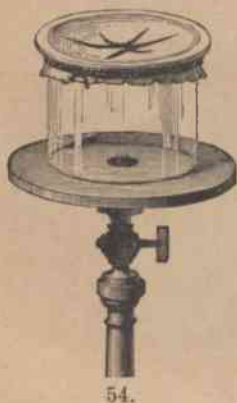
²⁾ recipiens, der Aufnehmer.

Luft durch die Öffnung des Hahnes hinausgedrängt. Es bleibt nur noch die Luft in dem Teil des Verbindungsrohrs, der zwischen dem Kolben und dem Hahne liegt (der schädliche Raum). Jetzt dreht man den Hahn um, so daß eine Verbindung zwischen dem Rezipienten und dem Stiefel hergestellt wird. Wird der Kolben zurückgezogen, so wird der Gesamtraum größer, während die Luftmenge die gleiche bleibt. Nach § 26, 2a wird die Luft verdünnt. Nun dreht man den Hahn wieder um und preßt die im Stiefel befindliche Luft hinaus. Nachdem der Hahn wieder umgestellt ist, zieht man den Kolben zurück. Abermals tritt Luft aus dem Rezipienten in den Stiefel, wodurch sie noch mehr verdünnt wird. Vollständig luftleer kann man den Rezipienten mit dieser Luftpumpe wegen des schädlichen Raumes nicht machen.



3. Versuche mit der Luftpumpe.

1. Druck der Luft. a) Der Rezipient sitzt fest auf dem Teller. b) Setzt man einen Zylinder, der oben durch eine Tierblase oder ein Stück Pergamentpapier verschlossen ist, auf den Teller, so zerplatzt der Verschluß, wenn die Luft ausgepumpt wird (Abb. 54). c) Zwei mit Handgriffen versehene



54.



55.

metallene Halbkugeln schließen genau aneinander. Pumpt man die Luft heraus, so ist man, falls die Halbkugeln genügende Größe haben, nicht imstande, sie zu trennen (Magdeburger Halbkugeln, Abb. 55).

2. Spannkraft der Luft. Eine Tierblase oder ein Gummihäutchen, mit denen man ein Fläschchen verschlossen hat, wölben sich vor und platzen endlich.

3. Luft leitet den Schall (§ 54, Versuch 1).

4. Im luftleeren Raume fallen alle Körper gleich schnell (Heft 2 § 49, Versuch 4).

5. Gewicht der Luft (§ 24, Versuch 4).

Aufgaben: 1. Zeichne den Durchschnitt der Luftpumpe! 2. Der Stiefel sei halb so groß als der Rezipient. Auf den wievielten Teil ihrer ursprünglichen Dichte ist die Luft a) nach 2, b) nach 5, c) nach 8 Kolbenzügen verdünnt? 3. Nach § 30 beträgt der Druck der atmosphärischen Luft auf 1 qcm durchschnittlich 1,033 kg. Einen wie großen Druck hat der Rezipient auszuhalten, wenn seine Oberfläche 2500 qcm beträgt?

§ 28. Wirkung verdichteter Luft.

1. **Erfahrung:** Knaben stellen sich aus Holunder, dessen Mark sie mit einer glühenden Stange entfernen, eine Röhre her. Dann verschließen sie beide Enden mit feuchten Wergpfropfen oder mit Korken und stoßen den einen mit einem runden Holzstabe hinein. Der andere fliegt dann mit einem lauten Knalle heraus (**Knallbüchse**).

Erklärung: Durch die beiden Pfropfen wird ein luftdichter Verschluss der Röhre hergestellt. Schiebt man den einen Pfropfen hinein, so wird der Raum zwischen beiden kleiner, während die Menge der Luftteilchen die gleiche bleibt. Nach § 26, 1a wird die Luft verdichtet, ihre Spannkraft also größer. Endlich wird diese so groß, daß sie den Gegendruck der atmosphärischen Luft und die Reibung des Pfropfens an der Röhre überwindet. Der Pfropfen fliegt hinaus.

2. Das **Blaserohr** besteht aus einer engen Röhre, in die eine Erbse oder dergleichen gesteckt wird. Bläst man hinein, so fliegt die Erbse hinaus (Erkl. nach § 26, 1b).

3. Die **Taucherglocke** (Abb. 56) stellt einen luftdichten, unten offenen eisernen Kasten dar, der an einer Kette hinabgelassen wird. Von oben wird durch eine zweistielige Verdichtungspumpe Luft hineingepreßt, die das Wasser aus ihr verdrängt (§ 26, 1b). Die Taucherglocke wird bei Arbeiten unter Wasser angewandt. Soll der Taucher außerhalb der Glocke arbeiten, so legt er einen wasserdichten Anzug an, der auch den Kopf in sich aufnimmt. Durch einen Schlauch führt man ihm frische Luft zu.

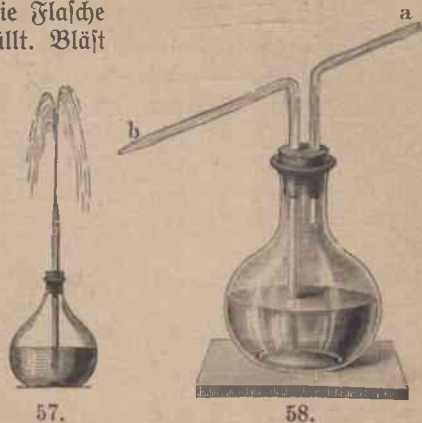


56.

4. Der **Heronball** (Abb. 57) wurde 210 v. Chr. von Heron in Alexandria erfunden. Er besteht aus einer Flasche, die durch einen durchbohrten Kork fest verschlossen ist. In sie führt eine Röhre, die oben in eine Spitze

ausläuft, bis fast an den Boden. Die Flasche ist etwa bis zur Hälfte mit Wasser gefüllt. Bläst man in die Röhre, so spritzt das Wasser mit einem Strahle heraus, nachdem man mit dem Blasen aufgehört hat (Erkl. nach § 26, 1b).

5. Will man einen immerwährenden Strahl erzielen, so führt man noch ein zweites, gebogenes Rohr durch den Kork, durch das man Luft in die Flasche bläst (Spritzflasche Abb. 58). Erkläre!



Aufgaben: 1. Zeichne die genannten Geräte! 2. Stelle dir aus Holunder eine Knallbüchse her! 3. Stelle dir aus einer starken Federpule eine Knallbüchse her!

Um die beiden Enden zu verschließen, stoße sie durch Kartoffelscheiben von 5–6 mm Dicke! Zum Hinausstoßen benutze einen dünnen Stab! 4. Stelle dir aus einem Arzneyglas, einem Kork und einer Glasröhre einen Heronsball her! 5. Weshalb wird der Strahl immer niedriger? 6. Weshalb springt der Strahl um so höher, je mehr Luft man in die Flasche geblasen hat?

§ 29. Der Druck der äußeren atmosphärischen Luft.

Da die Teilchen der Luft gegeneinander verschiebbar sind und ein Gewicht besitzen, so müssen sie auch wie das Wasser einen Druck auf die Dinge ausüben, die sich in ihr befinden.

Versuch: 1. In einem überall gleich weiten Probierglas kann sich ein luftdicht schließender Kolben bewegen. Nachdem man ihn ganz langsam nach unten gedrückt hat, so daß die Luft an ihm vorbeistreichen kann, gießt man zum besseren Abschluß etwas Öl darauf. Dann zieht man ihn schnell nach oben und läßt ihn los. — Er wird sofort zurückgeschleudert. Dabei ist es gleichgültig, nach welcher Richtung man die Öffnung hält.

Erklärung: Unter dem Kolben entsteht ein luftverdünnter Raum (§ 26, 2a). Verdünnte Luft übt einen geringeren Druck aus. Von außen wird ein stärkerer Druck auf den Kolben ausgeübt; das kann nur der Druck der atmosphärischen Luft sein.

Versuch: 2. Man stellt eine enge Glasröhre in ein Gefäß mit Wasser, bis sie fast ganz mit Wasser gefüllt ist. Sodann verschließt man das obere Ende mit dem Finger und hebt die Röhre aus dem Wasser heraus. — Es fließt kein Wasser heraus. Das geschieht aber, sobald man den Finger von der Öffnung hebt.

Erklärung: Die Luft drückt von unten gegen das Wasser in der Röhre. Da durch den Finger der Druck von oben abgehalten wird, so kann es nicht ausfließen. Wird der Finger emporgehoben, so wirkt auch der Druck von oben, so daß das Wasser herausfließt.

Versuch: 3. Man füllt ein Trinkglas mit Wasser, legt ein Blatt Papier darauf und drückt es durch eine Glasplatte fest. Darauf kehrt man das Glas um. — Jetzt kann man die Glasplatte entfernen, ohne daß das Wasser ausfließt. (Erkläre!)

Gesetz: Die Luft übt nach allen Richtungen auf die in ihr befindlichen Körper einen Druck aus. Dieser Druck ist nur dann wahrnehmbar, wenn er einseitig wirkt.

Aufgaben: 1. Weshalb fließt aus dem geöffneten Hahn eines vollen Fasses die Flüssigkeit erst dann aus, wenn oben das Spundloch geöffnet wird? 2. Weshalb kann ein rohes Ei nicht getrunken werden, wenn man nur an einem Ende eine kleine Öffnung gemacht hat? 3. Weshalb fließt das Öl aus der Ölfanne der Nähmaschine nicht aus, selbst wenn man die Öffnung nach unten hält? 4. Weshalb bleibt ein Fingerhut an den Lippen haften, wenn man die Luft heraussaugt?

§ 30. Messen des Luftdrucks.

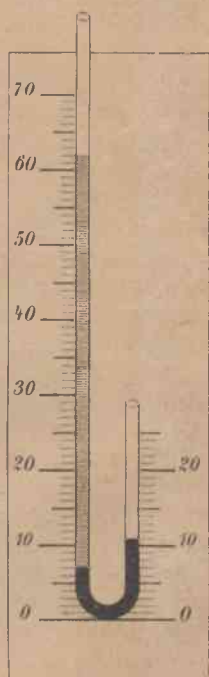
Erfahrung: Wenn man eine Ohrenspritze mit der Spitze in ein Gefäß mit Wasser taucht und den Kolben emporzieht, so steigt das Wasser in dem Rohre nach oben.

Erklärung: Da unter dem Kolben keine Luft ist, so wird auf das Wasser in der Spritze von oben her auch kein Druck ausgeübt. Dagegen drückt die atmosphärische Luft auf das Wasser im Gefäß. Ein auf eine Flüssigkeit ausgeübter Druck aber pflanzt sich nach allen Seiten mit gleicher Stärke fort, und daher wird das Wasser in der Spritze emporgetrieben. Die unterste Schicht des Wassers in der Spritze erleidet einen doppelten Druck. Von unten drückt das Gewicht der Atmosphäre, von oben das Gewicht des eingeschlossenen Wassers. Um zu erfahren, einer wie hohen Wassersäule die Luft das Gleichgewicht hält, könnte man einen Versuch mit einer sehr langen Glasröhre anstellen, die mit Wasser gefüllt würde. Da ein derartiger Versuch aber sehr unbequem auszuführen ist, benutzt man eine kürzere Röhre und füllt sie mit dem viel schwereren Quecksilber.

Versuch 1 (Abb. 59): Man füllt in den einen Arm einer gebogenen Glasröhre Quecksilber. Es füllt nach dem Gesetz von den verbundenen Gefäßen den unteren Teil beider Gefäße bis zu gleicher Höhe an. Dann gießt man in den anderen Arm Wasser. — Das Quecksilber in diesem Arme sinkt, während es in dem andern steigt. Steht nun das Quecksilber in dem ersten Arme 15 mm höher als in dem zweiten, so steht über dem Quecksilber in diesem eine Wassersäule von etwa 204 mm. Das Quecksilber drückt also $204 : 15 = 13,6$ mal so stark als Wasser (genauer 13,598).

1. **Gesetz:** Quecksilber übt einen Druck aus, der 13,6 mal so stark als der des Wassers ist.

Versuch 2 (Abb. 60): Man füllt eine etwa 80 cm lange Glasröhre, die an einem Ende verschlossen ist, mit Quecksilber, verschließt das offene Ende mit dem Finger und taucht es in ein Gefäß mit Quecksilber. Nun entfernt man den Finger. — Das Quecksilber in der Röhre fällt, bleibt aber etwa 76 cm über dem Quecksilber im Gefäß stehen (Torricellischer Versuch).



59.

Erklärung: Auf die Schicht des Quecksilbers in der Röhre, die in gleicher Höhe mit dem in Gefäße sich befindet, wirken zwei Kräfte: der Druck der atmosphärischen Luft und das Gewicht des Quecksilbers in der Röhre. Über diesem befindet sich ein luftleerer Raum (die Torricellische Leere); Luft drückt also von innen nicht. Da der eine Druck dem andern das Gleichgewicht hält, so muß der Luftdruck dem Druck der Quecksilbersäule gleich sein.

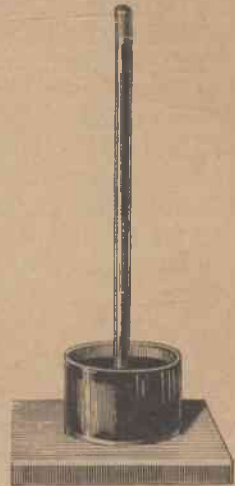
2. Gesetz: Der mittlere Luftdruck ist gleich dem Gewicht einer 76 cm langen Quecksilbersäule.

Da die Quecksilbersäule einer 13,6 mal so hohen Wassersäule das Gleichgewicht hält, so ist der mittlere Luftdruck auch gleich dem Gewicht einer $13,6 \cdot 76 \text{ cm} = 10,33 \text{ m}$ hohen Wassersäule. Beträgt der Querschnitt dieser Säule 1 qcm, so wiegt sie 1,033 kg. Diesen Druck, den 1 qcm auszuhalten hat, nennt man eine Atmosphäre.

3. Gesetz: Die Luft drückt auf 1 qcm mit einer Kraft von 1,033 kg. Diesen Druck nennt man eine Atmosphäre.

Aufgaben: 1. Einen wie großen Luftdruck erleidet eine Fläche, die 1 qm groß ist? 2. Wie groß ist der Druck, der auf einem Tische lastet, der 1,10 m lang und 0,80 m breit ist? 3. Wie kommt es, daß er unter dieser Last nicht zusammenbricht?

4. Die Oberfläche des menschlichen Körpers beträgt etwa 1,5 qm. Wie groß ist der Druck, der auf ihm lastet? 5. Weshalb merken wir von dieser Last nichts? 6. Weshalb ist der Luftdruck auf hohen Bergen geringer als am Meeresufer?



60.

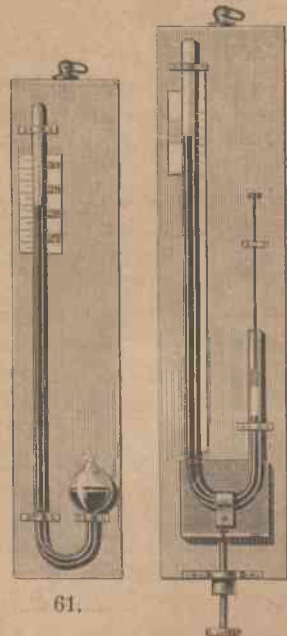
§ 31. Das Barometer¹⁾.

Erfahrung: Der Stand der Quecksilbersäule im Barometer bleibt nicht gleich. Wenn schönes Wetter herrscht, steht die Oberfläche höher als bei stürmischem, regnerischem Wetter.

1. Das Quecksilberbarometer.

Das gewöhnliche Quecksilberbarometer besteht aus einer U-förmig gebogenen Glasröhre, deren einer Arm etwa 90 cm lang ist. Der kurze Arm ist entweder zu einem birnförmigen Gefäß erweitert (Gefäßbarometer Abb. 61) oder besitzt die Weite des langen Armes (Heberbarometer Abb. 62). Der erste Arm ist oben geschlossen, der zweite offen. In dem Barometer befindet sich Quecksilber, über diesem im Rohr ein luftleerer Raum. Das Ganze ist auf einem Brette befestigt, auf dem eine Skala angebracht ist.

Beim Gefäßbarometer sind Röhre und Skala unbeweglich. Fällt das Quecksilber im



61.

62.

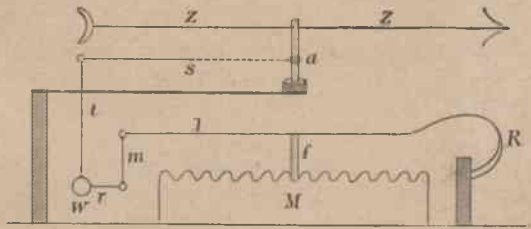
¹⁾ báros = Schwere, métron = Maß, also Schweremesser.

Rohre, so tritt es in das Gefäß, füllt dieses also weiter an. Ist der Durchmesser des Gefäßes 5 mal so groß als der des Rohres, so ist sein Querschnitt 25 mal so groß. Sinkt das Quecksilber im Rohr um 25 mm, so steigt es im Gefäß um 1 mm. Der Unterschied des Luftdrucks beträgt daher in Wirklichkeit nicht 25, sondern nur 24 mm. Im täglichen Leben spielt ein derartiger Fehler keine große Rolle, wohl aber, wenn es sich um wissenschaftliche Beobachtungen handelt. Bei diesen wendet man daher Heberbarometer an.

Beim Heberbarometer steigt das Quecksilber im kurzen Arme gerade so viel, wie es im langen fällt. Darum darf die Röhre nicht fest mit dem Brette verbunden sein. Sie läßt sich durch eine Schraube auf und ab bewegen; so kann man den Nullpunkt immer auf den Stand des Quecksilbers im kurzen Schenkel bringen.

2. Das Aneroidbarometer¹⁾.

Der Hauptteil des Aneroidbarometers ist eine luftleere Dose (Abb. 63 M) die einen dünnen Deckel aus Wellblech besitzt. Bei Zunahme des Luftdrucks wird der Deckel eingedrückt. Seine Bewegung wird durch elastische Federn und durch Hebel auf eine Kette *s* übertragen. Diese ist um eine Welle *a* gelegt, an der sich ein Zeiger *z* befindet. Die Skala ist durch Vergleichung mit einem Quecksilberbarometer hergestellt. Die Angaben des Aneroidbarometers sind im allgemeinen nicht so zuverlässig wie die des Quecksilberbarometers.



63.

3. Anwendung.

a) Das Barometer dient zum Messen des Luftdrucks (§ 30).

b) Das Barometer dient zur Höhenbestimmung. Die gesamte Luftmasse über einem Ort übt einen Druck von 760 mm aus. Wir können sie uns in zahlreiche übereinanderliegende Schichten zerlegt denken. Diese seien etwa je 20 m dick. Steigt man 20 m an einem Berg empor, so drückt eine Schicht weniger, steigt man 100 m empor, so drücken 5 Schichten weniger usw. Der Luftdruck muß also abnehmen, je höher man emporsteigt. Beobachtungen und genaue Messungen haben nun ergeben, daß das Quecksilber im Barometer so oft um 1 mm fällt, als man 10,5 m gestiegen ist (das gilt aber nur bis etwa 2000 m Höhe, da die Dichtigkeit der Luft abnimmt). Zeigt das Barometer am Meeresstrande 760 mm, auf einem Hügel 750 mm, so ist man $10 \cdot 10,5 = 105$ m über Meereshöhe. Zeigt es 735 mm, so ist man $25 \cdot 10,5 = 262,5$ m über Meereshöhe. Es beträgt der Barometerstand auf

¹⁾ nerós = naß, a = nicht, also nicht naß, trodenes Barometer.

dem Montblanc bei 4800 m Höhe im Mittel	430 mm
„ Atna „ 3300 „ „ „ „	510 „
der Schneefoppe „ 1600 „ „ „ „	625 „
dem Broden „ 1145 „ „ „ „	660 „

Mit Hilfe des Barometers können darum Luftschiffer und Reisende bestimmen, wie hoch sie sich befinden.

c) Das Barometer dient als Wetterglas (§ 46).

Aufgaben: 1. Weshalb muß der Raum über dem Quecksilber im langen Schenkel luftleer sein? 2. Wie kann man prüfen, ob das der Fall ist? (Vorsicht, damit das Rohr nicht entzweigeht!) 3. Weshalb muß der kurze Schenkel offen sein? 4. Der Bungsberg in Ostholstein ist 164 m, der benachbarte Helsenstein (Pilsberg) 128 m hoch. Welchen Stand zeigt das Barometer auf dem Bungsberg, wenn es auf dem Helsenstein 756 mm zeigt? 5. Im Schwäbischen Jura liegen der Hohenstaufen (680 m) und der Hohenzollern (860 m). Welchen Stand hat das Barometer auf dem Hohenstaufen, wenn es auf dem Hohenzollern 670 mm zeigt? 6. Das Barometer eines Luftschiffers zeigt 700 mm. Welche Höhe hat er erreicht? 7. Die Sohle des Hochreservoirs des Wasserturms auf dem Ravensberg in Kiel liegt 42 m über dem Meere. Wie groß ist der Unterschied des Barometerstandes? 8. Geh mit dem Barometer von dem Keller bis auf den Boden des Schulhauses und vergleiche den Stand des Quecksilbers!

§ 32. Wirkungen des Luftdrucks.

Erfahrung: Taucht man einen Strohhalm in ein Gefäß mit Zitronenwasser und saugt die Luft heraus, so steigt das Wasser in dem Rohr empor.

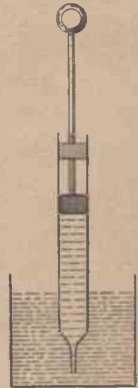
Erklärung: Dadurch, daß man saugt, werden die Luftteilchen entfernt. Die Luft in der Röhre wird also verdünnt (§ 26, 2 b). Da die äußere Luft stärker drückt, so treibt sie das Wasser in der Röhre so weit empor, daß das Gewicht der inneren Luft und des Wasserfadens gleich dem Gewicht der äußeren Luft ist.

Die Wirkung des Luftdrucks zeigt sich bei einer Reihe von Erscheinungen, die man täglich beobachten kann.

a) Die Handspritze (Abb. 64).

Sie besteht aus einer Röhre, die in eine Spitze ausläuft. In der Röhre bewegt sich ein luftdicht schließender massiver¹⁾ Kolben. Erkläre ihre Wirkungsweise nach § 26, 2 a und § 26, 1 a!

Aufgaben: 1. Weshalb flieht das Wasser nicht aus der Röhre heraus, wenn man die Spitze aus dem Wasser nimmt? 2. Gib an, bei welchen Gelegenheiten eine Handspritze gebraucht wird! 3. Zeichne eine Handspritze!



64.

b) Atmen, Trinken, Saugen.

Beim Atmen erweitert sich infolge Abflachens des Zwerchfells die Brusthöhle. Die in ihr enthaltene Luft wird verdünnt (§ 26, 2 a) und übt darum einen geringeren Druck auf die Außenseite der Lunge aus. Darum strömt atmosphärische Luft in die Lunge und dehnt sie aus. Die Luft in der Brusthöhle erhält dadurch gleiche Dichte mit der äußeren (Einatmen). Hört die

¹⁾ Nicht hohl.

Zusammenziehung der Muskelfasern des Zwerchfells auf, so wölbt es sich wieder nach oben, verengt also die Brusthöhle. Die in ihr befindliche Luft wird verdichtet (§ 26, 1a) und übt daher einen größeren Druck auf die Lunge aus; dadurch wird ein Teil der Luft aus ihr herausgepreßt (Ausatmen). Beim Trinken wird die Luft aus dem Mund in die Lunge gesogen, so daß in ihm ein luftverdünnter Raum entsteht (§ 26, 2b). Die atmosphärische Luft drückt nun die Flüssigkeit in den Mund. Ebenso ist es beim Saugen.

c) Der Blasebalg (Abb. 65).

Er besteht aus zwei durch einen Lederbalg verbundenen Brettern. Bei V befindet sich ein Ventil, das sich nur nach innen öffnen kann. Bei D ist eine Röhre, die Düse. Erkläre die Wirkung nach § 26!

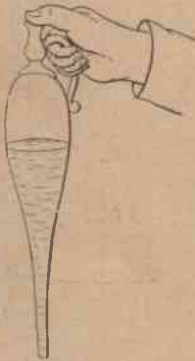
Aufgabe: Der Blasebalg wird zum Anfachen des Feuers gebraucht. Weshalb schlägt die Flamme mitunter in die Düse?



65.

d) Der Stechheber (Abb. 66).

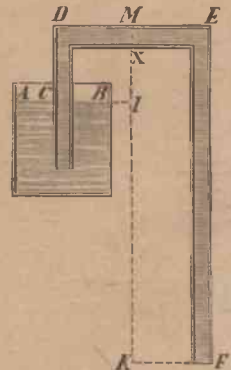
Er besteht aus einer bauchig erweiterten Röhre. Taucht man das untere Ende in eine Flüssigkeit, so dringt diese hinein (§ 19). Hält man nun den Finger auf die obere Öffnung, so kann man den Stechheber aus der Flüssigkeit im Gefäße heben, ohne daß die Flüssigkeit aus dem Heber herausfließt. Hebt man den Finger, so strömt sie heraus. Erkläre! Wo gebraucht man den Stechheber?



66.



67.



68.

e) Der Saugheber (Abb. 67 und 68).

Ein gebogenes Glasrohr oder ein gebogener Gummischlauch stellen einen Saugheber dar. Der kurze Schenkel steht in der Flüssigkeit. Saugt man am längeren Schenkel, so fließt sie so lange ununterbrochen ab, als der kurze Schenkel die Flüssigkeit berührt. Ist der Heber mit der Flüssigkeit

gefüllt, so sucht diese aus beiden Schenkeln herauszufließen. Dem wirkt der Luftdruck entgegen. Bei mittlerem Luftdruck ist dieser gleich dem Gewicht einer 10 m langen Wassersäule (§ 30). Ist $MI (= CD)$ 10 cm lang, so beträgt der Gegendruck bei C noch 990 cm Wasser. Ist $MK (= EF) = 80$ cm, so drücken bei F nur noch 920 cm Wasser entgegen. Die Flüssigkeit fließt daher bei F aus. Befinden sich die Ausflußöffnung und der Wasserspiegel in einer wagerechten Ebene, so sind auch die Kräfte gleich; das Wasser steht. Ist der äußere Schenkel kürzer, so wird das Wasser zurückgedrängt.

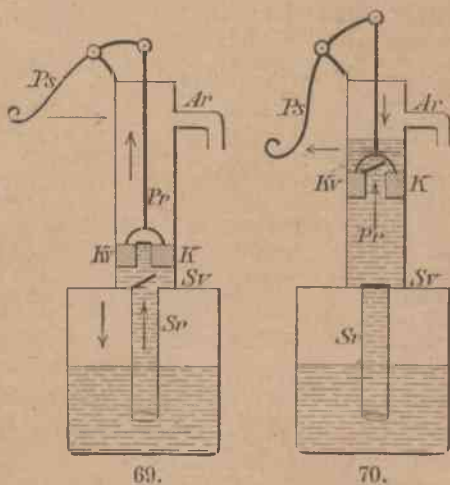
Aufgaben: 1. Weshalb müssen die Öffnungen des Stechhebers eng sein? 2. Weshalb fällt die Flüssigkeit aus dem Stechheber heraus, wenn man den Finger von der Öffnung nimmt? 3. Wie kann man das Herausfließen unterbrechen? 4. Zum Abfüllen eines Aquariums benutzt man meistens einen Gummischlauch als Saugheber. Da es nicht zu empfehlen ist, ihn in diesem Falle anzusaugen (weshalb nicht?), so füllt man den ganzen Schlauch mit Wasser, drückt die Enden zu und taucht das kurze Ende in das Wasser des Aquariums, während das lange über einem Eimer herabhängt. Das Wasser fließt jetzt durch den Schlauch ab. Erkläre!

f) Die Saugpumpe (Abb. 69 und 70).

Die Saugpumpe besteht aus einem Rohre, das mit seinem unteren Ende in das Wasser reicht. Der obere Teil heißt Pumpenrohr oder Stiefel, der untere Saugrohr. Am Boden des Stiefels befindet sich ein Ventil, das Saug- oder Bodenventil, das sich nur nach oben öffnen kann. Im Stiefel selbst bewegt sich ein durchbohrter Kolben auf und ab. Seine Öffnung kann durch das Kolbenventil geschlossen werden, das sich ebenfalls nur nach oben zu öffnet. Der Kolben ist mittels der Kolbenstange an dem Pumpenschwengel befestigt; er stellt einen zweiseitigen Hebel mit langem Kraftarm dar.

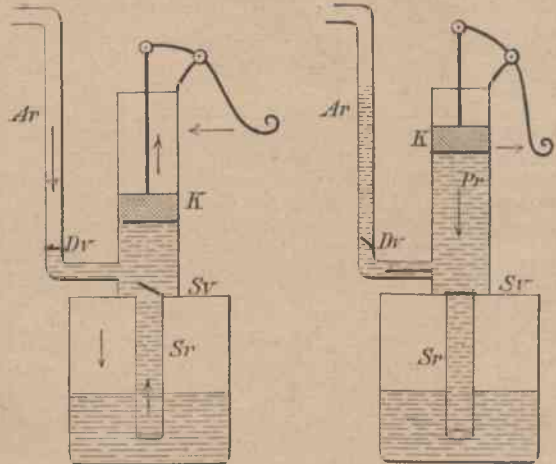
Wird der Kolben aufwärts bewegt (Abb. 69), so wird die Luft im Stiefel verdünnt (§ 26, 2a). Von unten drückt verdünnte, von oben atmosphärische Luft auf das Kolbenventil; dieses schließt sich daher. Auf das Saugventil drückt von oben verdünnte, von unten atmosphärische Luft; es wird geöffnet.

Das Wasser tritt in den Stiefel. Wird der Kolben abwärts bewegt (Abb. 70), so drückt von oben atmosphärische Luft auf das Kolbenventil, von unten das Wasser, das in den Stiefel getreten ist und sich nicht zusammendrücken läßt. Das Saugventil schließt sich; das Kolbenventil öffnet sich und läßt das Wasser über den Kolben treten. Nach weiteren Kolbenzügen steigt dieses so hoch, daß es aus dem Ausflußrohr Ar herausfließt. Wie weit darf das Saugventil höchstens vom Wasserstand entfernt sein? (§ 30.)



g) Die Druckpumpe (Abb. 71 und 72).

Mittels der Saugpumpe läßt sich das Wasser gewöhnlich nur bis zu einer Höhe von 7–8 m heben, da die Ventile in den seltensten Fällen vollständig luftdicht schließen. Soll das Wasser höher befördert werden, so wendet man eine Druckpumpe an. Das Ausflußrohr (Steigerrohr) mündet unter dem Kolben. In ihm befindet sich ein Ventil, das sich nach oben öffnet. Der Kolben ist dicht (massiv). Wird er nach oben bewegt, so entsteht unter ihm ein luftverdünnter Raum (weshalb?) Das Saugventil öffnet, das Druckventil schließt sich. Das Wasser dringt in den Stiefel. Wird der Kolben abwärts bewegt, so schließt sich das Saugventil, während das Druckventil sich öffnet. Das Wasser wird in dem Steigerrohr emporgepreßt. Da endlich eine Wassersäule



71.

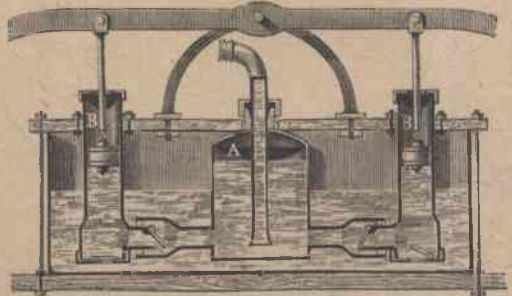
72.

von beträchtlicher Höhe über dem Druckventil steht, so muß eine große Kraft angewandt werden, um dieses zu öffnen; daher werden Druckpumpen gewöhnlich durch Maschinen in Bewegung gesetzt.

Aufgaben: 1. Vergleiche Saug- und Druckpumpe! 2. Zeichne Saug- und Druckpumpe mit ihren Ventilen a) wenn der Kolben aufwärts, b) wenn er abwärts geht! 3. Wenn Sand und andere feste Körper in die Pumpen kommen, so werden die Ventile undicht. Wie kann man das Eindringen von Fremdkörpern verhindern? 4. Welche Pumpe erfordert unter sonst gleichen Verhältnissen am meisten Kraft? 5. Setze auf das Steigerrohr des Modells der Druckpumpe einen durchbohrten Kork und führe durch ihn eine oben zugespitzte Glasröhre bis fast an das Druckventil! Welche Erscheinung tritt ein, wenn die Pumpe in Tätigkeit gesetzt wird? 6. Welche bekannte Vorrichtung stellt das Steigerrohr jetzt dar? 7. Inwiefern unterscheidet es sich aber von ihr?

h) Die Feuerspritze (Abb. 73).

Die in Aufgabe 5 des vorigen Abschnitts erwähnte Vorrichtung stellt eine Feuerspritze dar. Sie hat aber den Ubelstand, daß der Strahl unterbrochen ist. Um diesen zu vermeiden, muß man 2 Druckpumpen mit einem gemeinsamen Steigerrohr anwenden, das dann einen Heronsball darstellt. Die Feuerspritze



73.

besteht aus dem Wasserkasten, der gewöhnlich auf Rädern ruht (weshalb?), den beiden Druckpumpen BB, dem Windkessel A, von dem das Spritzrohr abgeht, und dem zweiseitigen Hebel, an dem die Kolbenstangen befestigt sind.

Aufgaben: 1. Erkläre die Wirkungsweise der Feuerspritze! 2. Vergleiche die Bewegung der beiden Saugventile! 3. Vergleiche die Bewegung der beiden Druckventile! 4. Weshalb muß der Windkessel starke Wände haben? 5. Zeichne die Feuerspritze zweimal, und zwar a) wenn der linke, b) wenn der rechte Hebelarm gehoben ist!

II. Von der Wärme.

A. Erregung der Wärme.

§ 33. Wärmequellen.

a) **Erfahrung:** Im Sonnenschein ist es wärmer als im Schatten. Im Sommer erwärmt die Sonne die Erde mehr als im Winter, mittags mehr als abends. Auf Dächern, die von den Sonnenstrahlen rechtwinklig getroffen werden, schmilzt der Schnee früher als auf solchen, die schräg beschienen werden. Läßt man die Sonnenstrahlen durch eine Linse („Brennglas“) auf ein Blatt Papier fallen, so entzündet sich dieses.

Ergebnis: Die Hauptwärmequelle ist die Sonne. Sie bringt die größte Wärme hervor, wenn ihre Strahlen einen Gegenstand senkrecht treffen (weshalb? Abb. 74).

b) **Erfahrung:** In tiefen Kellern ist es selbst im kalten Winter so warm, daß das Wasser nicht gefriert.

Messungen der Temperatur in tiefen Bohrlöchern haben ergeben, daß die Wärme des Erdinnern zunimmt, je tiefer das Loch ist.

Ergebnis: Die Erde hat eine ihr eigentümliche Wärme. Wie Tiefbohrungen gezeigt haben, nimmt die Wärme auf je 30 m um etwa 1° zu.

c) **Erfahrung:** Wenn es im Winter draußen kalt ist, heizt man den Ofen. Man schüttet Brennstoff hinein. An diesen bringt man brennendes Holz. Wird der Ofen fest geschlossen, so erlischt das Feuer, weil keine Luft an dieses treten kann. Hält man ein brennendes Zündholz in Wasser, so erlischt es, weil es zu stark abgekühlt und die Luft von ihm abgesperrt wird.

Versuch: 1. In ein Becherglas bringt man ein wenig Wasser und stellt ein Thermometer hinein. Dann gießt man Schwefelsäure zu dem Wasser. — Das Thermometer zeigt eine Zunahme der Wärme an.

Ergebnis: Die angeführten Beobachtungen und der Versuch zeigen chemische Vorgänge. Eine weitere Wärmequelle sind also chemische Vorgänge, namentlich die Verbrennung. Soll eine Verbrennung zustande kommen, so müssen Brennstoff, die Entzündungstemperatur und sauerstoffreiche Luft vorhanden sein.

d) **Erfahrung:** Reibt man Zündhölzer an einer geeigneten Reibfläche, so entzünden sie sich. Bohrer, Sägen, Wagenachsen, Hammer und Amboß werden beim Gebrauche warm.



Versuch: 2. Man schiebt eine Stricknadel durch einen Kork und reibt sie mit diesem. — Sie wird heiß.

Ergebnis: Durch mechanische Vorgänge wird Wärme erzeugt.

Versuche: 3. Man berührt eine elektrische Glühlampe, die nicht eingeschaltet ist. — Sie fühlt sich kalt an. 4. Die Lampe wird eingeschaltet und dann berührt. — Sie fühlt sich jetzt warm an.

Ergebnis: Durch Elektrizität wird Wärme erzeugt.

Zusammenfassung: Die Quellen der Wärme sind die Sonne, die Wärme des Erdinnern, chemische Vorgänge, mechanische Vorgänge und die Elektrizität.

Aufgaben: Erkläre folgende Erscheinungen: 1. Wenn man an einem Klettertau nach unten rutscht, verbrennt man sich mitunter die Hände. 2. An einigen Stellen quillt heißes Wasser aus der Erde. 3. Ein schräg stehendes Brett wird oft wärmer als ein flach liegendes. 4. Am Nordabhang des Taunus gedeiht kein Wein, wohl aber am Südbabhang. 5. Weshalb sind nach Norden gelegene Bohnräume kühl? 6. Weshalb wird der Kamniklosch beim Gebrauche warm? 7. Weshalb ist es am Äquator wärmer als in den Polargegenden? 8. Wie warm ist es etwa 900 m unter der Erdoberfläche? 9. Das Wasser siedet bei 100°. In welcher Erdtiefe wird diese Wärme erreicht?

B. Verbreitung der Wärme.

§ 34. Die Wärmeleitung.

Erfahrung: Gießt man heißen Kaffee in eine kalte Tasse, so wird diese warm, jener abgekühlt. Stellt man eine heiße Schüssel auf eine kalte Eisenplatte, so tritt dieselbe Erscheinung ein. Die Griffe der Kochtöpfe muß man mit einem Topflappen anfassen, wenn man sich nicht die Finger verbrennen will.

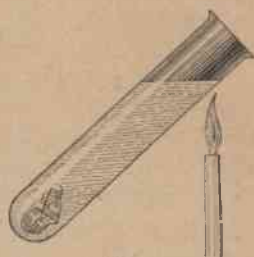
Erklärung: Wenn ein warmer Körper einen kalten berührt, so teilt er diesem Wärme mit, wobei er selbst kälter wird. Ebenso teilt ein Teilchen eines Körpers dem nächsten Teilchen desselben Körpers Wärme mit. Die Verbreitung der Wärme von einem Teilchen eines Körpers zu dem nächsten oder von einem Körper auf einen andern ihn berührenden nennt man Wärmeleitung.

Erfahrung: Eine Stricknadel, die man mit einem Ende in eine Flamme hält, wird nach kurzer Zeit am andern Ende so warm, daß man sie nicht mehr halten kann. Ein ebenso langes Holzstäbchen aber kann man mit den Fingern anfassen, bis die Flamme diese fast berührt. Ist die Nadel mit einem Wolläppchen umwickelt, so merkt man von der Hitze nichts. In einem eisernen Kochtopf kochen die Speisen schneller als in einem irdenen. In einer Kaffeekanne aus Metall wird der Kaffee schneller kalt als in einer irdenen. Ein eiserner Ofen wird schnell warm, verliert aber seine Wärme, sobald das Feuer erlischt. Ein Kachelofen wird langsam warm, bleibt aber noch stundenlang warm, auch wenn das Feuer erloschen ist.

Versuche: 1. Eine Konservendose wird mit siedendem Wasser gefüllt und mit einem großen Kork verschlossen. Durch den Kork steckt man vier etwa 20 cm lange und 6—7 mm dicke Stäbe aus Kupfer, Messing, Eisen und Glas, so daß sie einige cm weit ins Wasser reichen. Soweit die Stäbe über den Kork hinausreichen, sind sie in Entfernungen von 1 cm mit einer

feinen Rundseile schwach ausgehöhlt. In diese Ausbohrungen tupft man mit einem erwärmten Draht etwas Wachs. Nachdem man die Stäbe schwach angewärmt hat, damit das Wachs weich wird, drückt man in jede Vertiefung ein Schrotkörnchen von etwa 4—5 mm Durchmesser oder eine Erbse. — Zuerst fallen die Schrotkörnchen von der Kupfer-, dann von der Messing-, darauf von der Eisen- und endlich von der Glasstange herunter. 2. (Abb. 75.) In ein Probierglas, das bis zu $\frac{3}{4}$ mit Wasser gefüllt ist, wirft man ein mit Bleidraht beschwertes Stück Eis. Erwärmt man das Wasser oben, so kann man es hier zum Kochen bringen, ohne daß das Eis schmilzt. 3. Ein verforttes (mit Luft gefülltes) Probierglas kann oben erwärmt werden, während es unten kalt bleibt.

Gesetz: Die Körper leiten die Wärme nicht gleich schnell. Einige Körper nehmen die Wärme schnell auf, geben sie aber auch schnell ab. Solche Körper heißen gute Wärmeleiter. Andere nehmen die Wärme langsam auf und geben sie langsam ab. Sie heißen schlechte Wärmeleiter. Gute Wärmeleiter sind die Metalle, schlechte: Wasser, Luft, Wolle, Federn, Pelze, Holz, Papier, Stroh, Asche, Schnee.



75.

Anwendung: Gute Wärmeleiter wendet man an, wenn die Wärme schnell verbreitet werden soll (eiserne Kochgeschirre, eiserne Öfen). Schlechte Wärmeleiter verwendet man 1. um die vorhandene Wärme zu halten (Kaffeefannen werden mit einer wollenen Mütze versehen, Pumpen im Winter mit Stroh umwickelt, Zimmer mit Doppelfenstern versehen, unser Körper mit Kleidung umgeben); 2. um das Eindringen von Wärme abzuhalten (Eis wird in wollene Decken gewickelt, das Plätteisen mit einem Holzgriff versehen, der Eiskeller mit Stroh gedeckt).

Aufgaben: 1. Weshalb fühlt sich ein Stück Eisen kälter an als ein Stück Holz von gleicher Temperatur? 2. Wie kommt es, daß die Saat selbst bei strenger Kälte nicht erfriert, wenn sie mit Schnee bedeckt ist? 3. Weshalb ist es unvorteilhaft, einen Kessel zu benutzen, dessen Wände mit Kesselstein überzogen sind? 4. Was für einen Ofen wird man wählen, wenn das Zimmer schnell warm werden soll? 5. Was für einen Ofen wird man wählen, wenn die Wärme lange anhalten soll? 6. Was für einen Ofen wird man wählen, wenn man beides wünscht? 7. Weshalb halten weite Kleidungsstücke wärmer als enganliegende? 8. Weshalb haben Feuerherde, Kaffee- und Teekannen Holzgriffe? 9. Weshalb ist der Raum zwischen den Doppelwänden der Geldschränke mit Asche ausgefüllt? 10. Weshalb sitzt es sich auf einer steinernen oder eisernen Bank kälter als auf einer hölzernen? 11. Wodurch sind die Wasservögel gegen zu starke Abkühlung geschützt?

§ 35. Die Wärmestrahlung.

Erfahrung: Im Sonnenschein empfindet man eine viel größere Wärme als unmittelbar daneben im Schatten. Ein Thermometer, das im Sonnenschein hängt, zeigt einen höheren Wärmegrad an als ein anderes, das in der Nähe im Schatten hängt. Beschattet man es durch ein Blatt Papier, so sinkt das Quecksilber. In der Nähe des eisernen Ofens spürt man oft eine stechende Hitze. Stellt man einen Ofenschirm zwischen sich und den Ofen, so hört die unangenehme Empfindung auf; der Schirm wird warm.

Erklärung: Durch Leitung kann diese verschiedene Erwärmung nicht verursacht sein; denn sonst würde die Wärme in kurzer Zeit ausgeglichen sein. Sie wird von einem Körper auf den andern übertragen, ohne daß die dazwischenliegende Luft erwärmt wird. Diese Art der Fortpflanzung der Wärme nennt man die **Wärmestrahlung**.

Erfahrung: In der Nähe eines dunklen Ofens mit rauher Oberfläche spürt man die strahlende Wärme mehr als in der Nähe eines andern, der eine helle, glatte Oberfläche hat. In beruhten Kochtöpfen wird das Wasser schneller kochen als in einem blanken; es wird aber auch schneller kalt. Der Kaffee hält sich länger warm in einer blanken Kanne als in einer dunklen. In einem dunklen Anzug ist es im Sommer im Sonnenschein unerträglich warm, während man in einem hellen die Hitze weniger spürt.

Versuch: Man legt zwei sonst gleiche Stücke Wollstoff, ein weißes und ein schwarzes, nebeneinander auf den Schnee, so daß sie von der Sonne beschienen werden. — Das dunkle sinkt allmählich in den Schnee ein, da dieser unter ihm schmilzt.

1. **Gesetz:** Rauhe und dunkle Körper werden durch Wärmestrahlen rascher erwärmt als glatte und helle; sie strahlen ihre Wärme aber auch schneller aus.

Erfahrung: (§ 33, a.)

2. **Gesetz:** Die Sonnenstrahlen erwärmen eine Fläche um so stärker, je mehr sich der Winkel, unter dem sie auffallen, einem rechten nähert.

Aufgaben: 1. Weshalb trägt man im Sommer lieber helle als dunkle Kleider? 2. Weshalb streicht man die Wand, an der Spalterobst oder Wein gezogen wird, dunkel an? 3. Weshalb benutzt man gerne polierte Kaffee- und Teekannen? 4. Welche Bedeutung haben die Verzierungen der eisernen Ofen? 5. Weshalb ist ein Gartenboden mit dunkler Erde wärmer als ein anderer mit heller? 6. Weshalb gedeihen die Pflanzen in einem Garten, der nach Süden geneigt ist, besser als in einem nach Norden geneigten? Zeichne die Strahlen! 7. Weshalb streicht man Milch- und Eiswagen weiß an? 8. Weshalb kühlt sich die Erde in Nächten mit wolkenlosem Himmel stark ab? 9. Weshalb ist es in der Nähe nach Süden und Westen gelegener Wände abends warm? 10. Weshalb taut Schnee, der mit Staub bedeckt ist, schneller als reiner? 11. Weshalb wird ein Zimmer erst ordentlich warm, wenn die Wände warm geworden sind?

C. Die Wirkungen der Wärme.

a) Die Ausdehnung der Körper.

§ 36. Die Ausdehnung der Körper.

Erfahrung: Kochtöpfe bleiben oft in den Ringen des Herdes sitzen, nachdem diese abgekühlt sind. Die Telegraphendrähte hängen im heißen Sommer weniger straff als im Winter. Die Handschuhe lassen sich schwer von den Händen ziehen, wenn diese warm geworden sind. Füllt man den Teekessel bis zum Rande mit Wasser, so fließt dieses über, wenn der Kessel erwärmt wird. Von einer gefüllten Flasche, die in unmittelbarer Nähe des Ofens steht, fliegt mitunter der Kork empor.

Versuche: 1. Eine Messingkugel, die gerade durch einen Ring geht, hängt mittels einer Kette an einem Griff. Man erhitzt die Kugel und

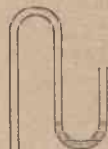
legt sie auf den Ring. — Sie geht nicht mehr hindurch. Sobald sie aber abgekühlt ist, fällt sie durch den Ring. 2. (Abb. 76.) An einem waagrecht ausgespannten Drahte hängt in der Mitte ein Gewicht. Man erhitzt den Draht (durch eine Flamme oder den elektrischen Strom). — Das Gewicht sinkt; es hebt sich wieder, wenn der Draht kalt wird. 3. Man füllt einen Probierzylinder bis etwa $\frac{3}{4}$ der Höhe mit Petroleum und merkt die Höhe durch aufgeklebtes Freimarkenpapier an. Dann taucht man ihn in



76.

heißes Wasser. — Das Petroleum steigt. Taucht man ihn darauf in kaltes, so sinkt es wieder. 4. (Abb. 77.) Man verschließt einen Probierzylinder mit einem durchbohrten Kork. Durch ihn geht eine etwa 25 cm lange, doppelt gebogene Glasröhre, so daß das untere Ende mit der unteren Fläche des Korks abschließt. Nachdem man den Zylinder einen Augenblick in der warmen Hand gehalten hat, taucht man die Spitze der Glasröhre in gefärbtes Wasser, so daß ein Tropfen in die Röhre geht. — Wird die Luft im Probierglas kälter, so sinkt der Tropfen im Rohr; wird sie wärmer, so steigt er.

Erklärung: Durch die Wärme werden die einzelnen Teilchen der Körper weiter auseinander getrieben; die Körper werden ausgedehnt. Werden die Körper kälter, so nähern sich die Molekeln wieder einander; die Körper ziehen sich zusammen, und zwar geschieht das sowohl bei den festen als auch bei den flüssigen und luftförmigen Körpern.



77.

Gesetz: Wärme dehnt die Körper aus; Kälte zieht sie zusammen.

Aufgaben: 1. Weshalb legt der Schmied den Wagenreifen glühend um das Rad? 2. Weshalb füllen Guhwaren nach dem Erkalten die Form nicht mehr aus? 3. Weshalb darf man eine mit kaltem Wasser gefüllte, verschlossene Wärmflasche nicht in den warmen Ofen stellen? 4. Weshalb läßt man beim Legen der Eisenbahnschienen zwischen den einzelnen Schienen einen kleinen Raum frei? Was würde geschehen, wenn man dieses unterlasse? 5. Weshalb verstimmen Klaviere und Violinen, wenn man sie aus einem kalten in ein warmes Zimmer bringt? 6. Weshalb dürfen Fensterscheiben nicht ganz so groß wie der Rahmen sein? 7. Wenn ein Glasstöpfel zu fest in der Flasche sitzt, so hält man ihren Hals in warmes Wasser. Erkläre! 8. Inwiefern muß beim Bau von eisernen Brücken, Geländern, beim Eindecken der Türme und Dächer mit Kupfer oder Zink Rücksicht auf die Ausdehnung der Körper durch die Wärme genommen werden? 9. Wie kann man schleifstehende Mauern durch glühend gemachte Eisenstangen wieder gerade richten? 10. Weshalb dürfen die Schrauben an den Glasschalen der elektrischen Lampen nicht zu fest angezogen werden?

§ 37. Das Thermometer ¹⁾.

Erfahrung: Kommen wir im kalten Winter von draußen in ein Zimmer, so erscheint es uns warm, auch wenn es uns vorher kühl darin vorkam. Die Luft eines Kellers, in dem das ganze Jahr hindurch die

¹⁾ thermos = warm, métron = Maß.

gleiche Temperatur herrscht, kommt uns im Winter warm, im Sommer dagegen kühl vor.

Versuch: Man füllt eine Schale mit kaltem, eine mit heißem und eine dritte mit lauwarmem Wasser. Danach taucht man die linke Hand in das kalte und die rechte in das heiße Wasser. Nachdem die Hände längere Zeit in dem Wasser gewesen sind, taucht man beide gleichzeitig in das lauwarme Wasser. — Dieses erscheint der linken Hand warm, zu gleicher Zeit aber der rechten kalt.

Ergebnis: Unser Gefühl täuscht uns über den Wärmegrad. Um diesen zu erfahren, müssen wir ihn messen. Da die Wärme aber kein Körper ist, können wir sie nicht selbst messen. Auf den Grad der Wärme können wir nur aus ihrer Wirkung schließen. Je größer die Wirkung, desto höher ist auch der Wärmegrad. Um die Wärme zu messen, wendet man die Ausdehnung von Quecksilber oder Weingeist an, da diese beiden Flüssigkeiten sich durch sehr regelmäßige Ausdehnung auszeichnen.

Das **Thermometer** besteht aus einer luftleeren Glasröhre von überall gleicher Weite. Oben ist sie zugeschmolzen, unten zu einer Kugel erweitert. Diese und ein Teil der Röhre sind mit Quecksilber oder Weingeist gefüllt. Die Röhre ist auf einem mit einer Scala versehenen Brettchen befestigt. Den Punkt der Scala, bei dem das Eis schmilzt, nennt man Schmelz- oder Gefrierpunkt, den Punkt, bei dem Wasser siedet, den Siede- oder Kochpunkt. Den Abstand der beiden Punkte teilte der Schwede Celsius in 100 gleiche Teile, die man Grade ($^{\circ}$) nennt¹⁾. Temperaturen über und unter 0 werden durch + und — unterschieden.

Um die höchste und niedrigste Temperatur eines Tages zu messen, wendet man ein **Maximum- und Minimumthermometer**²⁾ an. Am gebräuchlichsten ist das von Six (Abb. 78). Das Rohr links über dem Quecksilber ist mit Weingeist, der Raum rechts teilweise mit einer ölartigen Flüssigkeit und teilweise mit deren Dämpfen gefüllt. In beiden Schenkeln des Rohres befindet sich je ein Stahlstäbchen. Quecksilber hat zum Stahle keine Adhäsion, wohl aber Weingeist. Dehnt sich der Weingeist infolge der Wärme aus, so schiebt er den Quecksilbersfaden und das Stäbchen b vor sich her. Sinkt die Temperatur, so zieht sich der Weingeist zusammen. Infolge der Adhäsion zieht er das Stäbchen a mit sich. Wenn er sich wieder ausdehnt, so fließt er bei ihm vorbei, so daß also die Lage des Stäbchens a die tiefste Temperatur des Tages anzeigt. Wegen der fehlenden Adhäsion zwischen Quecksilber und



78.

¹⁾ In England und Nordamerika benutzt man die Einteilung Fahrenheit's. Zwischen Gefrier- und Siedepunkt liegen 180 $^{\circ}$. Der Nullpunkt Fahrenheit's liegt 32 $^{\circ}$ unter dem Gefrierpunkt, so daß das Wasser bei + 32 $^{\circ}$ F gefriert und bei + 212 $^{\circ}$ F siedet. Der Franzose Reaumur teilte den Abstand zwischen Gefrier- und Siedepunkt in 80 $^{\circ}$ ein. Seit 1900 darf in Deutschland amtlich nur nach dem hundertteiligen Thermometere gerechnet werden.

²⁾ maximum, das Größte, minimum, das Kleinste.

Stahl wird das Stäbchen *b* wohl vorwärts geschoben, aber nicht wieder zurückgezogen. Daher gibt die Lage des Stäbchens *b* die höchste Temperatur des Tages an. Durch einen Magnet bringt man die Stäbchen morgens wieder in Berührung mit dem Quecksilber.

Um die **mittlere Temperatur** eines Tages zu finden, müßte man eigentlich allstündlich den Wärmegrad ablesen, die gefundenen Zahlen zusammenzählen und die Summe durch 24 teilen. Das gleiche Ergebnis erzielt man, wenn man die Temperatur morgens 7 Uhr, mittags 2 Uhr und abends 9 Uhr beobachtet. Danach zählt man die beobachtete Zahl von 7 Uhr, die von 2 Uhr und die doppelte von 9 Uhr zusammen und teilt die gefundene Summe durch 4. Betragen z. B. die gefundenen Zahlen + 6, + 15 und + 10 Grad, so ist die mittlere Tageswärme

$$\frac{6 + 15 + 2 \cdot 10}{4} = 10\frac{1}{4}^{\circ}.$$

Noch bequemer findet man die mittlere Temperatur, wenn man die am Maximum- und Minimumthermometer abgelesenen beiden Grade addiert und die Summe durch 2 teilt.

Man findet die mittlere Monatstemperatur, wenn man die mittlere Temperatur aller Tage zusammenzählt und die erhaltene Summe durch die Anzahl der Tage teilt. Aus den mittleren Temperaturen der Monate findet man in ähnlicher Weise die mittlere Jahrestemperatur.

Aufgaben: 1. Weshalb muß die Wand der Thermometerkugel dünn sein? 2. Weshalb befindet sich ein Stückchen Metall vor der Kugel? 3. Weshalb muß die Röhre überall gleich weit sein? 4. Laß in einer Glasröhre einen Tropfen gefärbten Wassers hin und her gleiten und miß mehrfach seine Länge! Was schließt du auf die Weite der Glasröhre, wenn der Faden verschiedene Länge hat? Ist sie zur Herstellung eines Thermometers geeignet? 5. Weshalb muß der Raum über dem Quecksilber luftleer sein? 6. Weshalb darf ein Zimmerthermometer nicht in der Nähe des Ofens hängen? 7. Weshalb muß das Thermometer, mit dem man die Lufttemperatur mißt, im Schatten hängen? 8. Berechne die mittlere Tagestemperatur:

	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)
morgens 7 Uhr:	+6	-2	-4	+1	+17	+9	+17	+8
mittags 2 Uhr:	+7	+1	-1	0	+23	+16	+23	+14
abends 9 Uhr:	+5	+1	-2	-4	+20	+12	+18	+11

9.		Maximum:	Minimum:
	a:	+17	+6
	b:	+20	+10
	c:	-1	-8
	d:	+5	-3

10. Es beträgt die mittlere Wärme

	a) im Januar:	b) im Juli:	c) im Jahr:
in Kiel	0,8°	17°	8,4°
in Schleswig	0,6°	16,5°	8°
in Altona	0,1°	17,1°	8,3°
auf Helgoland	1,6°	16,5°	8,6°

Wie groß ist danach die mittlere Wärme der Provinz Schleswig-Holstein ungefähr a) im Januar, b) im Juli, c) im Jahre?

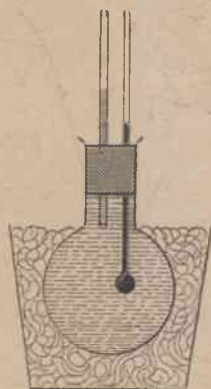
11. Nimm ein Stück Papier, auf dem sich keine Quadrate befinden. Am linken Rande trage die + und - Wärmegrade, am oberen die Tage des Monats ein. Beobachte während der angegebenen Zeiten das Thermometer, notiere die Temperatur und berechne die mittlere Tagestemperatur! Bezeichne die für die einzelnen Tage gefundene mittlere Wärme durch einen Punkt und verbinde alle Punkte durch gerade Linien (Wärmelinien)!

§ 38. Das Verhalten des Wassers bei zu- und abnehmender Wärme.

Erfahrung: Feste Butter sinkt in geschmolzener Butter unter. Sie ist also schwerer als die flüssige. Festes Wasser (Eis) aber schwimmt auf flüssigem Wasser. Es muß also leichter als dieses sein. Eine Flasche, die mit Wasser gefüllt ist und an einem kalten Wintertage ins Freie gestellt wird, zerspringt, sobald das Wasser sich in Eis verwandelt.

Erklärung: Wärme dehnt die Körper aus, und Kälte zieht sie zusammen. Ein ccm Butter, das erwärmt wird, nimmt nachher einen größeren Raum ein, ohne an Gewicht zuzunehmen. Ein ccm flüssige Butter muß also leichter sein als ein ccm kalte Butter; diese muß also in jener unter sinken. Da Eis auf dem Wasser schwimmt, muß es leichter sein, also größeren Raum einnehmen als Wasser. Daß Wasser sich beim Gefrieren ausdehnt, zeigt auch die zersprungene Flasche. Ob das Wasser sich erst beim Gefrieren oder schon früher ausdehnt, lehrt folgender

Versuche: 1. (Abb. 79.) Eine Kochflasche ist mit einem doppelt durchbohrten Kork verschlossen und bis an den Rand mit Wasser gefüllt. Durch die eine Durchbohrung führt ein enges Glasrohr, durch die andere ein Thermometer in die Flasche. Auch das Rohr ist mit Wasser gefüllt, so daß es mindestens 10 cm höher steht als in der Flasche. Man setzt die Flasche in ein Gemisch von Schnee und Kochsalz. — Das Wasser sinkt im Rohre. Die Kälte zieht es also zusammen. Sobald das Thermometer aber weniger als $+4^{\circ}\text{C}$ anzeigt, beginnt das Wasser wieder zu steigen, dehnt sich also aus. Wenn das Thermometer $+4^{\circ}$ zeigt, merke man den Wasserstand im Rohre durch ein Stück Freimarktenpapier an. 2. Man füllt ein hohes Standglas zur Hälfte mit Wasser und bringt darauf Eisstückchen. Auf den Boden des Glases stellt man ein Thermometer. Ein zweites befestigt man so in einem Stativ, daß seine Kugel in dem Eise steckt. — Das erste Thermometer zeigt $+4$, das zweite 0° .



79.

Gesetz: Wasser hat bei $+4^{\circ}\text{C}$ seine größte Dichtigkeit.

Beim Gefrieren dehnt sich das Wasser sehr stark, um etwa $\frac{1}{10}$ aus.

Das Verhalten des Wassers hat im Naturhaushalt eine große Bedeutung. Das Wasser eines Teiches besitze eine Wärme von $+10^{\circ}$. Im Herbst kühlt der Wind die oberste Schicht etwa auf 9° ab. Sie wird schwerer und sinkt. Eine zweite Schicht von $+10^{\circ}$ kommt an die Oberfläche, wird abgekühlt und sinkt. So geht es weiter, bis alles Wasser auf $+9^{\circ}$ abgekühlt ist. Dann wird die oberste Schicht etwa auf 8° abgekühlt, sinkt und macht einer andern Schicht Platz, die auch auf 8° abgekühlt wird. Das geht so fort, bis alles Wasser auf $+4^{\circ}\text{C}$ abgekühlt ist. Nun wird die oberste Schicht auf 3° abgekühlt. Sie dehnt sich aus, wird leichter und bleibt also an der Oberfläche. Dann wird sie schnell auf 2 , 1 und 0° abgekühlt, d. h. sie verwandelt sich in Eis. Darauf gefriert die zweite, dann die dritte Schicht. Da aber die Eisschicht die kalte Luft abhält, so geht das Gefrieren jetzt viel langsamer vor sich. Würde das Wasser

nicht diese Ausnahme machen, so würden die sich an der Oberfläche bildenden Eisschichten auf den Grund sinken. In kurzer Zeit würden Flüsse, Seen und Meere eine Eismasse bilden. Kein Tierleben wäre im Wasser möglich, kein Schiff könnte fahren. Im Frühling würden zwar die oberen Eisschichten auftauen; aber die Wärme des Wassers würde nicht über 0° steigen. Das Wasser würde die Wärme zum Auftauen der Eismassen nicht hindurchlassen. Auch die Luftwärme würde nicht steigen. Darin liegt die große Bedeutung des abweichenden Verhaltens des Wassers.

In fließenden Gewässern werden die kalten Wasserschichten auch auf den Grund geführt, so daß sich hier Grundeis bildet. Infolge des Auftriebes steigt dieses an die Oberfläche und bringt oft Steine und dgl. mit dahin.

Da auch das Wasser in den Spalten der Felsen, in den Poren der Mauern usw. gefriert und sich dabei ausdehnt, so verwittern diese allmählich.

Aufgaben: 1. Weshalb ist Wasser zur Füllung eines Thermometers unbrauchbar? 2. Weshalb wird durch den Frost der Ackerboden gelockert (mürbe gemacht)? 3. Welche Bedeutung hat das von der Regel abweichende Verhalten des Wassers für das Tierleben im Wasser? 4. Weshalb ist das Baden in Teichen oft gefährlich? 5. Weshalb darf man bei strengem Froste nicht mit Wasser gefüllte Eimer oder Tonnen im Freien stehen lassen? 6. Weshalb stürzen nach eintretendem Tauwetter zahlreiche Felsen ins Tal? 7. Weshalb zerpringen bei Frostwetter oft Wasserleitungsröhren? 8. Wie kann man das verhindern?

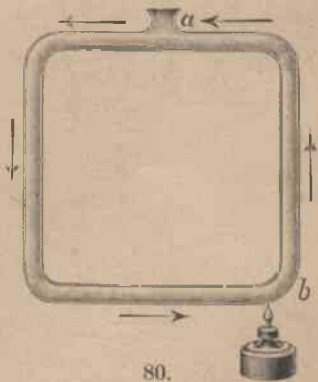
§ 39. Wasser- und Luftströmungen.

Versuche: 1. Man füllt eine Kochflasche mit Wasser, bringt Sägespäne (am besten von Eichenholz, warum?) dazu, schüttelt um und erwärmt. — Die Sägespäne steigen über der Flamme nach oben, sinken am Rande der Flasche nach unten, um wieder nach ihrem früheren Orte zurückzukehren und den Kreislauf zu wiederholen. 2. (Abb. 80.) Das Glasrohr wird (doch nicht ganz, § 36) mit Wasser gefüllt, zu dem man wieder Sägespäne bringt. Dann erhitzt man es an einer der unteren Ecken. — Das Wasser bewegt sich in der Richtung der Pfeile.

Erklärung: Das Wasser wird durch die Erwärmung ausgedehnt, also leichter. Daher steigt es empor. Kälteres Wasser tritt an seine Stelle. Es wird erwärmt und steigt ebenfalls nach oben. Die durch verschieden starke Erwärmung hervorgerufene Bewegung nennt man Strömung.

Auf der Strömung des Wassers beruht die **Warmwasserheizung** (Abb. 81 zeigt eine Nachbildung derselben).

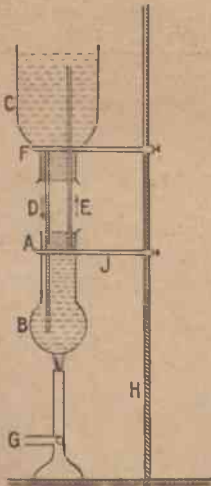
Versuch: 3. Durch den Kork A der Kochflasche B führen 2 etwa 10 mm dicke und 50 cm lange Glasrohre in das Gefäß C. Es ist eine weithalsige Flasche mit abgesprengtem Boden. Röhre D führt bis fast auf den Boden



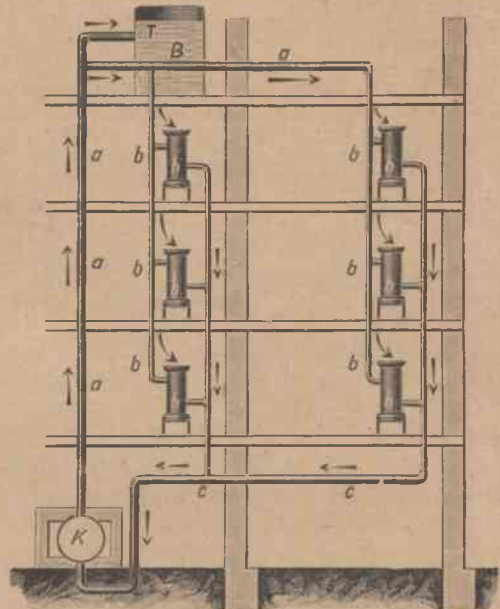
80.

von B und endet über dem Kork F. Röhre E beginnt dicht unter A und reicht ein Stück über F hinaus. Das Ganze wird mit kaltem Wasser gefüllt. Die Flüssigkeit in C wird durch Fuchsin gefärbt. Erwärmt man das Wasser in B, so steigt es durch die Röhre E nach C. Das gefärbte Wasser bewegt sich durch D nach B. Nachdem es hier erwärmt ist, kehrt es durch E nach C zurück.

Abb. 82 zeigt eine Warmwasserheizung. Im Kellergeschoß befindet sich ein Kessel K, in dem das Wasser erwärmt wird. Es steigt durch das Rohr a nach oben und verteilt sich durch das Rohr b auf die Heizkörper h, wo es seine Wärme abgibt. Daher wird es schwerer und fließt nun durch das Sammelrohr c wieder dem Kessel K zu. An der höchsten Stelle befindet sich das Ausdehnungsgefäß T. (Warum muß es vorhanden sein?) —



81.



82.

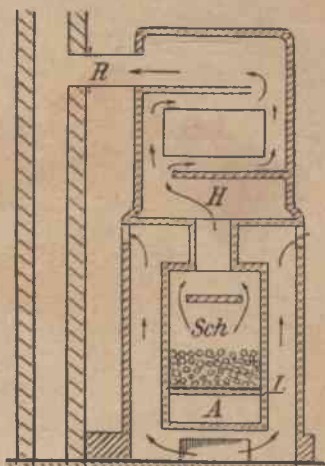
Erfahrung: Steigt man im geheizten Zimmer auf eine Leiter, so spürt man, daß es unter der Decke wesentlich wärmer ist als am Boden. Wird im Freien Stroh verbrannt, so fliegt die Asche empor. Im geheizten Zimmer empfindet man mitunter selbst bei geschlossenen Türen und Fenstern Luftzug.

Versuche: 4. Man stellt eine kleine brennende Kerze auf den Tisch und stülpt einen Lampenzylinder darüber. — Die Kerze erlischt, wenn der Zylinder unten dicht schließt. 5. Man stellt ihn so auf zwei kleine Brettchen (Lineale), daß Luft an die Flamme kommen kann. — Sie erlischt nicht. 6. Man hält einen Streifen Blattgold über den Zylinder. — Er wird nach oben bewegt.

Erklärung: Auch die Luft wird durch die Erwärmung leichter und steigt wie das Wasser empor. Kalte Luft tritt von den Seiten an deren Stelle. Sie ist sauerstoffreich und kann daher die Verbrennung unterhalten.

Um einen kräftigen Luftzug zu unterhalten, setzt man einen Zylinder auf die Lampe; aus dem gleichen Grunde führt man das Ofenrohr in einen Schornstein (Abb. 83).

Aufgaben: 1. Welchen Zweck haben die kleinen Öffnungen im Brenner der Petroleumlampe? 2. Weshalb ist die Luft in einem Zimmer mit Ofenheizung gesunder als die in einem Zimmer mit Warmwasserheizung? 3. Weshalb ist die Luft eines Zimmers im Winter schneller erneuert als im Sommer? 4. Weshalb wird ein Zimmer kalt, wenn der obere Fensterflügel geöffnet wird? 5. Weshalb darf nicht so lange gelüftet werden, bis die Wände kalt geworden sind? 6. Weshalb empfindet man die Kälte zuerst an den Füßen? 7. Welche Bedeutung hat der Mantel eines Mantelofens? 8. Zeichne auf Papier eine Spirale, schneide sie aus, setze die Mitte auf eine Stricknadel, die auf einem Brettchen befestigt ist, und stelle das Brettchen auf den warmen Ofen! Erkläre die eintretende Erscheinung!



83.

Die Entstehung der Winde.

Versuch: 7. In die Türöffnung zwischen einem geheizten und einem ungeheizten Zimmer hält man eine brennende Kerze. — Oben schlägt die Flamme nach dem kalten, unten nach dem warmen Zimmer; in der Mitte steht sie senkrecht. Erkläre!

Die Strömung der Luft nennt man Luftzug oder Wind. Im Zimmer steigt die Luft am Ofen empor und fließt an der Decke entlang nach den Wänden. Hier wird sie abgekühlt, also schwerer. Dann strömt sie über dem Fußboden wieder nach dem Ofen.



84.

Die Winde wehen entweder regelmäßig oder veränderlich. Regelmäßige Winde sind See- und Landwinde, Sommer- und Wintermonsune und der Passatwind.

Erkläre nach Abb. 84 die Entstehung der See- und Landwinde!

Wo große Festlandsmassen in der Nähe großer Meere liegen, wehen die regelmäßigen Jahreszeitenwinde. Im Sommer wird das Festland Südostasiens stark erwärmt. Vom Indischen Ozean weht kühle Luft herbei.

Im Winter aber ist die Luft über dem Lande kälter als die über dem Ozean. Daher weht der Wind aus der entgegengesetzten Richtung. Diese regelmäßigen Jahreszeitenwinde nennt man Monsune.

Zu den regelmäßigen Winden gehören auch die Passatwinde, die in der heißen Zone wehen. Die stark erwärmte Luft steigt empor und flieht nach den Polen ab. Von Norden und Süden her fließt neue Luft herbei. Auf der nördlichen Erdhälfte müßte demnach Nordwind, auf der südlichen Südwind wehen. Infolge der Achsendrehung der Erde wird daraus aber Nordost-, bzw. Südostwind.

Wir wohnen in der Gegend der veränderlichen Winde. Wo die Luft am wärmsten ist, steigt sie empor. Da sie hier leicht ist, steht das Barometer niedrig. Diese Gegend nennt man das Tief. Von den Gegenden mit hohem Luftdruck, dem Hoch, strömt die Luft nach dem Tief. Hier herrscht die stärkste Luftbewegung, der stärkste Wind. Im Hoch, wo die Luft abflieht, herrscht Windstille.

Je größer der Unterschied des Luftdrucks ist, um so schneller erfolgt der Ausgleich, d. h. desto stärker ist der Wind. Auf dem Lande unterscheidet man sechs **Stärkegrade**.

Windstärke	Geschwindigkeit	Wirkungen des Windes
0 = still	bis 0,5 m	Der Rauch steigt fast lotrecht empor.
1 = schwach	0,5—4 m	Wimpel bewegen sich.
2 = mäßig	4—7 m	Wimpel gestreckt, Baumblätter bewegen sich.
3 = frisch	7—11 m	Zweige der Bäume bewegen sich.
4 = stark	11—17 m	Große Zweige und schwächere Stämme bewegen sich.
5 = Sturm	17—28 m	Große Bäume bewegen sich.
6 = Orkan	über 28 m	Zerstörungen.

Aufgaben: 1. Wann wehen Landwinde, wann Seewinde? 2. Wo weht der Monsun? 3. Weshalb merken wir nichts vom Passatwind? 4. Inwiefern ist der Wind nützlich, wo zahlreiche Menschen beieinander wohnen (große Städte)? 5. Woher kommt es, daß die Geschwindigkeit der Winde wechselt? 6. Welche Bedeutung hat der Wind a) für die Bestäubung mancher Pflanzen, b) für die Ausbreitung des Samens? 7. Welche Berufe hängen von dem Vorhandensein des Windes ab?

b) Die Änderungen des Festigkeitszustandes.

§ 40. Das Schmelzen und Erstarren.

1. Das Schmelzen.

Erfahrung: Durch die Sonnenwärme verwandeln sich Eis und Schnee in Wasser: sie gehen also aus dem festen in den flüssigen Zustand über, sie schmelzen. Butter und anderes Fett schmelzen in der Pfanne. Das Stearin wird von der Flamme der Kerze flüssig. Im Winter bedeckt sich das Wasser mit einer Eisschicht; es geht in den festen Zustand über, es erstarret. Wird die Pfanne vom Feuer genommen, so erstarren Butter und andere Fette. Bläst man die Kerzenflamme aus, so wird das Stearin fest. Eis und Schnee schmelzen leichter als Butter, diese leichter als Stearin, dieses leichter als Blei.

Versuche: 1. Man füllt ein Gefäß etwa zur Hälfte mit Wasser. Dazu bringt man kleine Eisstückchen. In das Wasser taucht ein Thermometer. Nach einiger Zeit zeigt dieses 0° an. Dann erwärmt man das Gefäß mit kleiner Flamme. — Das Eis verwandelt sich in Wasser. Die Wärme des Wassers bleibt 0° . Erst wenn alles Eis geschmolzen ist, steigt sie. 2. Man erwärmt Paraffin und dann Wachs. — Jenes schmilzt bei 46° , dieses bei 63° .

Erklärung: Wärme dehnt die Körper aus. Die Kohäsion wird durch sie überwunden. Endlich verlieren die Molekeln den Zusammenhang; der Körper geht aus dem festen in den flüssigen Zustand über.

1. **Gesetz:** Viele feste Körper werden durch Wärme in flüssige verwandelt. Den Übergang eines Körpers aus dem festen Zustand in den flüssigen nennt man Schmelzen.

2. **Gesetz:** Jeder schmelzbare Körper schmilzt bei einem bestimmten Wärmegrad. Diesen nennt man seinen Schmelzpunkt. Die Schmelzpunkte verschiedener Körper sind sehr verschieden.

Einige Schmelzpunkte: Quecksilber -39° , Butter 32° , Paraffin 46° , Wachs 63° , Zinn 232° , Blei 328° , Silber 1000° , Gold 1050° , Gußeisen 1200° , Stahl 1400° , Schmiedeeisen 1600° .

3. **Gesetz:** Beim Schmelzen eines festen Körpers wird Wärme verbraucht. Diese nennt man seine Schmelzwärme.

Versuche: 3. Man mischt 1 kg Eis von 0° und 1 kg Wasser von etwa 40° . — Ein Teil des Eises wird geschmolzen. Das Schmelzwasser ist 0° warm. 4. Man mischt 1 kg Eis von 0° und 1 kg Wasser von etwa 60° . — Jetzt verwandelt sich ein größerer Teil des Eises in Wasser von 0° . 5. Man mischt 1 kg Eis von 0° und 1 kg Wasser von 80° . — Es verwandelt sich alles Eis in Wasser von 0° . 6. Man mischt 1 kg Eis von 0° und 1 kg Wasser von 100° . — Es entsteht Wasser von 10° Wärme.

Erklärung: Die Wärmemenge, die nötig ist, um 1 kg Wasser um 1° zu erhitzen, heißt eine Wärmeinheit oder eine Kalorie (Cal). Das Wasser im Versuch 3 enthielt 40 Cal, das im Vers. 4: 60 Cal, im Vers. 5: 80 Cal, im Vers. 6: 100 Cal. Um also 1 kg Eis von 0° in Wasser von 0° zu verwandeln, wurden 80 Cal verbraucht, die das kg Wasser von 80° abgeben mußte.

4. **Gesetz:** Die Schmelzwärme des Eises beträgt 80 Cal.

Von der großen oder Kilogrammkalorie (Cal) unterscheidet man die kleine oder Grammkalorie (cal). Sie ist die Wärmemenge, die gebraucht wird, um 1 g Wasser um 1° zu erhitzen.

Wasser hat mit 80 Cal die größte Schmelzwärme (Blei 5,37, Schwefel 9,35, Zinn 14,52, Zink 28,13, Eisen 30 Cal). Es ist darum das beste Abkühlungsmittel.

Bedeutung: Hätte Eis nicht die große Schmelzwärme, so würden im Frühling beim Schmelzen des Eises ungeheuer große Überschwemmungen entstehen.

2. Das Erstarren.

Beobachtungen und Versuche lehren, daß flüssige Körper wieder fest werden, wenn sie abgekühlt werden. Das erfolgt bei dem Wärmegrad, bei dem sie schmelzen. Das Festwerden nennt man Erstarren.

5. Gesetz: Wenn einem flüssigen Körper Wärme entzogen wird, so wird er fest; er erstarrt. Der Erstarrungspunkt ist gleich seinem Schmelzpunkt. Beim Erstarren wird Wärme frei.

Aufgaben: 1. Wieviel Cal werden gebraucht, um 5 kg Wasser von 4° auf 10° zu erhitzen? 2. Ebenso a) 4 kg von 9° auf 20° , b) 7 kg von 18° auf 39° , c) 39 kg von 5° auf 85° ? 3. Wieviel cal werden gebraucht: a) 7 g Wasser von 9° auf 38° , 19 g von 78° auf 100° , c) 85 g von 29° auf 84° zu erhitzen? 4. Wieviel Cal werden beim Schmelzen von a) 18 kg, b) 39 kg, c) 84 kg, d) 144 kg Schnee von 0° gebraucht? 5. Ebenso, wieviel cal beim Schmelzen von 28, 39, 85, 117 g Schnee? 6. Wieviel Kilogramm Schnee von 0° kann man mit a) 1120, b) 3400, c) 1680, d) 4500 Cal schmelzen? 7. Fülle morgens einen Eimer mit 10 l Wasser! Miß die Wärme des Wassers! Miß die Wärme am Mittag, nachdem der Eimer den ganzen Vormittag über im Sonnenschein gestanden hat! Wie viele Cal hat das Wasser von der Sonne empfangen? 8. Welche Handwerker machen vom Schmelzen der Metalle Anwendung? 9. Weshalb ist bei Tauwetter die Kälte so empfindlich, besonders an den Füßen? 10. Weshalb wird es im Frühling nicht warm, solange noch Schnee liegt? 11. Weshalb ist im Frühling der vom Gebirge wehende Wind so kalt? 12. In nicht frostfreien Kellern stellt man große Gefäße mit Wasser auf, um die Kartoffeln gegen Erfrieren zu schützen. Erkläre!

§ 41. Das Sieden.

Erfahrung: Wenn Wasser in einem Teekessel erhitzt wird, so vernimmt man ein eigentümliches Geräusch, das Singen. Endlich sieht man in geringer Entfernung vor dem Ausgukrohr einen grauen Nebel, den man unmittelbar vor ihm nicht wahrnimmt. Hebt man den Deckel, so sieht man, daß die Oberfläche des Wassers wallt. Wird das Erhitzen fortgesetzt, so nimmt die Wassermenge fortwährend ab.

Versuch: 1. Man befestigt in einem Stativ eine bis zur Hälfte mit Wasser gefüllte Kochflasche. In das Wasser taucht ein am Stativ befestigtes Thermometer. Unter die Kochflasche stellt man die Flamme. — Bald bilden sich am Glase Luftblasen, die emporsteigen. Gleichzeitig steigt das Quecksilber. Endlich entstehen im Wasser große emporsteigende Blasen; ehe sie aber die Oberfläche erreichen, verschwinden sie, wobei man ein eigenartiges Geräusch vernimmt. Nach weiterem Erhitzen erreichen diese „Dampfblasen“ die Oberfläche des Wassers und rufen hier die wallende Bewegung hervor. Während der Zeit ist das Quecksilber auf 100° gestiegen und steigt auch nicht höher, selbst wenn die Flamme sehr groß ist.

Erklärung: Die Blasen, die zuerst entstehen, sind Luftblasen. Die in den Poren des Wassers enthaltene Luft wird durch die Wärme ausgedehnt, wird daher leichter und steigt nach oben. Später bilden sich unten in dem Wasser Dampfblasen, die ebenfalls emporsteigen. Da die oberen Schichten des Wassers aber noch kühl sind, so wird der Dampf wieder in Wasser verwandelt. Das Wasser stürzt in den Raum, den vorher der Dampf einnahm, schlägt gegeneinander und verursacht das Singen. Nachdem auch die oberen Schichten auf 100° erhitzt sind, erreichen die Dampfblasen die Oberfläche. Während des Siedens ändert sich die Temperatur des Wassers nicht.

Versuche: 2. Man taucht ein Probierglas mit Alkohol, in den ein Thermometer reicht, in siedendes Wasser. — Er kocht bei 78° . 3. Man taucht ein Probierglas mit Schwefeläther in heißes Wasser. — Der Äther siedet bei 35° . (Vorsicht! Keine Flamme in der Nähe!)

1. Gesetz: Jede Flüssigkeit verwandelt sich bei einer bestimmten Temperatur in Dampf; sie siedet. Diese Temperatur nennt man ihren Siedepunkt. Beim Sieden bildet sich der Dampf im Innern der Flüssigkeit.

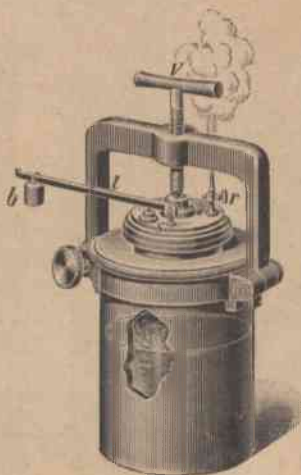
Kochen und Braten. Um die Speisen gar zu machen, kocht oder brät man sie. Kochen ist Erhitzen im Wasser, Braten Erhitzen im Fett. Da der Siedepunkt der Fette bei etwa 300° liegt, so werden die Speisen durch Braten mürber als durch Kochen. Durch Herstellen einer größeren Flamme kann man keine höhere Siedetemperatur erzeugen; es genügt nach Eintritt des Siedens eine kleine Flamme, um die Speisen im Kochen zu erhalten. Manche Speisen werden gar, wenn man sie nach dem Sieden vom Feuer nimmt und mit schlechten Wärmeleitern umgibt (Kochkiste).

Erfahrung: In Schulzimmern, die nicht in Meereshöhe, sondern wesentlich darüber liegen, siedet das Wasser bei weniger als 100° . Auf das Wasser drückt nämlich die Luft. Wird der Luftdruck zum Teil aufgehoben, so können die Dampfblasen leichter an die Oberfläche kommen; das Wasser siedet also früher.

Versuch: 4. Die Kochflasche wird nach Eintritt des Siedens verkorft, umgekehrt und, nachdem sie ein wenig abgekühlt ist, in den Ring des Stativs gestellt. Der Kork taucht in das Wasser einer Schale (Abb. 85).



85.



86.

Aber dem Wasser ist Dampf, der durch seinen Druck die Entstehung von Dampfblasen verhindert. Dann gießt man kaltes Wasser über die Flasche. — Das Wasser kocht aufs neue. Der Dampf wird nämlich abgekühlt und dadurch in Wasser verwandelt. Da ein geringer Druck auf dem Wasser lastet, bilden sich neue Dampfblasen. ✕

Weil auf hohen Bergen ein geringer Luftdruck herrscht, siedet das Wasser schon bei niedriger Temperatur (auf dem Montblanc bei 84°). Daher lassen sich manche Speisen in offenen Gefäßen nicht gar kochen. Deshalb wendet man dort den Papin'schen Kochtopf (Abb. 86) an. Ein starkwandiges

Gefäß ist durch einen daraufgeschraubten Deckel verschlossen. Der entstehende Dampf drückt auf die Flüssigkeit und verhindert das frühzeitige Sieden. Damit der Topf nicht platzt, befindet sich in seinem Deckel ein Sicherheitsventil *s*, das durch ein verschiebbares, an einem Hebel *l* hängendes Gewicht *b* belastet ist. Wird der Dampfdruck zu stark, so öffnet er das Ventil, und etwas Dampf entweicht.

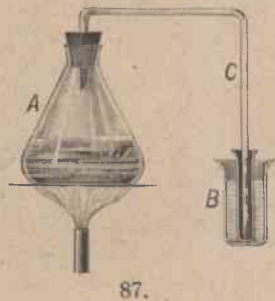
2. Gesetz: **Luftet auf dem Wasser ein geringerer Druck als der Druck der Atmosphäre, so siedet es schon unter 100°. Bei stärkerem Drucke liegt der Siedepunkt höher als 100°.**

Aufgaben: 1. Welche Temperatur hat a) der Dampf von siedendem Wasser, b) von Alkohol, c) von Ather? 2. Welchen Vorteil hat es, die Deckel der Kochgefäße zu belasten? 3. Welche Gefahr besteht dabei? 4. Wie kann man mit dem Thermometer und kochendem Wasser Höhenmessungen vornehmen? 5. Inwiefern ist es eine Verschwendung, wenn siedende Speisen einem kräftigen Feuer ausgesetzt werden? 6. Weshalb wird der Nebel erst in gewisser Entfernung von dem Dampfrohr der Lokomotive sichtbar? 7. Unter welchen Umständen kann lauwarmes Wasser sieden? 8. Weshalb darf das Ventil des Papin'schen Kochtopfes nicht zu stark belastet werden?

§ 42. Verdichten des Dampfes. Destillieren¹⁾.

Erfahrung: An dem Deckel des Teekessels oder des Kochtopfes hängen Wassertropfen. Sie sind dadurch entstanden, daß der Dampf am kalten Deckel abgekühlt und zu Wasser wurde. Dieses hat keinen Geschmack, ist chemisch rein. Haucht man gegen eine kalte Fensterscheibe, so beschlägt sie; setzt man die Tätigkeit längere Zeit fort, so entstehen Wassertropfen, die an der Scheibe herabfließen.

Versuch: 1. Man füllt eine Kochflasche bis etwa zur Hälfte mit Wasser und verschließt sie mit einem durchbohrten Kork, durch den eine doppelt gebogene Glasröhre führt. Das freie Ende der Röhre leitet man in ein Probierglas, das in einem Gefäße mit kaltem Wasser steht (Abb. 87). Nun erhitzt man das Wasser in der Kochflasche. — Der Dampf steigt durch die Röhre in das Probierglas; dort wird er abgekühlt und wieder zu Wasser. Dabei wird das Wasser im Gefäße warm. Die Umwandlung des Dampfes in Wasser nennt man **Verdichten oder Kondensation**²⁾.



1. Gesetz: **Durch Abkühlung werden Dämpfe tropfbar-flüssig.**

Die bei der Verdampfung verbrauchte Wärmemenge wird Verdampfungswärme genannt. Sie wird bei der Verdichtung wieder frei und heißt nun Verdichtungswärme.

2. Gesetz: **Zum Verdampfen gebrauchen die Flüssigkeiten Wärme. Die Verdampfungswärme des Wassers beträgt 537 Wärmeeinheiten. Beim Verdichten des Dampfes wird die Wärme wieder frei, die beim Verdampfen gebunden ist.**

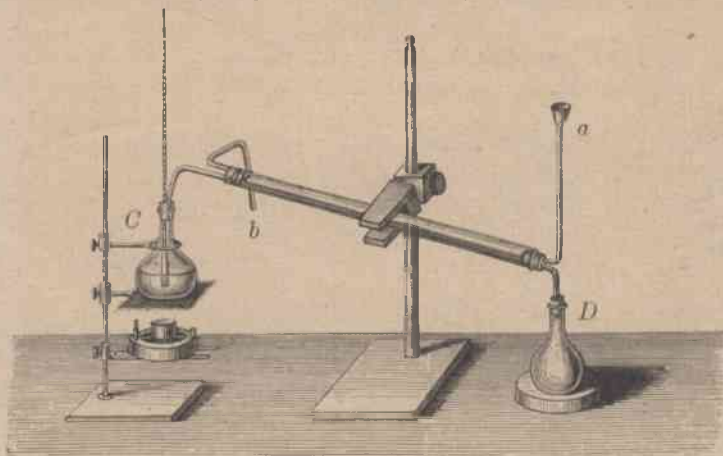
¹⁾ destilläre, abtröpfeln.

²⁾ condensäre, verdichten.

Um die entstehenden Dämpfe bequem durch kaltes Wasser abkühlen zu können, wendet man die in Abb. 88 abgebildete Vorrichtung an (Liebig'scher Kühler). Das Ableitungsrohr führt durch eine weite Glasröhre, in die man durch den Trichter a kaltes Wasser gießt; das warm gewordene Wasser fließt bei b ab.

Versuche: 2. Man siedet in der Flasche C eine Kochsalzlösung. — Das Wasser in D ist frei von Kochsalz. 3. Man siedet Wasser, das durch Fuchsin oder übermangansaures Kali gefärbt ist. — Das Wasser in D ist farblos. 4. Man mischt Weingeist und Wasser und erhitzt. — Die Flüssigkeit in D ist reicher an Weingeist als die in C.

Erklärung: Im Wasser aufgelöste Stoffe bleiben bei langsamem Sieden zurück. Weingeist verwandelt sich bei 78° , Wasser aber erst bei 100° in Dampf. Es wird daher beim Erhitzen mehr Weingeist- als Wasserdampf hinübergeführt und abgekühlt. Bei nochmaligem Erhitzen erhält man eine Flüssigkeit, die noch mehr Weingeist enthält. Die **Verdampfung und darauffolgende Abkühlung** nennt man **Destillation**.



88.

Versuche: 5. Man destilliert in einer größeren Flasche C den Inhalt einer Flasche Lagerbier und destilliert die erhaltene Flüssigkeit noch einmal. — Schon durch den Geruch erkennt man, daß man Alkohol erhalten hat. Eine Flasche Bier liefert etwa 10 ccm Alkohol, das ist so viel, wie ein Glas Brantwein enthält. 6. Man zündet die erhaltene Flüssigkeit in einer flachen Schale an. — Sie verbrennt mit schwach leuchtender, bläulicher Flamme.

Aufgaben: 1. Bei kaltem Wetter schwitzen die Fensterscheiben. Erkläre! 2. Weshalb beschlägt ein mit kaltem Wasser gefülltes Glas, das man in die warme Stube bringt? 3. Weshalb beschlagen die Brillengläser, wenn man im Winter nach längerem Aufenthalt im Freien ins Zimmer tritt? 4. Wie können Seeleute, denen das Trinkwasser ausgegangen ist, sich aus Meerwasser trinkbares Wasser herstellen? Weshalb schmeckt dieses fade? 5. Spritzt man Brunnenwasser gegen eine polierte Fensterscheibe, so hinterläßt es nach dem Verdunsten einen Fleck. Erkläre! 6. Weshalb müssen Apotheker zur Herstellung der Arznei destilliertes Wasser verwenden? 7. Weshalb ist der Nebel über einer Lokomotive im Winter dichter als im Sommer? 8. Nach einem Regenfall wird es oft wärmer. Erkläre!

§ 43. Das Verdunsten.

Erfahrung: Nach einem Regenfall werden die Straßen trocken; dies geschieht desto schneller, je stärker der Wind weht. Im Sommer trocknen manche Teiche aus. Damit die Wäsche trocknet, wird sie an die Leine gehängt. Je stärker der Wind weht, desto schneller trocknet sie. Bei Frostwetter gefriert die Wäsche; nachher wird sie trocken und weich. Schnee schwindet selbst bei Frostwetter. Wenn unsere Unterkleidung durch Schweiß feucht geworden ist, so haben wir ein Kältegefühl; die Kleidung wird trocken. Läßt man Wasser in einem Glase stehen, so verschwindet es allmählich.

1. Gesetz: Auch bei gewöhnlicher Temperatur verwandeln sich Flüssigkeiten in Dampf. Diese Dampfbildung nennt man Verdunstung. Sie geschieht an der Oberfläche der Flüssigkeiten.

Versuche: 1. Man gießt je 1 ccm Äther in ein Probierglas, in eine Untertasse und auf den Tisch. — Der Äther auf dem Tische verdunstet zuerst, dann der auf der Untertasse, dann der im Probierglase. 2. Man gießt je 1 ccm Äther auf 2 Untertassen. Über die eine bläst man mit einem Blasebalg. — Der Äther auf dieser Untertasse verdunstet schneller. 3. Man gießt je 1 ccm Wasser in 2 Abdampfschalen. Die eine stellt man an einen warmen Ort. — In ihr verdunstet das Wasser schneller als in der andern.

2. Gesetz: Die Verdunstung wird befördert durch Vergrößerung der Oberfläche, durch Luftzug und Wärme.

Versuche: 4. Man gießt Äther in die flache Hand. — Er verdunstet. Dabei empfindet man in der Hand Kälte. 5. In eine bis zur Hälfte mit Schwefeläther gefüllte Obertasse stellt man ein Probierglas mit etwas Wasser. Man bläst mit einem Blasebalg über den Äther. — Dieser verdunstet. Dabei gefriert das Wasser im Probierglase.

3. Gesetz: Bei der Verdunstung wird der Umgebung des verdunstenden Körpers Wärme entzogen.

Aufgaben: 1. Weshalb wird die Wäsche zum Trocknen ausgebreitet? 2. Weshalb wird die Plättwäsche nach dem Anfeuchten zusammengerollt? 3. Weshalb trocknen die Straßen im Sommer schneller als im Winter? 4. Weshalb breitet der Landmann das Heu auseinander, wenn es trocknen soll? 5. Weshalb trocknet die Wäsche bei windstillem oder nebligem Wetter schwer? 6. Weshalb müssen Flaschen, in denen Flüssigkeiten aufbewahrt werden, gut verkorkt sein? 7. Weshalb wird die Luft kühl, wenn die Straße besprengt ist? 8. Weshalb werden die Speisen durch Hinüberblasen abgekühlt? 9. Weshalb hält sich Wasser in porösen Tongefäßen kühl? 10. Weshalb darf man sich nicht dem Luftzug aussetzen, wenn man stark schwitzt? 11. Um bei schwacher Luftbewegung die Windrichtung zu erforschen, benehmt man den Finger und hält ihn empor. Erkläre! 12. Weshalb wird heiße Fleischbrühe, die mit Fett bedeckt ist, langsamer kalt als ebenso heißer Kaffee? 13. Wenn man Kopfschmerzen hat, benehmt man die Stirn mit Wasser oder Schwefeläther und läßt die Flüssigkeit verdunsten. Erkläre! 14. Gib die Unterschiede zwischen Verdampfen und Verdunsten an! 15. In den Gradierwerken pumpt man die Sole nach oben und läßt sie über ein Dorngeflecht herabtröpfeln. Gib den Grund an!

§ 44. Eigenschaften der Dämpfe.

Erfahrung: Wenn das Wasser im Teekessel kocht, so klappert der Deckel, d. h. er wird von Zeit zu Zeit gehoben und läßt Dampf ausströmen. Wärmeflaschen, die mit Wasser gefüllt und fest zugeschraubt sind, blähen sich auf und platzen endlich, wenn sie auf den heißen Ofen gestellt sind.

Versuch: 1. Einen Heronsball (Abb. 57) füllt man zur Hälfte mit Wasser, gießt darauf etwas Ather, verschließt die Flasche schnell und faßt sie mit der warmen Hand an. — Aus der Spitze steigt ein Wasserstrahl empor.

Erklärung: Die entstehenden Atherdämpfe üben auf die Wände des Gefäßes und auf das Wasser einen Druck aus und treiben dieses empor.

Versuche: 2. Eine Metallröhre (Abb. 89) a ist unten zu einer Kugel b erweitert. In der Röhre ist ein dichter Kolben. Damit er sich möglichst leicht bewegen kann, ölt man ihn ein. Man füllt die Kugel bis etwa zur Hälfte mit Wasser und bringt es zum Sieden. —

Der entstehende Dampf drückt den Kolben nach oben¹⁾.
3. Man taucht die Kugel in Wasser. — Die äußere Luft drückt den Kolben abwärts, da der Dampf zu Wasser verdichtet wird (Papinscher Versuch).

1. Gesetz: Eingeschlossene Dämpfe üben einen bedeutenden Druck aus: sie besitzen Spannkraft.

Versuche: 4. In zwei gleiche Untertassen gießt man gleiche Mengen Ather. Die eine Untertasse bleibt unbedeckt; die andere bedeckt man mit einer gut schließenden Glasglocke. — In der ersten Untertasse verdunstet der Ather vollständig; in der zweiten bleibt ein Rest übrig. 5. Man gießt noch einmal in beide Untertassen gleiche Mengen Ather und bedeckt beide mit gleich großen Glasglocken. Die eine stellt man an einem kühlen, die andere an einem warmen Ort auf. — In der letzteren bleibt weniger Ather übrig, bildet sich also mehr Dampf, als in der ersteren.

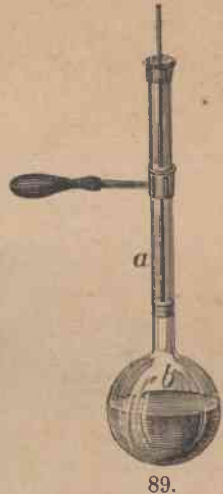
2. Gesetz: Jeder Raum kann nur eine bestimmte Dampfmenge aufnehmen. Diese Menge steigt mit der Temperatur. Kann der Raum keinen Dampf mehr aufnehmen, so ist er gesättigt.

Aufgaben: 1. Aus einer verkorkten Bierflasche, die in der Nähe des warmen Ofens steht, fliegt mitunter der Kork empor. Erkläre! 2. Weshalb plagen mitunter Dampfessel und -röhren? 3. In Waschtüchen beschlagen die Wände, und man sieht Nebel. Erkläre! 4. Weshalb verdunsten Weingeist und Ather nicht in dicht verkorkten Flaschen? 5. Weshalb muß man Weinflaschen liegend und nicht stehend aufbewahren? 6. Weshalb heizt man Trockenstuben? 7. Weshalb müssen die Fenster des Wäschebodens geöffnet sein, wenn die Wäsche trocknen soll?

§ 45. Die Dampfmaschine.

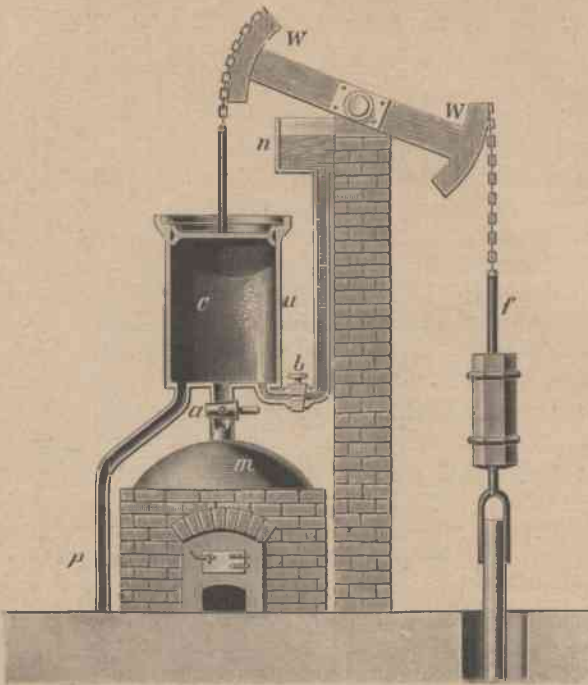
Eine Vorrichtung, ähnlich der in Abb. 89 dargestellten, benutzte man früher, um aus Bergwerken das sich ansammelnde Wasser zu entfernen. Zu dem Zwecke verband man die Kolbenstange der Pumpe durch einen Hebel mit der des Dampfkolbens (Abb. 90). Die Dampfmaschine in ihrer gegenwärtigen Form besteht zur Hauptsache aus 2 Theilen:

1. aus dem Dampfessel, in dem der Dampf erzeugt wird,
2. aus dem Motor²⁾, in dem der Dampf arbeitet.



¹⁾ 1 l Wasser gibt bei 100° 1650 l Dampf.

²⁾ Motor, von *movère*, bewegen.

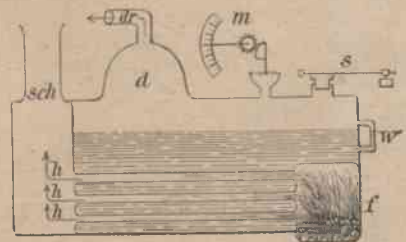


90.

1. Der Dampfkessel (Abb. 91).

Der Dampfkessel ist ein aus starken Eisenplatten zusammengenieteter Zylinder, der teilweise mit Wasser gefüllt ist. Damit eine möglichst große Wassermenge erwärmt wird, ist der Kessel meist von zahlreichen Heiz-

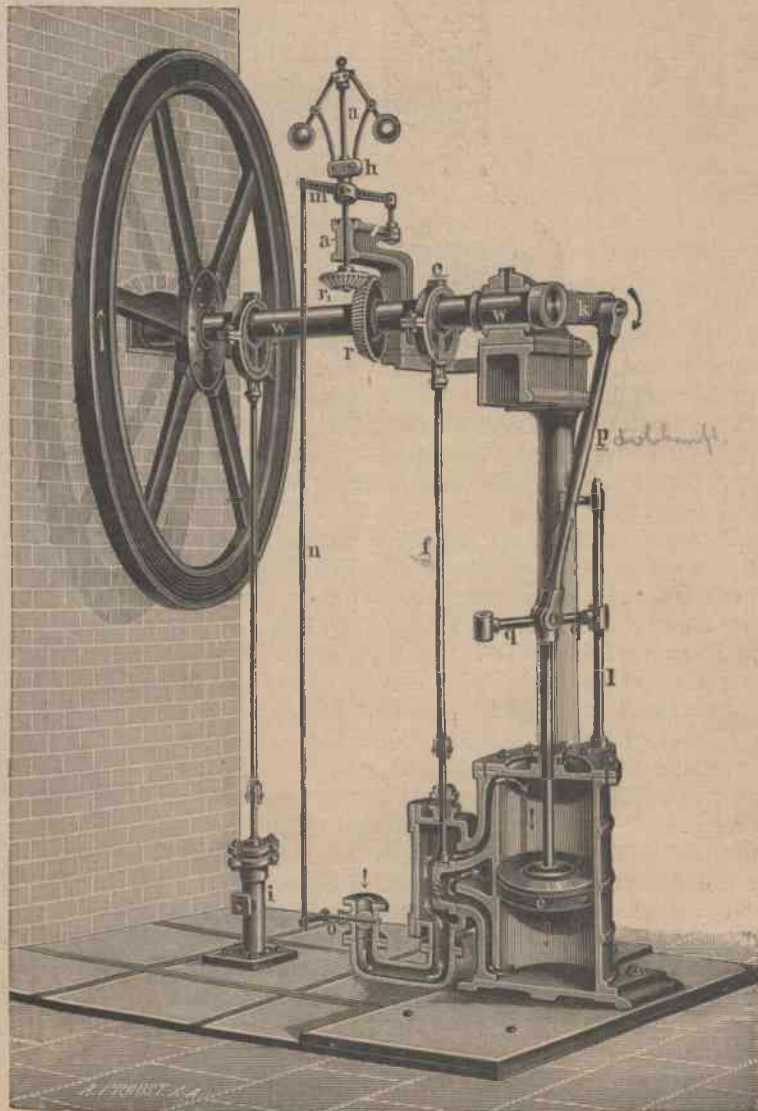
röhren (h) durchzogen. Die Höhe des Wassers im Kessel erkennt man am Wasserstandsrohr (w). Über dem Wasser bildet sich im Dampf-raum (d) der Dampf, der durch das Dampfrohr (dr) dem Motor zugeführt wird. Den Druck des Dampfes zeigt das Manometer (m), der Druckmesser, an. Es besteht aus einem gewellten Blech, das mittels Zahnradstange und Zahnrad mit einem Zeiger verbunden ist. Wird der Druck stärker, so wird das Blech nach außen gebogen, und der Zeiger bewegt sich. Wird der Druck geringer, so wird das Blech wieder nach innen gebogen, und der Zeiger bewegt sich nach der entgegengesetzten Seite. Wird der Dampfdruck zu stark, so öffnet der Dampf das Sicherheitsventil (s), so daß ein Teil von ihm entweichen kann.



91.

2. Der Motor (der Beweger) (Abb. 92).

Der Dampf tritt durch das Dampfrohr in den Schieberkasten, in dem sich der Muschelschieber *s* auf und ab bewegen kann. Bei der Stellung des Schiebers *s* in Abb. 93 tritt der Dampf durch den Kanal *uv* über den Kolben *c* im Zylinder *g* und treibt diesen nach unten. Der Dampf unter dem Kolben entweicht durch den Kanal *xy* und dann durch die Öffnung *z* ins

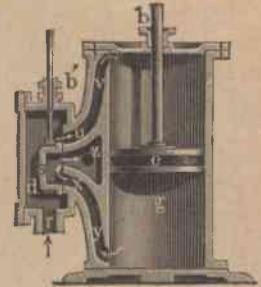


Freie oder in einen Raum, in dem er abgekühlt wird (den Kondensator¹⁾. Die Bewegung des Kolbens wird durch die Kolbenstange auf die Pleuelstange p (Abb. 92) übertragen, die mit Hilfe der Kurbel k die Welle w in Umdrehung versetzt. Auf dieser sitzt die exzentrische Scheibe mit Ring e, an der die Schieberstange f angebracht ist. Wenn der Kolben c nach unten geht, so wird durch die exzentrische Scheibe die Schieberstange f und der an ihr befestigte Muschelschieber s gehoben (Abb. 94). Dadurch wird dem Dampfe der Eintritt in den Kanal uv versperrt, der Eintritt in den Kanal xy aber ermöglicht. Er tritt unter den Kolben c und hebt diesen. Der über c befindliche Dampf tritt durch den Kanal uv und die Öffnung z hinaus. Inzwischen hat aber der Muschelschieber wieder seine vorige Stellung eingenommen, und die Bewegungen des Kolbens wechseln daher miteinander ab.

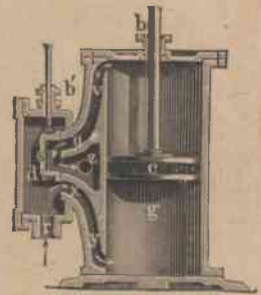
Stehen Kurbel und Pleuelstange genau übereinander, so kann diese die Kurbel nicht weiter drehen (die toten Punkte). Das schwere Schwungrad bringt infolge der Beharrung die Kurbel über diese Punkte hinweg.

Wenn der Heizer Kohlen nachschüttet, so wird die Glut gedämpft; es wird daher weniger Dampf erzeugt. Sind die Kohlen in voller Glut, so wird viel Dampf entwickelt. Die Maschine würde unregelmäßig gehen, wenn die Bewegung nicht geregelt würde. Das geschieht durch das Schwungrad und durch den Zentrifugalregulator. Dieser besteht aus einer senkrechten Achse a (Abb. 92), die durch die Zahnräder r und r₁ in Umdrehung versetzt wird. An ihr befinden sich zwei bewegliche Arme, an denen schwere Kugeln sitzen. Dreht sich die Achse a schnell, so entfernen sich infolge der Schwingkraft die beiden Kugeln und ziehen die Hülse h empor. Durch die Hebelvorrichtung mno wird dann eine Klappe (die Drosselklappe) in dem Dampfrohr gedreht, so daß es teilweise verschlossen wird. Es kann nun weniger Dampf in den Zylinder strömen; die Maschine geht langsamer; die Kugeln des Zentrifugalregulators senken sich. Die Drosselklappe wird weiter geöffnet, und es tritt mehr Dampf in den Zylinder. So regelt die Maschine ihren Gang selbst.

Wird der verbrauchte Dampf ins Freie gelassen, so wirkt ihm der Druck der Atmosphäre entgegen. Es geht vom Dampfdruck daher eine Atmosphäre verloren. Das kommt bei Maschinen mit hohem Dampfdruck nicht wesentlich in Betracht, wohl aber bei Maschinen mit 2 bis 3 Atmosphären Druck. Bei diesen leitet man den verbrauchten Dampf daher in einen besonderen Raum, den Kondensator, wo er zu Wasser verdichtet wird, so daß also ein luftverdünnter Raum entsteht. Nach der Stärke des Dampfdrucks unterscheidet man



93.



94.

¹⁾ condensäre, verdichten.

1. Niederdruckmaschinen mit höchstens 3 Atmosphären Druck,

2. Hochdruckmaschinen mit über 3 Atmosphären Druck.

Zu den Hochdruckmaschinen gehört die Lokomotive. Die Maschinen der Dampfschiffe sind meist Niederdruckmaschinen.

Der Mann, der die Dampfmaschine zu ihrer jetzigen Vollkommenheit brachte, ist der Engländer James Watt (1770). Das erste Dampfschiff erbaute der Amerikaner Fulton 1807, die erste Lokomotive der Engländer Stephenson 1812. Die erste Eisenbahn in Deutschland war die zwischen Nürnberg und Fürth (1835).

Aufgaben: 1. Weshalb heizt man den Kessel durch Heizrohre und nicht von außen? 2. Welchen Zweck hat das Wasserstandsrohr? 3. Auf welchem Gesetze beruht seine Einrichtung? 4. Welche Beobachtung macht man am Manometer, wenn das Sicherheitsventil geöffnet wird? 5. Weshalb bedürfen Hochdruckmaschinen keines Kondensators? 6. Einen wie großen Druck erleidet 1 qm Kesselwand, wenn das Manometer der Maschine 7 Atmosphären anzeigt?

D. Vom Wetter.

§ 46. Der Wasserdampf in der Atmosphäre.

Erfahrung: Bringt man ein mit kaltem Wasser gefülltes Glas in das Schulzimmer, so beschlägt es, d. h. die Oberfläche des Glases ist mit zahlreichen Wassertröpfchen bedeckt. (Lupe!) Ist die Luft draußen kalt, so beschlagen die Fensterscheiben; im Winter bilden sich an ihnen Eisblumen. Tritt nach anhaltendem Frostwetter plötzlich Tauwetter ein, so überziehen sich Mauern und Baumstämme mit einer Schicht Wasser oder Eis. Kochsalz, das in der Küche in nicht verschlossenen Gefäßen aufbewahrt wird, wird feucht.

Versuche: 1. Man stellt eine Abdampfschale mit Pottasche an die Luft. — Die Pottasche wird feucht und zerfließt endlich. 2. Man schüttet etwas gepulvertes Chlorkalzium in eine Abdampfschale. — In kurzer Zeit zerfließt es.

Erklärung: Fast drei Viertel der gesamten Erdoberfläche sind mit Wasser bedeckt, und täglich steigen ungeheure Mengen Wasser als Dampf in die Luft und werden vom Winde fortgeführt. Auch von den Pflanzen und Tieren wird Wasserdampf ausgehaucht. Daher ist stets Wasserdampf in der Luft enthalten. Er bildet die Luftfeuchtigkeit. Warme Luft kann mehr Dampf aufnehmen als kalte (§ 44, Vers. 4). Wenn sie so viel Feuchtigkeit aufgenommen hat, als sie bei der herrschenden Temperatur aufnehmen vermag, so ist sie gesättigt. In gesättigter Luft verdunstet kein Wasser mehr.

Wird gesättigte Luft abgekühlt, so verdichten sich die in ihr enthaltenen Dämpfe zu Wasser. Auch nichtgesättigte Luft kann so stark abgekühlt werden, daß für sie der vorhandene Wasserdampf zur Sättigung ausreicht. Die Temperatur, bei der die Sättigung eintritt, heißt der Taupunkt.

Einige Körper (Kochsalz, Pottasche, Chlorkalzium) ziehen die Luftfeuchtigkeit begierig auf; solche Körper sind hygroskopisch.

Um zu prüfen, ob die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist oder nicht, wendet man das Hygrometer¹⁾ an (Abb. 95). An einem Rahmen ist ein

¹⁾ hygros, feucht, metron, Maß, also Feuchtigkeitsmesser.

entfettetes Haar befestigt. Das andere Ende ist um eine kleine Rolle geschlungen. Durch ein winziges Gewicht wird es gespannt. Wird die Luft feuchter, so dehnt sich das Haar; wird sie trockener, so verkürzt es sich. Jede Veränderung der Länge bewirkt eine Drehung der Rolle. Auf ihrer Achse ist ein Zeiger befestigt, der sich vor einer Skala bewegt. Ein Thermometer zeigt die Luftwärme an.

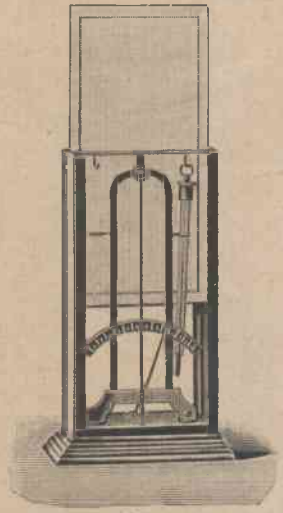
Um die Vorrichtung einzustellen auf 100, d. h. den Sättigungspunkt, benetzt man einen mit Musselin bespannten Rahmen mit Wasser. Das Ganze setzt man in ein dicht schließendes Gehäuse. Wenn der Zeiger sich jetzt nicht auf 100 einstellt, muß man ihn dahin bringen.

Erfahrung: Bei regnerischem Wetter steht das **Barometer** niedrig, bei heiterem hoch. Regnerisches Wetter haben wir gewöhnlich bei Südwestwind, heiteres bei Ost- und Nordostwind.

Erklärung: Regen kann nur dann eintreten, wenn die Luft feucht ist. Wasserdampf ist aber leichter als die atmosphärische Luft. Ist die Luft daher reich an Wasserdampf, so ist ihr Gewicht geringer. Der Barometerstand muß also sinken. Ist die Luft trocken, so ist ihr Gewicht größer; das Barometer steigt. Feuchte Luft bringt uns der Südwestwind, da er über den Ozean zu uns kommt. Der Ost- und Nordostwind kommen von weiten Länderstrecken und sind darum trocken.

Da Luftdruck und Feuchtigkeit also in Beziehung zueinander stehen, benutzt man das Barometer als Wetterglas.

Aufgaben: 1. Bei feuchtem Wetter werden Saiteninstrumente verstimmt. Erkläre! 2. Im Keller beschlagen die Röhren der Wasserleitung. Erkläre! 3. Wie kommt es, daß an einem kalten Wintertage die Brille beschlägt, wenn man ins Zimmer tritt? 4. An der Decke des Kuhstalles bilden sich oft Wassertropfen. Erkläre! 5. Beobachte während eines Monats den Barometerstand, die Windrichtung und das Wetter! Notiere die Beobachtungen und untersuche, ob und welcher Zusammenhang zwischen Barometerstand, Windrichtung und Wetter besteht!



§ 47. Tau und Reif.

Beobachtung: An manchen Tagen findet man morgens Wassertropfen an Gras und Kraut. Nachdem die Sonne längere Zeit geschienen hat, verschwinden sie. Im Frühling und Herbst bildet sich statt der Wassertropfen Eis. Beide Erscheinungen zeigen sich nur bei klarer Luft.

Erklärung: Die Erde strahlt nach Sonnenuntergang die am Tage aufgenommene Wärme in den kalten Weltenraum aus. Sobald die Luft unter den Taupunkt abgekühlt ist, verdichtet sich der Wasserdampf zu Wasser. Da die Wärme am besten von Spitzen ausgestrahlt wird, werden diese am frühesten kalt, und daher bilden sich die Tautropfchen zuerst an den Spitzen des Grasses und der Blätter niedriger Kräuter. Sobald die Sonne scheint, wird die Luft wärmer, und die Tautropfen verdunsten. Werden die Gegenstände unter 0 Grad abgekühlt, so bildet sich Eis, der Reif.

Ist der Himmel mit Wolken bedeckt, so werfen diese die von der Erde ausgestrahlte Wärme zurück. Es bildet sich daher kein Tau und Reif. Aus dem gleichen Grunde findet unter Tischen, Bänken und andern im Freien stehenden Gegenständen keine Taubildung statt. Ist es windig, so führt der Wind die etwas abgekühlte Luftschicht fort und bringt nicht abgekühlte Luft an ihre Stelle; es kann daher nicht stark tauen.

Wenn warme, feuchte Luft mit dem stark abgekühlten Boden in Berührung kommt, so entsteht auf diesem eine Eisschicht (Glätteis). An Bäumen, Sträuchern, Telegraphendrähten usw. bildet sich in diesem Falle Raureif.

Ergebnis: Tau und Reif entstehen nur bei klarer, ruhiger Luft.

Aufgaben: 1. Welchen Nutzen hat der Tau für die Pflanzen? 2. Wann fürchten Gärtner und Landleute den Reif? 3. Wie suchen sie die Pflanzen gegen Reif zu schützen? 4. Inwiefern wirkt die Taubildung einer weiteren Abkühlung entgegen? 5. Weshalb taut es im Walde nicht? 6. Weshalb taut es auf dunklem Boden stärker als auf hellem?

§ 48. Nebel und Wolken.

Beobachtung: Nach einem heißen Sommertage bilden sich über feuchten Wiesen graue Massen, die Nebel. Solche Nebel entstehen namentlich auch im Herbst und Winter. Häufig bildet sich aus dem Nebel ein feiner Sprühregen (der Nebel fällt). Danach tritt klares Wetter ein. Steigt aber der Nebel, so entsteht gewöhnlich regnerisches Wetter. Am Himmel ziehen weiße, graue oder fast schwarze Massen daher, die Wolken. Die Spitzen der Berge sind gewöhnlich mit einer Wolkenhaube umgeben.

Erklärung: Wenn die Luft unter den Taupunkt abgekühlt wird, so entstehen aus dem Wasserdampf Wassertropfchen. Diese bilden sich meist um ein winziges Staubkörnchen. Fällt der Nebel als Sprühregen auf die Erde, so wird die Luft ärmer an Feuchtigkeit; es ist dann heiteres Wetter zu erwarten. Wenn der Nebel aber steigt, so wird die Luft wasserreicher; wird sie nun abgekühlt, so entsteht Regen. Bildet sich der Nebel in bedeutender Höhe, so nennt man ihn Wolke. Die kleinen, weißen Wolken, die in sehr großer Höhe schweben, bestehen aus Eisnadeln. Stoßen feuchte Luftmassen gegen einen Berg, so werden sie abgekühlt, so daß sich eine Wolke bildet. Treibt der Wind sie weiter, so löst sich der Nebel wieder in Wasserdampf auf; die Wolke verschwindet, während sich am Berge selbst wieder neue Nebelmassen bilden.

Aufgaben: 1. Wodurch unterscheiden sich Nebel und Wolken voneinander? 2. Weshalb bilden sich über London so starke Nebel, daß die Stadt in den 3 Wintermonaten durchschnittlich nur 40 Stunden Sonnenschein hat? 3. Weshalb ist der Nebel im Sommer selten? 4. Bei welchem Wind entstehen bei uns die Herbstnebel? (Welcher Wind bringt dann Kälte?) 5. Bei welchem Wind entstehen bei uns die Winternebel? (Außer Kälte ist auch feuchte Luft zur Entstehung notwendig!)

§ 49. Der Regen.

Erfahrung: Am häufigsten regnet es bei uns, wenn Süd- und Südwestwind weht. Dann entsteht ein feiner, andauernder Regen. Es kann auch bei Ost- und Nordostwind regnen. Die Tropfen sind dann meist groß; nach kurzer Zeit aber hört der Regen auf.

Erklärung: Wenn die in die Luft gestiegenen Dampfmassen immer mehr abgekühlt werden, so werden die Wassertropfen endlich so groß, daß die Luft sie nicht zu tragen vermag. Die Schwerkraft zieht sie nach unten; es regnet. Der Süd- und namentlich der Südwestwind bringt vom Ozean gewaltige Mengen Wasserdampf mit; dieser wird in unsern Gegenden abgekühlt; es entsteht ein feiner, andauernder Regen, der sog. Landregen. Der Ost- und Nordostwind sind trocken und oft kalt. Treffen sie auf den Wasserdampf, der sich bei uns angehäuft hat, so wird er plötzlich abgekühlt. Der dadurch hervorgerufene Regen fällt in großen Tropfen und heftig hernieder (Platzregen). Er währt meist nur kurze Zeit und erstreckt sich nur über kleinere Gebiete (Regenschauer, Strichregen). Die Menge des Regens, der an den einzelnen Orten der Erde im Lauf eines Jahres fällt, ist verschieden. Sie wird gemessen durch den **Regenmesser** (Abb. 96). Er stellt ein zylindrisches Gefäß aus Blech dar, in dem sich ein Trichter und eine Sammelflasche befinden. Die aufgefangene Flüssigkeitsmenge gießt man in ein Meßglas. Es ist mit einer Einteilung versehen, an der man die Niederschlagshöhe ablesen kann. Wenn alle Niederschläge einer Gegend nicht wieder verdunsten, nicht ablaufen oder versickern würden, so würde im Laufe eines Jahres die betreffende Gegend mit einer Wasserschicht von bestimmter Höhe bedeckt sein. Diese bildet ihre Regenhöhe.



96.

Sie betrug im Durchschnitt der Jahre 1892—1911 auf Helgoland 729 mm, in Tondern 760 mm, Husum 785 mm, Altona 719 mm, Neumünster 750 mm, Segeberg 737 mm, Kiel 706 mm, Flensburg 783 mm, im nordwest-englischen Bergland 430 cm, auf dem Brocken 170 cm, in Paris 60 cm, in Prag 45 cm, in St. Petersburg 40 cm.

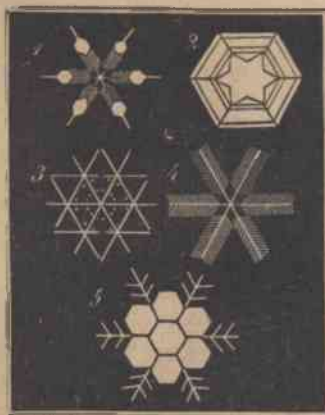
Aufgaben: 1. Wo ist die Regenmenge größer, im Innern oder im Westen von Europa? Erkläre! 2. Weshalb fällt an der Westseite der Gebirge Europas mehr Regen als an der Ostseite? 3. Welche Winde bringen uns Regenwetter, welche heiteres Wetter? 4. Was heißt es: die Regenhöhe am Südbhang des Himalaja beträgt 12 500 mm, die in Deutschland durchschnittlich 500 mm?

§ 50. Schnee, Graupeln, Hagel.

Erfahrung: Der Schnee fällt im Winter, der Hagel vorzugsweise im Sommer und zwar meist während der heißen Tageszeit.

Erklärung: Wenn der Wasserdampf unter 0° abgekühlt wird, so verwandelt er sich in Eis. Betrachtet man Schneeflocken unter dem Vergrößerungsglas, so bemerkt man zierliche sechseckige Sterne (Abb. 97), aus denen sie sich zusammensetzen.

Graupeln sind trübe Eiskörner von höchstens Erbsengröße. Sie fallen namentlich im



97.

Frühling und Herbst. Die Hagelkörner besitzen im Innern einen Graupelkern, der von Eisschichten umgeben ist. Der Hagel fällt meist im Sommer bei Gewittern. Über die Entstehung von Graupeln und Hagel ist man noch nicht genügend aufgeklärt.

Aufgaben: 1. Wie erklärt es sich, daß es im Tale regnet, während es auf den Bergen gleichzeitig schneit? 2. Wie kommt es, daß der Schnee auf hohen Bergen auch im Sommer nicht taut? 3. Wo bleibt dieser Schnee? 4. Warum entspringen fast alle Ströme auf dem Gebirge? 5. Wie kommt es, daß der Schnee beim Schmelzen so schmutzig ist?

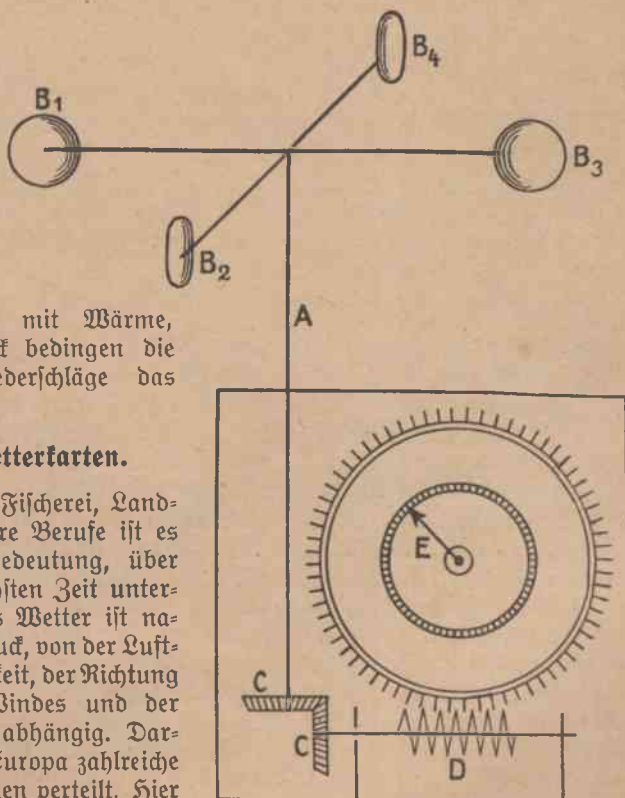
§ 51. Bedeutung der atmosphärischen Niederschläge.

Aus dem Meer, aus dem Wasser des Landes, von Pflanzen und Tieren steigen Wasserdämpfe in die Luft. Hier werden sie abgekühlt und fallen in flüssiger (Regen) oder fester Form (Schnee, Graupeln, Hagel) auf die Erde. Die flüssigen Niederschläge laufen entweder oberflächlich ab oder sickern in die Erde. Hier lösen sie die Nährstoffe für die Pflanzen. Die Wassermassen, die in den Pflanzenkörper gelangen, werden von den Blättern verdunstet und steigen wieder in die Luft. Das andere Wasser, das nicht von den Pflanzen aufgenommen wird, tritt irgendwo als Quelle zutage und eilt dem Meere zu, um von neuem die Rundreise anzutreten. Die festen Niederschläge, die auf die Gebirge fallen, gelangen als Gletscher so weit abwärts, daß sie auftauen und Bäche und Ströme speisen. Diese eilen dem Meere zu, treiben unterwegs Mühlen und andere Maschinen.

In Verbindung mit Wärme, Wind und Luftdruck bedingen die atmosphärischen Niederschläge das Wetter.

§ 52. Die Wetterkarten.

Für Schiffahrt, Fischerei, Landwirtschaft und andere Berufe ist es von der größten Bedeutung, über das Wetter der nächsten Zeit unterrichtet zu sein. Das Wetter ist namentlich vom Luftdruck, von der Luftwärme, der Feuchtigkeit, der Richtung und Stärke des Windes und der Niederschlagsmenge abhängig. Darum sind über ganz Europa zahlreiche Beobachtungsstationen verteilt. Hier werden namentlich Barometer (§ 31),

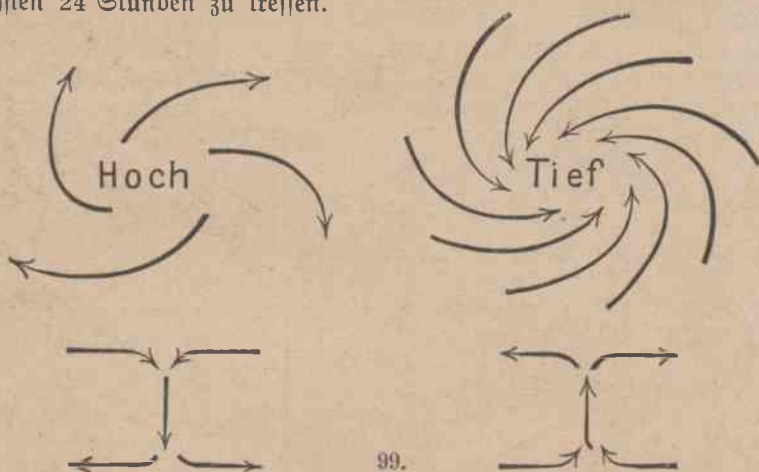


98.

Thermometer (§ 37), Hygrometer (§ 46), Windfahne, Schalenkreuz (Abb. 98) und Regenmesser (§ 49) beobachtet.

Das Schalenkreuz ist ein wagerecht liegendes Kreuz, das sich um eine senkrechte Achse A drehen kann. An seinen Enden trägt es halbkugelförmige Schalen B. Ihre Höhlung ist nach der gleichen Richtung gewandt. Die Bewegung wird durch Regelträder C und eine Schraube ohne Ende D auf ein Uhrwerk übertragen. Der Zeiger E gibt alsdann die Zahl der Umdrehungen des Kreuzes und damit die Stärke des Windes an.

Die Ergebnisse dieser Beobachtungen werden täglich morgens 8 Uhr an die Zentralstelle (die Deutsche Seewarte in Hamburg) telegraphiert. Die eingegangenen Berichte werden hier sofort in eine Karte (Abb. 100) eingetragen; diese wird unmittelbar danach vervielfältigt und versandt. Durch diese Einrichtung ist es gelungen, eine ziemlich sichere Wettervoraussage für die nächsten 24 Stunden zu treffen.



99.

Auf der Wetterkarte sind die Orte mit gleichem Luftdruck durch eine Linie verbunden, die Isobare¹⁾. Um die Karte nicht zu überfüllen, trägt man nur die Isobaren von 5 zu 5 mm (730, 735, 740 mm usw.) ein. Diese Linien verlaufen im großen und ganzen parallel. Die Stelle mit dem niedrigsten Luftdruck, das barometrische Minimum, nennt man das Tief. Die Stelle mit dem höchsten Luftdruck, das barometrische Maximum, heißt das Hoch. Auf unserer Karte befindet sich das Tief über Mittelschweden, das Hoch über Südfrankreich; ein anderes Hoch lagert über Südrußland.

Die Temperatur an den Beobachtungsorten ist durch eine daneben gesetzte Zahl angegeben, z. B. Hamburg 7, Moskau -9 (d. h. Grad Celsius).

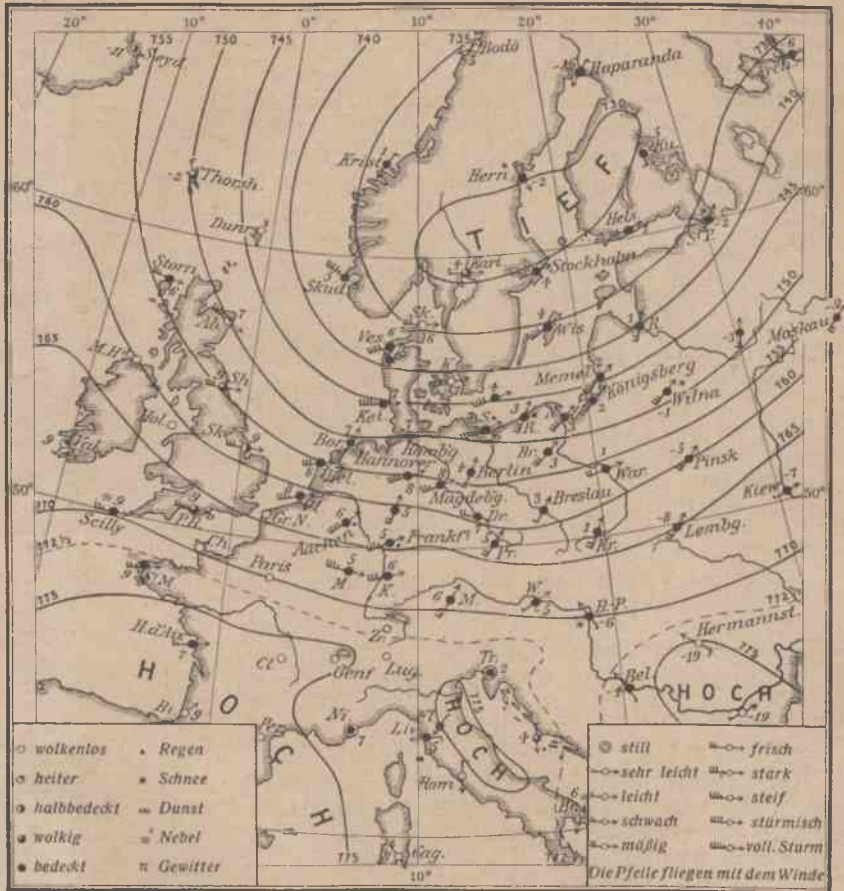
Den Feuchtigkeitsgehalt erkennt man an dem Zeichen des Beobachtungsortes (vgl. Abb. 100, unten; diese Stelle des Bildes gibt auch die Erklärung der Zeichen für Windrichtung und -stärke, wie auch für die Niederschläge).

Im dem Tief ist die Luft am dünnsten; darum strömt von allen Seiten die Luft dahin, um die Dichte auszugleichen (Abb. 99). An der Richtung der

¹⁾ isos, gleich; báros, Schwere.

Pfeile erkennt man aber, daß die Winde nicht in gerader Linie nach der Mitte des Tiefs strömen. Sie umkreisen dieses in einer Richtung, die der des Uhrzeigers entgegengesetzt ist. Die stärkste Luftbewegung herrscht in der Nähe des Tiefs. Im Hoch, wo die Luft abfließt, herrscht Windstille oder leichter Wind.

Im Tief selbst steigt die leichte Luft empor. Die Dämpfe werden in den oberen Luftschichten abgekühlt, verdichtet und fallen als Regen zur Erde.



Witterungsübersicht (Freitag, den 17. Februar 1911). Nr. 48.

Auf der Südseite der gestern morgen nordwestlich von Schottland lagernden, rasch ostwärts fortschreitenden Depression hatte der Bezirk gestern bei stark fallendem Barometer trübes, anhaltend regnerisches Wetter mit südwestlichen, seit Nachmittag stürmischen Winden. Die Temperatur nahm bis zum Abend zu; ihr Maximum betrug 4° bis 7°, in der letzten Nacht sank sie auf 1° bis 4°. Auch heute morgen herrscht noch sehr stürmisches, regnerisches Wetter.

Die erwähnte Depression zeigt ihr Minimum heute über Mittelschweden und hat sich auf ihrem raschen westlichen Zuge stark nach Süden ausgedehnt, so daß sie heute ganz Nord- und Mitteleuropa bedeckt. Das Hochdruckgebiet über Südrußland hat sich südwärts zurückgezogen.

Weiter im Bereiche des Tiefdruckgebiets hat unser Bezirk für morgen mildes Wetter mit Niederschlägen zu erwarten.

100. Verkleinerte Wiedergabe einer Wetterkarte des öffentlichen Wetterdienstes, Dienststelle Hamburg (Deutsche Seewarte), Freitag, den 17. Februar 1911, 8 Uhr morgens.

In dem Hoch senkt sich die Luft. Da diese wenig Feuchtigkeit (Wasserdampf) enthält, verdunstet sie in den unteren, wärmeren Luftschichten. Es herrscht also heiterer Himmel oder schönes Wetter.

Wären die Tief- und Hochdruckgebiete stets an derselben Stelle, so müßten wir auch stets dieselben Winde haben; das Wetter würde daher wenig veränderlich sein. Nun aber verändern jene Gebiete ziemlich rasch ihre Lage. Für unsere Gegenden entstehen sie gewöhnlich über dem Atlantischen Ozean und schreiten mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 7—8 m in der Sekunde in östlicher Richtung vorwärts. Dabei gehen sie selten über uns hinweg, sondern meist nördlich an uns vorüber. Daher dreht sich bei uns der Wind von Südost durch Süden nach Südwest.

Aus der Beobachtung der Wetterkarte erklären sich einige Wetterregeln, die aus der Erfahrung gewonnen wurden.

✕ Wenn das Barometer tief steht, haben wir meist trübes, regnerisches Wetter. Nach der Wetterkarte befinden wir uns in einem Tief.

✕ Wenn das Barometer hoch steht, haben wir meist heiteres, trockenes Wetter. Nach der Wetterkarte befinden wir uns in einem Hoch.

✕ Bei Südwestwind haben wir in einem großen Teile Deutschlands drübes, regnerisches, im Sommer kühles, im Winter mildes Wetter. Nach der Wetterkarte wehen feuchte Winde vom Ozean nach unserer Gegend.

Aufgaben: 1. Lies von der Wetterkarte ab, welches Wetter, welche Temperatur, welcher Wind (Richtung und Stärke), welcher Luftdruck in folgenden Orten am 17. Februar 1911 herrschten: Hamburg, Berlin, Breslau, Hannover, Magdeburg, Aachen, Paris, Frankfurt, Königsberg, Memel, Moskau, Genf, Rom, Stockholm und Haparanda! 2. Welche Änderung hat die Windrichtung seit dem Morgen des 16. Februar für die einzelnen Orte erfahren, da das Tief damals nordwestlich von Schottland lag? 3. Mit welchem Recht erwartet die Bitterungsübersicht für den folgenden Tag mildes Wetter mit Niederschlägen?

Anhang: Das Wesen der Wärme.

Versuche: 1. Man wägt eine Metallkugel auf einer empfindlichen Wage. Danach erwärmt man sie und wägt sie noch einmal. — Ihr Gewicht hat sich nicht verändert. 2. Man füllt eine Kochflasche mit Eisstücken und wägt sie. Nachdem man das Eis geschmolzen hat, wird die Flasche wieder gewogen. — Ihr Gewicht ist das gleiche geblieben. 3. Man hämmert längere Zeit auf ein Stück Blei. — Es verändert seine Form, d. h. die Molekeln werden gegeneinander verschoben. Gleichzeitig werden Hammer und Blei warm.

Da die Metallkugel und das Eis nach der Erwärmung nicht schwerer geworden sind, so kann kein Stoff zu ihnen hinzugekommen sein. Die Wärme ist also kein Stoff. — Dadurch, daß man auf die Bleiplatte schlägt, wird die Bewegung des Hammers aufgehoben, während gleichzeitig Wärme entsteht. — In der Dampfmaschine entsteht durch den Dampf Bewegung, wobei der Dampf abgekühlt wird. Durch Arbeit wird also Wärme erzeugt, und Wärme kann Arbeit leisten. **Daher nimmt man an, daß die Wärme in Bewegung der Molekeln bestehe.** Durch diese Annahme lassen sich alle Erscheinungen der Wärme erklären. Bei festen und flüssigen Körpern schwingen die Molekeln hin und her, bei luftförmigen bewegen sie sich im Raume fort und stoßen gegen die Wände des Raumes, in dem sie eingeschlossen sind (Dämpfe haben Spannkraft). Je heißer die Dämpfe sind, desto schneller ist die Bewegung der Molekeln (die Spannkraft des Dampfes nimmt mit der Wärme zu) usw. Man hat berechnet, daß eine Arbeit von 427 mkg 1 kg Wasser um 1 Grad erwärmen kann, also eine Wärmeeinheit erzeugt.

Aufgaben: 1. Um wieviel Grad können 19215 mkg a) 1 kg Wasser, b) 5 kg Wasser, c) 15 kg Wasser erwärmen? 2. Eine wie große Arbeit können 27 kg Wasser leisten, deren Temperatur von 28 Grad auf 24 Grad sinkt?

Lehrstoff für die Klasse III.

III. Vom Schall.

§ 53. Die Entstehung des Schalls.

Erfahrung: Wir hören das Geläut einer Glocke, das Geräusch eines Wagens, das Plätschern des Baches, das Rauschen der Blätter, das Klirren der Fensterscheibe. Wenn diese Gegenstände sich in Ruhe befinden, so vernimmt man nichts.

Versuche: 1. Man schlägt eine Stricknadel in ein dickes Brett, biegt das Ende zur Seite und läßt es los. — Sie kehrt in ihre Ruhelage zurück. Infolge des Beharrungsvermögens fliegt die Nadel aber darüber hinaus, kehrt dann zurück in die erste Lage, dann wieder in die zweite und so fort: die Nadel schwingt. Gleichzeitig hört man einen Schall. 2. Man streicht die G-Saite einer Geige an. — Sie schwingt hin und her; man vernimmt einen Schall. 3. Man füllt eine umgekehrte Glocke mit Wasser und schlägt dagegen. — Auf der Oberfläche des Wassers zeigen sich ringförmige Wellen, die sich bis zur Mitte fortpflanzen. 4. An einem Stativ ist eine an einem dünnen Faden hängende Glasperle befestigt (Abb. 101). Man hält eine tönende Stimmgabel dagegen. — Die Glasperle wird hin und her geschleudert. 5. Man schießt mit einer Knallbüchse gegen eine in der Nähe befindliche brennende Kerze. — Die Flamme flackert zur Seite.



101.

Erklärung: Alle in den Versuchen genannten Körper sind elastisch. Werden sie angeschlagen oder angestoßen, so schwingen sie. Dabei stoßen sie gegen die Luft, die Flüssigkeit oder die festen Körper, von denen sie begrenzt werden, und versetzen auch diese in Schwingung. Gleichzeitig mit dem Schwingen der angeschlagenen Körper vernimmt man einen Schall.

Gesetz: Ein Schall entsteht durch Schwingungen elastischer Körper.

Aufgaben: 1. Befestige einen Bindfaden mit dem einen Ende an einem Fensterhaken, halte ihn mit der linken Hand straff und reiße ihn mit der rechten an! Was beobachtest du? 2. Berühre ein tönendes Glas mit dem Finger! Erkläre die eintretende Erscheinung! 3. Weshalb sehen tönende Saiten wie angeschwollen aus? 4. Stelle den in Abb. 101 dargestellten Apparat aus einer Flasche, einem Kork, einem gebogenen Draht und einem Holundermarkkugeln her! 5. Streue Sandkörnchen auf das Fell einer Trommel oder eines Tamburins! Beobachte und erkläre die Erscheinung, die eintritt, wenn auf das Fell geschlagen wird! 6. Weshalb klirren auf einem Tische stehende Gläser, wenn auf den Tisch geschlagen wird?

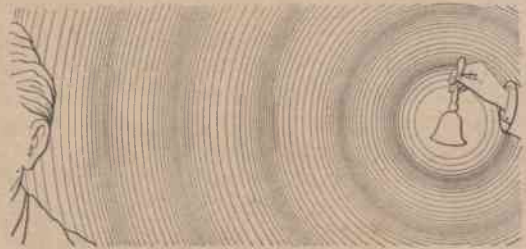
§ 54. Fortleitung und Wahrnehmung des Schalls.

a) Fortleitung.

Erfahrung: Eine tönende Glocke ist im ganzen Zimmer zu hören. Das Ticken einer auf dem Tische liegenden Uhr vernimmt man deutlich, wenn man das Ohr auf den Tisch legt. Klavierspiel hört man durch mehrere Stockwerke hindurch, besonders dann, wenn das Klavier an einer Wand steht.

Versuche: 1. Unter dem Rezipienten einer Luftpumpe hängt eine Glocke. Man verdünnt die Luft. — Der Ton wird schwächer. 2. Man legt das Ohr auf den Tisch. — Dann hört man es, wenn am andern Ende des Tisches mit den Fingern auf dem Tische gekrakt wird. 3. Man hält eine tönende Stimmgabel mit dem Stiele gegen den Kopf oder die Zähne. — Der Schall ist deutlich zu vernehmen. 4. Man schlägt gegen eine Glocke, die sich unter Wasser befindet. — Der Schall wird gehört. 5. An das eine Ende des Tisches legt man eine Taschenuhr, und an das andere Ende hält man das Ohr. — Der Schall ist deutlich vernehmbar. Wird unter die Uhr ein Stück Filz oder ein lockeres Tuch gelegt, so vernimmt man den Schall schwächer oder gar nicht.

Erklärung: Zwischen dem Schallerreger und unserm Ohre befindet sich in den meisten Fällen Luft. Der schwingende Schallerreger stößt gegen die benachbarten Luftteilchen und drängt sie zur Seite (Abb. 102). Dadurch wird die Luft verdichtet. Gleich darauf schwingt der Erreger nach der entgegengesetzten Seite, wobei die Luft verdünnt wird. Diese Verdichtungen und Verdünnungen (Schallwellen) pflanzen sich fort, bis sie unser Ohr treffen.



102.

Gesetze: 1. Der Schall pflanzt sich nach allen Seiten fort.

2. Die Luft leitet den Schall um so besser, je dichter sie ist. Im luftleeren Raum ist kein Schall vernehmbar.

3. Flüssige und feste Körper leiten den Schall besser als luftförmige.

4. Lockere Körper dämpfen den Schall.

b) Wahrnehmung des Schalls.

Das Werkzeug, mit dem wir den Schall wahrnehmen, ist das Ohr (über den Bau vgl. Naturgeschichte Heft 2, Seite 96). Die Schallwellen werden von dem Ohr aufgefangen, durch den Gehörgang geleitet und auf das Trommelfell übertragen. Dadurch werden auch die Gehörknöchelchen in Schwingung versetzt. Diese Schwingungen werden endlich vom Hörnerven aufgenommen, nach dem Gehirn geleitet und hier als Schall wahrgenommen.

Aufgaben: 1. Erkläre, daß man den Ton der Stimmgabel hört, wenn man sie gegen den Kopf oder die Zähne hält! 2. Weshalb hört man den Ton der menschlichen Stimme auf hohen Bergen nicht so deutlich als im Tale? 3. Wenn man das Ohr auf die Schienen der Eisenbahn legt, so hört man den nahenden Eisenbahnzug schon aus weiter Entfernung. Erkläre! 4. Indianer legen das Ohr auf den Erdboden, um den Hufschlag der Pferde zu hören. Erkläre! 5. Fische werden durch den Ton einer Glode zur Fütterung gerufen. Erkläre! 6. Gib an, welchen Weg der von dir gehörte Schall nimmt, der von einem Klaviere herrührt; es ist im Nachbarzimmer aufgestellt, dessen Tür geschlossen ist! 7. Wie kann man den von der Straße hereindringenden Lärm dämpfen? 8. Die unter uns Wohnenden werden durch den von der Nähmaschine herrührenden Lärm belästigt. Wie verhindert man es? 9. Binde über je eine Öffnung von 2 Papp- oder Blechrohren (Konserverbüchse, deren Boden entfernt ist) eine feuchte Tierblase! Nachdem sie getrocknet ist, verstärke die Mitte durch ein Stückchen Leder, das daraufgeklebt wird! Durchbohre die Mitte des Leders und der Blase und ziehe durch die Öffnungen einen etwa 10 m langen Bindfaden! Nimm das eine Rohr und gib das andere einem Mitschüler! Haltet den Faden straff! Berührt der eine von euch die Blase, so kann der andere es deutlich vernehmen, wenn er die Öffnung des Rohres vor das Ohr hält. Erkläre! 10. Weshalb wird der Raum zwischen Decke und Fußboden mit Lehm, Asche oder ähnlichen Stoffen ausgefüllt? 11. Wie kommt es, daß der Schall in manchen Häusern durch mehrere übereinanderliegende Wohnungen dringt? \otimes

§ 55. Die Geschwindigkeit des Schalls.

Erfahrung: Das Beil eines Holzfällers, den Hammer eines Dachdeckers sieht man in der Ferne eher auffallen, als man den Schlag hört. Wird bei Friedrichsort am Kieler Hafen eine Kanone abgefeuert, so nimmt ein bei Bellevue stehender Beobachter den Schall 17 Sekunden später als den Pulverdampf wahr. Blitz und Donner nimmt man nicht gleichzeitig wahr.

Erklärung: Wie die Erfahrung lehrt, braucht der Schall eine gewisse Zeit, um von dem Schallerreger bis an unser Ohr zu gelangen. Um die Geschwindigkeit zu ermitteln, stellten Arago und Humboldt in der Nähe von Paris Untersuchungen an. Auf einem Berge wurde eine Kanone abgefeuert. Ein Beobachter, der sich in einer bestimmten Entfernung befand, stellte die Zeit fest, die zwischen dem Abfeuern der Kanone und der Wahrnehmung des Schalles lag. Dabei fand man, daß der Schall bei 0° in einer Sekunde 333 m zurücklegt. Auch in flüssigen und festen Körpern ist die Geschwindigkeit ermittelt¹⁾.

Gesetz: Die Geschwindigkeit des Schalls in der Luft beträgt bei 0 Grad 333 m. Sie nimmt bei je 1 Grad um etwa $\frac{1}{2}$ m zu. Flüssige Körper pflanzen den Schall schneller fort als luftförmige und feste schneider als flüssige.

Aufgaben: 1. Wie groß ist die Geschwindigkeit des Schalls in der Luft bei a) $+4^\circ$, b) $+10^\circ$, c) $+18^\circ$, d) $+7^\circ$, e) $+13^\circ$, f) $+21^\circ$, g) $+14^\circ$? In den folgenden Aufgaben ist die Geschwindigkeit bei 0° zugrunde zu legen. 2. Wie weit ist ein Gewitter von uns entfernt, wenn man den Donner a) 4, b) 7, c) 8, d) 15 Sekunden nach dem Blitze wahrnimmt? 3. Soldaten marschieren nach den Klängen der vorn befindlichen Kapelle. Erkläre, warum die letzten im Zuge mit den vorderen nicht gleichzeitig auftreten! 4. Gleichzeitig hervorgebrachte Töne hört man in weiter Entfernung auch gleichzeitig. Was schließt du aus dieser Tatsache auf die Geschwindigkeit hoher und tiefer, starker und schwacher Töne? 5. In wie langer Zeit legt der Schall einen Weg von a) 2331 m, b) 4995 m, c) 8991 m, d) 41 625 m zurück? 6. Wie kann ein Offizier die Entfernung des Feindes mit Hilfe der Uhr feststellen? 7. Wie weit ist Friedrichsort von Bellevue entfernt?

¹⁾ Sie beträgt im Wasser 1400, im Eisen 4000 m.

§ 56. Die Zurückwerfung des Schalls.

Erfahrung: In manchen Stellen (Wald, Bergwand, Häuser) hört man einen Ruf, einen Knall deutlich zurückschallen. In großen Sälen hallt das gesprochene Wort nach.

Versuche: 1. Man rollt einen Gummiball unter einem rechten Winkel gegen eine Wand. — Er wird in derselben Richtung zurückgeworfen. 2. Man rollt ihn schräg gegen die Wand. — Er wird unter demselben Winkel, aber in entgegengesetzter Richtung zurückgeworfen (Abb. 103).

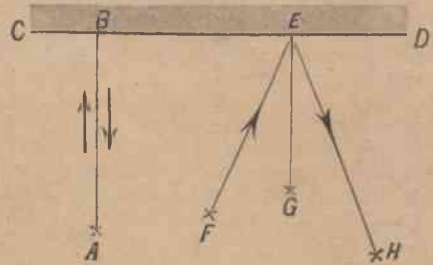
Erklärung: Der Schall verbreitet sich nach allen Seiten. Treffen die Schallwellen auf einen elastischen Körper, so werden sie wie der Gummiball zurückgeworfen. Die in den Treffpunkten B und E errichteten Senkrechten nennt man die Einfallslotte (AB und EG).

Treffen die Schallwellen den Gegenstand in der Richtung AB, so werden sie in der Richtung BA zurückgeworfen. Treffen sie ihn in der Richtung FE, so werden sie in der Richtung EH zurückgeworfen. Die Linie FE heißt der einfallende, die Linie EH der ausfallende oder zurückgeworfene Schallstrahl. Der Winkel FEG wird der Einfallswinkel, der Winkel GEH der Ausfallswinkel oder Zurückwerfungswinkel genannt. Beide sind einander gleich.

Gesetz: Die Schallwellen werden so zurückgeworfen, daß der Zurückwerfungswinkel gleich dem Einfallswinkel ist.

Versuche: 3. Man kerbt den oberen Rand der Längsseite einer Zigarrenkiste aus und fährt langsam mit einem Lineal darüber. — Man hört das Aufschlagen auf jeden Zahn. 4. Man fährt schnell mit dem Lineal über die Zähne. — Jetzt fließen die Schalle zu einem zusammen.

Erklärung: Unser Ohr kann in einer Sekunde höchstens zehn aufeinanderfolgende Schalle unterscheiden. Folgen sie schneller aufeinander, so ist der Hörnerv noch gereizt, wenn der neue Reiz auf ihn einwirkt. Beide Reize fließen zu einem zusammen. Die einzelnen Reize müssen also wenigstens $\frac{1}{10}$ Sekunde auseinanderliegen. In $\frac{1}{10}$ Sekunde legt der Schall (bei $+14^\circ$) einen Weg von 34 m zurück. Liegt die zurückwerfende Wand 17 m entfernt, so trifft der zurückgeworfene Schall das Ohr, wenn der ursprüngliche Schall im Ohre verklungen ist. Das Ohr vernimmt den Schall daher doppelt so lange. Ist die zurückwerfende Wand weniger als 17 m entfernt, so trifft der zurückgeworfene Schall das Ohr, wenn der ursprüngliche im Ohre noch nicht verklungen ist. Der Schall wird verlängert (**Nachhall**). Ist die zurückwerfende Wand weiter als 17 m entfernt, so trifft der zurückgeworfene Schall das Ohr, wenn der ursprüngliche in diesem verklungen ist. Es entsteht dann ein **Widerhall** oder **Echo**. Wenn die zurückwerfende Wand so weit entfernt ist, daß man mehrere Silben sprechen kann, ehe die erste zurückgeworfene das Ohr trifft, so heißt das Echo ein mehrsilbiges. Mitunter stehen mehrere Wände einander parallel gegenüber. Dann wird der



103.

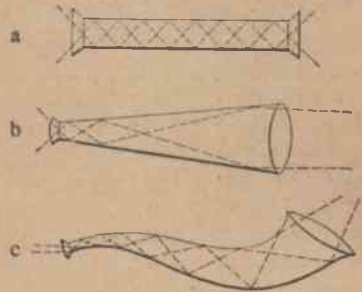
zurückgeworfene Schall wieder zurückgeworfen. Es entsteht ein mehrfaches Echo. Durch den Nachhall wird die Rede undeutlich. Daher sucht man die Zurückwerfung in Sälen dadurch zu verhindern, daß man die Wände mit weichen Stoffen bekleidet.

In den Zimmern stehen die Wände so dicht beieinander, daß unser Ohr fast gleichzeitig von dem ursprünglichen und von zahlreichen zurückgeworfenen Schallen getroffen wird. Dadurch entsteht eine Verstärkung des Schalles.

Versuche: 5. Man legt eine Uhr auf ein Stückchen Filz, das auf dem Tische liegt. Ein Schüler tritt soweit zurück, daß er das Ticken nicht mehr vernimmt. Dann stellt man eine Papp- oder Metallröhre über die Uhr. Auch jetzt hört der Schüler das Ticken nicht. — Hält man aber über die Röhre eine Glas- oder Holzplatte, so kann man ihr eine solche Lage geben, daß der Schall hörbar wird. **6.** An einem Stativ hängt man eine Taschenuhr auf. Ein Schüler tritt so weit zurück, daß er das Ticken nicht mehr hört. Jetzt hält man einen Hohlspiegel (Schirm einer Küchenlampe) so hinter die Uhr, daß diese sich im Brennpunkt befindet. — Der Schall ist deutlich zu vernehmen.

Erklärung: Im Freien gehen die Schallwellen nach allen Seiten und werden daher gewöhnlich nicht zurückgeworfen. Will man den Schall verstärken, so muß man wie in obigen Versuchen die Schallwellen zusammenhalten. Die Ausbreitung der Schallwellen wird durch das **Verbindungs-** oder **Kommunikationsrohr**¹⁾ verhindert.

(Abb. 104a.) Es ist ein Blechrohr, das in Gasthöfen das Eßzimmer mit der Küche, auf Schiffen die Kommandobrücke mit dem Maschinenraum verbindet. Die unter einem schiefen Winkel auffallenden Schallwellen werden fortwährend zurückgeworfen und dadurch zusammengehalten. Das **Sprachrohr** (Abb. 104b) ist ein etwa 2 m langes Rohr, das ein Mundstück besitzt und nach dem Ende zu weiter wird. In ihm werden die Schallwellen so zurückgeworfen, daß sie annähernd parallel austreten. Daher bleiben sie beieinander. Deshalb kann man sich im Freien mit Hilfe des Sprachrohrs auf weite Entfernungen verständlich machen. Schwerhörige benutzen ein **Hörrohr** (Abb. 104c). Es besteht aus einem gebogenen Hartgummirohr, dessen Auffangeöffnung erweitert ist. Zahlreiche Schallwellen dringen ein; sie werden zurückgeworfen in die enge Öffnung, die in das Ohr gehalten wird.



104.

Aufgaben: 1. Weshalb muß man im Freien lauter als im Zimmer sprechen? 2. Weshalb hört man an manchen Stellen in der Kirche die Stimme des Predigers undeutlich? 3. Welchen Zweck hat das Dach über der Kanzel? 4. Weshalb hört man in sehr großen Sälen die Musik am besten vorn oder ganz hinten, in der Mitte aber weniger gut? 5. Weshalb kann man sehr schnell gesprochene Worte schwer verstehen? (Sprich darum langsam!) 6. Weshalb entsteht kein Echo, wenn die Schallwellen die Wand unter einem spitzen Winkel treffen? 7. Weshalb wird bei einem mehrfachen Echo jedes folgende

1) communicatio, die Verbindung.

schwächer? 8. Eine Felswand sei a) 60, b) 80, c) 100 m entfernt. Ein wievielsilbiges Echo ist möglich, wenn die einzelnen Silben nach je $\frac{1}{4}$ Sekunden gesprochen werden? 9. Weshalb rollt der Donner im Gebirge stärker als in der Ebene? 10. Weshalb hält man die Hände an den Mund, wenn man weit entfernten Personen etwas zurufen will? 11. Schieb einen Gummischlauch über das Rohr eines Trichters! Führe den Schlauch in die Ohröffnung! Laß eine Stimmgabel vor der Öffnung des Trichters erklingen! Welche Beobachtung machst du? Erkläre!

§ 57. Die Stärke des Schalls.

Erfahrung: Eine große Kirchenglocke gibt einen stärkeren Schall als eine kleine Glocke. Eine Glocke wird deutlicher gehört, wenn man sich in ihrer Nähe befindet. Musik, die sich entfernt, wird leiser.

Versuche: 1. Man streicht die G-Saite und die E-Saite einer Geige nacheinander gleich stark an. — Erstere gibt einen stärkeren Ton. 2. Man streicht dieselbe Saite zuerst stark und darauf schwach an. — Das erste Mal sind die Schwingungen weit, das zweite Mal eng. Zuerst hört man einen starken, dann einen schwachen Ton.

Erklärung: Schallwellen breiten sich nach allen Seiten aus. Eine Anzahl Schallwellen, die etwa auf 10 m Entfernung eine Fläche treffen, treffen auf 20 m Entfernung eine viermal, auf 30 m Entfernung eine neunmal so große Fläche. Daher erhält ein Teil von der Größe der ersten Fläche nur den vierten bzw. den neunten Teil der Schallwellen. Der Schall kann daher nur $\frac{1}{4}$ bzw. $\frac{1}{9}$ so stark sein.

Gesetz: Die Stärke des Schalls nimmt zu mit der Masse des Schallerregers und mit der Weite der Schwingungen. Sie nimmt ab, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt.

Aufgaben: 1. Weshalb geben die dicken Saiten des Klaviers einen stärkeren Ton als die dünnen? 2. Weshalb klingt der Baß stärker als die Geige? 3. Weshalb gibt eine große Trommel einen stärkeren Schall als eine kleine? 4. Wie muß man auf ein Brett schlagen, wenn ein starker Schall erzeugt werden soll? Erkläre! 5. Weshalb muß ein schwerhöriger Schüler vorn sitzen?

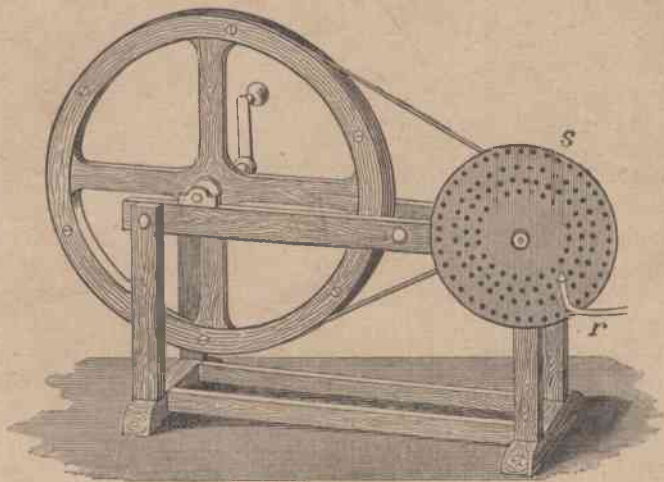
§ 58. Der zusammengesetzte Schall.

Erfahrung: Der Schall, der durch eine Knallbüchse, eine Pistole oder eine Peitsche entsteht, ist kurz und kräftig. Fährt ein Wagen über das Pflaster, werden die Blätter eines Baumes durch den Wind bewegt, strömt das Wasser des Baches schnell bergab, so entstehen Schwingungen, die schnell, aber unregelmäßig aufeinander folgen und ineinander übergehen.

Versuche: 1. Mittels einer Schwungmaschine dreht man ein Zahnrad, dessen Zähne verschieden groß sind und verschieden weit voneinander entfernt sind. Gegen die Zähne hält man ein Kartenblatt oder eine elastische Feder. — Die Schalle folgen sehr schnell aufeinander. Sie fließen ineinander und werden von unserm Ohr als ein Schall wahrgenommen. Solche Schalle nennt man zusammengesetzte. 2. Man wiederholt Versuch 1 mit einem Zahnrad, dessen Zähne gleich groß und gleich weit voneinander entfernt sind. — Auch jetzt hört man einen zusammengesetzten Schall. 3. Man dreht das Zahnrad etwa 6 mal in der Sekunde und darauf etwa 12 mal. — Je schneller man dreht, um so höher, je langsamer man dreht, um so tiefer ist der Schall.

Erklärung: Ein kurzer, kräftiger Schall heißt ein **Anall**. Folgen die Schwingungen unregelmäßig aufeinander, so wird der zusammengesetzte Schall ein **Geräusch** genannt. Ein regelmäßig zusammengesetzter Schall, den man nach Höhe und Tiefe bestimmen kann, heißt ein **Ton**.

Versuch: 4. Auf einer kreisförmigen Metallscheibe, die durch eine Schwungmaschine in Umdrehung versetzt werden kann, befinden sich in 4 konzentrischen Kreisen 24, 30, 36 und 48 Löcher (Abb. 105). Bläst man durch die gebogene Röhre *r* gegen die innere Reihe, so hört man einen Ton, der um so höher ist, je schneller die Scheibe gedreht wird. Bläst man nacheinander von innen nach außen, so hört man einen Akkord (Grundton, große Terz, Quinte, Oktave).



105.

Erklärung: Die beschriebene Metallscheibe nennt man eine Sirene. Jedesmal, wenn der Luftstrom ein Loch trifft, geht er hindurch und erzeugt eine Luftverdichtung. Trifft er auf den Zwischenraum zwischen zwei Öffnungen, so entsteht hinter der Scheibe eine Luftverdünnung. Die Schwingungen folgen also regelmäßig aufeinander. Wird die Scheibe 10 mal in einer Sekunde um ihre Achse gedreht, so beträgt die Zahl der Schwingungen 240, 300, 360, 480. Wird sie aber 12 mal gedreht, so beträgt die Zahl der Schwingungen 288, 360, 432, 576. Wieder hört man einen Akkord; sein Grundton ist höher.

Gesetz: Die Schwingungszahlen der Prime, großen Terz, Quinte und Oktave verhalten sich wie 4 : 5 : 6 : 8 oder wie $1 : \frac{5}{4} : \frac{3}{2} : 2$.

Durch andere Sirenen hat man auch die Schwingungszahlen für die Sekunde, Quarte, Sexte und Septime gefunden.

Prime, Sekunde, Terz, Quarte, Quinte, Sexte, Septime, Oktave.

1 $\frac{9}{8}$ $\frac{5}{4}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{5}{3}$ $\frac{15}{8}$ 2

Aufgaben: 1. Nenne Gegenstände, die einen Anall erzeugen! 2. Nenne Geräusche! 3. Gib an, welche Gegenstände Töne hervorbringen! 4. Bestimme die Schwingungszahlen der einzelnen Stufen der Tonleiter, wenn der Grundton a) durch 24, b) durch 72, c) durch 96, d) durch 264, e) durch 360 Schwingungen hervorgebracht wird!

§ 59. Von den Musik-Instrumenten.

Instrumente, durch die Töne erzeugt werden, heißen Musik-Instrumente. Die tönenden Körper sind entweder Saiten, Platten, Metall- oder Holz-körper oder Luftsäulen.

1. Saiten-Instrumente sind Geige, Bratsche, Cello, Baß, Harfe, Klavier usw.

Versuche: 1. Man streicht die D-Saite der Geige und danach die E-Saite an. — Letztere gibt einen höheren Ton. 2. Man streicht die D-Saite an, verkürzt sie durch Aufsetzen eines Fingers und streicht sie wieder an. — Der zweite Ton ist höher. 3. Man streicht die D-Seite an, spannt sie straffer und streicht wieder an. — Der zweite Ton ist höher.

Gesetz: Der Ton einer Saite ist um so höher, je dünner, je kürzer und je straffer gespannt sie ist.

2. Tönende Platten besitzen Trommel, Glocke, Pauke.

3. Ein tönender Metallkörper ist die Stimmgabel.

4. Luftsäulen schwingen in Orgel, Flöte, Klarinette, Trompete usw.

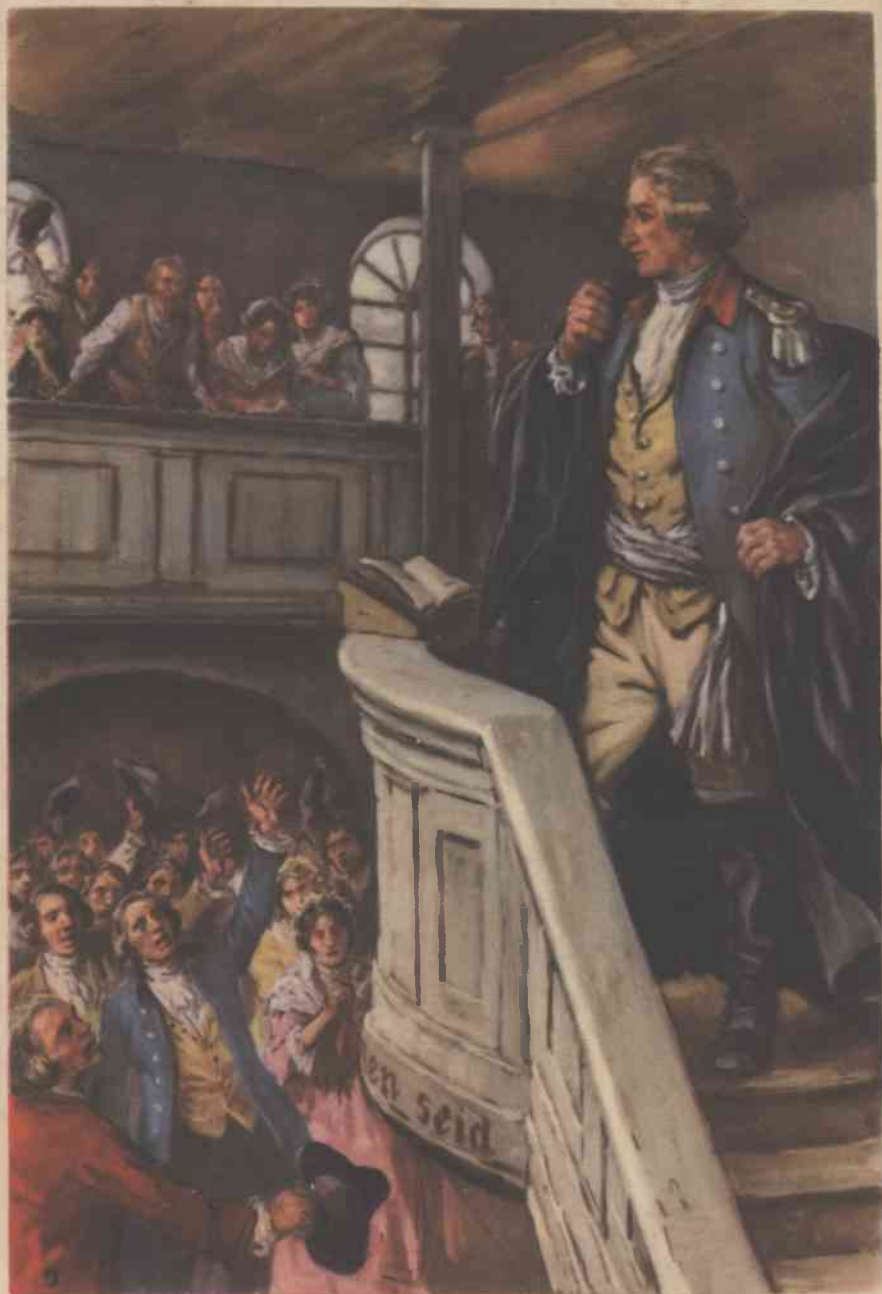
Erfahrung: Mit Hilfe eines hohlen Schlüssels, einer Röhre oder eines Probierglases kann man einen Ton erzeugen, indem man hineinbläst. Berührt man die Wand, so verspürt man keine Bewegung an ihr; auch hört der Ton nicht auf wie bei einer tönenden Glocke.

Erklärung: Da die Wände nicht schwingen, kann der Ton nur durch Schwingung der Luft selbst entstanden sein. Bläst man über die Röhre hinweg, so wird aus ihr Luft herausgerissen. Es entsteht also eine Luftverdünnung. Gleich darauf stürzt andere Luft in das Rohr; dadurch entsteht eine Verdichtung. So wechseln Verdünnungen und Verdichtungen miteinander ab; die Luft in der Röhre schwingt also, und zwar in der Längsrichtung. Die Schwingungen sind daher Längsschwingungen. Bläst man in die Röhre, so entsteht zuerst eine Verdichtung.

Versuche: 1. Man bläst verschieden lange Pfeifen an. — Der Ton ist um so höher, je kürzer die Pfeife ist. 2. Man bläst eine Pfeife sehr stark an. — Sie gibt einen höheren Ton, als wenn man schwach bläst.

Gesetz: Der Ton einer Pfeife ist um so höher, je kürzer die schwingende Luftsäule ist und je stärker angeblasen wird.

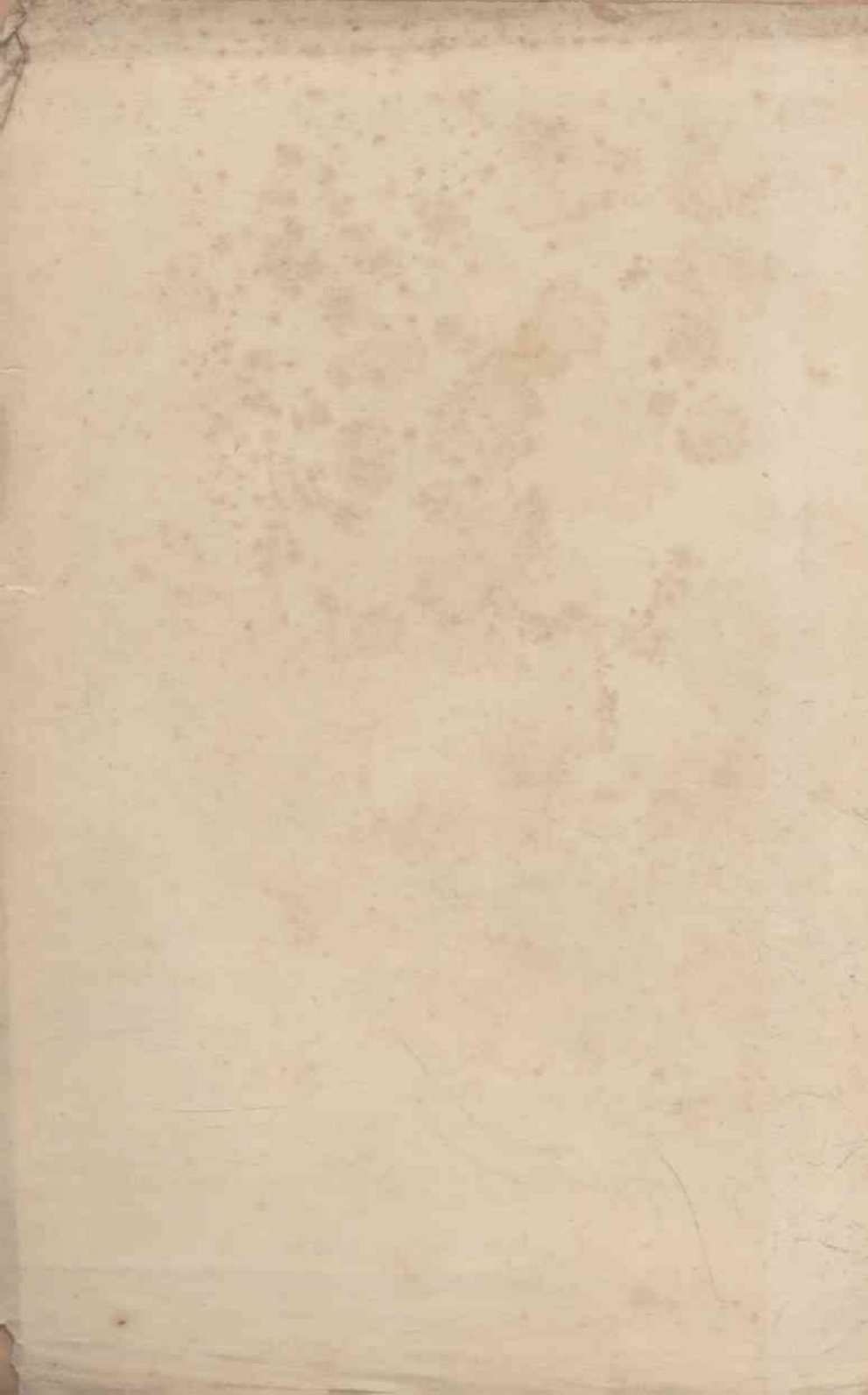
Aufgaben: 1. Weshalb ist die G-Saite der Geige mit Draht umspinnen? 2. Weshalb ist die D-Saite dicker als die A-Saite und diese dicker als die E-Saite? 3. Weshalb geben die Saiten der Bratsche einen tieferen Ton als die einer Geige? 4. Falls du Gelegenheit hast, das Innere eines Klaviers zu sehen, beobachte die Saiten! Gib an, weshalb einige Saiten lang, dick und umspinnen, andere lang und dick, aber nicht umspinnen, noch andere kurz und dünn sind! 5. Welchen Einfluß übt starke Wärmezunahme auf die Stimmung der Saiten-Instrumente aus? 6. Wie erzeugt man bei der Geige höhere Töne? 7. Wie wird eine verstimmte Geige gestimmt? 8. Welchen Einfluß hat es auf die Tonhöhe, wenn das Fell der Trommel straffer gespannt wird? 9. Wo in unserm Körper befindet sich eine schwingende Platte? 10. Bringe mit Hilfe einer Glasröhre einen Ton hervor, während du das untere Ende offen läßt! 11. Wiederhole den Versuch, verschließe aber die untere Öffnung mit dem Finger! Vergleiche den entstehenden Ton mit dem vorigen! 12. Stelle dir eine Weidenpfeife her und schiebe den Stimmstock immer weiter in die Pfeife hinein! Welchen Einfluß übt das auf die Höhe des Tones aus? 13. Wozu dienen die Grifflöcher und Klappen an den Blas-Instrumenten?



Peter Mühlenberg

General im Amerikanischen Unabhängigkeitskrieg 1775-1783

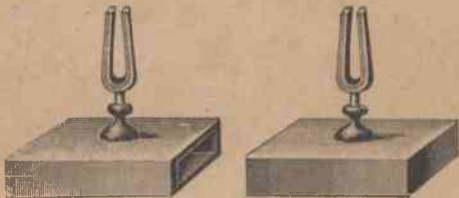
Als Pastor rief er, bereits in Uniform, in seiner letzten Predigt seine Gemeinde zum Kampfe für die Freiheit Amerikas auf



§ 60. Mittönen, Resonanz¹⁾.

1. Mittönen.

Versuche: 1. Man bringt zwei Violinen von genau gleicher Stimmung nahe aneinander. Man streicht eine Saite der einen Violine an. — Auch die entsprechende Saite der zweiten wird in Schwingung versetzt. — 2. Man bringt die angestrichene Saite durch Berührung mit dem Finger zur Ruhe. — Die zweite schwingt weiter. 3. Man bringt zwei gleichgestimmte Stimmgabeln (Abb. 106), die auf an einer Seite offenen Holzkästchen befestigt sind, einander gegenüber. Dann streicht man die eine Stimmgabel mit einem Violinbogen an. — Auch die andere wird in Schwingung versetzt. 4. Man beschwert die zweite Stimmgabel (etwa durch einen Gummiring). — Die Erscheinung tritt nicht ein. 5. Man singt in das geöffnete Klavier, dessen Dämpfer aufgehoben ist, einen Ton hinein. — Die Saite, die selbst diesen Ton gibt, tönt mit.



106.

Erklärung: Die von dem schwingenden Körper erzeugten Luftverdichtungen stoßen gegen den sich in Ruhe befindenden und bringen auch diesen in Bewegung, also zum Tönen. Diese Erscheinung nennt man Mittönen.

1. Gesetz: Treffen Schallwellen einen Körper, der beim Schwingen denselben Ton gibt wie der Schallerreger, so wird der getroffene Körper zum Mittönen veranlaßt.

2. Resonanz.

Versuche: 6. Der Ton einer Stimmgabel ist nur schwach. Man setzt die angeschlagene Stimmgabel mit dem Stiel auf den Tisch, den Deckel einer Geige oder auf eine Zigarrentište. — Der Ton wird verstärkt. 7. Eine herabhängende, durch ein Gewicht gespannte Saite, die man mit dem Finger anreißt, gibt einen schwachen Ton. Man spannt sie auf das Monochord oder auf die Geige. — Sie gibt jetzt einen viel stärkeren Ton.

Erklärung: Die Stärke eines Schalles ist von der Masse des Schallerregers abhängig. Die Masse der Stimmgabel bzw. der Saite bleibt die gleiche. Die Verstärkung des Schalles rührt daher, daß der Tisch, der Deckel der Geige, des Zigarrenkastens oder des Monochords mit in Schwingung versetzt werden. Da nun viel größere Massen schwingen, muß der Ton stärker werden. Diese Erscheinung nennt man Resonanz. Der Klang einer Geige wird durch Alter und vieles Spielen besser, weil die Holzfasern des Resonanzbodens durch das wiederholte Mitschwingen beweglicher geworden sind.

2. Gesetz: Ruht ein tönender Körper auf einer elastischen Platte, so wird diese zum Mitschwingen veranlaßt.

¹⁾ resonäre, zurückschallen, widertönen.

Aufgaben: 1. Wodurch unterscheiden sich Mittönen und Mitschwingen voneinander? (Berühre die tönende Stimmgabel oder Saite mit dem Finger und achte darauf, ob du den Ton dann noch hörst!) 2. Welche Musik-Instrumente besitzen einen Resonanzboden? 3. Weshalb darf der Resonanzboden keine Ritze besitzen? 4. Halt eine tönende Stimmgabel über die obere Öffnung eines Lampenzylinders, dessen unteres Ende langsam tiefer in ein Gefäß mit Wasser getaucht wird! Welche Erscheinung tritt ein? Erkläre sie!

§ 61. ~~X~~ Das menschliche Stimmorgan.

Das menschliche Stimmorgan besteht aus der Lunge, der Luftröhre und dem Kehlkopf. Dieser ist aus Knorpeln gebaut, deren größter der Schildknorpel ist. Im Innern ist der Kehlkopf mit Schleimhaut ausgekleidet. Sie besitzt zwei Falten, die als Stimmbänder bezeichnet werden. Zwischen ihnen ist ein Spalt, die Stimmritze. Gewöhnlich sind die Stimmbänder schlaff. Sie können aber durch besondere Muskeln mehr oder weniger gespannt werden. Streicht dann die Luft an ihnen vorbei, so werden ihre Ränder in Schwingung versetzt, und es entsteht ein Ton.

Das Stimmorgan des Menschen ist mit einer Zungenpfeife zu vergleichen. Dem Blasebalg entspricht die Lunge, dem Windrohr die Luftröhre und dem Fuße der Pfeife der Kehlkopf. Die Zunge der Pfeife wird durch die Stimmbänder dargestellt. Durch die Stimmbänder werden nur die Vokale gebildet. Die Konsonanten entstehen durch die Tätigkeit der Zunge, des Gaumens und der Lippen. Nur die tönenden Konsonanten werden durch Hilfe des Kehlkopfes gebildet.

Aufgaben: 1. Betaste beim Singen deinen Kehlkopf! Was spürst du? 2. Die Stimmbänder der Männer haben durchschnittlich eine Länge von 18 mm, die der Frauen eine solche von 12 mm. Welche Erscheinung erklärt sich daraus? 3. Was schließt du aus der Tatsache, daß Knaben vor dem Stimmwechsel eine hohe, nachher aber eine tiefe Stimmlage haben?

§ 62. ~~X~~ Phonograph¹⁾ und Grammophon.

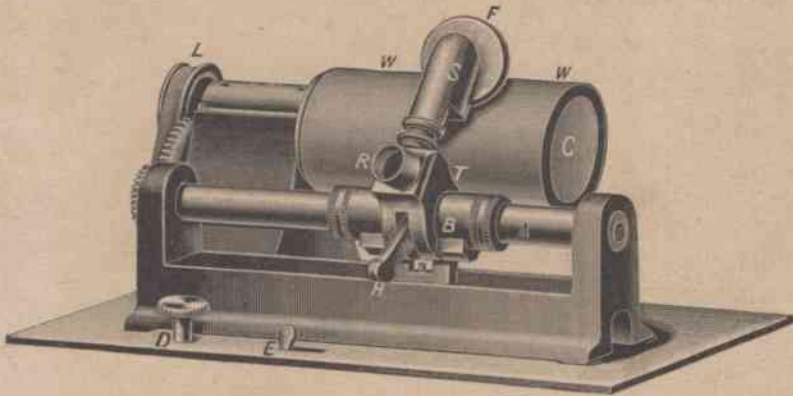
Erfahrung: Durch die Arbeit unserer Hände wird das Fell einer Trommel in Schwingung versetzt, also ein Schall erregt. Ebenso wird durch Streichen der Violinsaiten, Schlagen der Pauken, Blasen der Trompete Arbeit in Schall umgesetzt. Der Donner läßt die Fensterscheiben erzittern; ein starker Kanonendonner kann das Trommelfell im Ohre zerreißen. So wird also umgekehrt Schall in Arbeit umgewandelt. Beides geschieht bei einem Instrument, das 1877 von dem Amerikaner Edison erfunden wurde und Phonograph genannt wird.

~~X~~ Der Phonograph (Abb. 107 und 108).

1. **Einrichtung.** Der Phonograph besteht zunächst aus einer Hohlwalze W aus Wachs und Harz, die auf eine Eisenwalze C geschoben wird. Durch ein Uhrwerk wird die Walze in Umdrehung versetzt. Diese Bewegung wird durch Zahnräder auf das Rohr A übertragen, um das sich das Rohr B befindet. Durch eine besondere Vorrichtung kann B auch seitwärts bewegt werden. An ihm sind das Rohr R und die Sprech- oder Schreibdose F angebracht.

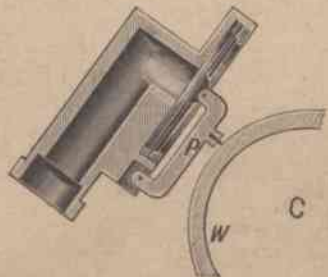
¹⁾ phoné, laut, Ton; grapho, ich schreibe; Tonschreiber.

Die Sprechdose F (Abb. 108) besitzt an ihrem Boden ein elastisches Plättchen. Mit ihm steht ein Messingbügel P in Verbindung, der einen abgerundeten Stift trägt. Dieser legt sich der Walze W an. Die ebenso eingerichtete Schreibdose besitzt an Stelle des Stiftes einen kleinen Meißel. Das Rohr R wird mit einem Schalltrichter versehen.



107.

2. **Wirkungsweise.** Nachdem das Uhrwerk in Bewegung gesetzt ist, spricht oder singt man in den Schalltrichter hinein. Durch die Schallwellen wird das Plättchen in Schwingung versetzt, und der Schreibstift drückt in die Hohlwalze W ein. Da diese sich langsam seitwärts bewegt und um ihre Achse dreht, so stellen die Eindrücke eine fortlaufende Linie dar. Um die Laute wieder hörbar zu machen, setzt man statt der Schreibdose die Sprechdose auf und bringt ihren Stift an den Anfang des Phonogramms. Setzt man nun das Uhrwerk in Bewegung, so gleitet der Stift auf der Schraubenlinie der Walze entlang. Dabei wird die Glasplatte in Schwingung versetzt. Die Schwingungen werden auf die Luft im Schalltrichter übertragen. Dreht sich das Uhrwerk genau so schnell wie bei der Aufnahme, so entstehen gleiche Schwingungszahlen, also auch Töne von gleicher Höhe. Der Griff D dient zur Regelung der Geschwindigkeit, der Griff E zum Ein- und Ausschalten des Uhrwerks.



108.

Da eine Wachsplatte sehr schnell abgenutzt wird, so vervielfältigt man sie in Hartgummi oder in Metall.

Das Grammophon.

Das Grammophon unterscheidet sich von dem Phonographen dadurch, daß der Stift sich nicht um eine Walze, sondern auf einer wagerechten Hartgummiplatte fortbewegt.

Walzen bzw. Platten lassen sich auswechseln, so daß Phonograph und Grammophon unzählige Musikstücke usw. wiedergeben können.

Durch Phonograph und Grammophon lassen sich nicht nur Musikstücke aufnehmen und wiedergeben. Man benutzt sie auch, um die Stimme berühmter Männer, die Sprache fremder Völker usw. hörbar wiederzugeben.

Aufgabe: 1. Was für Töne entstehen, wenn sich die Walze bei der Wiedergabe der Töne schneller dreht als bei ihrer Aufnahme? 2. Was für Töne entstehen, wenn sie sich langsamer dreht? 3. Welche Bedeutung haben Phonograph und Grammophon für den Unterricht in fremden Sprachen? 4. Weshalb sind häufig gebrauchte Walzen und Platten für diesen Zweck unbrauchbar?

IV. Vom Magnetismus.

§ 63. Die magnetischen Grundercheinungen.

1. **Beobachtungen:** Der bekannte Hufeisenmagnet zieht leichte Gegenstände aus Eisen an. Auf Schiffen benutzt man einen Kompaß, dessen wesentlichster Teil die Magnetnadel ist. Die Nadel zeigt stets nach Norden.

2. **Woran erkennt man einen Magnet?** *Nur Eisen*

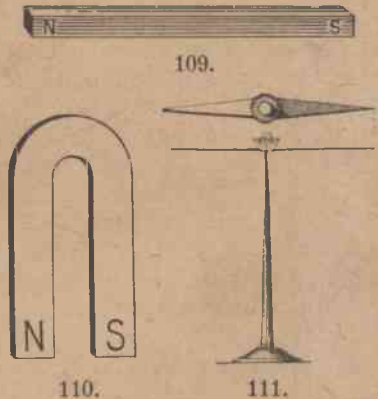
Versuch: 1. Man legt auf den Tisch ein Holzstäbchen, ein Kreidestück, ein Kupferstäbchen und ein Eisenstäbchen. Man nähert diesen Körpern einen Magnet. — Nur das Eisenstück wird angezogen.

Versuch: 2. Man streicht eine Stricknadel wiederholt mit einem Magnet. — Sie zieht nun eine Stahlfeder an.

Erklärung: Ein Magnet ist ein Körper, der Eisenteilchen anzieht und festhält. Die Kraft, die das Eisen anzieht, heißt Magnetismus.

3. Es gibt natürliche und künstliche Magnete.

Der natürliche Magnet besteht aus Magneteisenstein (Fe_3O_4). Er ist ein Erz. Solche Erze waren schon den Griechen bekannt. Sie sollen zuerst in der Nähe der Stadt Magnesia in Kleinasien gefunden worden sein und daher ihren Namen erhalten haben. Man findet sie auch an andern Orten, z. B. am Harz und in Schweden. Künstliche Magnete werden aus Stahl hergestellt. Ihrer Form nach unterscheidet man Stabmagnete, Hufeisenmagnete und Nadelmagnete (Magnetnadel) (Abb. 109–111).



4. **Versuch:** 3. Man legt eine Stahlfeder auf eine Papp- oder Glascheibe und bewegt unter ihr einen Hufeisenmagnet. — Die Stahlfeder folgt den Bewegungen des Magnets.

Ergebnis: Die magnetische Kraft wirkt durch andere Körper hindurch.

5. **Die beiden Pole.**

Versuch: 4. Man legt einen Stabmagnet in Eisenfeilspäne und hebt ihn hoch. — Sie haften in großer Zahl an den Enden; die Mitte zieht nichts an.

Ergebnis: An den Enden des Magnets ist seine Kraft am stärksten. Man nennt sie die Pole¹⁾. Der Punkt in der Mitte heißt der Indifferenzpunkt²⁾ (Abb. 112).

Versuche: 5. Man durchbohrt ein kleines Stück Kork mit einer magnetisch gemachten Stricknadel, so daß sich der Kork in der Mitte der Nadel befindet. Sodann zieht man ein Pferdehaar durch den Kork und hängt das Ganze frei auf. — Die Nadel dreht sich in die Nord-Südrichtung. 6. Man bringt sie aus ihrer Richtung. — Es kehrt stets derselbe Pol nach Norden, der andere nach Süden zurück.

Erklärung: Man nennt den nach Norden zeigenden Pol den Nordpol, den nach Süden zeigenden den Südpol des Magnets.

Aufgaben: 1. Unter einem Schraubstock liegen Feilspäne von Eisen und Messing. Wie kann man sie trennen? 2. Eine Nähnadel ist in eine Rille des Fußbodens gefallen. Wie kann man sie herausholen? 3. Befestige unter einem gläsernen Schwan, wie er als Spielzeug dient, mittels Siegellacks eine magnetisch gemachte Nadel und setze ihn auf das Wasser in einem eisernen Gefäße! Welche Erscheinung tritt ein? Erkläre!



112.

§ 64. Die gegenseitige Einwirkung zweier Magnete.

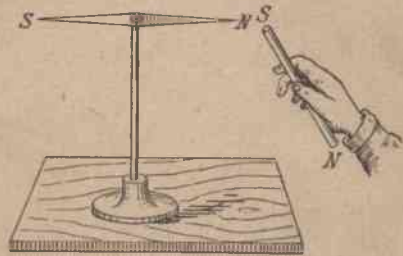
Versuche: 1. Man hängt eine Magnetenadel, deren Nordpol man durch eine Papiermarke bezeichnet hat, an einem Pferdehaar auf. Man nähert ihrem Nordpol einen andern Nordpol. — Er wird abgestoßen. 2. Man nähert ihm einen Südpol. — Er wird angezogen. 3. Man nähert ihrem Südpol einen Nordpol. — Er wird angezogen. 4. Man nähert ihm einen Südpol. — Er wird abgestoßen.

1. Gesetz: Gleichnamige Magnetpole stoßen einander ab; ungleichnamige Magnetpole ziehen einander an (Abb. 113).

Versuche: 5. Man hängt an den Nordpol eines Stabmagnets einen eisernen Nagel (am besten so, daß sie durch ein Stückchen Papier getrennt sind). Man schiebt jetzt den Südpol eines ebenso starken Stabmagnets vom Indifferenzpunkt aus langsam nach dem Nordpol zu. — Der Nagel fällt ab. 6. Man hängt einen Nagel von solchem Gewicht an den Nordpol, daß dieser ihn gerade zu tragen vermag. Man schiebt nun den Nordpol des andern Magnets in der ange deuteten Weise über den Magnet. — Er vermag einen noch schwereren Nagel zu tragen.

2. Gesetz: Ungleichnamige Magnetpole schwächen, gleichnamige verstärken einander in ihren Wirkungen.

Aufgaben: 1. Auf welche Weise läßt sich ermitteln, ob ein Stück Eisen unmagnetisch ist? 2. Wie kann man den Nordpol, wie den Südpol eines Magnets bestimmen? 3. Wie kann man prüfen, welcher von zwei Magneten der stärkere ist? 4. Wie muß man zwei Magnete aufeinanderlegen, damit sie beim Aufbewahren ihre Kraft nicht einbüßen? 5. Wie muß man zwei Magnete aufeinanderlegen, damit ihre Wirkung möglichst groß ist?



Magnetische Polwirkung

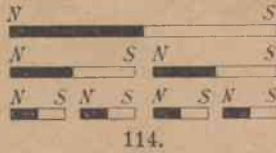
113.

¹⁾ polos, Drehpunkt. ²⁾ Indifferenz = Unterschiedslosigkeit, Unempfindlichkeit.

§ 65. Der innere Bau eines Magnets.

Versuche: 1. Man zerbricht eine magnetisierte Stricknadel in der Mitte. — Die eine Bruchstelle ist südpolar, die andere nordpolar. 2. Man zerbricht beide Teile in gleicher Weise. — Man hat jetzt vier Magnete erhalten (Abb. 114).

Das Zerbrechen der Stricknadel kann man sich fortgesetzt denken bis zu den Molekeln. So kommt man zu der Ansicht:



114.



115.

Ein Magnet besteht aus geordneten Molekularmagneten, die alle mit den Nordpolen nach derselben Richtung weisen (Abb. 115).

§ 66. Das Magnetisieren. Die magnetische Verteilung.

1. Magnetisieren durch Streichen.

Versuch: 1. Man setzt den Nordpol eines kräftigen Magnets auf die Mitte einer Stricknadel und streicht nach dem einen Ende. Dann führt man den Pol im Bogen durch die Luft nach der Mitte zurück, streicht wieder nach dem Ende und wiederholt dies Verfahren 20—30 mal. Darauf streicht man in gleicher Weise die zweite Hälfte der Nadel mit dem Südpol. — Die Stricknadel ist jetzt kräftig magnetisch geworden, und zwar erzeugt jeder Pol beim Streichen einen ungleichnamigen Pol.

Ergebnis: Durch Streichen mit einem Magnet kann man unmagnetisches Eisen magnetisch machen.

Man nimmt an, daß in einem unmagnetischen Eisen- oder Stahlstück bereits die Molekularmagnete vorhanden sind. Sie befinden sich aber in solch großer Unordnung, daß sie nach außen keine Wirkung zeigen (Abb. 116). Durch das Darüberstreichen mit dem Magnet werden sie aber geordnet (Abb. 115).

Ergebnis: Das Magnetisieren besteht in einem Ordnen der vorhandenen Molekularmagnete. Stahl behält den Magnetismus, weiches Eisen nicht.



116.

2. Magnetisieren durch Verteilung oder Influenz¹⁾.

Versuche: 1. Man nähert dem oberen Ende eines aus weichem Eisen bestehenden Nagels, der von einem Stativ gehalten wird, den Nordpol eines kräftigen Magnets. — Die Prüfung mit einer Magnetnadel zeigt, daß der Nagel magnetisch geworden ist. Das dem Magnet zugewandte Ende ist südpolar, das ihm abgewandte nordpolar. 2. Man entfernt den Magnet und prüft den Nagel mit der Magnetnadel. — Er ist unmagnetisch geworden. 3. Man wiederholt den ersten Versuch und bringt in die Nähe des unteren Endes des Nagels Eisenfeilspäne. — Sie werden angezogen. 4. Man entfernt den Magnet. — Sie fallen ab. 5. Den Versuch 2 wiederholt

¹⁾ Influenz = Einwirkung, Einfluß.

man mit einer Stahlnadel. — Sie zeigt sich kaum magnetisch. — 7. Man läßt den Magneten aber lange Zeit wirken. — Auch die Stahlnadel wird magnetisch. — 8. Der Magnet wird nun entfernt. — Die Nadel hat den Magnetismus behalten.

1. Gesetz: Ein Magnetpol ruft in einem benachbarten Stück Eisen beide Pole hervor. Das ihm zugewandte Ende wird ungleichnamig, das ihm abgewandte Ende gleichnamig magnetisch (Magnetische Verteilung).

2. Gesetz: Weiches Eisen wird bei der Annäherung des Magnets sofort, hartes Eisen (Stahl) erst allmählich magnetisch.

3. Gesetz: Weiches Eisen verliert den Magnetismus, sobald der Magnet entfernt wird, hartes behält ihn.

Aus dem dritten Gesetze folgt, daß man zur Herstellung von künstlichen Magneten nur hartes Eisen gebrauchen kann.



117.

3. Der Anker.

Wenn man einen Magnet möglichst kräftig erhalten will, legt man ein Stück weiches Eisen, den Anker, an seine Pole. In ihm werden die Molekularmagnete ausgerichtet und die Molekularmagnete im Magnet in ihrer geordneten Lage festgehalten (Abb. 117).

4. Entmagnetisieren.

Versuch: 9. Man erhitzt eine magnetische Strichnadel bis zum Glühen! — Sie wird unmagnetisch. Dasselbe geschieht durch Hämmern.

Ergebnis: Durch Glühen und starkes Erschüttern (Hämmern) verliert ein Magnet seine magnetische Kraft vollkommen.

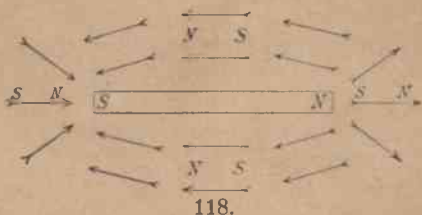
Aufgaben: 1. Hänge an einen starken Magnet einen Nagel und bestimme dessen Pole! Erkläre! 2. Hänge einen weichen Eisendraht an einen Magnet, entferne ihn und untersuche, ob er magnetisch ist! 3. Laß eine Strichnadel längere Zeit an dem Magnet hängen, entferne sie und untersuche, ob sie magnetisch ist! 4. Glühe die magnetisch gemachte Strichnadel und untersuche, ob sie noch magnetisch ist! 5. Hämmere eine magnetisch gemachte Strichnadel und untersuche, ob sie noch magnetisch ist!

§ 67. Die magnetischen Kraftlinien.

1. Das magnetische Feld.

Versuche: 1. Man befestigt einen Stabmagnet in horizontaler Lage und führt eine frei bewegliche, möglichst kurze Magnetnadel um ihn herum. — Es ergeben sich die aus Abb. 118 ersichtlichen Stellungen der Nadel. 2. Man wiederholt den Versuch mehrmals und läßt dabei den Abstand der Nadel von dem Magnetstab immer mehr wachsen. — Sie nimmt bald die Stellungen in Abb. 118 nicht mehr an, sondern verbleibt wie gewöhnlich in der Richtung Nord-Süd.

Daraus folgt, daß der Wirkungsbereich des Magnetstabes beschränkt ist.



118.

Erklärung: Man nennt den Raum, innerhalb dessen ein Magnet seine Wirkung auf einen andern oder auf Eisenteilchen ausübt, sein magnetisches Feld.

2. Die magnetischen Kraftlinien.

Versuch: 3. Man legt auf den Tisch einen Stabmagnet und darauf eine dünne Papptafel. Man bestreut diese mit Hilfe eines Siebes mit Eisenfeilspänen und klopft leicht mit einem Bleistift gegen die Tafel. — Die Eisenspäne ordnen sich in schön gebogenen Linien. Diese Linien nennt man magnetische Kraftlinien (Abb. 119).



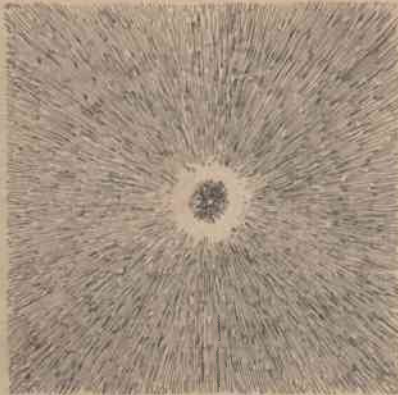
119.

Die Eisenfeilspänchen werden im Feld durch Influenz gleichsam in kleine Magnete verwandelt und ordnen sich so, daß sich ein Nordpol immer an den Südpol des andern anhängt, so daß sie sich zu zusammenhängenden Linien aneinander lagern.

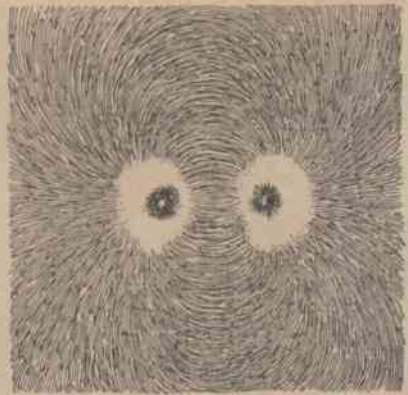
Ergebnis: Die Kraftlinien sind in sich vollständig geschlossene Bahnen, die außerhalb des Magnets vom Nordpol zum Südpol, innerhalb des Magnets vom Südpol zum Nordpol verlaufen.

3. Herstellung von Kraftlinienbildern.

Die Kraftlinienbilder kann man auf lichtempfindlichem Eisenblaupapier leicht herstellen. Desgleichen mit Hilfe von photographischem Papier, auf dem man die Kraftlinien herstellt wie auf der Papptafel (Versuch 3). Nach kurzer Belichtung in der Sonne und nachfolgender Fixierung hat man eine Photographie der Kraftlinien.



120.

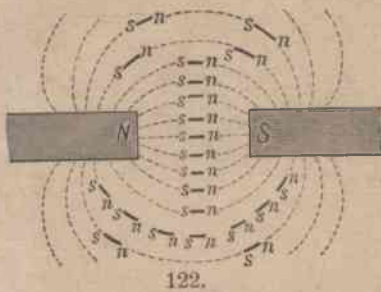


121.

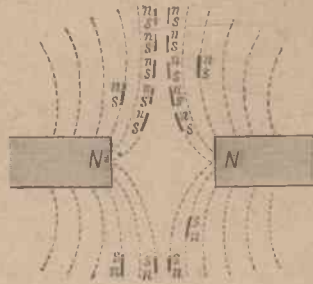
Abb. 120 zeigt die Kraftlinien, die von einem einzelnen Pol ausgehen. Ist derselbe ein Nordpol, so kehren alle Späne ihm ihr Südende zu, ihr Nordende von ihm ab, und sich aneinander hängend, bilden sie die vom Pol nach allen Seiten gleichmäßig ausgehenden Strahlen. Abb. 121

zeigt die Kraftlinien zwischen den Polen eines Hufeisenmagnets. — Sie treten aus dem Nordpol aus und in den Südpol ein (Abb. 122). Abb. 123 gibt ein Bild der Kraftlinien zwischen zwei gleichnamigen Polen. — Sie suchen einander auszuweichen.

Aufgabe: Stelle die Kraftlinienbilder selbst her!



122.



123.

§ 68. Erdmagnetismus. Kompaß.

1. Die Erde ist ein Magnet.

Ein frei beweglich aufgehängter Magnet (Magnetnadel) stellt sich überall auf der Erde ungefähr in die Nord-Südrichtung.

Diese Eigenschaft kann nur dadurch erklärt werden, daß man annimmt, die Erde selbst sei ein großer Magnet, dessen Südpol im Norden und dessen Nordpol im Süden liegt. Daher hat auch die Erde ein magnetisches Feld, und in die Kraftlinien dieses Feldes stellt sich die Magnetnadel ein.

Versuche: 1. Man nähert dem unteren Ende einer senkrecht stehenden Fensterstange eine Magnetnadel. — Der Südpol wird angezogen, der Nordpol abgestoßen. 2. Man führt die Magnetnadel an der Stange aufwärts bis zu ihrer Mitte. — Die Magnetnadel bildet einen rechten Winkel mit ihr. 3. Man führt die Nadel nach dem oberen Ende. — Der Nordpol wird angezogen, der Südpol abgestoßen. 4. Den gleichen Versuch führt man mit gleichem Ergebnis an senkrechten Gasrohren, den Stäben der eisernen Gitter usw. aus.

Erklärung: Da die Stangen unten den Südpol, oben den Nordpol der Nadel anziehen, so müssen sie selbst Magnete sein, die unten ihren Nordpol, oben ihren Südpol haben. Bevor die Stangen in ihre jetzige Richtung gebracht wurden, waren sie unmagnetisch. Sie können daher nur durch die Einwirkung der Erde magnetisch geworden sein.

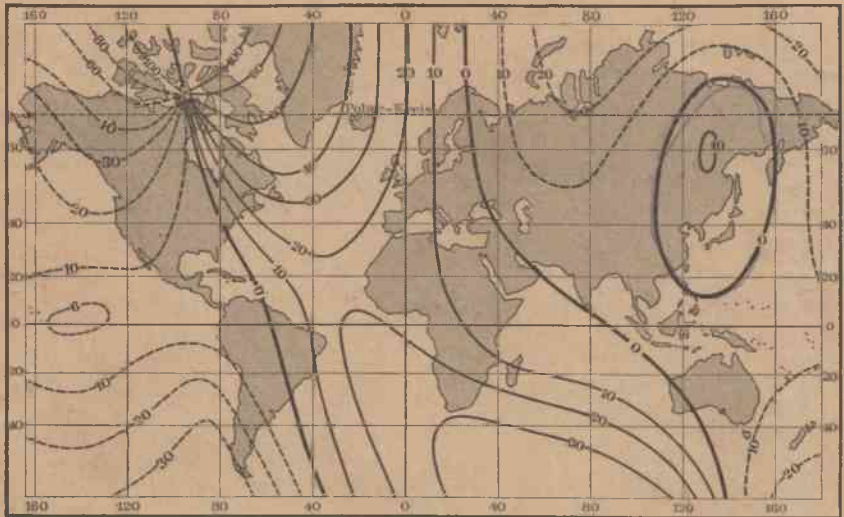
Den nördlichen Magnetpol, also den magnetischen Südpol, fand 1831 Kapitän Ross auf der Halbinsel Boothia Felix. Den südlichen Magnetpol hat im Jahre 1908 der Engländer Shackleton südlich von Neuholland erreicht.

2. Die Deklination¹⁾.

Versuch: 5. Man steckt, um die Nord-Südrichtung zu finden, am Mittag einen Stab senkrecht in die Erde und merkt sich die Richtung des Schattens.

¹⁾ declinare, ablenken.

Man stellt nun eine in wagerechter Ebene frei drehbare Magnetnadel in die gefundene Richtung (Abb. 111). — Man sieht, daß sie nicht genau von Norden nach Süden zeigt, sondern daß ihr Nordpol etwas nach Westen abweicht.



124.

Erklärung: Da die Magnetnadel genau nach dem nördlichen Magnetpol der Erde zeigt, so kann dieser nicht mit dem geographischen Nordpol zusammenfallen. Die Abweichung einer Magnetnadel von der Nord-Südrichtung heißt die magnetische Abweichung oder Deklination; die Nadel selbst wird Deklinationnadel genannt. Die Deklination ist nicht überall auf der Erde gleich. Berlin hat etwa 9° westliche Deklination. Wenn man auf einer Landkarte die Orte mit gleicher Deklination verbindet, so erhält man Linien, die man Isogonen¹⁾ nennt. Abb. 124 stellt die Isogonen zwischen dem 80. Grad nördl. und dem 60. Grad südlicher Breite dar. Orte auf den ausgezogenen Linien haben westliche, auf den gestrichelten östliche Deklination.

2. Die Inklination²⁾.

Versuche: 6. Eine in einer lotrechten Ebene (um ihre wagerechte Achse) drehbare Magnetnadel wird gut gegläht, also unmagnetisch gemacht. — Sie liegt wagerecht. 7. Man macht sie nun wieder magnetisch. — Ihr Nordpol neigt sich abwärts.

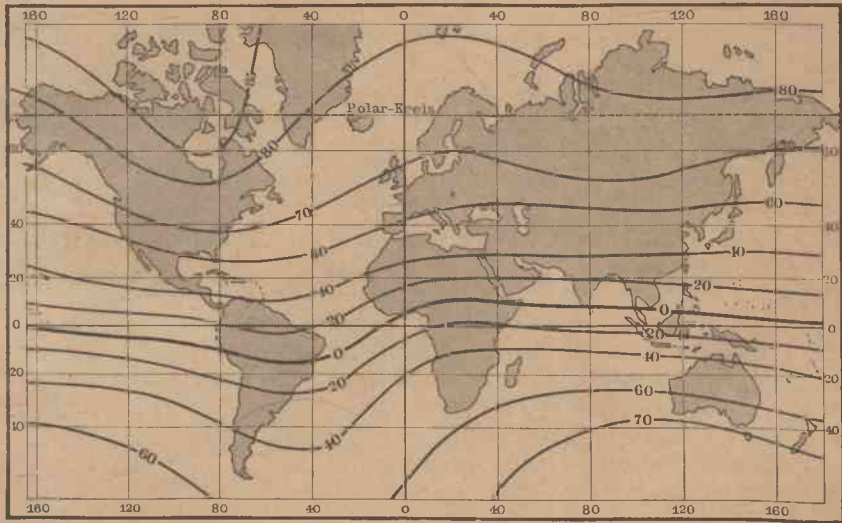
Die Abweichung einer Magnetnadel, die sich um ihre wagerechte Achse drehen kann, von der Horizontalen nennt man die magnetische Neigung oder Inklination, die Nadel eine Inklinationnadel (Abb. 125). Die



125.

¹⁾ isos, gleich; gōnia, Winkel. ²⁾ inclinäre, neigen.

Inklination beträgt für Berlin etwa 66° . An den magnetischen Polen stellt sich die Inklinationsnadel senkrecht. Linien, die Orte mit gleicher Inklination verbinden, heißen Isoklinien¹⁾. Sie sind in Abb. 126 dargestellt.



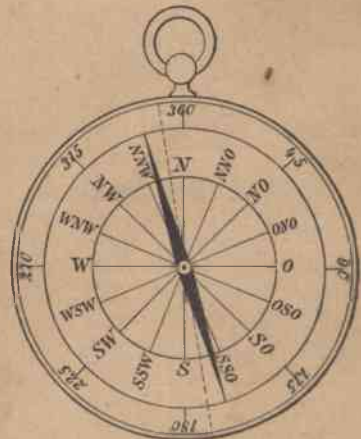
126.

Die Isoklinie für 0° heißt magnetischer Äquator. Er weicht von dem geographischen Äquator nach beiden Seiten beträchtlich ab.

4. Der Kompaß.

Eine Deklinationsnadel wird, mit einer Windrose verbunden, zur Bestimmung der Himmelsgegenenden benutzt. Dann nennt man sie Kompaß (Abb. 127). Will man die Nord-Südrichtung finden, so dreht man die Windrose so, daß der Nordpol der Nadel mit der Nord-Südlinie einen Winkel gleich der Deklination des Ortes (in Berlin also von etwa 9° nach Westen) bildet.

Aufgaben: 1. Weshalb ist der Name „Nordpol“ für den nach Norden zeigenden Teil der Magnetnadel eigentlich nicht richtig? 2. Weshalb darf das Gehäuse des Kompasses kein Eisen enthalten? 3. Zeichne eine Windrose! 4. Welche Stellung nimmt die Deklinationsnadel in Hamburg, Newyork, Peking, Alexandria ein? 5. Wo steht die Inklinationsnadel wagerecht? 6. Weshalb muß der Schiffer die Deklination beachten?



127.

¹⁾ klínein (griechisch), neigen.

V. Von der Reibungselektrizität.

§ 69. Elektrische Grunderscheinungen.

Erfahrung: Wenn man einen trockenen, warmen Kamm aus Hartgummi mehrere Male durch das Haar streicht, so wird dieses von ihm angezogen.

Versuche: 1. Man reibt einen Glasstab mit einem seidenen Lappen oder mit einem Stück Leder, das mit Amalgam (Legierung von Quecksilber, Zinn und Zink) bestrichen ist, und hält ihn über Papierschnitzel, kleine Korkstückchen oder Holundermarkkugeln. — Sämtliche Körperchen werden angezogen und gleich darauf wieder abgestoßen. 2. Dieselben Versuche wiederholt man mit einer Stange aus Hartgummi, Siegellack oder Schwefel, die mit einem Fell gerieben werden. — Die Körperchen werden ebenfalls angezogen und abgestoßen. 3. Ein geriebener Metallstab übt auf die leicht beweglichen Körperchen keine Wirkung aus. 4. Man nähert im Dunkeln einer elektrisch gemachten Glas- oder Hartgummistange den Fingerringel. — Es springt ein kleiner Funke über; gleichzeitig hört man ein leises Knistern. 5. Mit Hilfe einer Elektrifiziermaschine erzeugt man stärkere Elektrizität. — Man verspürt einen eigentümlichen Geruch.

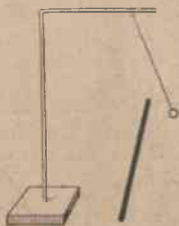
Ergebnis: Manche Körper erhalten, nachdem sie gerieben sind, die Fähigkeit, leichte Körper anzuziehen. Die Fähigkeit entdeckte man zuerst am Bernstein. Weil der Bernstein bei den alten Griechen Elektron hieß, nannte man die Ursache der Anziehung Elektrizität und Körper, die diese Anziehungskraft besaßen, elektrische Körper. Da man Körper auch noch auf andere Weise elektrisch machen kann, nennt man die durch Reibung erzeugte Elektrizität Reibungselektrizität. Elektrische Körper sprühen gegen einen Fingerringel knisternde Funken aus, die einen stechenden Schmerz verursachen, und rufen, wenn sie stark elektrisch sind, einen eigentümlichen Geruch hervor.

Aufgaben: 1. Woher kommt es, daß man ein Knistern hört, wenn man mit einem Hartgummikamm durchs trockene Haar fährt? 2. Unterscheide einen magnetischen und einen elektrischen Körper in ihren Wirkungen! 3. Fülle eine Bierflasche zur Hälfte mit Sand, verkorke sie, biege einen etwa 25 cm langen Draht um, so daß der eine Schenkel etwa 5 cm mißt, und stecke diesen in den Kork! An den langen Schenkel hänge mittels Seidenfäden leichte Körper auf! Darauf reibe einen Hartgummifederhalter mit einem Wollappen und bringe ihn in die Nähe der Körperchen! Was beobachtest du?

§ 70. Die Erzeugung von Elektrizität durch Berührung.

Versuche: 1. Man nähert einer an einem Seidenfaden aufgehängten Sonnenblumenmarkkugel (einem elektrischen Pendel) eine geriebene Glas- oder Hartgummistange (Abb. 128). — Sie wird angezogen und bald danach abgestoßen. 2. Man nähert gleich darauf dem ersten Pendel ein zweites. — Es wird angezogen und dann abgestoßen.

Erklärung: Da die unberührte Kugel angezogen, die berührte aber abgestoßen wird, so muß mit dieser eine



Veränderung vor sich gegangen sein. Welcher Art sie ist, lehrt der zweite Versuch. Da das zweite elektrische Pendel angezogen wird, so muß das erste elektrisch sein. Die Elektrizität kann es nur durch Berührung mit der elektrischen Glas- oder Hartgummistange erhalten haben.

Gesetz: Wenn ein unelektrischer Körper einen elektrischen berührt, so wird er auch elektrisch.

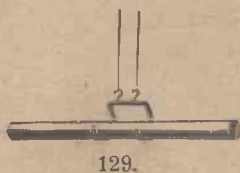
§ 71. Positive und negative Elektrizität.

Beobachtung: An Akkumulatoren und Elementen findet man meistens die Zeichen + und —.

Versuche: 1. Man nähert einem an einem Seidenfaden aufgehängten Sonnenblumenmarkfögelchen eine geriebene Hartgummistange. — Es wird angezogen und bald danach fortwährend abgestoßen.

2. Man nähert diesem Pendel eine geriebene Glasstange. — Das Markfögelchen wird lebhaft angezogen.

3. Man hängt einen elektrisch gemachten Hartgummistab an einem Seidenfaden in wagerechter Lage leicht drehbar auf und nähert ihm einen zweiten geriebenen Hartgummistab (Abb. 129). — Er wird abgestoßen. 4. Von einem geriebenen Glasstab wird er angezogen.



129.

Erklärung: Glas und Hartgummi zeigen demnach einen verschiedenen elektrischen Zustand.

Daher unterscheidet man zwei Arten der Elektrizität:

Die Elektrizität, die in der geriebenen Glasstange erregt ist, nennt man Glaselektrizität oder positive Elektrizität (+ E).

Die Elektrizität, die in der geriebenen Hartgummistange erregt ist, nennt man Harzelektrizität oder negative Elektrizität (— E).

Aus den Versuchen 1 bis 4 ergibt sich das

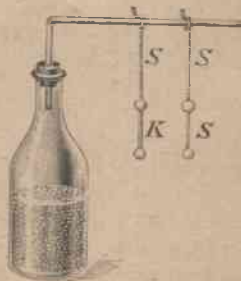
Gesetz: Gleichnamige Elektrizitäten stoßen einander ab, ungleichnamige ziehen einander an.

Aufgaben: 1. Woher kommt es, daß die Papierstückchen von einer Glas- oder Hartgummistange zuerst angezogen und dann abgestoßen werden? 2. Was zeigt sich, wenn zwei nebeneinander aufgehängte elektrische Pendel mit einer geriebenen Glas- oder Hartgummistange berührt werden? 3. Wiederhole die Versuche 1 und 2 mit dem elektrischen Pendel!

§ 72. Leiter und Nichtleiter.

Beobachtungen: 1. Telegraphen- und Telephondrähte sind auf Porzellanlöden befestigt. 2. Die Drähte der Klingelleitung sind mit Seide umspinnen. 3. Die Druckknöpfe der elektrischen Klingel sind aus Porzellan oder Hartgummi.

Versuch: 1. Man verbindet zwei Markfögelchen durch einen feinen Kupfer- oder Eisendraht von etwa 6 cm Länge und hängt sie an einem Seidenfaden auf (Abb. 130). Zwei andere Kugeln verbindet man durch einen ebenso langen Seidenfaden und



130.

hängt auch sie an einem Seidenfaden auf. Darauf teilt man den unteren Kugeln durch Berührung mit einer geriebenen Hartgummistange Elektrizität mit und bringt ein elektrisches Pendel in die Nähe der oberen Kugeln. — Von dem am Drahte befestigten wird es angezogen, vom andern nicht.

Erklärung: Da das Pendel angezogen wird, muß das Kugeln elektrisch sein. Die Elektrizität kann ihm nur vom unteren Kugeln aus durch den Draht zugeleitet sein. Daß das zweite obere Kugeln unelektrisch ist, kann nur daran liegen, daß die Seide die Elektrizität nicht leitet.

Körper, durch welche die Elektrizität schnell fortgeleitet wird, nennt man **Leiter** der Elektrizität.

Leiter sind: Alle Metalle, Kohle, der menschliche und tierische Körper, Leinen, Baumwolle, feuchte Luft, die Erde.

Körper, durch welche die Elektrizität nicht fortgeleitet wird, heißen **Nichtleiter oder Isolatoren**¹⁾.

Nichtleiter sind: Glas, Hartgummi, Siegellack, Porzellan, Harz, Seide, Paraffin, Öl, trockene Luft.

Versuche: 2. Einer Messingstange mit abgerundeten Enden, die auf einem Glas- oder Hartgummifuß ruht, teilt man durch Berührung einer Stelle Elektrizität mit und bringt ein elektrisches Pendel in die Nähe. — Es wird von allen Stellen der Stange angezogen. 3. Nachdem man der Messingstange Elektrizität mitgeteilt hat, berührt man sie an einer Stelle mit dem Finger. Man bringt ein elektrisches Pendel in die Nähe. — Sie zeigt sich unelektrisch. 4. Einer Hartgummistange teilt man durch Berührung Elektrizität mit. — Sie zeigt sich nur an der berührten Stelle elektrisch. (Weise es mit dem elektrischen Pendel nach!) 5. Eine durch Reiben elektrisch gemachte Hartgummistange berührt man an verschiedenen Stellen mit dem Finger. — Sie verliert die Elektrizität nur an den berührten Stellen (Nachweis durch das Pendel).

Gesetz: Gute Leiter empfangen und verlieren ihre ganze Elektrizität an jeder Stelle. Schlechte Leiter empfangen und verlieren sie nur an der berührten Stelle.

Zur Fortleitung der Elektrizität verwendet man darum möglichst gute Leiter, besonders Metalle. Damit ein Körper seine Elektrizität behält, muß man ihn mit Nichtleitern umgeben, man muß ihn isolieren.

Aufgabe: 1. Weshalb muß die Luft im Zimmer trocken sein, wenn elektrische Versuche gelingen sollen? 2. Weshalb gelingen elektrische Versuche am besten am Anfang der Stunde? 3. Weshalb sind die Füße und Griffe elektrischer Apparate meistens aus Glas?

§ 73. Das Elektroskop²⁾.]

Zum Nachweis vorhandener Elektrizität dient das **Elektroskop** (Abb. 131). Es besteht aus einer weiten Flasche, durch deren Kork ein isolierter Draht führt, an dem sich oben eine Metallkugel befindet. Am unteren Ende des Drahtes sind zwei Streifen Stanniol oder Goldschaum befestigt.

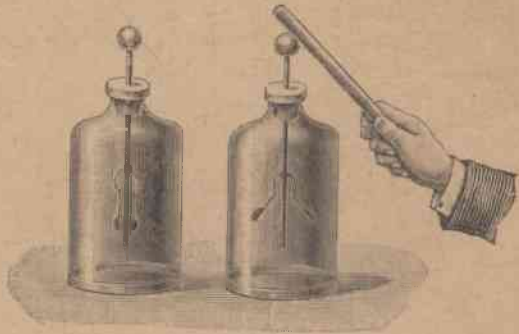
¹⁾ isolare, absondern, vereinzeln.

²⁾ skopëin, sehen.

Versuche: 1. Man berührt die Kugel des Elektroskops mit einem schwach elektrischen Glasstab. — Die Blättchen gehen auseinander. Erkläre! 2. Man berührt die Kugel mit einem zweiten elektrischen Glasstab. — Die Blättchen gehen noch weiter auseinander. Erkläre! 3. Man berührt jetzt die Kugel des geladenen Elektroskops mit einem elektrischen Hartgummistab. — Die Blättchen fallen wieder zusammen. Erkläre!

Ergebnis: Das Elektroskop dient dazu, die Körper auf ihren elektrischen Zustand zu prüfen.

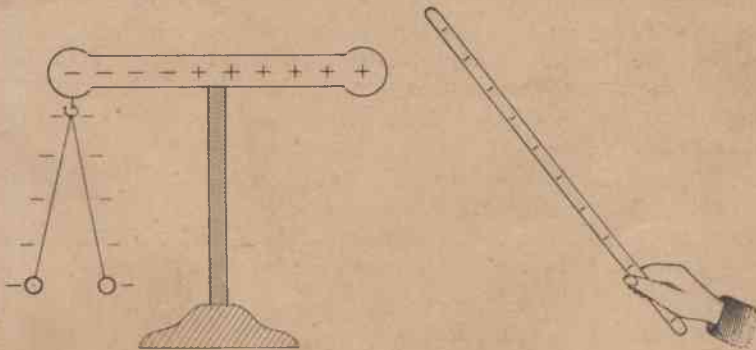
Aufgaben: 1. Durchbohre den Kork einer Arzneiflasche etwa $\frac{1}{2}$ cm weit, steck eine Stricknadel bis etwa auf $\frac{1}{2}$ ihrer Länge hindurch und fülle den Raum zwischen ihr und dem Kork durch geschmolzenen Siegellack aus! Das obere Ende der Stricknadel befestige mittels Bleis in einer Bleifuge und binde an das untere Ende zwei Blättchen Goldschaum! Endlich steck den Kork in die Flasche! 2. Reibe eine Siegellackstange, einen Hartgummifederhalter oder eine Glasstange und prüfe an deinem Elektroskop, ob sie elektrisch geworden sind! 3. Teile deinem Elektroskop + E mit und berühre dann die Kugel a) mit einer geriebenen Glasstange, b) mit dem geriebenen Hartgummifederhalter! Welche Erscheinungen treten ein? Erkläre!



131.

§ 74. Die elektrische Verteilung oder Influenz¹⁾.

Versuche: 1. Auf einer Hartgummistange (warum?) ruht ein Messingzylinder mit abgerundeten Enden (Abb. 132). An dem einen Ende hängen an Kupferdrähten zwei Markkugeln. Man bringt in die Nähe des andern



132.

Endes eine geriebene Hartgummistange. — Die Kugeln gehen auseinander. 2. Man entfernt die Stange. — Die Kugeln gehen wieder zusammen.

Erklärung: Da die Kugeln auseinandergehen, müssen sie mit gleicher Elektrizität geladen sein. Weil aber die Hartgummistange die Messingstange

¹⁾ Influenz, Einwirkung, Einfluß; von influere, hineinfließen.

nicht berührt hat, kann die Elektrizität nicht auf diese übergegangen sein. Sie muß also schon vorher darin gewesen sein. Man nimmt an, daß jeder unelektrische Körper beide Arten der Elektrizität besitzt. Durch die $-E$ der Hartgummistange wird die $+E$ der Metallstange und der Kügelchen angezogen, die $-E$ in die Kügelchen abgestoßen. Da letztere nun gleiche Elektrizität besitzen, stoßen sie einander ab. Sie sind elektrisch geworden durch Verteilung.

Versuch: 3. Man berührt, solange die Hartgummistange in der Nähe ist, die Messingstange mit dem Finger, entfernt den Finger und dann die Hartgummistange. — Die Kügelchen stoßen einander ab. Man prüft sie mit dem elektrischen Pendel. Es zeigt sich, daß sie positiv elektrisch sind.

Erklärung: Die abgestoßene $-E$ geht durch den Finger in die Erde, so daß nur $+E$ in der Messingstange bleibt. Entfernt man erst den Finger und dann die Hartgummistange, so verbreitet sich die $+E$ über den ganzen Apparat, und die Kügelchen stoßen einander ab, weil sie gleiche Elektrizität enthalten.

1. Gesetz: Nähert man einem guten Leiter einen elektrischen Körper, so findet in ihm eine Verteilung der Elektrizitäten statt. Die ungleichnamige Elektrizität wird angezogen, die gleichnamige abgestoßen.

Aufgaben: 1. Dem in Abb. 132 dargestellten Apparat wird eine geriebene Glasstange genähert. Gib an, wie die Elektrizitäten verteilt werden! 2. Vergleiche einen unelektrischen und einen unmagnetischen Körper, die magnetische und die elektrische Verteilung miteinander! 3. Wie macht man einen Leiter durch Verteilung dauernd elektrisch? 4. Erkläre die Anziehung und die darauf folgende Abstoßung eines zuerst unelektrischen Körpers durch die Influenzwirkung! 5. Ein Elektroskop kann durch Influenz geladen werden. Man nähert einen positiv elektrischen Körper und berührt den Knopf einen Augenblick mit dem Finger. Was für Ladung hat das Elektroskop nachher?

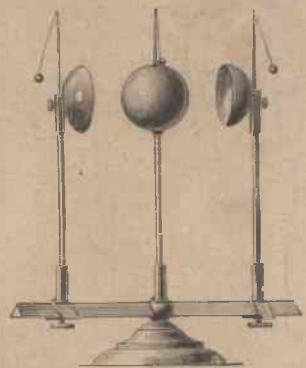
§ 75. Die elektrische Ladung (Spannung, Kapazität).

Versuch: 1. Die isolierte Metallkugel in Abb. 133 wird geladen. Man schiebt die beiden hohlen Halbkugeln dagegen und entfernt sie wieder. — Die elektrischen Pendel zeigen an, daß die Elektrizität von der Kugel auf die Halbkugel übergegangen ist.

Erklärung: Da gleichnamige Elektrizitäten einander abstoßen, so entfernen sie sich möglichst weit voneinander. Das ist aber geschehen, wenn sie die Oberfläche erreicht haben.

1. Gesetz: Die elektrische Ladung eines Leiters befindet sich auf seiner Oberfläche.

Am regelmäßigsten ist die Elektrizität auf einer Kugeloberfläche verteilt. Bei einem eiförmigen Körper häuft sie sich an den beiden Enden; hier ist ihre Dichte daher am größten. Wie Versuch 1 zeigt, hat die Elektrizität das Bestreben, sich von der Oberfläche zu entfernen. Dieses Bestreben der Elektrizität, sich zu entfernen, nennt man ihre Spannung.



133.

Die Spannung ist abhängig von der Elektrizitätsmenge. Dieselbe Elektrizitätsmenge erzeugt auf einer kleinen isolierten Metallkugel eine größere Spannung als auf einer größeren. Die größere Spannung zeigt sich durch einen größeren Ausschlag des elektrischen Pendels. Versuch! Wenn die größere Kugel denselben Ausschlag zeigen soll, so muß man ihr eine größere Elektrizitätsmenge zuführen. Versuch! Eine Metallkugel kann zwar beliebige Elektrizitätsmengen aufnehmen; aber die entstehende Spannung ist davon abhängig, ob die Kugel groß oder klein ist. Man spricht daher von dem Fassungsvermögen oder der Kapazität eines isolierten Leiters.

Versuch: 2. Man verbindet den Konduktor einer Elektrifiziermaschine durch eine Kette mit einer isolierten Metallspitze und hält vor diese eine Kerzenflamme. Man erregt Elektrizität. — Die Flamme wird seitwärts bewegt.

Erklärung: Der Spannung wirkt der Widerstand der Luft entgegen. Da die Elektrizität möglichst weit abgestoßen wird, so gebt sie sich nach dem fernsten Teile, eben nach der Spitze. Hier strömt sie aus und erregt einen Luftstrom.

2. Gesetz: Die Elektrizität strömt aus Spitzen aus.

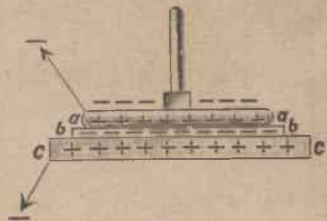
Aufgaben: 1. Weshalb haben die Enden der Apparate, mit denen man Elektrizität entwickelt, abgerundete Ecken? 2. Weshalb sind die Metallteile elektrischer Apparate gewöhnlich hohl? 3. Woher kommt es, daß man auf dem Konduktor einer Elektrifiziermaschine keine Elektrizität ansammeln kann, wenn sich eine Nadel auf ihm befindet? 4. Woher kommt es, daß leichter ein Funke überspringt, wenn man der geriebenen Glas- oder Hartgummistange den Fingerringel, als wenn man ihr die flache Hand nähert?

§ 76. Der Elektrophor.

Der Elektrophor¹⁾ oder Elektrizitätsträger (Abb. 134) hat den Zweck, größere Mengen von Elektrizität zu erregen. Er besteht 1. aus einer kreisrunden Platte aus Metall oder Holz *c*, der Form, 2. aus einer Hartgummiplatte *b*, die in der Form liegt, und 3. aus einer kreisrunden, etwas kleineren Metallplatte, dem Deckel *a*, an dem sich ein isolierender Griff befindet.

Versuche: 1. Man peitscht die Platte mit einem Fuchschwanz oder reibt sie mit einem Wollappen. — Sie wird negativ elektrisch. (Prüfe durch ein elektrisches Pendel!) 2. Man setzt den Deckel auf die Platte und hebt ihn wieder ab. — Er ist unelektrisch. 3. Man setzt den Deckel auf die Platte, berührt ihn mit dem Finger, entfernt diesen und hebt den Deckel ab. — Er ist elektrisch. Eine Prüfung mit einem +elektrischen Pendel ergibt, daß er positiv elektrisch ist. 4. Man setzt den Deckel wieder auf die Platte, berührt ihn mit dem Finger, hebt den Deckel ab und entfernt den Finger. — Der Deckel ist unelektrisch. 5. Man wiederholt Versuch 3 und nähert dem Deckel den Fingerringel. — Es springt ein Funke über.

Erklärung: Durch das Peitschen wird die Platte negativ elektrisch. Die positive Elektrizität geht in den unteren Teil der Form. Setzt man den Deckel auf die Platte, so wird seine Elektrizität verteilt; die +E wird angezogen, die -E abgestoßen. Hebt man den Deckel, so vereinigen sich beide



134.

¹⁾ phorós, tragend.

Elektrizitäten wieder, und der Deckel wird unelektrisch. Berührt man aber den Deckel mit dem Finger, so wird die $-E$ durch ihn in den Körper abgeleitet, und der Deckel bleibt mit $+E$ geladen. Warum ist der Deckel im Versuch 4 unelektrisch?

Der elektrische Funke. Aus dem abgehobenen, mit $+E$ geladenen Deckel kann man durch Annäherung des Fingers Funken ziehen. Ein elektrischer Funke entsteht bei der Vereinigung ungleichnamiger Elektrizitäten durch einen Nichtleiter hindurch.

Aufgabe: Woher kommt die $-E$ des Fingers?

§ 77. Die Kondensatoren.

Die Kondensatoren (Verdichter) dienen zur Ansammlung größerer Elektrizitätsmengen.

1. Der bekannteste Kondensator ist die **Verstärkungsflasche** (Abb. 135), auch Kleistsche oder Leidener Flasche genannt, weil sie fast gleichzeitig von dem Domherrn v. Kleist und von Cunäus in Leiden erfunden wurde.

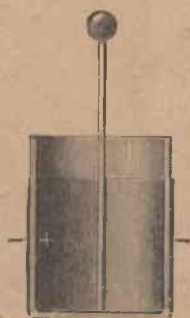
Sie besteht aus einem zylindrischen Glasgefäß, das bis zu etwa $\frac{2}{3}$ seiner Höhe innen und außen mit Stanniol beklebt ist. Der obere Rand ist gefirnisset. Mit dem inneren Belag steht ein Draht, der oben eine Metallkugel trägt, in leitender Verbindung.

Versuche: 1. Man stellt die Flasche auf eine Glasscheibe und läßt zur Kugel die Funken einer Elektrifiziermaschine überspringen, während man gleichzeitig dem äußeren Belag einen Fingerring nähert. — Es springen Funken zum Knöchel über. 2. Man faßt die Flasche so, daß die Hand den äußeren Belag berührt, und nähert ihre Kugel dem Konduktor einer Elektrifiziermaschine oder dem Deckel des Elektrophors. — Es springen Funken über; die Flasche wird geladen.

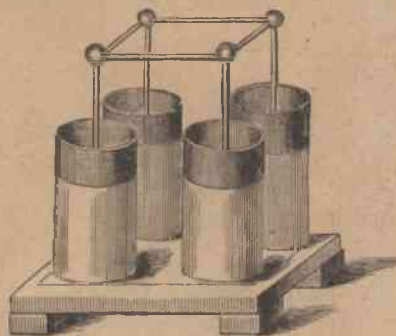
3. Man berührt mit der einen Hand den äußeren Belag und mit der anderen den Knopf der geladenen Flasche. — Man empfindet einen heftigen elektrischen Schlag. 4. Um die Flasche zu entladen, benutzt man den **Entlader**. Er besteht aus einem gebogenen Metalldraht, der an seinen Enden Metallkugeln und in seiner Mitte einen isolierenden Griff aus Glas oder Hartgummi besitzt. Man legt die eine Kugel gegen den äußeren Belag und bringt die andere in die Nähe des Knopfes. — Es springt ein kräftiger Funke über. 5. Man hält

zwischen die Kugel und den Knopf ein Kartenblatt. — Es wird durchschlagen.

Erklärung: Die $+E$, mit der man den inneren Belag ladet, wirkt vertheilend auf die Elektrizität des äußeren Belags; die $+E$ wird durch unseren



135.



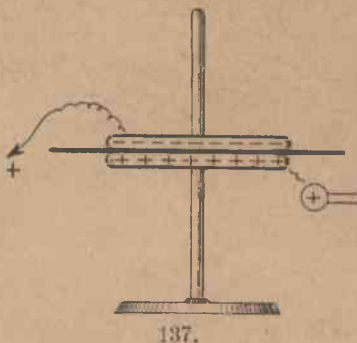
136.

Körper abgeleitet, die $-E$ gebunden. Wird der Flasche neue $+E$ mitgeteilt, so findet immerfort neue Verteilung statt, bis die Flasche den höchsten Grad der Ladung besitzt (bis sie ihre Sättigung erreicht hat). Berührt man gleichzeitig den äußeren Belag und den Knopf, so vereinigen sich die entgegengesetzten Elektrizitäten durch den Körper. Im Versuch 4 findet der Ausgleich durch den Entlader statt.

Vereinigt man mehrere Verstärkungsflaschen in der Weise, daß man ihre äußeren Beläge unter sich und ebenso ihre inneren Beläge leitend miteinander verbindet, so erhält man eine **elektrische Batterie** (Abb. 136); durch eine solche können sehr kräftige Wirkungen erzielt werden.

2. Der Plattenkondensator (Abb. 137).

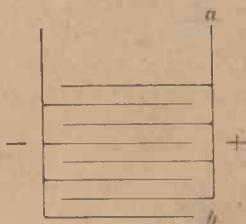
Er besteht aus einer isolierten Metallplatte, auf der eine Glas- oder Hartgummiplatte liegt, welche die Metallplatte auf allen Seiten überragt. Auf der Glas- oder Hartgummiplatte befindet sich eine zweite Metallplatte mit isolierendem Griff. Während man die untere Platte mit dem Elektrophor oder der Elektrifiziermaschine ladet, berührt man die obere ableitend (man erdet sie).



137.

Auf diese Weise lassen sich beträchtliche Mengen von entgegengesetzten E auf den Platten ansammeln. Mit Hilfe des Entladers erhält man auch hier einen glänzenden, von einem Knalle begleiteten Funken. Wenn man beide Platten gleichzeitig mit den Fingern berührt, erhält man wieder einen elektrischen Schlag.

3. Der Drehkondensator (Abb. 138). Er findet Verwendung beim Radioempfänger und ist so eingerichtet, daß man durch Drehen um die Achse a b die Wirkung vergrößern oder vermindern kann.



138.

Aufgabe: Stelle dir aus einem Arzneiglas, das bis zu $\frac{2}{3}$ seiner Höhe mit Eisenfeilspänen gefüllt ist, einer Stridnadel, einer Bleifugel, Stanniol, einem Kork und Siegellack eine Verstärkungsflasche her! Wie mußt du verfahren? Wie kannst du dir einen Entlader herstellen?

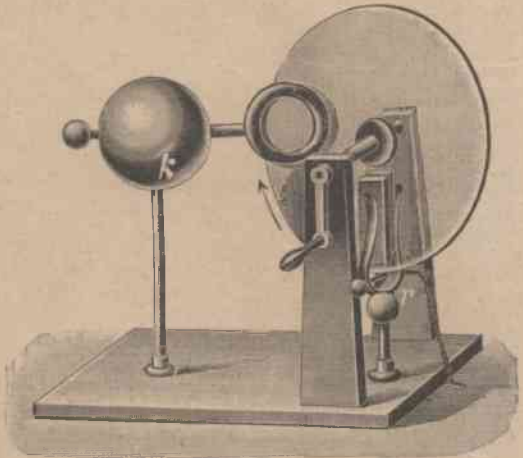
§ 78. Die Reibungselektrifiziermaschine.

A. **Einrichtung.** Die Reibungselektrifiziermaschine (Abb. 139) wurde 1672 von Otto v. Guericke, Bürgermeister von Magdeburg, erfunden und dient zur Hervorbringung größerer Elektrizitätsmengen. Ihre Teile sind 1. der geriebene Körper, 2. das Reibzeug mit dem Reibzeugkonduktor, 3. der Sammelfondaktor mit den Saugringen.

1. Der geriebene Körper ist gewöhnlich eine kreisförmige Glasscheibe, die sich mit Hilfe einer Kurbel um ihre aus Glas oder Hartgummi bestehende Achse drehen läßt. 2. Das Reibzeug besteht aus zwei mit Amalgam bestrichenen Lederkissen, die auf Holzplatten befestigt sind und durch Metallfedern fest gegen die Scheibe gepreßt werden. Mit ihnen ist der isolierte Reibzeugkonduktor r leitend verbunden. 3. Die Glasscheibe

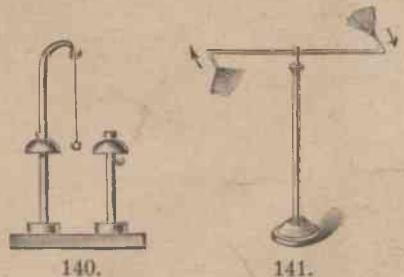
bewegt sich bei ihrer Drehung zwischen zwei Holzringen, die an ihrer der Scheibe zugewandten Seite eine Rinne besitzen. In dieser befindet sich ein Metallring, der zahlreiche der Scheibe zugewandte Metallspitzen trägt. Die Saugringe stehen in leitender Verbindung mit einer isolierten Metallkugel, dem Konduktor *k*; er trägt oft noch eine kleinere Kugel.

B. Wirkungsweise. Wenn die Scheibe gedreht wird, so wird die Elektrizität verteilt. Die $+E$ sammelt sich auf der Glasscheibe, die $-E$ auf dem Reibzeug und dem Reibzeugkonduktor. (Prüfe mit einem elektrischen Pendel!) Durch die $+E$ der Scheibe wird die Elektrizität der Ringe und des Sammelfonduktors verteilt; die $-E$ wird angezogen, strömt aus den Spitzen aus und vereinigt sich mit der $+E$ der Scheibe, während die $+E$ abgestoßen wird und sich auf dem Sammelfonduktor ansammelt. Da der Reibzeugkonduktor nur eine bestimmte Menge Elektrizität fassen kann, so leitet man sie durch eine Kette zur Erde ab. Unterließe man das, so würden sich die auf der Scheibe getrennten Elektrizitäten sofort wieder vereinigen.



139.

C. Beobachtungen und Versuche. a) Mechanische Wirkungen. 1. Man verbindet den Konduktor *k* durch eine Kette mit dem isolierten Deckel des Elektrophors und hält ihn über einige auf dem Tische liegende Markkügelchen. — Sie bewegen sich auf und ab (Kugeltanz). 2. Man verbindet die Kette mit dem Haken an der isolierten Glocke (Abb. 140). Ihr gegenüber steht eine andere, die mit der Erde leitend verbunden ist. Zwischen beiden hängt an einem Faden eine Metallkugel. — Die Kugel pendelt hin und her. (Elektrisches Glockenspiel.) 3. Man verbindet den Konduktor durch eine Kette mit dem isolierten Flugrad (Abb. 141). — Es dreht sich. 4. An dem oberen Ende eines isolierten, senkrechten Drahtes sind schmale Papierstreifen befestigt. Man verbindet den Draht durch die Kette mit dem Konduktor. — Die Streifen gehen schirmförmig auseinander. 5. Ein auf einem Isolierschemel stehender Mensch legt die Hand auf den Konduktor. — Sein Haar sträubt sich, und man kann ihm aus Nase, Ohr usw. Funken ziehen.



140.

141.

b) Wärmewirkungen. 1. An der Spitze eines Drahtes befestigt man Watte, die mit Aether getränkt ist, und nähert sie dem Konduktor. — Der

überspringende Funke entzündet sie. 2. Eine verforkte Röhre, die mit einem Gemisch von Leuchtgas und Luft gefüllt ist, besitzt an einer Seite einen bis in das Innere reichenden Draht, der außen eine Kugel trägt. Man nähert diese dem Konduktor. — Das Gasgemenge wird zur Explosion gebracht. (Elektrische Pistole.)

c) Lichtwirkungen. (Im verdunkelten Zimmer zu beobachten!) 1. Man bringt den Fingerknöchel in die Nähe des Konduktors. — Es springt ein leuchtender Funke über. 2. Man hält den Finger in größerer Entfernung. — Es springt kein Funke über; es zeigt sich ein baumartig verzweigtes Licht. 3. Man setzt auf den +Konduktor ein starkes, abgerundetes Drahtstück und hält in angemessener Entfernung die innere Handfläche darüber. — Die Elektrizität strömt zischend aus, und man sieht ein violettes Lichtbüschel (Büschellicht). Man wiederholt den Versuch am negativen Konduktor. — Man erblickt einen leuchtenden Punkt (Glimmlicht). 4. Eine Glasröhre ist in der Form von Spirallinien mit kleinen viereckigen Stücken Stanniol beklebt, so daß sich zwischen ihnen kleine Zwischenräume befinden. Man bringt die Röhre in die Nähe des Konduktors. — Es springen zwischen den Stanniolblättchen zahlreiche Funken über (Blitzröhre). 5. Man bringt mit verdünnten Gasen gefüllte Glasröhren (Geißlersche Röhren) in die Nähe des Konduktors. — Es strahlt vom einen Pol zum andern ein breites Strahlenbüschel aus. (Je dünner die Luft ist, um so geringeren Widerstand setzt sie dem Durchgang der Elektrizität entgegen.)

d) Chemische Wirkungen. In der Nähe der Elektrifiziermaschine nimmt man einen eigentümlichen Geruch wahr („es riecht nach Phosphor“). Der Sauerstoff wird durch den elektrischen Funken verändert; der riechende Sauerstoff heißt Ozon.

e) Wirkungen auf Nerven und Muskeln. Starke elektrische Funken rufen einen stechenden Schmerz und Muskelzucken hervor.

Aufgaben: 1. Erkläre jeden der oben angegebenen Versuche! 2. Weshalb gelingen die Versuche nur dann, wenn die Luft trocken ist? 3. Weshalb gelingen sie nicht, wenn man die Elektrifiziermaschine aus dem kalten Lehrmittelzimmer in das Unterrichtszimmer bringt? 4. Weshalb gelingen sie am besten, wenn die Elektrifiziermaschine vorher angewärmt ist? 5. Von dem Reibzeug gehen meist 2 Stücke Seidentast ab, welche die Glascheibe bis zu den Saugringen hin einschließen. Welchen Zweck haben sie?

§ 80. Atmosphärische Elektrizität.

Das Gewitter.

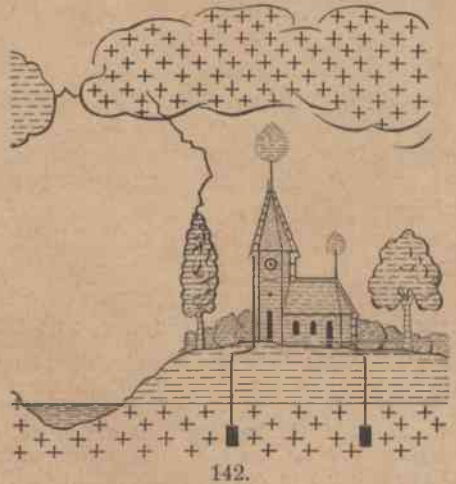
1. **Erfahrung:** Gewitter finden meist im Sommer, sehr selten im Winter statt. Gewöhnlich geht einem Gewitter im Sommer große Wärme und Windstille voran. An irgendeiner Stelle des Horizonts steigt eine Wolke auf, die schnell an Größe zunimmt. Nach kurzer Zeit ist der Himmel mit dunklen Wolken bedeckt. Ein plötzlich auftretender Wind fährt über die Erde dahin; der Donner rollt in der Ferne. Die ersten Regentropfen fallen klatschend auf die Erde. Die Blitze folgen einander immer schneller. Der Donner tritt nach immer kürzerer Zeit auf. Zuletzt nehmen wir Blitz und Donner fast gleichzeitig wahr. Der Regen fällt in Strömen. Mitunter schlägt der Blitz ein, vorzugsweise in hohe Gegenstände. Endlich wird die Zeit, die zwischen dem Auftreten von Blitz und Donner liegt, länger. Das

Gewitter ist vorübergezogen, und nur ein fernes Grollen und das Aufleuchten der Wolken geben Kunde von ihm.

2. **Die elektrische Natur des Gewitters.** Daß das Gewitter eine elektrische Naturerscheinung ist, hatte man zwar lange vermutet; aber erst Benjamin Franklin bewies es. Er ließ (1752) bei Annäherung eines Gewitters einen seidenen Drachen steigen, der eine kleine Metallspitze trug. An seiner Schnur hatte er einen Schlüssel befestigt, den er mittels einer seidenen Schnur festhielt. Als die Schnur durch den Regen leitend geworden war, konnte er dem Schlüssel Funken entziehen. Damit war die elektrische Natur des Gewitters nachgewiesen.

3. **Die Ursache der atmosphärischen Elektrizität.** Die Luft ist zu jeder Zeit elektrisch, wie man durch eine 3—4 m lange, mit einer Spitze versehene Eisenstange zeigen kann, die isoliert auf freiem Feld aufgestellt und mit einem Elektroskop verbunden ist. Ebenso sind auch die Wasserteilchen elektrisch, die bei warmem Wetter infolge der Verdunstung aufsteigen. Bei der Abkühlung in den oberen Luftschichten entstehen Wassertropfen, deren Oberfläche viel kleiner ist als die Summe der Oberflächen der sie bildenden Wasserteilchen. Daher wird die Spannung der Elektrizität sehr groß.

4. **Der Blitz.** Die meist positiv geladene Gewitterwolke wirkt verteilend auf die Elektrizität anderer Wolken und der Erde ein; die entgegengesetzte Elektrizität wird angezogen und steigt in die höchsten Gegenstände (Häuser, Bäume, Mastspitzen u. dgl.) (Abb. 142). Wird die Spannung groß genug, so findet ein Ausgleich durch die Luft statt. Meist gehen die Blitze von Wolke zu Wolke. Treffen sie die Erde, so rufen sie oft verheerende Wirkung hervor. Metalle werden geschmolzen, schlechte Leiter zertrümmert oder entzündet, Menschen und Tiere getötet oder gelähmt. Man unterscheidet drei Arten der Blitze. Die Linienblitze lassen sich in der Form mit der eines Flußnetzes vergleichen. Sie erreichen zuweilen eine Länge von mehr als 10 km. Flächenblitze bestehen in einem kurzen Ausleuchten der Gewitterwolken. Selten sind die Kugelblitze.



5. **Der Donner** entsteht durch die starke Lufterschütterung. Er tritt gleichzeitig mit dem Blitz auf. Wegen des großen Unterschiedes zwischen den Geschwindigkeiten des Schalls und des Lichts nimmt man ihn erst später wahr. Aus der Zeit zwischen dem Blitz und dem Beginn des Donners kann man ungefähr die Entfernung des Gewitters berechnen. Jeder Sekunde entspricht eine Entfernung von 340 m (weshalb?)

6. Das **Wetterleuchten** wird verursacht durch den Widerschein sehr weit entfernter Blitze in den Wolken.

7. Der **Blihableiter**, eine Erfindung Franklins, besteht aus der Auffanggestange, die mit einer Spitze versehen ist, und aus der Ableitung. Diese ist ein Drahtseil, das isoliert am Gebäude herunter ins feuchte Erdreich geleitet ist. Im Boden ist es entweder mit einer Kupferplatte verbunden oder aufgeflochten. Die Wirkung des Blihableiters ist eine doppelte. 1. Er läßt die aus der Erde angezogene Elektrizität ausströmen (Spitzenwirkung), so daß die entgegengesetzten Elektrizitäten sich ausgleichen. 2. Im Falle des Einschlagens leitet er den Blitz in den Boden.

8. **Vorsichtsmaßregeln:** Stelle dich während eines Gewitters nie unter hohe Gegenstände! — Unterhalte während des Gewitters kein Feuer; denn Rauch ist ein guter Leiter! — Halte dich nicht in der Nähe des Ofens, der eisernen Röhren, der Hängelampe auf! — Weshalb nicht?

Aufgaben: 1. Woher kommt es, daß die Gefahr während eines Gewitters auf einem Schiffe größer ist als auf dem Lande? 2. Woher kommt es, daß man bei einzeln stehenden Häusern gern sehr hoch werdende Bäume anpflanzt? 3. Weshalb ist es vorteilhaft, sich platt auf die Erde zu legen, wenn man auf der Wiese von einem Gewitter überrascht wird? 4. Ein Blihableiter schützt das Gebäude nur in einem Umkreise, dessen Halbmesser gleich der Höhe der Auffanggestange ist. Wieviel Auffanggestangen von je 4 m Länge müssen auf einem Gebäude von a) 13, b) 20, c) 25 m Länge angebracht werden? 5. Woher kommt es, daß der Blitz in Städten mit ausgebreitetem Telephonnetz selten einschlägt?



143. Blitzphotographie. (Aus Hann. Lehrbuch der Meteorologie.)

Namen- und Sachregister.

	Seite		Seite	Seite
Adhäsion	10	Dampfrohr	74	Fortpflanzung des
Aggregatzustände	9	Dämpfe, Eigenschaften	72	Drucks in Flüssigkei-
Anderungen des Aggre-		der		ten
gatzustandes	66	Deklination	101	Franklin
Aneroidbarometer	50	Destillation	71	Fulton
Anhangskraft	10	Diffusion	11	
Anker	99	Donner	114	Gefäßbarometer
Aquator, magnetischer	103	Drehkondensator	111	Gefrierpunkt
Arago	87	Drosselkappe	76	Geißler'sche Röhren
Artesischer Brunnen	36	Druck der äußeren atmo-		Geräusch
Atmen	51	sphärischen Luft	47	Geschwindigkeit
Atmosphärendruck	49	Druckpumpe	54	— des Schalles
Atmosphärische Elektri-		Echo	88	Gewicht
zität	113	Eigenschaften der		—, absolutes
atmosphärische Nieder-		Dämpfe	72	—, der Luft
schläge, Bedeutung		— der Luft	42	—, spezifisches
der	81	Einwirkung zweier Ma-		Gewichtseinheit
Aufdruck	39	gnete	97	Gewichtsverlust in Flüssig-
Ausdehnbarkeit	6	Elektrische Ladung	108	keiten
— der Luft	42	Elektrifiermaschine	111	Gewitter
Ausdehnung	5	Elektrizität, atmosphäri-		Glaslektrizität
— der Körper	58	sche	113	Glatteis
Barometer	49	—, negative	105	Gleichgewicht
Batterie, elektrische	110	—, positive	105	Gleichgewichtslagen
Bau eines Magnets	98	Elektrophor	109	Gleichgewicht und Be-
Bedeutung der atmo-		Elektroskop	106	wegung fester Kör-
sphärischen Nieder-		Entlader	110	per
schläge	81	Entstehung des Schalles	85	— — flüssiger Kör-
Beharrungsvermögen	16	Erdmagnetismus	101	per
Bewegung	15	Erstarren	67	— — luftförmiger
Blasbalg	52	Erstarrungspunkt	68	Körper
— =rohr	46	Erzentrische Scheibe	76	Glimmlicht
Bluesflange	76	Fahrenheit	60	Glockenspiel, elektrisches
Blich	114	Federwage	14	112
— =ableiter	115	Feld, magnetisches	99	Goldene Regel der Me-
— =röhre	113	Feste Körper	9	chanik
Braten	69	Feuchtigkeitgehalt der		Göpel
Brunnen	36	Luft	82	Gramm
Büschellicht	113	Feuerspritze	54	Grammophon
Celsius	60	Flugrad	112	Graupeln
Cunäus	110	Flüssige Körper	9	Grundeigenschaften der
Dampffessel	74	Fortleitung des		Flüssigkeiten
— =maschine	73	Schalles	86	— der Körper
				5
				Grundercheinungen,
				elektrische
				104
				— magnetische
				96
				Guericke, Otto v.
				44

	Seite		Seite		Seite
Haarröhrchenanziehung	11	Leidener Flasche . . .	110	Porosität	6
Hagel	80	Leiter der Elektrizität	105	Psychrometer	77
Handspriße	51	Leitung der Wärme . .	56	Pumpen	53. 54
Harzelektrizität	105	Libelle	13	Quecksilberbarometer . .	49
Häpfel	33	Lot	12	Quellen	36
Hebel	23	Luftförmige Körper . . .	9	Rauhreif	79
Heber	52	— =pumpe	44	Reaumur	60
— =barometer	50	— =säulen, tönende . . .	92	Regen	79
Heizröhren	74	— =strömungen	63	— =höhe	80
Heronsball	46	Magdeburger Halbfuß-		— =messer	80
Hindernisse der Bewe-		geln	45	Reibung	18
gung	17	Magneteisenstein	96	Reibungselektrifizier-	
Hoch, barometrisches . .	82	Magnetisches Feld	99	maschine	111
Höhdrußmaschinen . . .	77	Magnetisieren	98	— =elektrizität	104
Höhenbestimmung	50	Magnetismus	96	Reif	78
Hörrohr	89	Magnetnadel	96	Resonanz	93
Hufeisenmagnet	96	Manometer	74	Rezipient	44
Humboldt	87	Masse	5	Rolle	27. 28
Hygrometer	77	Massenteilchen	8	Ruhe	15
Hingroßkopische Körper	77	Maßeinheit	5	Saiten, tönende	92
		Maximum, barometri-		Saiten-Instrumente	92
Indifferenzpunkt	97	sches	82	Sättigung, elektrische . .	111
Inflination	102	— =thermometer	60	Saugen	51
Isobaren	82	Mechanik	5	Saugheber	52
Isoonen	102	Messen des Luftdrucks . .	48	— =pumpe	53
Isoklinen	103	Meter	5	Schalentkrenz	82
Isolatoren	106	Minimum, barometri-		Schall	85
		sches	82	— =wellen	86
Kalorie	67	— =thermometer	60	Schieberkästen	75
Kanalwage	36	Mittlere Temperatur . . .	61	— =stange	76
Kapazität	108	Mittönen	93	Schmelzen	66
Kapillarität	11	Molekeln, Moleküle	8	Schmelzpunkt	60. 67
Kartesianischer Taucher	40	Molekularmagnete	98	— =wärme	67
Kleistsche Flasche	110	Monsune	65	Schnee	80
Knall	91	Motor	75	Schweben	39
— =büchse	46	Muschelschieber	75	Schwere	12
Kochen	69	Musik-Instrumente	92	Schwerkraft	13
Kochkiste	69	Nachhall	88	— =linie	19
— =punkt	60	Nadelmagnet	96	— =punkt	19
Kohäsion	9	Nebel	79	Schwimmen	39
Kommunikationsrohr . . .	89	Nichtleiter der Elektrizität		Schwungrad	76
Kompaß	101. 103	— =tät	105	Seewind	65
Kompressionspumpe	44	Niederdruckmaschinen . .	77	Sehwage	12
Kondensation	70	Niederschläge, Bedeu-		Sicherheitsventil	74
Kondensator	76. 110	tung der atmosphäri-		Sieden	68
Konduktor	112	schsen	81	Siedepunkt	60. 69
Kraft	24	Nivellierwage	36	Sinken	39
— =arm	24	Osmose	11	Sirene	91
— =linien, magnetische . .	99	Papinischer Kochtopf . . .	69	Six	60
— =punkt	24	— =Versuch	73	Spannkraft	43
Krämerwage	14	Passatwinde	65	— =der Luft	42. 45
Kugeltanz	112	Phonograph	94	Spannung, elektrische . .	108
Kurbel	76	Pistole, elektrische	113	Spezifisches Gewicht . . .	40
		Plattenkondensator	111	Sprachrohr	89
Landregen	80	Platten, tönende	92	Springbrunnen	36
Landwind	65	Pole, magnetische	97	Sprühflasche	47
Last	24			Stabmagnet	96
— =arm	24				
— =punkt	24				

	Seite		Seite		Seite
Standfestigkeit	21	Verdichtung der Luft	43	Wasserströmungen	63
Stärke des Schalles	90	Verdichtungspumpe	44	Watt, James	77
Stechheber	52	Verdünnung der Luft	43	Wellrad	31
Stephenson	77	Verdunsten	72	Wesen der Wärme	84
Stimmorgan, menschliches	94	Verhalten des Wassers bei zu- und abnehmender Wärme	62	Wetter	77
Strahlung der Wärme	57	Verstärkung des Schalles	89	— =glas	51
Streich-Instrumente	92	Verstärkungsflasche	110	— =karten	81
Strichregen	80	Verteilung, elektrische	107	— =leuchten	114
Tau	78	—, magnetische	98	— =regeln	84
Taucherglocke	46	Vorhandensein der Luft	42	Widerhall	88
Taupunkt	77	Wage	14	Widerstand des Mittels	18
Teilbarkeit	8	Wahrnehmung des Schalles	86	Wind, Land- und See-	65
Thermometer	59	Wärmeeinheit	67	Winde	33
Tief, barometrisches	82	—, Erregung der — =leitung	55	Windsfahne	82
Ton	91	— =quellen	55	— =rose	103
Toricelli	48	— =strahlung	57	Wirkungen der Wärme — des Luftdrucks	51
Trägheit	16	—, Verbreitung der Warmwasserheizung	63	— verdichteter Luft	46
Trinken	51	Wasserdampf in der Atmosphäre	77	Wirtschaftswage	14
Ubergewicht	19	— =leitung	35	Wolken	79
Undurchdringlichkeit	5	Wasserstandsglas	36	Zentrifugalregulator	76
Unterstützungsfläche — =punkt	21 20	— =standsrohr	74	Zurückwerfung des Schalles	88
Verbindungsrohr	89			Zusammendrückbarkeit	6
Verbundene Gefäße	35			Zusammengesetzter Schall	90
Verdichten des Dampfes	70			Zusammenhangskraft	9
				Zustandsformen der Körper	9

Lorenzen - Clasen - Fitschen
Naturkunde für Mittelschulen

Neubearbeitet von

H. Clasen	J. Fitschen	D. Struck
Konrektor in Riel 2. Mädchen-Mittelschule	Rektor in Peine Wallschule	Mittelschullehrer in Riel 2. Knaben-Mittelschule

Köln In zwei Abteilungen

Erste Abteilung: Naturgeschichte

Tierkunde - Pflanzkunde - Mineralogie

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Heft: Lehrstoff für Klasse VI | 4. Heft: Lehrstoff für Klasse III |
| 2. Heft: Lehrstoff für Klasse V | 5. Heft: Lehrstoff für Klasse II |
| 3. Heft: Lehrstoff für Klasse IV | 6. Heft: Lehrstoff für Klasse I |

Ergänzungsheft: Kleine Schulflora

Zweite Abteilung: Naturlehre

Physik - Chemie

1. Heft: Physik. Klasse IV und III
2. Heft: Physik. Klasse II und I
3. Heft: Chemie. Klasse III-I. In 2 Ausgaben
Ausgabe A: Für Knaben-Mittelschulen
Ausgabe B: Für Mädchen-Mittelschulen

Köln
Köln

