

**NATURLEHRE**  
**IN**  
**BILDERN**

Sq 5

W

40



Die

# Naturlehre in Bildern.

**Gemeinfaßliche Darstellungen aus dem Gebiete  
der Naturlehre,**

enthaltend:

eine Beschreibung der allgemeinen Eigenschaften der Körper, die Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung fester, flüssiger und luftförmiger Körper, die Lehre vom Lichte, vom Schall, von der Electricität und Magnetismus, sodann einige Darstellungen aus dem Gebiete der Chemie.

---

Mit mehr als zweihundert und fünfzig Bildern und erläuterndem Text.

---

**Schwab. Hall,**

Druck und Verlag von Wilhelm Nischke.



Die  
**Naturlehre in Bildern.**

**Gemeinfaßliche Darstellungen aus dem  
Gebiete der Naturlehre,**

enthaltend:

eine Beschreibung der allgemeinen Eigenschaften der Körper, die  
Geseze des Gleichgewichts und der Bewegung fester, flüssiger und  
luftförmiger Körper, die Lehre vom Lichte, vom Schall, von der  
Electricität und dem Magnetismus, sodann einige Darstellungen aus  
dem Gebiete der Chemie.

---

Mit mehr als zweihundert und fünfzig Bildern und erläuterndem Text.

---

**Schwäb. Hall,**

Druck und Verlag von Wilhelm Nischke.



# Physik.

Die Physik beschäftigt sich mit Beobachtung und Beschreibung der Erscheinungen in der physischen Welt; sie sucht deren Ursachen zu erforschen und die ewigen Naturgesetze zu ermitteln. Sie befaßt sich mit den Gesetzen der Schwerkraft, die den Lauf der Planeten bestimmt; sie zeigt, welchen Gesetzen Wasser, Luft, Licht und Wärme gehorchen und welche Wirkungen ihnen zuzuschreiben sind; sie macht Versuche über die Natur und Wirkung der Electricität und des Magnetismus; sie erklärt die Ursache des Donners, des Blitzes, überhaupt der Licht- und Wärme-Erscheinungen in der Atmosphäre.

Ein untergeordneter Nutzen der Kenntniß dieser Wissenschaft ist der, daß sie uns in den Stand setzt, Werkzeuge und Maschinen zu construiren, die uns bei unseren Arbeiten wesentlich unterstützen und welche auf die Industrie und den Reichthum der Völker von größtem Einfluß sind; aber ein weit höherer und edlerer Nutzen dieser Wissenschaft ist der, daß wir nirgends mehr als in ihr die Weisheit und Größe des Schöpfers bewundern lernen; daß wir erfahren, wie durch die einfachsten Mittel die mannigfaltigsten Zwecke erreicht werden, und welcher Geist der Ordnung, Harmonie und Kraft das ganze Weltall durchweht.

## Allgemeine Eigenschaften der Körper.

Kein Zweig der Physik wird ohne vorherige Kenntniß der allgemeinen Eigenschaften der Körper gehörig begriffen werden; versuchen wir also, eine Uebersicht über dieselben zu geben.

Eigenschaften, welche allen Körpern zukommen, sind: Ausdehnung, Undurchdringlichkeit, Theilbarkeit, Porosität, Trägheit, Cohärenz und Schwere.

Jeder Körper ist ausgedehnt, d. h. er nimmt einen Raum ein, hat ein Volumen, es läßt sich an ihm Länge, Breite und Höhe messen.

Undurchdringlichkeit ist die Eigenschaft, vermöge deren zwei Körper nicht zugleich in einem und demselben Raume seyn können. Wird ein Nagel in's Holz geschla-

gen, so sucht er denselben Raum einzunehmen, den ein Theil des Holzes vorher ausgefüllt hatte; er schiebt die Holztheilchen weg und nimmt nicht zugleich mit ihnen einen und denselben Raum ein (Fig. 1). Legt man in ein volles Glas Wasser einen Stein, so wird das Wasser gezwungen, überzulaufen und dem Steine Raum abzutreten (Fig. 2). Die Luft nimmt ebenso, wie flüssige Körper, einen Raum ein. Versuchen wir, ein Fläschchen zu füllen, indem wir dasselbe in eine Schüssel mit Wasser tauchen, so kann das Wasser nicht bald er eindringen, als bis die Luft in Blasen ausgetreten ist, um dem Wasser ihren Raum abzutreten (Fig. 3).

Mit dem Worte Theilbarkeit bezeichnen wir die Eigenschaft der Körper, vermöge deren

Fig. 3.



sie in eine unendliche Anzahl von Theilen getheilt werden können.

Von außerordentlich kleinen Körperchen gibt uns selbst das Thierreich Beispiele. Man hat so kleine Thierchen gefunden, daß ein Sandkorn dreimalhunderttausend derselben bedecken würde; und jedes derselben hatte wieder

Fig. 4. feine ganz ausgebildeten Glieder. Fig. 4 stellt einige derselben außerordentlich vergrößert dar, wie sie in einem Tröpfchen Flüssigkeit enthalten sind. Die Fasern eines Pfundes Seide haben eine Länge von 150 Meilen. Die Verbreitung der Wohlgerüche ist ein weiteres Beispiel von der Theilbarkeit der Masse eines Körpers. Moschus z. B. füllt ein ganzes Haus mit seinem Geruch, ohne merklich an Gewicht zu verlieren, und so fein vertheilt auch in diesem Zustande die Masse des Körpers sein mag, so bestehen doch diese Theilchen als der gleiche Körper noch für sich fort.

Porosität nennt man die Beschaffenheit der Körper, nach welcher die Massentheilchen, welche zusammen einen solchen ausmachen, den Raum, den der Körper einnimmt, nicht stetig erfüllen, sondern durch Zwischenräumen getrennt sind, deren Größe von der Wärme und vom äußeren Drucke abhängig ist. Fig. 6. stellt ein Stück Eisen A. vor, das ein Loch in der Mitte und eine Kerbe an der Seite hat; B. ist ein Cylinder aus Eisen, welcher genau durch das Loch geht und in die Kerbe paßt. Ist nun der Cylinder erwärmt, so haben dessen Zwischenräume sich vergrößert und somit wird er weder in die Kerbe passen, noch durch das Loch gehen; dieß geschieht erst wieder, wenn er abgekühlt ist. — Erwärmt man den Boden eines mit Wasser gefüllten Gefäßes, so kommen die Wassertheilchen alsbald in Bewegung; denn diejenigen, welche am Boden des Gefäßes sind, werden zuerst erwärmt, dehnen sich aus, werden leichter und

steigen in die Höhe; kältere Theilchen nehmen ihre Stelle ein und steigen dafür nieder. Die erwärmten Theilchen steigen durch die Mitte in die Höhe und die kälteren gehen an den Seiten hinab, wie die Pfeile in Fig. 7. Fig. 7. anzeigen.

Die Trägheit, oder, wie man sich auch ausdrückt, das Beharrungsvermögen, ist das Bestreben der Masse, den Zustand der Ruhe beizubehalten, wenn sie in Ruhe ist, und im Zustande der Bewegung zu bleiben, wenn sie in Bewegung sich befindet. Ein Beispiel für den Zustand der Ruhe stellt Fig. 8. Fig. 8. dar; hier wird eine Karte weggeschleudert, während das daraufliegende Geldstück im Zustand der Ruhe und unter Umständen auf dem Finger liegen bleibt. Der Hund in Fig. 9. Fig. 9. liefert ein Beispiel der zweiten Art: derselbe muß wegen des Beharrungsvermögens die Punkte überspringen, nach welchen er seinen Lauf gerichtet hat, und macht so, während der Hase um zu entkommen den gekrümmten Weg A. B. C. durchläuft, den in der Figur durch Punkte angegebenen Umweg.

Cohärenz eines Körpers wird der Zusammenhang seiner Theile genannt, wodurch er zu einem für sich bestehenden Ganzen wird. Hängt, wie in Fig. 10, ein Tropfen Wasser Fig. 10. an der Fingerspitze, so sieht man, daß die kleinen Theilchen, aus denen dieser Wassertropfen besteht, trotz ihrer Verschiebbarkeit ein Ganzes bilden, d. h. zusammenhängen. Auf diesem Zusammenhang der Theilchen beruht die Eintheilung der Körper in feste, flüssige, luftförmige.

Wenn ein sehr enges Röhrchen in eine Flüssigkeit getaucht wird, welche die Wände des Röhrchens nect, so steigt die Flüssigkeit in diesem um so höher, je enger dasselbe ist. Man nennt dieß die Haarröhrchenanziehung. Fig. 11. Beispiele hiefür gibt es genug; Fig. 11.



z. B. das Aufsteigen des Wassers am Fließpapier, dessen Poren als Haarröhrchen wirken; das Aufsteigen des Saftes in den Pflanzen u. s. w. Man kann sich einen Begriff von der Größe dieser Kraft machen, wenn man einen trockenen Holzpfropf genau in eine starke Glasröhre einpaßt (Fig. 12). Wird nun der hervorragende Theil des Pfropfes ins Wasser getaucht, so will dieses in den Haarröhrchen aufsteigen und macht das Holz mit solcher Kraft schwellen, daß die Röhre berstet, selbst wenn sie einen Druck von 700 Pfund auf den Quadratzoll auszuhalten im Stande ist.

### Schwere.

Alle uns bekannten Körper sind schwer, d. h. sie haben das Bestreben, sich dem Mittelpunkt der Erde zu nähern. Werden sie durch eine Unterlage gehindert, diesem Streben zu folgen, so üben sie einen Druck aus, der um so größer ist, je größer die Masse des Körpers. (Fig. 13). Die Massen zweier Körper ziehen einander überhaupt an; und zwar ist die Stärke dieser Anziehung in der zwei-, drei-, vierfachen Entfernung — vier-, neun-, sechzehnmal schwächer.

Das hier ausgesprochene Gesetz der Abnahme findet aber nicht bloß hier, sondern in all' den Fällen statt, wo eine Wirkung von einem Centralpunkte ausgeht. Fig. 14. zeigt dieses Gesetz in Bezug auf das Licht. Die von der Kerze ausgehenden Strahlen beleuchten in einfacher Entfernung die Fläche A B; dieselbe Summe von Strahlen fällt in doppelter Entfernung auf die Fläche C D, welche das Vierfache von A B ist und die deshalb auch viermal schwächer beleuchtet sein wird. Auf die Fläche E F, welche dreimal so weit entfernt ist, als A B, fällt dieselbe Menge von Strahlen, wie auf A B; ob-

gleich E F neunmal so groß ist als diese. Deshalb wird E F auch neunmal schwächer beleuchtet sein, als A B u. s. w.

Der Rauch (Fig. 15) steigt bloß auf, wenn er leichter ist, als die atmosphärische Luft; in einem Raume mit gehörig verdünnter Luft, wie man ihn mittelst einer Luftpumpe herstellen kann, sinkt der Rauch nieder.

Die Kraft der Schwere an der Oberfläche der Erde ist von der Art, daß sie einen fallenden Körper in der ersten Secunde durch einen Weg von beinahe 16 Fuß treibt; in der zweiten Secunde durch einen Weg von dreimal 16 Fuß, in der dritten durch einen Weg von fünfmal 16 Fuß u. s. w. Mit Hilfe dieses Gesetzes können wir leicht die Höhe eines Gebäudes, oder die Tiefe eines Brunnen schätzen, indem wir uns die Zeit merken, welche ein Stein nöthig hatte, um hinunter zu fallen. Nimmt man für eines der Dreiecke in Fig. 16 die Zahl für den Fallraum in der ersten Secunde, nemlich 16 Fuß an; so lassen sich die Fallräume der zweiten, dritten, vierten, fünften Secunde ablesen, indem man die Werthe der Dreiecke, welche in den der Secunde zugehörigen Schichten liegen, abdirrt. Für die zweite Secunde erhält man auf diese Art drei Dreiecke, also ist der Fallraum der zweiten Secunde dreimal 16 Fuß; für die dritte Secunde fünf Dreiecke, daher der Fallraum dieser Secunde fünfmal 16 Fuß u. s. w.

Ebenso läßt sich der ganze durchfallene Raum, z. B. für 5 Secunden ablesen; denn in den fünf Schichten sind 25 Dreiecke enthalten, daher der ganze Fallraum in fünf Secunden 25 mal 16 Fuß beträgt. Da man annehmen muß, daß die Schwere auf die einzelnen Massentheilehen eines Körpers wirkt, so muß es eigentlich in Betreff der



Gesetze des Falls einerlei sein, ob ein Körper viele, oder wenige Massentheilchen hat; oder mit andern Worten: ein leichter Körper muß so schnell fallen, als ein schwerer. Dieß ist zwar im luftleeren Raume der Fall, nicht aber beim Luftwiderstand. Was diesen betrifft, so fällt ein Körper desto schneller, je schwerer er bei gleichem Volumen ist und je kleiner die Fläche ist, gegen welche die Luft drückt.

Ein senkrecht in die Höhe geworfener Körper steigt so lange, bis seine Geschwindigkeit durch die Gegenwirkung der Schwere gänzlich aufgehoben ist, und er fällt dann ganz in derselben Art, in welcher er vorher gestiegen ist. Ohne den Luftwiderstand würde er mit derselben Geschwindigkeit, mit welcher er hinauf geworfen wurde, wieder an seinem ursprünglichen Orte ankommen. Der Widerstand der Luft bewirkt jedoch hierin einen großen Unterschied.

#### Der Schwerpunkt.

In jedem schweren Körper gibt es einen Punkt von der Beschaffenheit, daß wenn man den Körper in diesem Punkte unterstützt, alle seine Theilchen sich das Gleichgewicht halten, welche Lage man ihm auch geben mag. Die Art und Weise, den Schwerpunkt eines Körpers zu finden, hängt von seiner Form ab. Bei einer Stange (Fig. 17.) findet man den Schwerpunkt leicht, indem man sie an einem Punkte unterstützt, so, daß sie im Gleichgewichte ist. Der Schwerpunkt einer kreisrunden Platte fällt mit dem Mittelpunkte des Kreises selbst zusammen (Fig. 18). Der Schwerpunkt einer Kugel ist ihr Mittelpunkt (Fig. 19.) Der Schwerpunkt eines Regels (Fig. 20) ist im vierten Theil seiner Höhe; der eines Cyinders in der Hälfte der Höhe (Fig. 21.) Das Feststehen eines Körpers auf dem Boden

hängt von der Lage seines Schwerpunktes ab. Ein Körper fällt so lange nicht um, als die durch seinen Schwerpunkt gehende senkrechte Linie noch auf seine unterstützte Fläche trifft. Die Felsmasse (Fig. 22) steht fest, weil die durch ihren Schwerpunkt gezogene Linie die Basis trifft, während der Felsen (Fig. 23) zu fallen droht, da die senkrechte Linie durch den Schwerpunkt nicht unterstützt ist. Das Umstürzen eines Wagens hängt sehr viel von der Ladung ab, welche die Lage des Schwerpunktes bestimmt. Läßt man diese unbeachtet, so stürzen Wagen und Kutschen, welche nach oben schwer beladen sind, wenn sie auf einen auch nur wenig geneigten Weg kommen, alsbald um. Um diesem vorzubeugen, sollten Wagen niedrig und mit weit auseinander stehenden Rädern gebaut werden (Fig. 24). Die Gefahr eines Bootes, das umzustürzen droht, vermindert sich, wenn Jedermann sich setzt, oder, was noch besser ist, sich legt. Körper, welche eine kleine Grundfläche haben, werden leicht umgeworfen; denn neigt man sie auch nur wenig, so ist ihr Schwerpunkt nicht mehr unterstützt, wie Fig. 25 zeigt.

Das gleiche Gesetz gilt auch vom Schwerpunkte unseres menschlichen Körpers: gehen wir bergauf, so neigen wir uns vorwärts, gehen wir bergab, so neigen wir uns rückwärts; stehen wir auf einem Fuß, so lehnen wir uns seitwärts; stets, damit die senkrechte Linie durch den Schwerpunkt nicht über die unterstützte Fläche hinausfalle. Der Seiltänzer (Fig. 26) hat als unsichere Unterstützungsfläche bloß das schmale Seil; aber er ist versehen mit einer an ihren Enden beschwerten, langen Stange, und wenn er fühlt, daß sein Körper sich zu sehr auf eine Seite neigt, so hält er seine Stange nach der entgegengesetzten Seite, und so stellt er wieder



das Gleichgewicht her, indem er den Schwerpunkt senkrecht über das Seil bringt,

### Das Pendel.

Fig. 27. Unter einem Pendel (Fig. 27) versteht man einen schweren Körper, welcher sich um einen festen Punkt außerhalb seines Schwerpunktes bewegen kann. Bringt man diesem Körper einen Stoß bei, so sucht er nachher wieder eine solche Lage anzunehmen, daß der Schwerpunkt senkrecht unter dem Unterstützungspunkte liegt; er geht aber dann in Folge des Beharrungsvermögens über diese Lage hinaus; bald jedoch kehrt er wegen der Schwere, die auf ihn wirkt zurück, und so entsteht ein fortgesetztes Schwingen, welches bloß wegen des Luftwiderstandes und der Reibung allmählig aufhört. Ein und dasselbe Pendel legt kleine Schwingungen in fast ganz gleichen Zeiträumen zurück. Ein vier, neun, sechzehn mal längeres Pendel schwingt zwei, drei, viermal langsamer. Da die Schwere gegen die Pole zu und gegen den Aequator abnimmt, so muß die Länge desjenigen Pendels, das in einer Secunde eine Schwingung macht, nach der Breite des Orts, an dem man wohnt, bestimmt werden. Für unsere Gegenden beträgt die Länge des Secunden-Pendels d. h. die Entfernung des Aufhängepunktes vom Schwingungspunkte ohngefähr 38 preussische Zolle. Bei Bestimmung der Länge dieses Secunden-Pendels ist die größtmögliche Genauigkeit erforderlich, weil ein Fehler von nur  $\frac{1}{1000}$  Zoll einen Unterschied von einer Secunde auf den Tag ausmachen würde. Da ein Pendel, besonders wenn es eine Metallstange hat, bei Zunahme der Wärme sich ausdehnt und langsamer geht, bei deren Abnahme aber kürzer wird und seinen Weg beschleunigt; und da, wie eben bemerkt wurde, die kleinste Veränderung in der Länge einen

beträchtlichen Unterschied in der Schwingungszeit zu Folge hat: so hat man mehrere Vorrichtungen angebracht, welche den Zweck haben, den Schwingungspunkt immer genau in der gleichen Entfernung vom Aufhängepunkte zu erhalten. Diesen Vorrichtungen hat man den Namen Compensationspendel gegeben. Fig. 28 stellt Grahams Quecksilberpendel vor. An einem Metallstabe befindet sich ein cylindrisches Glas mit einer gewissen Quantität Quecksilber. Wird nun die Metallstange durch die Wärme ausgedehnt, so geschieht das Gleiche auch mit dem im Glas enthaltenen Quecksilber; und so wird das Pendel zwar durch die Ausdehnung der Stange länger, allein der Schwingungspunkt wird durch das Steigen des Quecksilbers um eben so viel wieder hinauf gerückt. Fig. 29. zeigt die Einrichtung von Harrisons Bratrost-Pendel. Dehnen sich die an der blauen Farbe kenntlichen Eisenstangen aus, so thun die in erhöhtem Maße auch die gelben Zinkstangen; durch das Querstück der letzteren wird die schwere Linse mit ihrer Stange gehoben und somit der Schwingungspunkt um eben so viel hinauf gerückt, als er durch das Längerwerden der äußeren Stangen sich vom Aufhängepunkte entfernt hatte.

Zur Regulirung des Gangs einer Taschenuhr dient eine auf anderen Gesetzen beruhende Vorrichtung an der sogenannten Unruhe, welche in Fig. 30. gezeichnet ist. Die Spirale ist bei B, aber auch an der Achse A befestigt, und ist bei M durch den Zeiger AC gehalten. Bewegt man nun diesen Zeiger gegen das Wort „langsam,“ so wird eben dadurch der schwingende Theil der Feder länger und die Geschwindigkeit des Rades nimmt ab; umgekehrt wird durch die Bewegung des Zeigers gegen das Wort „geschwind“ der schwingende Theil der Feder kürzer und der Gang der Uhr beschleunigt.



## Schwungkraft.

Fig. 33. Hält man einen an einem Faden (Fig. 33) befestigten schweren Körper durch diesen fest, so kann man ihn zwingen, im Kreise zu schwingen. Er wird hierbei stets das Bestreben haben, sich in der Richtung des Fadens zu entfernen; und die Kraft, mit der er dieß versucht, heißt Schwungkraft (Centrifugalkraft).

In Folge des Beharrungsvermögens hat der zu der Bewegung im Kreise gezwungene Körper stets das Bestreben, sich in der Richtung der Berührungslinie fort zu bewegen, wie Fig. 33. zeigt. Bewegt man ein Schleifrad, das mit Wasser in Berührung ist, gehörig

Fig. 34. schnell, so spritzt das Wasser hinaus (Fig. 34.) Auch beim Mahlen des Kornes hat die Schwungkraft eine nützliche Wirkung, indem das durch eine Oeffnung des oberen Mählsteines eingeschüttete Getreide mittelst dieser Kraft nach und nach gegen den Rand der Steine gedrängt und in dieser Zeit zu Mehl zerrieben wird. Eine andere praktische Anwendung der Centrifugalkraft findet bei den Regulatoren der Dampfmaschinen statt (Fig. 35.)

Fig. 35. Die Achse A A wird durch die Räder B zugleich mit den übrigen Theilen der Dampfmaschine und zugleich mit den zwei Kugeln gedreht. Um den festen Mittelpunkt C können sich die Stangen E H drehen, und ziehen dann mittelst der Zwischenstücke E D die Hülse D, welche auf der Achse hin und her geschoben werden kann, herunter, oder drücken dieselbe in die Höhe. Diese Hülse steht aber durch ein Gestäng mit einer Klappe in Verbindung, die den aus dem Kessel tretenden Dampf abschließen kann. Ist nun der Gang der Maschine zu schnell, so ist die Schwungkraft der Kugeln eine große, diese entfernen sich von der Achse, ziehen die Hülse D herunter und schließen so mittelbar den

Dampf, der aus dem Kessel treten will, ab, so daß der Gang der Maschine eben hiedurch wieder langsamer wird.

Die Schwere und die Centrifugalkraft finden ihre höchste Anwendung bei der Bewegung der Planeten; die erstere in Bezug auf ihre Anziehung durch die Centralsonne; die letztere wegen ihres Bestrebens, vermöge der Trägheit in gerader Linie sich fort zu bewegen.

Bei einem sich drehenden Körper nimmt die Geschwindigkeit der einzelnen Theile desselben mit der Entfernung von der Drehachse zu. Dieß sieht man deutlich in Fig. 36. Fig. 36. an den Flügeln der Windmühle. Hier sind die Wege punktirt, welche von vier von der Drehachse ungleich entfernten Theilen der Flügel durchlaufen werden; so daß z. B. der innerste Punkt zu gleicher Zeit den kleinen Kreis durchläuft, während der äußerste durch den großen Kreis geht und somit geschwinder sich bewegen muß. Gerade so ist es mit den verschiedenen Punkten unserer Erde (Fig. 37). Fig. 37. Die Punkte, welche gegen die Pole N und S zu liegen, durchlaufen bei einer Drehung der Erde um ihre Achse in Zeit von 24 Stunden kleine Kreise, während zu gleicher Zeit ein Punkt am Aequator WE den großen Kreis beschreibt. Daher muß auch die Geschwindigkeit eines Punktes am Aequator viel größer sein, als die in der Nähe der Pole. Da ferner die Schwungkraft um so größer ist, je größer die Geschwindigkeit, so mußte sich da, wo diese am größten ist, d. h. am Aequator, mehr Masse anhäufen, und diese Massenanhäufung sich gegen die Pole zu verlieren, so daß die Erde statt der Kugelform eine abgeplattete Form annehmen mußte.

## Gesetze der Bewegung.

Bewirkt eine Kraft einen Stoß, der einen



Körper trifft, so sucht sich dieser in der Richtung des Stoßes fortzubewegen. Wenn aber  
 Fig. 39. (Fig. 39) zwei Kräfte zu gleicher Zeit auf einen Körper C wirken, und wenn die eine für sich allein im Stande wäre, den Körper von C nach D zu bewegen, die andere aber, ihn von C nach B zu treiben; so geschieht weder das eine, noch das andere, sondern der Körper durchläuft die Linie C A und befindet sich, wenn die zwei Kräfte gewirkt haben, im Punkte A, der gefunden wird, indem man B A gleichlaufend mit C D, und C A gleichlaufend mit C B zieht. Die einzige Kraft C A, welche als Wirkung der zwei Kräfte C B und C D angesehen werden kann, heißt Mittelkraft.  
 Fig. 40. Ein Beispiel für dieses Gesetz gibt Fig. 40. Dort soll E F die Stellung des Segels eines Schiffes andeuten, A B soll die Windrichtung bezeichnen. Die Kraft A B läßt sich nun nach dem Vorhergehenden in zwei Kräfte zerlegen, nemlich in die Kraft A C,

welche senkrecht auf das Segel drückt und zur Bewegung des Schiffes beiträgt, und in die Kraft A D, welche verloren geht. Die Kraft A C selbst würde das Schiff nicht in gewünschter Richtung fortbewegen, sondern dasselbe auf die Seite treiben, wenn nicht das Steuerruder S durch den Druck des Wassers gegen dasselbe zur Einhaltung dieser Richtung beitragen würde.

Wenn ein elastischer Körper (Fig. 38) in Fig. 38. der durch den Pfeil angegebenen Richtung A B gegen eine feste Wand geworfen wird, so wirkt die Elastizität in umgekehrter Weise, als die ursprüngliche Kraft gewirkt hat, indem sie den Körper in entgegengesetzter Richtung C D E weiter treibt; und zwar so, daß die Linien A B C und E D C mit der senkrechten Linie M C gleiche Winkel machen. Dieß erinnert an ein sehr wichtiges Gesetz, das wir in der Lehre von der Wärme und vom Lichte wieder finden werden.

### Gleichgewicht fester Körper.

Wenn eine Kraft auf einen Punkt wirken soll, der nicht in ihrer Richtung liegt, so bedarf es hiezu einer besonderen Vorrichtung. Wenn z. B. die Muskelkraft des Menschen  
 Fig. 15. (Fig. 15), welche die Richtung R H hat, die Last M nach der Richtung M R ziehen soll, so ist dazu eine Vorrichtung nöthig, welche man die „feste Rolle“ heißt. Derartigen Vorrichtungen gibt man im Allgemeinen den Namen „Maschine.“ Man spricht von einfachen Maschinen und rechnet unter diese den Hebel, die Rolle, das Wellrad, die schiefe Ebene, den Keil und die Schraube; und von zusammengesetzten Ma-

schinen, bei denen mehrere dieser einfachen Vorrichtungen in Verbindung vorkommen.

Betrachten wir diese einfachen Maschinen, eine nach der andern, so ist die wichtigste und die am häufigsten gebrauchte — der Hebel. An einem Stabe (Fig. 1), der im Fig. 1. Punkte F unterstützt ist und im Allgemeinen mit dem Worte „Hebel“ bezeichnet wird, wirken zwei Gewichte W und P, welche ihn nach entgegengesetzten Richtungen zu drehen streben. Die Endpunkte dieses Stabes beschreiben Kreisbögen um den Unterstützungspunkt, wie diese in Fig. 4. durch Punkte angedeutet sind. Die Entfernung des Unter-

stützungspunktes  $F$  von den Kraftstrahlungen heißt man Hebelarme. Die Wege, welche die Endpunkte mit den an ihnen wirkenden Gewichten bei stattfindender Drehung durchlaufen, sind um so größer, je größer die zugehörigen Hebelarme sind. Deshalb dürfen nach einem allgemeinen Gesetze der Mechanik diese Gewichte um so kleiner sein, je größer die Wege, oder je größer die Hebelarme sind, an denen sie wirken. Ist der Hebelarm  $FH$  fünfmal länger, als der Hebelarm  $FG$ , so wird eine Kraft bei  $H$ , welche fünfmal kleiner ist als die bei  $G$ , doch der letzteren das Gleichgewicht halten.

Wenn Kraft und Last an entgegengesetzten Seiten vom Unterstützungspunkte angebracht sind, so heißt der Hebel zweiarstig.

Fig. 1. (Fig. 1). Hebel dieser Art finden sich bei einer Menge von Instrumenten, z. B. bei Scheeren, Nähtpugen, Zangen u.; diese bestehen aus zwei einander entgegengesetzten Hebeln; ihren Unterstützungspunkt bildet der Zapfen um den sie sich drehen. Die Wage

Fig. 2. (Fig. 2) muß ein gleicharmiger Hebel sein, denn bloß bei einem solchen ist die Last gleich der Kraft (hier dem Gewichte). Bei der

Fig. 3. Schnell- oder römischen Wage (Fig. 3) bleibt das Gewicht ungeändert, allein der Hebelarm, an welchem dieses wirkt, wird durch Verschieben des Gewichtes länger oder kürzer, und auf diese Art entsprechen die Zeichen für diese Länge den Zahlen, welche das Gewicht ausdrücken. Fig. 4 stellt eine weitere

Fig. 4. Anwendung des Hebels dieser Art vor. Der leichtere Knabe am Ende des längeren Theils des Brettes hält dem schweren am Ende des

Fig. 5. kürzeren Brettstückes das Gleichgewicht. Fig. 5 zeigt die Anwendung eines solchen Hebels zur Bewegung einer schweren Last. Je näher der als Unterstützungspunkt dienende Stein

dem Angriffspunkte der Last ist, desto größer darf diese sein.

Wenn Kraft und Last an einer und derselben Seite des Unterstützungspunktes wirken, wie dieß in Fig. 6 und 7 gezeichnet ist, so heißt der Hebel einarmig. Diese Art von Hebeln kommt vor am gewöhnlichen Schiefkarren, wo das Rad der Unterstützungspunkt ist, der in den Kasten geladene Gegenstand die Last, und wo die Kraft des Menschen in entgegengesetzter Richtung mit dieser an den Handhaben wirkt. Die Ruder eines Bootes geben ein anderes Beispiel: dort dient das Wasser, gegen welches die Fläche des Ruders drückt, als Unterstützungspunkt.

In Fig. 7 wirkt die Kraft  $P$  am kleinen Hebelarm und die Last  $W$  am Endpunkte des einarmigen Hebels; woraus folgt, daß dort für den Fall des Gleichgewichts die Kraft größer sein muß, als die Last. Dieser Hebel wird deshalb bloß da angewendet, wo die Last mit einer gewissen Geschwindigkeit bewegt werden soll, wie z. B. beim Fußbrett einer gewöhnlichen Drechselbank. Eines der merkwürdigsten Beispiele für einen Hebel dieser Art liefert der menschliche Arm selbst, wenn er ein Gewicht (Fig. 8) aufhebt. Das Ellbogengelenk bildet alsdann den Unterstützungspunkt, und die Muskeln, welche den Arm bewegen, die Kraft. Ziehen sich die Muskeln um weniger als einen Zoll zusammen, so macht die Hand einen Weg von 20 Zollen, und trägt das in derselben liegende Gewicht 25 Pfund, so muß die Kraft, welche dieses den zwanzigfachen Weg durchlaufende Gewicht hebt, nicht weniger als 20 mal 25 d. h. 500 Pfund sein; woraus die außerordentliche Kraft der Muskeln ersichtlich ist.

Gar häufig findet man auch Zusammensetzungen von Hebeln. Fig. 9 stellt eine solche vor. Die Gesamtwirkung des dortigen

Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 9.



Hebel-systems ist natürlich gleich der vereinigten Wirkung der einzelnen Hebel. Nehmen wir bei jedem der Hebel an, daß der Hebelarm der Kraft fünfmal so groß sei, als derjenige der Last, so würde die bei A befindliche Kraft  $p$  einer bei B wirkenden fünfmal größeren Last das Gleichgewicht halten. Man kann also auch annehmen, das Fünffache der Kraft  $p$  wirke jetzt bei B; alsdann wirkt bei C vermöge desselben Gesetzes die fünf- und zwanzigfache Kraft, und da auch diese wieder an einem fünfmal längeren Hebelarme angebracht ist, als die bei D angehängte Last: so wird die letztere 5 mal 25 d. h. 125 mal größer sein dürfen, als die ihr bei A das Gleichgewicht haltende Kraft  $p$ .

Fig. 10. Das Wellrad (Fig. 10) besteht aus einer Walze (Welle) B, an der die Last  $W$  hängt und aus einem mit der Welle fest verbundenen Rade, an dessen Umfang die Kraft  $P$  angebracht ist. Beide drehen sich um die Achse  $M$  und können als zweiarziger Hebel betrachtet werden, dessen Unterstützungspunkt  $M$  selbst ist und dessen Arme die Halbmesser  $MB$  und  $MA$  sind. Es findet somit hier Gleichgewicht statt, wenn die Last  $W$  so viel mal größer ist, als die Kraft  $P$ , wie viel mal der Hebelarm  $MA$  größer ist als  $MB$ . Das Wellrad kommt in verschiedenen Formen vor; eine der gewöhnlichsten ist die Erdwinde

Fig. 11. (Fig. 11), welche dazu dient, Wasser mittelst eines Eimers aus dem Brunnen zu schöpfen. Hier vertritt der Kreis, welchen die Hand beschreibt, indem sie die Kurbel dreht, dasselbe, was in Fig. 10 das Rad.

Fig. 12. Fig. 12 zeichnet eine auf Schiffen gebräuchliche Einrichtung zum Aufziehen des Ankers. Dort vertreten die Hebelarme die Stelle eines Rades, das in einer Horizontal-ebene liegt, während die zugehörige Welle senkrecht steht.

Bei einem zusammengesetzten Räderwerk, wie dieß Fig. 13 zeigt, kommt das Wellrad Fig. 13. in Wiederholungen vor. An den Rädern sind statt der Wellen „Getriebe“ (G). Bei Vergleichung von Kraft und Last an einem solchen Räderwerke kann man statt der Halbmesser der Räder und Getriebe die als Hebelarme angesehen sind, auch die Umfänge oder die Zahl der Zähne setzen und sagen: Die Kraft darf für jedes einzelne Rad so viel mal kleiner sein als die Last, wie viel mal der Umfang, oder die Zahl der Zähne des Getriebes kleiner ist als der Umfang, oder die Zahl der Zähne des Rades. In Betreff der Gesamtwirkung des Räder-systems gilt dasselbe, was oben von einem Systeme von Hebeln gesagt worden ist. Fig. 14 zeigt Fig. 14. uns noch ein zusammengesetztes Wellrad. Derjenige Theil der Welle, auf dem das Seil aufgewickelt ist, hat nemlich einen doppelt so großen Halbmesser, als der Theil, von welchem sich dasselbe abwickelt. Jener muß als Hebelarm der Kraft und dieser als Hebelarm der Last angesehen werden, und schon aus diesem Grunde darf die Last doppelt so groß sein als die Kraft. Nun kommt aber noch hinzu, daß auch der Hebelarm der Kurbel, welche gedreht wird, hier etwa viermal so groß ist, als der Halbmesser des dickeren Theils der Welle; so daß die Last aus diesem Grunde noch vier mal, also im Ganzen acht mal größer sein darf als die Kraft. Endlich ist noch zu bedenken, daß die Last nicht auf einem der Stränge allein ruht, sondern sich, wie wir später sehen werden, durch die bewegliche Rolle  $R$  auf die zwei Seilstränge vertheilt; so daß durch diese Vorrichtung noch einmal die Hälfte der Kraft erspart wird. Hängt also an der Rolle eine Last von achtundvierzig Pfunden, so wird eine Kraft von drei Pfunden an der Kurbel ihr das Gleichgewicht halten.

Sieht man bei all' den dargestellten Fällen auf den Weg, welchen die Kraft gegenüber der Last zu machen hat; so ist dieser Weg der Kraft in dem Verhältnisse größer, als der Weg der Last, in welchem für den Fall des Gleichgewichts die Last selbst größer sein dürfte, als die Kraft. Dieß ist ein durch die ganze Mechanik hindurch geltendes Gesetz.

Eine Rolle ist eine kreisrunde Scheibe, die an ihrem Umfange mit einer Rinne versehen ist, in welcher das Seil laufen soll. Man unterscheidet zwei Arten von Rollen: feste und bewegliche. Fig. 15 zeigt eine feste Rolle; diese dreht sich zwar um ihre Achse, allein die Achse selbst ändert ihren Ort nicht. Bei der festen Rolle wird nichts an Kraft erspart; denn man kann deren Achse als Unterstützungspunkt eines Hebels ansehen und die Halbmesser der Rolle als Hebelarme für Kraft und Last; und da diese zwei gleich sind, so müssen auch die Kräfte gleich sein. Diese Rolle wird aber dennoch häufig benützt, um einer Kraft eine andere Richtung zu geben.

Eine bewegliche Rolle ändert, indem sie sich um ihre Achse dreht, zugleich mit dieser den Ort. Zieht die Hand an einem Stränge

Fig. 16. der Rolle (Fig. 16), so wird diese zugleich mit der angehängten Last gehoben. Diese Last vertheilt sich auf zwei Stränge A und P

Fig. 17. (Fig. 17), und da die feste Rolle B, wie kurz vorher gesagt worden ist, an der Kraft nichts mehr ändert; so wird Gleichgewicht stattfinden, wenn das Gewicht G halb so groß ist, als die Last L.

Zusammensetzungen von mehreren Rollen heißen Flaschenzüge. Bei dem Flaschenzuge Fig. 18. in Fig. 18 vertheilt sich das Gewicht auf die vier Stränge, also muß für den Fall des Gleichgewichts die Kraft ein Viertel der Last

sein. In Fig. 19, wo in der unteren Flasche Fig. 19. drei bewegliche Rollen mit sechs Strängen sind, auf welche sich die Last vertheilt, darf diese sechsmal so groß sein als die Kraft.

Fig. 20 stellt den sogenannten Potenzenflaschenzug vor. Hier vertheilt sich die Last P zuerst auf die zwei Stränge der Rolle Q, so daß die Rolle R bloß die Hälfte zu tragen hat. Durch diese Rolle R aber und ihre zwei Stränge vertheilt sich auch diese Hälfte wieder in zwei Hälften, deren eine, die demnach den vierten Theil von P ausmacht, auf die Rolle S wirkt. Dort wird dieser vierte Theil von P wieder in zwei Hälften getheilt, so daß auf die Rolle T bloß ein Achtel und auf den Strang U bloß ein Sechzehntel der Last wirkt. Die Kraft K wird demnach einer sechzehnmal größeren Last das Gleichgewicht halten können. Der Flaschenzug in Fig. 21 Fig. 21. gewährt noch größere Vortheile, indem, wie man dort sieht, die Last den Halbmesser der Rolle als Hebelarm hat, während der Kraft der Durchmesser der Rolle zukommt. — Natürlich geht bei allen Flaschenzügen wegen der starken Reibung an den einzelnen Achsen und wegen der Unbiegsamkeit der Seile viel Kraft verloren. Eine Einrichtung, welche ihre eigenthümlichen Vortheile hat, ist an White's Patentflaschenzug zu sehen. Die Fig. 22. Rollen in jeder Flasche drehen sich dort um die gleiche Achse.

### Die schiefe Ebene.

Es liegt in Jedermanns Erfahrung, daß, wenn man einen Körper (Fig. 23), welcher Fig. 23. rollt, (bei dem also die Reibung geringer ist), auf eine schiefe Ebene legt, dieser ein Bestreben hat, über die Ebene hinunter zu gleiten. Es muß somit eine Kraft da sein, welche dieses bewirkt, und welche um so größer ist, je mehr die Ebene sich neigt.



Aber auch noch eine weitere, ebenfalls von der Schwere des gewälzten Körpers abhängige Kraft ist da, nämlich der Druck auf die Ebene, und bei diesem findet das Umgekehrte statt: er ist um so kleiner, je mehr die Ebene sich neigt.

Fig. 24. Je länger also (Fig. 24) die schiefe Ebene A B ist, im Verhältniß zu ihrer Höhe B C, desto größer darf die Last sein, welche von einer und derselben Kraft auf der Ebene gehalten werden kann.

Fig. 25. Die Personen in Fig. 25 wundern sich, wie diese ungeheuern Steinmassen zu der Höhe erhoben werden konnten, in welcher sie dieselben sehen. Allein die hiezu nöthige mechanische Kunst ist nicht so außerordentlich: Man dürfte ja nur eine schiefe Ebene in der Richtung A B aus Schutt herstellen, die Last auf Walzen bis zu der Höhe bringen und die Erde nachher wieder wegschaffen.

#### Der Keil.

Fig. 26. Soll der Keil in Fig. 26 in's Holz eingetrieben werden, so findet auf seine Seitenflächen derselbe Druck statt, wie wenn eine Last auf den schiefen Ebenen, welche er zu Seiten hat, fortgeschoben würde. Der Rücken des Keils stellt die Höhe der zwei schiefen Ebenen vor, und es wird deshalb Gleichgewicht stattfinden, wenn sich die Kraft zur Last verhält, wie die Breite des Keils zu dessen Länge. Die Wirksamkeit dieses Instrumentes ist also um so größer, je geringer seine Breite ist im Verhältniß zur Länge. Die größten Lasten, selbst Wände eines Hauses, werden mittelst des Keils — wenn auch nur um Weniges — gehoben. Sehr viele Instrumente, z. B. Messer, Scheeren, Beile, Aerte, Degen, Nägel, Nadeln, Meißel rc. haben die Form und Wirkung des Keils.

#### Die Schraube.

Die Schraube ist auch wieder eine Anwendung der schiefen Ebene, was Fig. 27 Fig. 27. deutlich zeigt. Dort ist ein Stück Papier in Form des Durchschnitts einer schiefen Ebene geschnitten und um einen Cylinder gewickelt, wodurch an diesem Cylinder ein Schraubengang entstanden ist. Man muß die Schraubenspindel und die Schraubenmutter unterscheiden; die Erhabenheiten der ersteren passen in die Vertiefungen der letzteren (Fig. 28 und 29). Fig. 28 und 29. Es ist aus dem Gesagten leicht zu entnehmen, daß bei der Schraube zwischen Kraft und Last dasselbe Verhältniß stattfinden wird, wie wenn auf einer schiefen Ebene die Last durch eine der Grundfläche gleichlaufende Kraft fortgezogen werden sollte; und es wird deshalb die Last so vielmal größer sein dürfen, als die Kraft, wie vielmal der Umfang der Schraube größer ist, als die Höhe eines Schraubenganges. Wird die Spindel auch noch, wie in Fig. 28 und 30, mittelst Fig. 30. eines Hebels gedreht, so erspart man überdies so vielmal mehr an Kraft, wie oft der Halbmesser des Schraubencylinders in der Länge des Hebelarms enthalten ist. Wäre z. B. der Umfang des Cylinders dreißigmal so groß, als die Höhe eines Schraubenganges, und die Länge des Hebelarms zehnmal so groß, als der Halbmesser des Cylinders; so würde man das Dreihundertfache an Kraft gewinnen. Die Wirkung dieser Maschine wird jedoch durch die Reibung sehr vermindert.

Die Schraube wird hauptsächlich bei Pressen aller Art angewendet. Die Buchdruckerpresse (Fig. 30) zeigt eines der besten Beispiele für die Anwendung dieser mechanischen Vorrichtung.

## Bewegung fester Körper.

Maschinen sind Vorrichtungen, welche dazu dienen, die Wirkungen der Kräfte fortzupflanzen, um andere Kräfte im Gleichgewicht zu erhalten, oder sie zu überwältigen und Bewegungen nach bestimmten Zwecken hervor zu bringen.

Als bewegende Kräfte dienen hierbei: das Gewicht und die Elasticität der Körper, die Centrifugalkraft und Reaction, der Stoß (z. B. des Wassers), die Muskelkräfte der Menschen und Thiere, die Expansivkraft der Dämpfe und wohl auch die Wirkung der Electricität und des Magnetismus.

Durch verschiedene Vorrichtungen werden diese bewegenden Kräfte durch den ganzen Bau der Maschine verpflanzt und es wird ihnen jede beliebige Richtung gegeben.

- Fig. 1. Fig. 1 und 2 zeigt die gewöhnliche Art, um eine Kreisbewegung mittelst endloser Bänder zu übertragen. Diese Bänder gehen über Cylinder oder Trommeln. Dreht sich der größere Cylinder (Fig. 1) in der Richtung des Pfeils, so macht der kleinere eine Bewegung nach entgegengesetzter Richtung und dreht sich soviel mal öfter um seine Achse, wie vielmal der Umfang des großen Cylinders größer ist, als der des kleinen. In
- Fig. 2. Fig. 2 sieht man diese Vorrichtung in Wiederholungen. Die Pfeile geben stets die
- Fig. 3. Drehungsrichtung an. Fig. 3 zeigt, wie von der horizontalen Welle A, deren Achse senkrecht steht, durch ein endloses Band oder eine Schnur die Bewegung auf Trommeln B, C, D übertragen werden kann, deren Achsen horizontal liegen.

Soll eine Kreisbewegung in einer Richtung verpflanzt werden, die irgend einen Winkel mit der ersteren macht, so werden

- Fig. 4, 5 u. 6, conische Räder angewendet, wie Fig. 4, 5 u. 6 zeigen.

Diese Räder haben verschiedene Form, je nach den Winkeln, unter denen sie wirken sollen. Fig. 7 stellt ein durch eine endlose Schraube bewegtes Rad vor. Dreht sich die Schraube einmal um ihre Achse, so wird das Rad um einen Zahn fortgeschoben. Die Schraube muß sich also bei einem Rade von 60 Zähnen 60 mal drehen, damit dieses einen Umlauf mache. Aus Fig. 8 sieht man, wie die Kreisbewegung durch das Rad und die gezahnte Stange in eine Bewegung in gerader Linie verwandelt werden kann.

Fig. 9. In Fig. 9 ist ein sogenanntes Excentricum gezeichnet, welches dazu dient, die drehende Bewegung in eine hin- und hergehende zu verwandeln, oder umgekehrt. Um eine Achse A, die aber nicht mit der durch die Mitte gedachten geometrischen Achse zusammenfällt, sondern außerhalb der Mitte mit dieser parallel ist, dreht sich eine Welle. Diese Welle ist umschlungen mit einem Ringe, in welchem sie sich leicht drehen kann und der am Ende einer Lenkstange befestigt ist. Das eine Mal nur ist bei stattfindender Drehung der von A am weitesten entfernte Punkt B der Welle links von A, das andere Mal aber rechts von A. Im ersten Fall wird die Lenkstange am weitesten links gezogen sein, im zweiten Fall am weitesten rechts, und durch diese Abwechslung wird die hin- und hergehende Bewegung der Stange bewirkt. Dieses Excentricum ist von großer Wichtigkeit bei Dampfmaschinen, indem dasselbe dazu dient, den sogenannten Schieber zu bewegen und hierdurch das regelmäßige Auf- und Niedersteigen des Kolben zu bewirken.

Fig. 10. Der Krummzapfen in Fig. 10 dient ebenfalls dazu, eine drehende Bewegung in eine hin- und hergehende zu verwandeln. Bei C ist dieser Krummzapfen mit der Achse ver-



bunden, die Lenkstange umfaßt den Zapfen bei L. Bei den meisten Maschinen ist sowohl die bewegende Kraft, als der zu überwindende Widerstand Schwankungen in Beziehung auf ihre Größe ausgesetzt. Um nun die Geschwindigkeit der Maschine in gegebenen Grenzen zu halten, bedient man sich in der Regel des Schwungrades, dessen schwerer Kranz meistens aus Gußeisen ist. Dieses Rad ist in enger Verbindung mit der ursprünglichen bewegenden Kraft, deren Wirkung es vermöge des Gesetzes der Trägheit regelt.

Fig. 11. Fig. 11 zeigt das bei Dampfmaschinen gebräuchliche Schwungrad. Dieses wird bewegt mittelst einer an seiner Achse befestigten Kurbel, die durch eine Stange mit dem Balancier in Verbindung steht.

Fig. 12. In Fig. 12 sieht man eine hin- und hergehende geradlinige Bewegung in eine abwechselnde Drehung im Kreis nach entgegengesetzten Richtungen verwandelt. Dieß ist ein gewöhnlicher Bogen, den Uhrmacher und andere Mechaniker häufig gebrauchen. Die Bogenfalte ist einmal um eine kleine Welle geschlungen, welche den Bogen hält.

Fig. 13. Fig. 13 zeichnet eine mechanische Vorrichtung, welche unter dem Namen Parallelogramm bekannt ist. Die Kolbenstange nämlich müßte, wenn sie unmittelbar am Balancier befestigt wäre, mit ihrem Endpunkte einen Kreisbogen beschreiben, während sie doch durch den Dampfzylinder genöthigt ist, sich in gerader Linie zu bewegen. Hierdurch müßte nun ein Zwängen entstehen, das die Benützung der Maschine fast unmöglich machen würde, wenn nicht durch die um den festen Punkt A drehbare Stange und durch das mit dieser in Verbindung stehende Parallelogramm diesem Uebelstande abgeholfen wäre.

Fig. 14. Fig. 14 zeigt ein Gelenk, ein sehr ein-

faches und wirksames Mittel, um eine Bewegung zu übertragen.

Die Schnecke einer Uhr liefert ein schönes Beispiel für die Anwendung des Wellrads. Eine solche hat den Zweck, eine Regelmäßigkeit der Bewegung auch da herbei zu führen, wo die Kraft veränderlich ist. Die Uhr Fig. 15. hat als bewegende Kraft die Feder, welche in einem cylindrischen Federhause eingeschlossen und mit einem Ende an der Wand des Hauses und mit dem andern an dessen Achse (dem Federstifte) befestigt ist. Die Federkraft wirkt, indem sich die Feder abwickelt und sie nimmt hierbei an Intensität ab; sie ist am größten, wenn die Feder anfängt sich abzuwickeln und wird nach und nach schwächer, bis die Expansivkraft erschöpft ist. Um dieser Kraftänderung entgegen zu wirken, hat die Schnecke eine Reihe von Kreisen A B (Fig. 16), deren Durchmesser wächst; so daß zuerst, wenn die Kraft der Feder am größten ist, die Kette um den kleinsten Kreis liegt. Oder umgekehrt: in dem Grade, als die Intensität abnimmt, und das Federhaus die Kette von der Schnecke ab- und auf sich aufwickelt, nimmt der Hebelarm, an welchem diese Kette wirkt, zu. Bei vielen Uhren ist jedoch die Schnecke erspart durch Anwendung einer sehr langen Feder, welche hinlänglich gleichmäßig wirkt.

Eine vermehrte Umdrehungsgeschwindigkeit erhält man, wenn man ein endloses Band über ein großes Rad A und dann über ein kleines B windet. Ist z. B. der Umfang des großen Rades viermal so groß, als der des kleinen, so dreht sich das letztere viermal um seine Achse, während das erstere sich einmal dreht.

Manchmal ist es nöthig, daß die Geschwindigkeit einer Maschine oder eines Maschinentheils beständig wechseln soll, d. h. daß die Geschwindigkeit bis zu einem bestimmten

Punkte regelmäßig ab- und dann bis zu einem zweiten Punkte umgekehrt zunimmt. Eine derartige Ab- und Zunahme bewirkt  
 Fig. 18. der in Fig. 18 gezeichnete Apparat. Dieser besteht aus schraubenförmig geschnittenen, kegelförmigen Stücken, welche ihre größeren Durchmesser nach entgegengesetzten Richtungen liegen haben. Sie sind durch einen Gürtel verbunden, der durch den Mechanismus selbst so geleitet wird, daß er sich von selbst von einem Ende der Regel zum andern fortschiebt; und da er nun über Kreise von verschiedenen Halbmessern geht, so bewirkt er eine beständige Aenderung in der Geschwindigkeit des einen conischen Stückes gegenüber dem andern.

Fig. 19. Fig. 19 zeigt ein Rad A und das zugehörige Getriebe B. Dreht sich das erstere, so muß sich das letztere in entgegengesetztem Sinne drehen, und zwar bei einer Drehung des Rades so viel mal öfter, wie viel mal der Umfang des letzteren größer ist, als der des Getriebes. Greifen mehrere Räder und Getriebe in einander, so kann eine noch größere Umdrehungsgeschwindigkeit erzielt werden.

Fig. 20 Fig. 20 stellt die Räder und Getriebe vor, welche angewendet werden, um den Minuten- und Stundenzeiger des Zifferblatts zu bewegen. Da der Stundenzeiger A zwölfmal langsamer gehen soll, als der Minutenzeiger B, so ist auf der Achse des Minutenrads das Viertelrohr C mit 10 Zähnen angebracht in welche diejenigen des Rades D, das deren 40 hat, eingreifen. Dieses Rad dreht sich viermal weniger oft um seine Achse, als das Getriebe C. Das Getriebe für's Wechselrad E von 12 Zähnen treibt das Stundenrad F; dieses Rad steckt aber auf einer Hülse fest, die sich frei um die Achse drehen kann und den Stundenzeiger mit fortnimmt. Da das Stundenrad dreimal mehr Zähne hat als das Getriebe für's

Wechselrad, so geht es dreimal langsamer; das Minutenrad D aber dreht sich ja schon vier mal weniger oft um seine Achse, als das Getriebe C; deshalb muß C sich 12 mal öfter drehen als F. Während demgemäß der Minutenzeiger in einer Stunde das ganze Zifferblatt durchläuft, geht der Stundenzeiger bloß über den zwölften Theil desselben weg.

Eine Wanduhr sehen wir in Fig. 21. Fig. 21. Als bewegende Kraft dient das Gewicht A, das an einer über die Welle B geschlungenen Schnur hängt. Mit der Welle fest verbunden ist das Getriebe C, welches den Minutenzeiger treibt, während das Getriebe D den Stundenzeiger bewegt. Wenn man auf diese Art die Eintheilung in Stunden und Minuten erhalten hat, so ist die nächste Aufgabe, den Gang der Räder und Getriebe zu reguliren. Dieß wird bewirkt durch das Steigrad E und den Balancier F. Die Hemmung G G hat den Zweck, nach und nach in die Zähne des Steigrads einzugreifen, und dieß verursacht das Ticken, das man bei jeder Uhr hört. Der Balancier F schwingt regelmäßig hin und her, und durch diese langsame, geregelte Bewegung theilt er auch der Bewegung des Räderwerks Gleichförmigkeit mit. Fig. 22 zeigt eine andere Art von Fig. 22. Hemmung des Steigrads durch den Anker, der mit dem schwingenden Pendel in Verbindung ist.

Fig. 23 zeigt die Hemmung bei einer Fig. 23. Ankeruhr, bei welcher der Balancier durch einen Hebel getrieben wird, in welchen ein Rubinestift eingreift. Dieser Stift selbst steckt auf einem Scheibchen, welches auf der Ankerwelle fest sitzt.

Aus Fig. 24 sind die Haupttheile einer Fig. 24. Mahlmühle zu sehen. Auf der Achse des Wasserrads, von welchem die erste Bewegung ausgeht, ist ein Kammrad A senkrecht zu



dieser Achse befestigt. Dieses Kammrad greift in ein Getriebe ein, dessen Achse bei ihrer Drehung den oberen Mühlfstein (Läufer) mit fortnimmt. Der Läufer nämlich steckt lose am Ende der Achse und diese ist durch den unteren Stein (Bodenstein) nicht gehindert, indem derselbe, so weit es nöthig ist, in der Mitte eine Durchbohrung hat. Beide Steine sind umfaßt mit einer Lärge von Holz. Aus dem sogenannten Kumpfe E fällt nun das Getreide durch ein Loch des Läufers (das Läuferauge) zwischen die Steine, wird dort gemahlen und durch die Einfassung D E aufgefangen. C ist der sogenannte Schuh, welcher je nach Umständen die Oeffnung am unteren Theile des Kumpfes weiter öffnet, oder schließt. Durch die Schraubenverbindung I kann der Balken K, welcher die Achse des Läufers trägt, gehoben oder gesenkt werden, wodurch die Steine einander genähert oder von einander entfernt werden können, je nachdem die Frucht feiner oder weniger fein gemahlen werden soll.

Fig. 25. In Fig. 25 sehen wir eine Druckeret. Geht der Bogen durch die Maschine, so werden seine beiden Seiten vollgedruckt; und zwar so schnell, daß in einer Stunde tausend Bogen fertig werden. Der Hergang hierbei ist folgender: Wenn das angefeuchtete Papier auf einem Tische A aufgehäuft ist, so nimmt ein Knabe, der auf dem anstoßenden Brette steht, Bogen für Bogen und legt sie auf den Zuführer B, bestehend aus einem System von leinenen Gurten, welche nach Art des endlosen Tuches um zwei Rollen laufen, die an den beiden Enden des Zuführers sich befinden; so, daß wenn diese sich drehen, die Bogen von den Gurten vorwärts geschoben und der ersten Rolle C zugeführt werden, welche sie zwischen eine Anzahl Bänder bringt, von denen die verschiedenen

Rollen umspannt werden. So kommt nun das Papier unter einem Druckcylinder D durch zum zweiten E, wo es fertig von einem Knaben in Empfang genommen wird. Die zwei großen Druckcylinder sind aus Gußeisen und genau gedreht. Sie sind da, wo sie wirklich drucken, mit feinem, wollenem Tuche bedeckt. Die Trommeln F und G sind aus Holz und dienen dazu, den Bogen glatt von einem Druckcylinder zum andern zu führen. Die verschiedenen Cylinder und Trommeln drehen sich sehr genau mit Hülfe gezahnter Räder und der Getriebe, welche in diese eingreifen. Zwei horizontale Letternkästen liegen in einiger Entfernung auf einer langen Bahn H und an jeden dieser Kästen ist eine dünne Metallplatte, die Schwärztafel angefügt. Nun führt die Bahn die zwei Letternkästen mit den Schwärztafeln vorwärts und rückwärts von einem Ende der Maschine zum andern und bringt im Vorbeigehen die Lettern in Berührung mit den durch die Bänder an den Druckcylindern festgehaltenen Bögen. Die hin und her gehende Bewegung der Bahn wird bewirkt durch eine Welle, welche abwechselungsweise auf entgegengesetzten Seiten einer gezahnten Stange unter dem Tische wirkt und durch die conischen Räder I getrieben wird. An beiden Seiten ist je für den betreffenden Druckkasten eine Schwärzvorrichtung angebracht. Die Rolle K wird durch eine Schnur ohne Ende, die über eine am Druckcylinder angebrachte Scheibe geht, langsam gedreht. Genau unter ihr liegt eine horizontale Metallplatte, welche eine Art Trog bildet, aus welchem eine kleine Portion Schwärze der Rolle bei ihrer Umdrehung mitgetheilt wird. Eine andere überzogene Rolle, die Schwingrolle genannt, läuft zwischen der Rolle K und der Schwärztafel, berührt bei ihrer Umdrehung jene Rolle einen

Augenblick, nimmt eine Portion Schwärze auf und bringt sie dann auf die Tafel. Ist diese gleichmäßig geschwärzt, so muß sie unter drei oder vier Schwärzrollen durchlaufen und eine gleichmäßige Schichte von Schwärze auf dieselben auftragen, welche dann alsbald den

Lettern mitgetheilt wird. Die ganze Maschine erhält ihre Bewegung durch einen endlosen Riemen, der über die Welle des Schwungrades der Dampfmaschine, und dann über eine Scheibe am Achsenende hinten am Gestell geschlungen ist.

### Gleichgewicht flüssiger Körper.

Die mechanischen Eigenschaften der flüssigen Körper sind durch die leichte Verschiebbarkeit ihrer Theilchen und durch die Schwere bedingt. Wegen der ersteren Eigenschaft sucht ein Flüssigkeitstheilchen, auf welches durch ein über ihm stehendes ein Druck ausgeübt wird (Fig. 1), nach allen Seiten hin auszuweichen und übt so einen Seitendruck aus, welcher ganz abhängig ist von der Schwere. Es folgt hieraus erstens, daß die Oberfläche der Flüssigkeit sich horizontal stellen muß, und zweitens, daß an einem Punkte, über welchem eine hohe Flüssigkeitssäule steht, eben diese Flüssigkeit mit größerer Geschwindigkeit ausströmen muß, als wenn bloß eine niedere Flüssigkeitssäule einen Druck ausübt. An dem Stücke der Theekanne (Fig. 3) soll gezeigt werden, auf welche Art der Hals der Kanne sich vermöge des Seitendrucks füllt. Das Theilchen 2 übt nämlich einen Seitendruck auf das Theilchen 1 aus, und dieses selbst drückt dann wieder auf 3 u. s. f. Fig. 4 zeigt, daß unter dem Seitendrucke auch ein Druck aufwärts verstanden werden muß. A ist eine trichterförmige Glasröhre, an welche mittelst einer durchgehenden Schnur eine genau passende Metallplatte angezogen wird. Taucht man nun die Röhre auf diese Art ins Wasser, so wird in einer gewissen Tiefe die Metallplatte, ohne gehalten zu werden, am Trichter bleiben, und zwar vermöge des Drucks, welcher dadurch ausgeübt

wird, daß die Wassertheilchen auch nach oben auszuweichen streben.

Auf der Fortpflanzung des Drucks beruht das Gesetz, daß der Druck auf einen Theil der Gefäßwände, z. B. auf den Boden des Gefäßes, nicht von der Wassermasse abhängig ist, welche das Gefäß enthält, sondern einzig und allein von der Größe der gedruckten Fläche und der Entfernung des Schwerpunktes derselben vom Wasserspiegel. Die Figuren 5, 6, 7 zeigen dies deutlich. Fig. 5 und 6 z. B. stellen Gefäße von gleichem Inhalt vor, bei welchen aber der Druck auf den Boden ein sehr verschiedener ist, indem im ersten Gefäße bloß der Cylinder A B D C wirklich einen Druck auf den Boden ausüben kann, während derjenige Druck, welchen der Rest des Wassers ausübt, durch den Gegendruck der Seitenwände aufgehoben wird. Im zweiten Gefäße aber findet auf den Boden ein Druck statt, der gleich ist dem Gewichte der Wassermenge im ganzen Cylinder G H F E. Noch deutlicher sieht man dieses Gesetz aus Fig. 7. F ist eine Röhre, welche mit dem abgeschlossenen Raume E E in Verbindung steht. Nun findet auf das Wassertheilchen, das unmittelbar am unteren Ende dieser Röhre liegt, ein Druck statt, der dem Gewichte der Wassersäule in F gleich ist. Dieser Druck theilt sich aber sämmtlichen Wassertheilchen des Raumes E E mit, und es ist also, als ob auf jedes einzelne dieser

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5,  
6 u. 7.

Theilchen derselbe Druck ausgeübt würde, oder, als ob das ganze Gefäß C D B A mit Wasser gefüllt wäre.

Der sogenannte hydrostatische Blasbalg  
 Fig. 8. (Fig. 8) ist ein weiteres Beispiel für die Fortpflanzung des Drucks. Man hat dort eine lange Röhre A C, die in das Innere von einer Art Blasbalg mündet, dessen oberer Boden B ungefähr den tausendfachen Durchschnitt hat von dem der Röhre A. Wird nun Wasser eingegossen, so wiederholt sich der bei C stattfindende Druck auf jedem Theile der Fläche B, der mit der Röhre bei C gleichen Durchschnitt hat. Gießt man also 1 Pfund Wasser in die Röhre, so kann dieß einer Last bei B von 1000 Pfund das Gleichgewicht halten. Sind die Größenverhältnisse noch ungleicher, so kann unter Umständen ein ungeheurer Druck ausgeübt werden, wie z. B. wenn, — was in der Natur vorkommen kann, — ein unterirdischer, geschlossener Wasserbehälter (Fig. 9) von auch nur einigen Ruthen Ausdehnung mit einer Wassersäule von einigen Hundert Fuß Höhe in Verbindung steht. Da entsteht gar leicht ein Druck von einigen tausend Centnern, der am Ende im Stande ist, Felsen zu sprengen.

Ein sehr wichtiges Gesetz ist das der communicirenden Röhren. Es sei in Fig. 10 der Durchschnitt der weiteren Röhre zehnmal so groß, als der Durchschnitt der engeren, so muß, damit das Wasser in der ersteren um einen Zoll falle, dieses in der engeren Röhre um 10 Zolle steigen. Das Gewicht des Wassers in der engen Röhre ist nun zwar bloß der zehnte Theil von dem des Wassers in der weiten; allein für den Fall einer Bewegung ist die Geschwindigkeit des Wassers in der ersteren zehnmal so groß, als diejenige des Wassers in der zweiten Röhre. Aus diesem Grunde wird das Wasser in der

engen Röhre im Stande sein, demjenigen in der weiten das Gleichgewicht zu halten, für den Fall, daß die Wasserspiegel in einer Horizontal-Ebene liegen. Die kleine Wassermenge in der Röhre C hält der großen Masse in B das Gleichgewicht, so daß beide bis zur Horizontallinie B C gehen. In Fig. 12 sieht man Gefäße von verschiedenster Form und ganz ungleichen Inhalten mit einem gemeinschaftlichen Behälter A B in Verbindung. Wird in eines derselben Wasser gegossen, so steht auch in den übrigen das Wasser gleich hoch, wie die Linie C C dieß andeutet.

Das Gesetz der communicirenden Röhren findet seine Hauptanwendung, wie dieß Fig. 13 und 14 versinnlichen, darin, daß man Wasser durch Röhren von einem Orte A nach einem beinahe gleich hoch gelegenen zweiten Orte B leiten kann. Das Wasser geht dort über ein Thal in die Stadt, wo es in kleinere Zweige getheilt und sogar in die oberen Stockwerke der Häuser geleitet werden kann; wenn nur immer die Mündung der Röhren noch etwas unter der Horizontalebene des Behälters A liegt.

Eine weitere Anwendung findet dieses Gesetz bei der Canalwage, einer blechernen, mit Wasser gefüllten Röhre (Fig. 15), welche an ihren Enden senkrecht in die Höhe gehende gläserne Cylinder trägt. Auf den in der Horizontalebene liegenden Wasserflächen schwimmen zwei leichte Cylinderchen mit feinen Drahtgestellen, deren mittleren Fäden A B und C D parallel der Horizontal-Ebene sind. Ist nun die Ebene, auf welche das Instrument gestellt wird, so beschaffen, daß beim Distren mit dem Auge die Fäden einander decken, so ist sie horizontal. Solche Instrumente werden häufig beim Niveliren gebraucht.

Fig. 16 zeigt die gewöhnliche Wasserwage. Fig. 16



Diese besteht aus einem mit Wasser oder Weingeist gefüllten Cylinder. Auf der Flüssigkeit schwimmt eine Luftblase L; diese nimmt immer den obersten Raum ein, und die Einrichtung des Instruments ist nun so getroffen, daß wenn dieses horizontal steht, die Blase im Punkte L sich befindet.

Will man sehen, ob eine Ebene horizontal ist, so muß man sie durch das eben beschriebene Instrument immer nach zwei Richtungen hin untersuchen.

Die periodischen Quellen, die sich da und dort finden, müssen auf das Princip des Hebbers zurück geführt werden. Sie gehören deshalb bloß in einer einzigen Beziehung hierher; im Allgemeinen sollten sie bei der Lehre vom Luftdruck aufgeführt werden.

Fig. 17. Ist der Heber A C B (Fig. 17) mit Wasser gefüllt, so sucht das Wasser im Schenkel C B den Luftwiderstand zu überwinden und bei B auszufließen; aber auch das Wasser in C A sucht den Luftdruck, der sich durch das im Gefäß enthaltene Wasser bis nach A fortpflanzt, zu überwinden und dort auszufließen. Da aber das Gewicht des Wassers im Schenkel B C größer ist, als im Schenkel C A, so fließt das Wasser bei B zuerst aus, und der bei C entstandene leere Raum füllt sich mit Wasser aus dem Schenkel A C d. h. aus dem Gefäß. So lange deshalb die Mündung A noch unter Wasser ist, fließt dasselbe gleichmäßig durch den Heber aus.

Fig. 18 zeigt nun den Durchschnitt eines Fessels, der in seiner Mitte eine Höhle A hat. Diese wird von oben durch die Zerklüftungen und Canäle d, d, d mit Wasser gespeist, so daß dieses endlich in die Höhe der Rinne E, E kommt und den Abflussschlauch B C füllt, welcher als Heber wirkt. Sobald dieses geschehen ist, fängt das Wasser an, durch den Heber auszufließen, und zwar so

lange, bis der Wasserspiegel unter die Mündung F des Hebbers gesunken ist. Von diesem Augenblicke an hört das Ausfließen auf, bis Fig. 19. das Wasser sich wieder bis zur Höhe E, E gesammelt hat.

Bei der hydraulischen Presse wird der Kolben einer mit Wasser gespeisten Druckpumpe durch einen Hebel auf und nieder gedrückt, was Fig. 19 (A) versinnlicht. Von dem Cylinder der Druckpumpe aus geht das Wasser durch die enge Röhre B B in einen weiteren Cylinder und füllt den Raum C, in welchen der ursprünglich dem Wasser bei A beigebrachte Druck sich fortpflanzt und den luftdicht schließenden Kolben D D mit der Last gegen die Widerlager aufwärts drückt. Um nur beläufig einen Begriff davon zu geben, welch' ungeheurer Druck durch diese Maschine ausgeübt werden kann, wollen wir annehmen, der Hebelarm der Kraft, E F, sei sieben mal so groß, als derjenige der Last, und diese Kraft selbst betrage 60 Pfund; so würde in der Druckpumpe bei A ein Druck von 7 mal 60 d. h. von 420 Pfund stattfinden. Hat nun der Kolben D D einen zwanzig mal größeren Durchmesser, als der Kolben bei A, so ist seine Fläche 400 mal so groß; und da auf jeden Flächentheil, welcher der unteren Fläche des Kolbens bei A gleich ist, ein Druck von 420 Pfund stattfindet; so muß der Kolben D mit einer Kraft von 400 mal 420 Pfund d. h. von 168000 Pfund aufwärts gedrückt werden. Wenn wir nun auch annehmen, daß ein Viertel der Kraft durch die Reibung verloren gehe, so bleibt immerhin noch der ungeheure Effect von 12600 Pfund, bewirkt durch eine Kraft von 60 Pfund.

#### Specifisches Gewicht.

Jeder Körper verliert im Wasser so viel

an Gewicht, als die Wassermasse wiegt, welche er aus ihrer Stelle verdrängt. Die Richtigkeit dieses Satzes erhellt ganz leicht, wenn man sich die vom Körper verdrängte Wassermasse als Ganzes denkt, dem das übrige Wasser im Gefäß durch einen Druck von den Seiten her das Gleichgewicht halten mußte. Dieser Druck ändert sich aber nicht, ob der Raum mit Wasser, oder mit einem andern Körper ausgefüllt ist.

Ist nun der eingetauchte Körper schwerer als die verdrängte Wassermasse, so sinkt er zu Boden (Fig. 21 B); ist er eben so schwer als die verdrängte Wassermasse, so taucht er sich ganz ein, ohne unter zu sinken (Fig. 20 A); ist er aber leichter als Wasser, so ragt ein Theil desselben über das Wasser hervor (Fig. 21 A); und zwar so, daß die durch den eingetauchten Theil verdrängte Wassermasse gleich dem Gewichte des Körpers ist.

Auch ein Körper, der specifisch schwerer ist als Wasser, kann schwimmen, wenn man ihm eine solche Form gibt, daß 1) das durch den eingetauchten Theil verdrängte Wasser gleich ist dem ganzen Gewichte des Körpers und 2) der Schwerpunkt des Körpers senkrecht unter den Schwerpunkt der verdrängten Wassermasse zu liegen kommt. Fig. 22 zeigt eine hydrostatische Wage, durch welche es möglich ist, das specifische Gewicht eines Körpers zu finden. Man wiegt zuerst den Körper in der Luft, alsdann im Wasser, sieht seinen Gewichtsverlust bei dieser zweiten Wägung, oder, was dasselbe ist, das Gewicht der gleich großen Wassermasse, und kann als dann berechnen, wie vielmal der Körper schwerer ist, als die gleich große Wassermasse.

### Aräometer.

Dies sind Instrumente, welche, in Flüssigkeiten getaucht, deren specifisches Gewicht vergleichen sollen. Ihr Gebrauch beruht auf folgenden Betrachtungen: 1) Das Aräometer sinkt in Flüssigkeiten von verschiedenem specifischem Gewichte in umgekehrtem Verhältnisse zu diesem Gewichte; 2) die Gewichte, welche nöthig sind, um ein und dasselbe Aräometer in verschiedenen Flüssigkeiten gleich tief einsinken zu machen, stehen in geradem Verhältnisse zum specifischen Gewichte derselben. Aus der ersten Betrachtung ist das Aräometer mit Scalen (Fig. 23) hervor gegangen: Eine hohle Glasugel bedingt das Schwimmen des Instruments und eine darunter befindliche, mit Quecksilber gefüllte Kugel bewirkt, daß es aufrecht schwimmt. Die senkrecht stehende Röhre enthält die Scala.

Das Nicholson'sche Aräometer (Fig. 24) besteht ebenfalls aus einer hohlen Kugel A, welche zum Schwimmen dient und einem schweren Schälchen darunter, welches das aufrechte Schwimmen bedingt. Die Kugel trägt einen feinen Stift B mit einem Schälchen C, auf welches Gewichte gelegt werden, so daß das Instrument bis zu einem gewissen Zeichen einsinkt. Wenn man die aufgelegten Gewichte zu dem Gewichte des Instruments addirt, so erhält man das Gewicht der verdrängten Flüssigkeit.

Fig. 25 zeigt ein Instrument zur Bestimmung der relativen Schwere von zwei Flüssigkeiten, welche zusammen gegossen sich nicht vermischen; z. B. Quecksilber und Wasser, Del und Wasser u. s. w.

Die Scala zeigt an, wie hoch die leichtere Flüssigkeit im einen Schenkel steht im Vergleich mit der schwereren im andern Schenkel.

## Bewegung der Flüssigkeiten.

**Tafel 5.** Die Mechanik flüssiger Körper handelt von der Bewegung des Wassers an sich, dann von den Wirkungen des gegen feste Körper andrückenden Wassers und von dem Widerstande, welchen die im Wasser bewegten festen Körper erleiden.

**Fig. 1.** Die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser durch eine Horizontalöffnung ausfließt, (Fig. 1) ist nahezu gleich derjenigen, welche die Wassertheilchen erlangt hätten, wenn sie vom Niveau des Wassers bis auf den Boden des Gefäßes gefallen wären. — Auf jedes aus dieser Oeffnung fließende Wassertheilchen drückt nicht bloß die senkrecht darüberstehende Wassersäule, sondern auch das diese Säule umgebende Wasser. Dieses wird theilweise hälber zum Ausfluß gelangen, als höher liegende Wassertheilchen und es wird eine Bewegung in krummer Linie von den Seiten her stattfinden. Die Folge hiervon ist: 1) daß die verschiedenen Wassertheilchen einander hindern, und daß somit der Ausfluß nicht so schnell geschieht, als dies nach der Berechnung sein sollte; 2) daß eine Zusammenziehung des Wasserstrahls stattfindet.

Befindet sich in einer gewissen Höhe z. B. im oberen Theile eines Hauses, ein Wasserbehälter, der durch eine Röhrenleitung mit einer tiefer liegenden, aufwärts gerichteten, engen Röhre (z. B. in einem Garten) in Verbindung steht, so sollte das Wasser aus der engen Röhre beinahe bis zur Höhe des Wasserspiegels im Hause empor springen. Hinter dieser Höhe bleibt es aber um ein Bedeutendes zurück, weil seine Geschwindigkeit durch die Reibung an den Wänden, durch den Luftwiderstand und durch den Druck der zurückfallenden Wassertheile sehr vermindert wird. Auf dieses Prinzip gründet sich die

Einrichtung der meisten Springbrunnen. Fig. 2.

Maschinen zur Hebung des Wassers.

Diejenigen Maschinen, durch welche Wasser in Gefäßen durch Anwendung irgend einer mechanischen Kraft gehoben wird, sind wohl die am frühesten gebrauchten, wie z. B. das Schöpfrad (Fig. 3). Freihängende Cimer sind an dem durchs Wasser gehenden Radfranze angebracht und leeren sich, nachdem sie um den Durchmesser des Rades gehoben sind, indem sie an die Rinne anstoßen.

Die archimedische Schnecke (Fig. 4) hat die Einrichtung, daß ihre Drehachse sich mehr gegen den Horizont neigt, als die Achse der spiralförmig gewundenen Röhre sich gegen die Drehachse neigt; so daß der unterste Theil der Röhre dem eintretenden Wasser eine fallende Fläche darbietet. Auf diese Art wird bei der Drehung immer ein Theil Wasser und ein Theil Luft gefaßt, und es kann das Wasser bis zu einer beliebigen Höhe gebracht werden. — Fig. 5 stellt ein Schaufelwerk vor. Die Kette, welche aus ausgestopften Wulsten besteht, wird durch zwei Warzenräder geleitet und durch eine unbewegliche Röhre geführt, durch welche das Wasser, in Sellen eingeschlossen, emporgehoben wird.

In Fig. 6 ist ein Saugwerk gezeichnet. Mittelfst eines Hebels wird der durchbohrte und in seiner Bohrung mit einem Ventile A versehene, luftdicht schließende Kolben im Cylinder auf und ab bewegt. Das Saugrohr ist durch ein zweites Ventil B abgeschlossen. Wird nun der Kolben in die Höhe gezogen, so entsteht im Cylinder ein luftverdünnter Raum, so daß der Druck der atmosphärischen Luft das Wasser des Saugrohrs durch das Ventil B in den Cylinder treibt.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.



Alsdann schließt sich das Ventil B und beim Niedergehen des Kolbens tritt das Wasser über das Ventil A und wird so gehoben.

Fig. 7. Beim Druckwerk (Fig. 7) ist dieselbe Saugvorrichtung, allein wenn das Wasser über das Ventil des Saugrohrs getreten ist, so geht es nicht durch den Kolben, denn dieser ist nicht durchbohrt; sondern es wird durch ein Seitenrohr über das Ventil A hinaufgedrückt, und kommt dort entweder unmittelbar durch ein Steigrohr zum Ausfließen, oder es geht noch, wie in Fig. 7, in einen sogenannten Windkessel, und wird hier durch die Elasticität der zusammengepreßten Luft zum gleichförmigen Ausflusse genöthigt.

Fig. 8. Bei der Feuerspritze in (Fig. 8) ist ein doppeltes Druckwerk angebracht. Geht der Kolben in dem einen Cylindern aufwärts, (wie dieß der Pfeil anzeigt), so füllt sich dieser Cylindern durch Oeffnung des Ventils B. Zu gleicher Zeit geht der andere Kolben abwärts und treibt das Wasser durch das Ventil D (wie die Pfeile es angeben) in den Windkessel. Die dort in dem dunkelgehaltenen Raume zusammengepreßte Luft treibt das Wasser mit großer Geschwindigkeit in gleichförmigem Strahle durch eine beinahe auf den Boden reichende Röhre E und durch das angeschraubte Mundstück.

Fig. 9. Fig. 9 zeigt eine Saugschwungmaschine. Die Achse B A kann zugleich mit den oben gekrümmten Röhren durch die Welle B in rasche Umdrehung versetzt werden. Durch diese Umdrehung muß, weil die oberen Mündungen einen größeren Kreis beschreiben, als die unteren, nach den Gesetzen der Centrifugalkraft, das Wasser oben zuerst ausfließen und durch den sich fortspinnenden Druck der atmosphärischen Luft muß der hiedurch entstandene leere Raum aus dem im Kasten befindlichen Wasser sich wieder füllen. Soll

diese Maschine in Gang kommen, so müssen die Röhren zuvor gefüllt sein, was von oben geschehen kann, da sie unten Ventile besitzen.

#### Bewegung durch das Wasser.

Wenn eine bewegte Wassermasse gegen eine feste Wand stößt, so übt sie gegen diese einen Druck aus, der beinahe gleich ist dem Gewichte einer Wassersäule, welche die getroffene Fläche als Grundfläche und die der Geschwindigkeit entsprechende Fallhöhe zur Höhe hat.

Die Räder welche dazu dienen, die bewegende Kraft des Wassers aufzunehmen und fortzupflanzen, nennt man Wasserräder. Man unterscheidet Räder, bei welchen der Radkranz-Durchschnitt in einer senkrechten Ebene liegt, und solche, bei denen dieser Durchschnitt horizontal ist. Alsdann unterscheidet man Stoßräder und Druckräder. Soll das Wasser durch Stoß wirken, so sind am Radkranz dünne Schaufeln befestigt, welche den Stoß empfangen. Wirkt aber das Wasser durch sein Gewicht, so sind die Schaufeln zu Zellen verbunden, welche das Wasser fassen, es eine Zeit lang behalten und dann wieder ausleeren. Fig. 10 stellt ein unterschlächtiges Wasserrad, ein Stoßrad vor. Dasselbe hat häufig die Einrichtung, daß seine Achse gehoben oder gesenkt werden kann, je nach dem Stande des Wassers. Bei dieser Art von Rädern geht ein Theil der Kraft verloren durch den Stoß, und ein Theil geht unnütz fort, indem das abfließende Wasser noch Geschwindigkeit besitzt. Bei den oberflächlichen Rädern wirkt das Wasser durch sein Gewicht. (Fig. 11.) Oberflächliche Räder welche langsam gehen, verwerthen drei Vierteltheile der Wasserkraft. Große Geschwindigkeit mit Ueberfüllung der Zellen ist zu ver-

meiden. Das dritte Rad ist ein mittel-  
schlächtiges, auch Kropfrad genannt, wenn  
die nach Art des Rades gefornite Rinne das-  
selbe umgibt. Fig. 13 zeigt das Segner'sche  
Wasserrad. Durch einen Cylinder C B und  
die damit verbundenen Arme E, D wird Wasser  
von A her geleitet. Dieses übt auf jeden  
Theil der Arme einen Druck aus, welcher  
nach einer Seite hin, bei D und E, dazu  
verwendet wird, das Wasser ausfließen zu  
machen; nach der entgegengesetzten Seite hin  
aber, wo das Ausfließen unmöglich ist, wird  
der Druck dazu verwendet, die Arme zugleich  
mit dem Cylinder C B um dessen Achse zu  
drehen.

Die in neuerer Zeit so häufig angewen-  
deten horizontalen Wasserräder, welche man  
Turbinen nennt, beruhen auf demselben  
Prinzip.

Tafel 6. Gleichgewicht und Bewegung luft-  
förmiger Körper.

Die atmosphärische Luft umgibt die  
Erde in Form eines kugelförmigen, jedoch  
sehr abgeplatteten Körpers. Ihre Höhe wird  
gewöhnlich zu zehn Meilen geschätzt; allein  
es läßt sich, da sich dieselbe mit ihrer Ent-  
fernung von der Erdoberfläche immer mehr,  
und bis ins Unendliche verdünnt, keine be-  
stimmte Gränze angeben.

Die Luft unterlegt, wie wir schon früher  
gesehen haben, gleich andern Körpern dem  
Gesetze der Schwere; deshalb drücken die  
höher liegenden Luftschichten auf die unteren  
und diese verdichten sich in dem Maße, als  
sie dem Drucke der oberen Schichten unter-  
liegen. In Fig. 1. ist dieß bildlich dar-  
gestellt. Man findet dort dreißig Schichten  
bezeichnet bis zur Höhe von fünf und vierzig  
Meilen, und steht ein, daß die unteren Luft-  
schichten, welche von ganz geringer Höhe sind,

dennoch gleiches Gewicht mit den ausgedehnten  
oberen Luftschichten haben werden, weil jene  
vermöge des auf sie ausgeübten Druckes in  
demselben Verhältnisse dichter sind.

Dieses Zusammenpressen der Luft in  
einen engeren Raum ist bloß möglich durch  
die große Elasticität derselben, durch welche  
sie sich besonders von flüssigen Körpern we-  
sentlich unterscheidet. Im Uebrigen besitzt  
die Luft, wie schon früher gesagt worden ist,  
die allgemeinen Eigenschaften. Ihre Undurch-  
dringlichkeit mag durch folgenden Versuch  
noch mehr bestätigt werden: Fig. 2 ist ein  
Gefäß mit Wasser, auf dessen Oberfläche ein  
Stückchen Kork schwimmt. Fig. 3 ist ein  
enges cylindrisches Glas ohne Boden, A ein  
Hahn, der dasselbe verschließt. Ist der Hahn  
geschlossen und man stürzt das Gefäß über  
den Kork her, wie in Fig. 4 gezeichnet ist,  
drückt es hierauf ins Wasser bis zu einer ge-  
wissen Tiefe; so wird man sehen, daß das  
Wasser bloß zum Theil in das Gefäß ein-  
dringt, und daß der Kork niedriger steht als der  
äußere Wasserspiegel. Oeffnet man aber den  
Hahn, so daß die eingeschlossene Luft ent-  
weichen kann, so wird das Wasser zugleich  
mit dem Kork in eine Höhe steigen, gleich  
der des äußeren Wasserspiegels.

Die Beweglichkeit der Lufttheilchen ist  
sehr groß. Vermöge derselben füllt sich z. B.  
ein leerer Raum, zu welchem die Luft auch  
nur den kleinsten Zutritt hat, augenblicklich  
mit derselben. Der Wind ist nichts Anderes,  
als bewegte Luft. Tritt dieser Bewegung  
irgend ein Hinderniß entgegen, so erleidet  
dieses einen Druck. Umgekehrt setzt die Luft  
den in ihr bewegten Körpern einen Wider-  
stand entgegen, welcher bei zwei, drei, vier-  
facher Geschwindigkeit, vier, neun, sechzehn-  
mal größer wird. Von diesem Luftwider-  
stande können wir uns leicht überzeugen,

wenn wir einen offenen Schirm, oder einen großen Fächer bewegen.

Das Gewicht eines Kubiffußes Luft, wenn diese bis zum Gefrierpunkte des Wassers abgekühlt ist, beträgt am Meerespiegel ohngefähr  $2\frac{1}{4}$  Loth.

Der Luftdruck pflanzt sich nach allen Richtungen fort, was man leicht durch einen Versuch zeigen kann. Man füllt eine Blase mit Luft und setzt sie einem Drucke aus. Dieser Druck zwingt die Luft, mit einer und derselben Geschwindigkeit aus der Blase zu entweichen, wo immer man auch eine Oeffnung anbringen mag, welche dieses gestattet. Daß die oberen Luftschichten, dem Befehle der Schwere folgend, auf die unteren drücken, und daß die Größe des Druckes auf eine untere Schichte gleich dem Gewichte der Luftsäule ist, welche über dem beobachteten Punkte steht, daß endlich die Dichtigkeit der Luft an diesem Punkte dem Luftdrucke proportionirt ist, geht schon aus dem bei Fig. 1 Gesagten hervor. Am Meerespiegel ist der Druck der Atmosphäre ohngefähr 15 Pfund auf den Quadrat Zoll. Von diesem Luftdrucke kann man sich durch eine Menge von Beispielen

Fig. 5. überzeugen. Fig. 5 und 6 zeigt zwei hohle, genau auf einander passende Halbkugeln, deren eine ein Rohr mit einem Hahn hat und auf eine Luftpumpe geschraubt werden kann. Durch das letztgenannte Instrument kann nun aus den auf einander gestellten Halbkugeln (Fig. 6) die Luft, welche vorher der äußeren Luft das Gleichgewicht hielt, entfernt werden, so daß bloß noch der Druck dieser letzteren übrig bleibt; dieser preßt dann die Kugeln mit solcher Gewalt an einander, daß zwei Personen nicht im Stande sind, sie auseinander zu reißen.

Der Druck der atmosphärischen Luft ist es auch, welcher das Wasser über die Ven-

tile der Saugröhren treibt, (Tafel V. Fig. 6 und 7), und der beim Heber (Tafel IV. Fig. 17) hindert, daß an dessen Biegung ein leerer Raum entsteht und daß jeder Schenkel für sich ausfließt.

Fig. 7 stellt einen sogenannten Leder- Fig. 7. sauger vor, ein Spielzeug für Knaben, mittelst dessen sie Steine aufheben können. Das Leder wird im Wasser erweicht und dann auf den Stein gedrückt, so daß zwischen diesem und dem Leder sich keine Luft mehr befindet. Zieht nun der Knabe an der in der Mitte des Leders befestigten Schnur, so entsteht hier ein leerer Raum und die äußere Luft drückt den Stein so gegen den Rand des Leders, daß er unter Umständen gehoben werden kann.

Stellt man eine an einem Ende geschlossene und mit Quecksilber gefüllte Röhre, welche einen inneren Durchmesser von etwa zwei Linien und eine Länge von 30 Zollen hat, mit ihrem offenen Ende in ein Glas mit Quecksilber (Fig. 8), so sinkt das Queck- Fig. 8. silber in der Röhre um einige Zolle, bildet aber immerhin noch eine Säule von etwa 27 Zoll Höhe über dem Niveau des Quecksilbers im Glase. Der übrige Raum in der Röhre ist luftleer. Bringt man in der Nähe des höchsten Punktes der Quecksilbersäule eine Scala an, so erhält man ein Barometer. Die Kraft nun, welche dieser 27 Zoll langen Quecksilbersäule das Gleichgewicht hält, kann keine andere sein, als der Druck der atmosphärischen Luft, welcher sich durch das Quecksilber im Glase bis zu demjenigen in der Röhre fortpflanzt. Mittelst der Höhe dieser Quecksilbersäule kann man also genau auf den Druck der atmosphärischen Luft schließen.

In Fig. 9 ist ein Heberbarometer mit Fig. 9. einem Glase gezeichnet. Dasselbe besteht wieder aus einer abgeschlossenen, mit Flüssigkeit ge-



füllten, unten umgebogenen Röhre. Das Quecksilber ist sorgfältig eingefüllt, so daß ein vollkommen luftleerer Raum sich bildet. Auf dem Quecksilber im kurzen, offenen Schenkel schwimmt ein Körper, an welchem ein Faden und durch diesen eine kleine Kugel *w* hängt. Der Faden geht über eine Rolle, welche einen Zeiger *I* trägt, und beim Steigen oder Fallen des Schwimmers *F* dreht die Schnur vermittelst der Reibung die Rolle, und bewegt so den Zeiger. Das ganze Instrument mit Ausnahme des Zifferblattes ist in der Regel in ein Gehäuse eingeschlossen.

Bei warmen, feuchten Winden steht das Barometer gewöhnlich niedriger, als bei kalten, trockenen; überdieß vermindert sich der Luftdruck durch den Niederschlag der in der Luft enthaltenen Wasserdämpfe; deßhalb hängen die Schwankungen des Barometers mit Witterungsveränderungen zusammen, so daß das Instrument häufig als Witterungszeiger benutzt wird.

Die Abnahme der Höhe einer einen Druck ausübenden Luftsäule hat natürlich unter sonst gleichbleibenden Umständen eine Abnahme der Höhe der Quecksilbersäule zu Folge; und da man berechnen kann, wie weit man an irgend einem Orte zu steigen hat, bis das Barometer um eine Linie fällt: so wird dieses Instrument zu Bestimmung von Berghöhen benutzt. (Fig. 1) Ist man z. B. an der Meeresfläche 73 Fuß gestiegen, damit das Barometer um eine Linie falle; so findet sich die nächste Höhe, um welche man steigen muß, damit dieses um eine weitere Linie falle, schon größer als 73 Fuß; und zwar nach dem Gesetze, daß der Raum, den eine Luftschichte einnimmt, so viel mal größer wird, wie viel mal kleiner der Druck, dem die Luft ausgesetzt ist. Von dem Wachsen dieser Räume, um welche man sich erheben muß,

um das Barometer stets um die gleiche Höhe fallen zu machen, soll Fig. 1 eine Vorstellung geben.

### Lustpumpe.

Die Luft kann aus einem Gefäße auf künstliche Art entfernt werden durch ein Instrument, welches man Lustpumpe heißt. Dieses besteht in der Hauptsache aus einer Glasglocke, genannt Recipient, welche auf den Teller genau aufgesezt ist und durch eine enge Röhre mit einem Cylinder in Verbindung steht, in welchem ein Kolben luftdicht auf- und abgeht.

Von den verschiedenartigen Constructionen dieses Instrumentes ist eine in Fig. 10 u. 11 Fig. 10, veranschaulicht. *A* ist der Recipient, *B* der Teller, auf welchen ersterer luftdicht paßt, *C C* ist die Verbindungsrohre und *DD* sind die Cylinder. Diese Cylinder haben Ventile *E* (Fig. 11), welche sich bloß nach oben öffnen, so daß zwar die Luft aus der Glocke in die Cylinder dringen, aber nicht von dort zurückweichen kann. Die in den Cylindern laufenden Kolben sind durchbohrt und die Bohrungen ebenfalls durch Ventile verschlossen, welche sich nach oben öffnen. Wird nun durch die Drehung der Kurbel mit dem Rade die eine gezahnte Stange mit dem Kolben aufwärts gehoben, so entsteht ein luftleerer Raum und es dringt Luft aus der Glocke in den Cylinder. Beim Niedersteigen des Kolbens tritt diese Luft über das Kolbenventil und wird so hinweg geschafft. Die zwei Cylinder wechseln in diesen ihren Verbindungen mit einander ab.

Mittelst der Lustpumpe kann eine Reihe interessanter Versuche angestellt werden: Der äußere Luftdruck preßt z. B. bei zunehmender Verdünnung die Glocke fest gegen den Teller. Im luftleeren Raume fällt ein leichter und

ein schwerer Körper mit gleicher Geschwindigkeit. In diesem Raume sterben die meisten Thiere im Augenblick, während andere, z. B. Frösche, noch lange leben. Das Wachsthum einer Pflanze hört im luftleeren Raume auf, es findet keine Verbrennung statt, der Schall hört beinahe ganz auf und das Verdunsten der Flüssigkeiten geht außerordentlich schnell.

Fig. 12. Fig. 12 zeigt eine Compressionspumpe, bestehend aus einem bei A offenen Cylinder, der bei B ein nach unten sich öffnendes Ventil hat. Der Kolben treibt die Luft unter das Ventil und dieses verschließt ihm den Rückweg. Durch eine Schraube kann man dieses Instrument an ein Gefäß schrauben, welches die verdichtete Luft enthalten soll.

Fig. 13. Fig. 13 stellt den Heronsbrunnen vor. In dem Raume A A wird durch die eben beschriebene Pumpe die Luft verdichtet, so daß diese auf das im Gefäße enthaltene Wasser einen starken Druck ausübt und, wenn der Hahn geöffnet wird, mit großer Geschwindigkeit ausströmt. In Fig. 14 wird die comprimirtete Luft dazu verwendet, eine Kugel aus dem Laufe der Windbüchse zu werfen. In der an den Lauf geschraubten und mit einem Ventile versehenen hohlen Kugel A ist comprimirtete Luft. Beim Abdrücken öffnet

Fig. 14. sich das Ventil, es kommt ein Theil der Luft heraus, dehnt sich im Laufe aus und schleudert so die Kugel fort.

Der Ballon. (Fig. 15) ist aus leichtem Seidengewebe gefertigt, hat einen großen Durchmesser und ist mit einem Gase gefüllt, dessen specifisches Gewicht kleiner ist, als das der Luft; so daß das Gewicht der ganzen Maschine beträchtlich kleiner ist, als das Gewicht der durch diese verdrängten Luft, und daß der Ballon in die Höhe steigt. In dem darunter hängenden Schiffchen können Personen Platz finden. Der Unterschied zwischen dem Gewichte der verdrängten Luft und demjenigen des Ballons wird allmählig kleiner, und wenn er gleich Null ist, so hört das Steigen auf. Wird durch eine Klappe ein Theil des Gases zum Ausströmen gebracht, so sinkt der Ballon.

Fig. 16 stellt eine Taucherglocke vor. Sie ist aus Eisen und hat gewöhnlich Raum für drei oder vier Personen. Sie beruht auf dem Principe der Undurchdringlichkeit der Luft. Durch eine Luftpumpe wird von oben stets frische Luft eingepumpt, das Wasser kann nicht in die Maschine dringen, und so können die Personen ungehindert athmen. A bezeichnet die Röhre, durch welche frische Luft eingepumpt, B diejenige, durch welche die verdorbene Luft weggeführt wird.

leere Räume erzeugen, die sich alsbald wieder mit anderer Luft ausfüllen und somit dort eine Verdünnung der Luftschichten bewirken. Diese Verdichtung und Verdünnung pflanzt sich wellenförmig fort, wie dieß bei einer Flüssigkeit der Fall ist, in welcher durch eine Bewegung Wellen erzeugt werden. Nur gehen

## Tafel 7.

## S c h a l l.

Fig. 1. Durch die schwingende Bewegung elastischer Körper entsteht der Schall. (Fig. 1) Wird eine Glocke angeschlagen, so kommt sie in Schwingungen, welche die mit ihr in Berührung stehende Luft abwechselnd aus der Stelle treiben und sie deshalb verdichten; welche aber auch auf der anderen Seite

leere Räume erzeugen, die sich alsbald wieder mit anderer Luft ausfüllen und somit dort eine Verdünnung der Luftschichten bewirken. Diese Verdichtung und Verdünnung pflanzt sich wellenförmig fort, wie dieß bei einer Flüssigkeit der Fall ist, in welcher durch eine Bewegung Wellen erzeugt werden. Nur gehen

die Wellen, statt bloß nach horizontaler Richtung, bei der Luft nach allen Richtungen fort und umgeben die Glocke oder den schwingenden Körper kugelförmig. Diese wellenförmige Fortpflanzung des Schalls geschieht mit einer gleichförmigen Geschwindigkeit von 1080 rheinl. Fuß in der Secunde. In zwei, drei, vierfacher Entfernung wird der Schall vier, neun, sechzehn mal schwächer; auch hat er bei gleicher Entfernung vom schallenden Körper eine größere Stärke in der Richtung, in welcher dieser seine Schwingungen macht. Diese Stärke hängt ferner von der Größe des schallenden Körpers, von der Größe und Geschwindigkeit der Schwingungen und von der Dichtigkeit der Luft ab.

Wenn die Schallwellen bei ihrer Ausbreitung in der Luft auf eine Fläche treffen, so werden sie unter demselben Winkel, unter welchem sie eingefallen sind, auch wieder zurückgeworfen, wie dieß überhaupt bei einer Wellenbewegung, welche auf einen Widerstand stößt, der Fall ist.

Wenn die Wand, welche die Schallwellen zurückwirft, so weit vom Ohre entfernt ist, daß der reflectirte Schall vom directen deutlich unterschieden werden kann, was bei einer Entfernung von 60 Fuß der Fall ist; so entsteht der Wiederhall, das Echo. Ein Echo kann doppelt, dreifach, vierfach... sein, je nach der Anzahl und Stellung der zurückwerfenden Wände. Eines der interessantesten Echos findet sich im Rheinthal zwischen Coblenz und Bingen. P (Fig. 2) ist der Punkt, von welchem die Schallwellen (z. B. bei Abfeuerung einer Pistole) ausgehen; sie werden von der gegenüberliegenden Wand bei A in der Richtung A B zurückgeworfen, treffen die diesseitige Uferwand wieder bei B, werden hier reflectirt u. s. f., so daß ein siebenfaches Echo entsteht. Dort findet sich noch die Er-

scheinung, daß Personen, welche das Echo hören, den directen Schall kaum vernehmen können. Parabolisch gekrümmte Flächen haben die Eigenschaft, daß sie Schallwellen, welche parallel mit der Achse auf sie fallen, in einen Punkt zurückwerfen, so daß die Vereinigung der verschiedenen Wellen auf unser Ohr wirkt, während wir die einzelnen Wellen nicht wahrnehmen. Durch dieses Gesetz finden die sogenannten Flüstergalerien oder Sprachgewölbe ihre Erklärung. Fig. 3 stellt die Flüstergalerie in der St. Paulskirche zu London vor. S sei der Sprecher, H der Hörer. Die Schallwellen kommen nun nicht bloß direct von S nach H, sondern auch von den Wänden zurückgeworfen in den Richtungen S B H, S A B C H u. s. f. Hierdurch wird der Schall bei H bedeutend stärker, als wenn er bloß direct von S kommen würde; so daß z. B. das bloße Schließen der Thüre bei S einen Schall erzeugt gleich dem Rollen des Donners. Fig. 4 zeigt ein Sprachrohr. Dasselbe besteht aus einem hohlen, abgekürzten Kegeln, dessen engere Oeffnung der Sprechende in den Mund nimmt, während die weitere Oeffnung derjenigen entfernt stehenden Person zugewendet wird, welche die Worte vernehmen soll. Die Wirkung des Instrumentes beruht darauf, daß durch die Zurückwerfung der Schallwellen von den Wänden des Rohrs die Töne zusammengehalten werden; oder vielmehr, daß sie ziemlich parallel mit der Achse des Rohrs austreten, und daher in dieser Richtung am stärksten fortgepflanzt werden.

Das Hörrohr (Fig. 5) hat gerade die umgekehrte Einrichtung. Die von dem weiteren Ende aufgefangenen Schallwellen werden nach dem inneren Theile der Röhre hin reflectirt und dem Ohre, welches dort angelegt ist, zugeführt.

Fig. 6 stellt eine akustische Röhre vor, welche dazu gebraucht wird, mit Personen in entfernten Zimmern zu verkehren; die sprechende Person bringt den Mund, die hörende das Ohr an die Mündung der Röhre.

Die Verrichtungen der einzelnen Theile des Gehörorgans sind uns nur unvollkommen bekannt. Vom äußeren Ohre (Fig. 7) geht eine Leiteröhre, der sogenannte Gehörgang in den Kopf. Diese führt die Schallwellen bis zu einem feinen Felle, oder einer Haut A, Trommelfell genannt, welche die Röhre abschließt, indem sie über deren runder Oeffnung ausgespannt ist. Hinter dieser Haut liegen vier eigenthümliche, kleine Knöchelchen B, C, D, E, Hammer, Ambos, Keilbein, Steigbügel genannt, und zwar in der sogenannten Paukenhöhle, welche durch einen Canal, die eustachische Röhre, mit der Mundhöhle in Verbindung ist. Die nächste Abtheilung des Ohres ist nun das Labyrinth, welches aus verschiedenen Höhlungen besteht: aus der Schnecke I, und aus drei halbkreisförmigen Kanälen: H H und G. Diese vereinigen sich in eine gemeinschaftliche Höhle, in welcher sich der Gehörnerv ausbreitet, der zuletzt ganz weich und flüssig wird. Die Verrichtungen dieser Theile sind nun folgende: Die Schallwellen, von der Ohrmuschel aufgefangen, kommen durch den Gehörgang zum Trommelfell, welchem sie die schwingende Bewegung mittheilen. Hiedurch kommt die Luft in der Paukenhöhle, sowie die vier Gehörknöchelchen in schwingende Bewegung und diese Schwingungen werden dann dem im Labyrinth ausgebreiteten Gehörnerven mitgetheilt.

Beim Schlagen eines Hammers, beim Abschießen einer Pistole, wobei die Schwingungen der Luft eine sehr kurze Dauer haben, vernehmen wir einen Knall; folgen aber gleichmäßige Schwingungen mit gehöriger Ge-

schwindigkeit auf einander, so entsteht ein Ton. Je regelmäßiger die Schwingungen, desto reiner der Ton.

Der Haupttöne in der Musik gibt es bloß sieben. Diese werden entweder durch die Sylben do, re, mi, fa, sol, la, si, oder durch die Buchstaben des Alphabets bezeichnet. (Fig. 8).

Fig. 8.

Fig. 9 zeigt eine schwingende Saite. Wird diese auf die Hälfte verkürzt, so macht sie bei gleicher Spannung doppelt so viele Schwingungen, als vorher. Sie gibt dann einen Ton, der dem ersten vollkommen entspricht, und zwischen diesen zwei entsprechenden Tönen liegen jene sieben, von denen eben die Rede war. Je größer also die Schwingungszahl einer gespannten Saite ist, desto höher ist der Ton. Ueberhaupt gelten in Bezug auf eine gespannte Saite folgende Gesetze: 1) damit die Schwingungszahl zwei, drei, vier, fünfmal größer werde, muß man die Saite vier, neun, sechzehn, fünfundzwanzigmal stärker spannen. 2) Wird die Saite zwei, drei, viermal kürzer gemacht, so wird hiedurch die Schwingungszahl 2, 3, 4 mal größer. 3) Eine Saite von zwei, drei, viermal kleinerem Durchmesser hat eine zwei, drei, viermal größere Schwingungszahl. Auf den tiefsten wahrnehmbaren Ton kommen etwa sieben, auf den höchsten 24000 Schwingungen in der Secunde. Die Schwingungszahlen für die in Fig. 8 bezeichneten Töne haben folgendes Verhältniß:

Fig. 9.

C,	D,	E,	F,	G,	A,	H,
24	27	30	32	36	40	45;

das nächste C hat dann nach dem Obigen 48 u. s. f.

Setzen wir unsere Stimme in Einklang mit einer schwingenden Saite, welche etwa den Ton C angibt, so entsteht in unserem Kehlkopfe genau dieselbe Anzahl von Schwingungen, wie bei der Saite. Ueberhaupt wird also bei den musikalischen Instrumenten, so



verschieden diese auch sein mögen, der gleichen Note die gleiche Anzahl von Schwingungen entsprechen.

#### Musikalische Instrumente.

Fig. 10  
bis 20.

Die schönsten Töne werden durch die menschliche Stimme hervor gebracht. Diese bilden sich dadurch, daß die Luft aus den Lungen die angespannten Stimmbänder in Schwingungen versetzt, welche sich der im Kehlkopfe und in der Mundhöhle eingeschlossenen Luft mittheilen. Je stärker die Stimmbänder sich spannen und je mehr die Stimmritze sich verengt, desto höher werden die Töne. Es ist staunenswerth, wie durch diese einfache Einrichtung der menschlichen Stimmorgane all die verschiedenen Modificationen des Tones bewirkt werden können. Zu bestimmten Lauten trägt die Stellung der Zunge, der Zähne, der Lippen u. s. f. bei.

Die musikalischen Instrumente theilt man in drei Classen: Streich- oder Resonanz-Instrumente, z. B. Harfe, Geige, Piano u.; dann Blasinstrumente, z. B. Clarinette, Flöte, Orgel u.; endlich Metallinstrumente, z. B. Glocken, Cymbeln u. Die Bewegungen der Hand auf der Harfe, des Bogens auf der Violine u. s. f. erzeugen Schwin-

gungen. Nun haben alle Saiteninstrumente einen Resonanzkasten, von dessen Construction die Beschaffenheit des Tones abhängt. Die Saite, der Kasten und die in ihm enthaltene Luft bilden ein schwingendes System, wovon jeder Theil in seiner Art zum Klange beiträgt. Was die Töne der Blasinstrumente betrifft, so werden sie durch die Schwingungen einer Luftsäule hervorgebracht, welche sich in Röhren befindet, die entweder an beiden Enden, oder bloß an einem Ende geschlossen sind. Hier ist die Länge der Luftsäule von wesentlichem Einflusse auf den Ton. Bei der Flöte, Clarinette und dem Fagott wird die Veränderung der Töne durch Oeffnen und Schließen von Löchern an der Seite hervorgebracht, indem hiedurch die schwingende Luftsäule länger oder kürzer wird. Bei der Trompete, dem Horne u. bestimmt der Mund und die Lippen den Ton. Bei Orgeln gibt jede Pfeife bloß einen Ton an und die Harmonie wird dadurch hergestellt, daß man mittelst der Tasten die Pfeifen nach Belieben öffnet oder schließt.

Die Glocken sind in Bezug auf Höhe des Tones abhängig von ihrer Form und ihrer Composition.

### S i c h t.

Wie der Schall durch Schwingungen elastischer Körper sich wellenförmig fortpflanzt, so scheint auch die Fortpflanzung des Lichtes auf Schwingungen eines das Weltall erfüllenden Stoffes, des Weltäthers zu beruhen. Nach dem Verhalten der Körper in Bezug auf das Licht unterscheiden wir leuchtende und dunkle Körper. Letztere sind uns bloß sichtbar, wenn von selbstleuchtenden Körpern Lichtwellen (Strahlen) auffallen, welche sie

zurückwerfen. Ursachen des Selbstleuchtens sind u. A.: der Verbrennungsprozeß, dann die Entladung der Electricität. Ein Selbstleuchter, dessen Licht am meisten hervortritt, ist die Sonne. Fast alle bekannten Körper werden, während sie erwärmt oder erhitzt sind, zu Selbstleuchtern. Das Licht pflanzt sich von einem leuchtenden Körper aus (Fig. 1 und 2) nach allen Richtungen gleich und in geraden Linien fort. Diese Licht-

strahlen sollen durch die Linien in der Figur angedeutet werden. Man hat einen leuchtenden Körper nicht bloß an sich als Mittelpunkt der Lichtverbreitung zu betrachten; sondern jeder einzelne Punkt des Körpers muß als Mittelpunkt einer Strahlung nach allen Seiten hin angesehen werden. Wenn Lichtstrahlen auf einen für sie undurchdringlichen Körper treffen, so werden sie gezwungen, ihre Richtung zu verlassen. Hierdurch entsteht hinter dem Körper ein Raum, der dieses Lichtes entbehrt und den man Schatten

Fig. 3. nennt. Ist der leuchtende Körper A (Fig. 3) größer als der nicht leuchtende B, so bildet sich ein Schattenkegel, der in einen Punkt ausläuft. Man sagt von einem Körper, der sich innerhalb dieses Schattenkegels befindet, er sei im Kernschatten, während man unter Halbschatten den Raum versteht, welcher bloß von einem Theile des leuchtenden Körpers Licht erhalten kann. Wenn der dunkle Körper

Fig. 4. wie in Fig. 4 größer ist, als der Leuchtende, so nimmt die Größe des Schattens mit der Entfernung, der den Schatten auffangenden Wand zu.

Fig. 5. Trifft (Fig. 5) Licht von drei leuchtenden Punkten, B, C, D aus auf einen undurchsichtigen Körper A, so entstehen, den drei Lichtern entsprechend, drei Schattenbilder b, c, d, von denen aber keines eigentlicher Kernschatten sein wird, weil es ja von den zwei andern Punkten aus noch Licht erhält.

Zu rückwerfung des Lichtes. Fällt Licht auf einen Körper, welcher nicht selbstleuchtend ist, so geht ein Theil dieses Lichtes verloren, wird verschluckt, ein anderer Theil wird zurück geworfen, und zwar so, daß der einfallende Strahl, der zurück geworfene Strahl und das Einfallslot in einerlei Ebene liegen, und daß der Einfallswinkel

Fig. 6. so groß ist, als der Reflexionswinkel. Fig. 6.

Das Gesetz der Reflexion kann an einem ebenen Spiegel AB (Fig. 7) am deutlichsten Fig. 7. gezeigt werden. Der Lichtstrahl, welcher von C aus senkrecht auf den Spiegel trifft, wird in der gleichen Linie C A reflectirt, so daß er von C' zu kommen scheint; allein der schiefe Strahl D B wird in der Richtung C B reflectirt, so daß er von E' in der Richtung E' B C zu kommen scheint. Es erscheint uns deshalb ein Bild eben so weit und in gleicher Größe hinter einem ebenen Spiegel, als der Gegenstand, welchem das Bild zugehört, vor dem Spiegel ist. In der Optik werden drei Arten von Spiegeln angewendet: Planspiegel, Wölbspiegel, Hohlspiegel. Ein Wölbspiegel macht, daß die Strahlen divergiren, ein Hohlspiegel sammelt sie in einen Punkt. Die parallel mit der Achse des Wölbspiegels in Fig. 8 einfallenden Lichtstrahlen werden so reflectirt, daß sie von einem gemeinschaftlichen Punkte F auszugehen scheinen, welcher der geometrische Brennpunkt heißt und auf der Mitte des Halbmessers O K liegt. Hieraus ist leicht ersichtlich, daß, wenn die Strahlen von einem Gegenstande A B (Fig. 9) ausgehen, Fig. 9. das Auge in dem Wölbspiegel M N einen kleineren Gegenstand zu sehen glaubt, und zwar zwischen dem Brennpunkte und dem Spiegel.

Fig. 10 zeigt die Wirkung eines Concavspiegels. Die parallel auffallenden Strahlen A M und C N werden in den Brennpunkt F reflectirt, der senkrecht auffallende Strahl B P wird in sich selbst zurückgeworfen. Die Halbmesser C M und C N sind Einfallslothe. Von einem Gegenstande, der sich innerhalb der Brennweite befindet (Fig. 11) entsteht ein aufrechtes und vergrößertes Bild, welches hinter dem Spiegel zu sein scheint. Hat aber der Gegenstand

Fig. 12. A B, Fig. 12 eine ziemlich große Entfernung vom Spiegel, die jedenfalls größer ist, als der Halbmesser C P, so entsteht zwischen dem Mittelpunkte und dem Brennpunkte ein verkleinertes, verkehrtes Bild D E. Wenn der Gegenstand A B sehr weit entfernt ist, so fällt das Bild nahezu in den Brennpunkt. Die Sonnenstrahlen, welche als von einem unendlich weit entfernten Gegenstande ausgehend und parallel mit der Achse auf den Spiegel fallend angesehen werden können, vereinigen sich im Brennpunkte, so daß dort nicht bloß eine leuchtende, sondern auch eine sehr erwärmte Stelle sich findet, in der manche

Fig. 13. Körper (Fig. 13) sich entzünden.

**Brechung des Lichtes.** Wenn das Licht aus einem durchsichtigen Körper in einen andern, z. B. aus Luft in Wasser übertritt, so geht nur ein Theil desselben in das neue Mittel über, ein anderer Theil wird reflectirt und ein Theil wird verschluckt. Der Strahl, welcher in ein anderes Mittel eintritt, bildet mit dem auffallenden Strahle keine gerade Linie, sondern einen Winkel. Man heißt diese Erscheinung die „Brechung“ des Lichtes.

Fig. 14. In Fig. 14 sieht man ein Gefäß, zum Theil mit Wasser gefüllt. Fällt ein Lichtstrahl in der Richtung A B senkrecht auf dessen Oberfläche, so geht er in der gleichen Richtung weiter bis C. Läßt man ihn aber bei D in das Gefäß, so daß er die Oberfläche des Wassers in der schiefen Linie D B trifft; so wird er gegen das Einfallslot A C hin gebrochen und geht in der abweichenden Linie B E weiter. Legt man auf den Boden

Fig. 15. eines undurchsichtigen Gefäßes (Fig. 15) eine Münze und steht so weit zurück, daß sie durch den Rand des Gefäßes dem Auge eben verdeckt worden ist, so wird dieselbe wieder sicht-

bar, sobald man Wasser in das Gefäß gießt. Diese Thatsachen führen auf ein wichtiges Gesetz in der Lehre vom Lichte; daß wir nämlich Alles in der Richtung derjenigen Linie sehen, in welcher die von den Gegenständen ausgehenden Lichtstrahlen unser Auge treffen. Die Sonne z. B. sehen wir einige Minuten lang, bevor sie wirklich über den Horizont kommt; und jeden anderen Himmelskörper sehen wir an einem scheinbaren, und nicht an seinem wirklichen Orte. Da die Dichtigkeit der Atmosphäre mit der Tiefe zunimmt, so erleidet ein sie durchdringender Lichtstrahl immer neue Brechungen und sein Weg ist deshalb eine krumme Linie (Fig. 16); Fig. 16. den Himmelskörper sehen wir nach der Richtung der an diese krumme gezogenen Berührungslinie.

Geht ein Lichtstrahl durch einen durchsichtigen Körper, welcher von parallelen Wänden begrenzt ist, z. B. durch die im Durchschnitte A A (Fig. 17) gezeichnete Fig. 17. Glasplatte, so ist der austretende Strahl mit dem auffallenden parallel; denn er ist beim Eintritte zum Einfallslot und beim Austritte vom Einfallslot gebrochen worden. Anders ist dieß, wenn die den durchsichtigen Körper begrenzenden Flächen nicht parallel sind. So z. B. wenn (Fig. 18) parallele Strahlen Fig. 18. auf eine durch zwei Kugelflächen begrenzte Glaslinse (Sammellinse) fallen, so vereinigen sie sich im Brennpunkte auf der entgegengesetzten Seite der Linse. Die Figuren 19 bis 23 Fig. 19 bis 25. zeichnen die verschiedenen Arten von Linsen. Fig. 19, 21 und 23 zeigen Sammellinsen, Fig. 20 und 22 sind Zerstreuungslinsen. Fig. 25 zeigt die Wirkung einer solchen Zerstreuungslinse; durch die erste Brechung kommen die parallelen Strahlen nach a und c und durch die zweite nach d, e. Der Strahl B, welcher durch die Mitte geht, wird nicht ge-

brochen. Eine planconvexe Linse ist ein Ab-  
 Fig. 26. schnitt einer Kugel. (Fig. 26)

### Die Farbenzerstreuung.

Das weiße Licht ist nicht einfach, sondern ein weißer Lichtstrahl ist aus unzählig vielen verschiedenfarbigen Lichtstrahlen zusammengesetzt. Gehen diese Lichtstrahlen durch einen durchsichtigen Körper mit zwei gegen einander geneigten Flächen, (durch ein Glasprisma Fig. 24), so werden die verschieden farbigen Strahlen auch verschieden stark gebrochen. Stellt man nun ein solches durchsichtiges Prisma so, daß durch die Oeffnung  
 Fig. 27. A (Fig. 27) ein Lichtbüschel auf dasselbe fallen kann; so werden die violetten Lichtstrahlen am stärksten gebrochen, die rothen am schwächsten, und man erhält somit statt eines einzigen, der Oeffnung A entsprechenden weißen Bildes an der Wand B C ein längliches Bild, das die dort angegebenen Farben: roth, orange, gelb, grün, blau, indigo, violett der Reihe nach zeigt. Neben diesen sieben Hauptfarben, welche nicht scharf von einander geschieden sind, gibt es unendlich viele Zwischenfarben. Theilt man das sogenannte Spectrum B C in 360 Theile, so kommen auf roth 45 Theile, auf orange 27, gelb 48, grün 60, blau 60, indigo 40, violett 80.

Aus diesen Farben kann man wieder die weiße Farbe erzeugen. Die gleichen Farben, wie sie hier aufgeführt sind, sehen wir bei einer der schönsten Naturerscheinungen, dem  
 Fig. 28. Regenbogen (Fig. 28). Derselbe zeigt sich bloß beim Regen, wenn zu gleicher Zeit die Sonne scheint. Er bildet einen breiten, kreisförmigen Streif, der an der äußeren Seite roth, an der inneren violett gefärbt ist, und erscheint immer der Sonne gegenüber. Da die das weiße Sonnenlicht zusammensetzenden verschieden farbigen Strahlen eine ungleiche

Brechbarkeit besitzen, so gelangen von den nämlichen Regentropfen nicht alle verschieden farbigen Strahlen in gleichem Verhältnisse in unser Auge; sondern dieses erhält von gewissen Tropfen vorzugsweise rothe, von anderen gelbe, von andern grüne Strahlen u. s. w. Oft bildet sich ein zweiter Bogen, der von doppelter Brechung der Lichtstrahlen herrührt, dessen Farben aber nicht so lebhaft sind und in umgekehrter Ordnung auf einander folgen.

### Das Auge und das Sehen.

Die Figuren 29 und 30 zeigen ein Auge Fig. 29 in der Ansicht und im Durchschnitte. Das- und 30. selbe wird gebildet durch drei Haupthäute: 1) Die harte oder weiße Haut a a, welche vorn in die convexe und durchsichtige Hornhaut b b übergeht; 2) unter dieser befindet sich die Aderhaut, welche aus einem Geflechte von sehr feinen Gefäßen besteht und an ihrer inneren Seite mit einer schwarzen, schleimartigen Masse überzogen ist, welche hindert, daß die Strahlen im Inneren des Auges reflectirt werden. Vorn tritt nun an die Stelle der Aderhaut die verschieden gefärbte Regenbogenhaut, welche in der Mitte eine Oeffnung c hat, die Pupille genannt. Diese Haut scheidet das Auge in zwei Kammern. Unter der Aderhaut befindet sich 3) die Netzhaut r, r, welche als Fortsetzung des Sehnervs angesehen werden kann. Die vordere Kammer c ist mit einer salzigen, wässrigen Feuchtigkeit, die hintere aber mit einer durchsichtigen, eiweißartigen Substanz, dem Glaskörper gefüllt. In einer Vertiefung liegt die Krystall-Linse d, welche von etwas festerer Masse ist. Diese verschiedenen Feuchtigkeiten nun bilden eine zusammengesetzte Linse, welche ein verkehrtes Bild auf der Netzhaut erzeugt, das durch die Empfindung des Sehnervs zu unserem Bewußtsein gelangt.



### Einige optische Instrumente.

Es gibt eine Menge von Fernröhren der verschiedensten Art. Die Linsen derselben dienen theils dazu, die Strahlen zu sammeln, theils dazu, das Bild zu drehen und zu vergrößern; endlich dazu, die Farbenzerstreuung aufzuheben.

Fig. 31. Fig. 31 zeigt uns ein Fernrohr mit vier doppelt converen Linsen. Die Lichtstrahlen, welche vom Gegenstande A B herkommen, werden zuerst gesammelt durch die Objectivlinse C und geben das verkehrte Bild G; alsdann gehen die Strahlen durch D und E und erzeugen das aufrechte Bild H, welches durch das Ocularglas F noch vergrößert wird.

Fig. 32. Fig. 32 zeichnet ein Telescop, das sich vom gewöhnlichen Fernrohre dadurch unterscheidet, daß das Bild nicht durch eine Linse, sondern durch einen hohlen Spiegel A B erzeugt wird. Dieser hat in der Mitte ein Loch C; es erzeugt sich nun ein verkehrtes Bild D E und die von diesem Bilde ausgehenden Strahlen werden vom Reflector G parallel mit seiner

Achse durch das Loch c zurückgeworfen, wo das Bild, durch Ocular-Linsen vergrößert, betrachtet werden kann. Durch eine Schraube L M kann der Reflector genähert oder entfernt werden.

Fig. 33 zeigt eine Camera obscura. Durch eine Converlinse A fallen Lichtstrahlen, von irgend einem Gegenstande ausgehend, in eine finstere Kammer; dort treffen sie auf einen ebenen Spiegel B unter einem Winkel von 45 Grad. Durch diesen Spiegel werden sie so zurückgeworfen, daß das Bild auf eine mattgeschliffene Glastafel C fällt, auf welcher dasselbe in seiner natürlichen Farbe erscheint und nachgezeichnet werden kann.

In Fig. 34 sehen wir eine sogenannte Zauberlaterne. Hinter der Lampe ist ein Reflector A, der die Lichtstrahlen durch eine Linse B wirft und so die auf Glas gezeichneten und durch die Oeffnung D C geschobenen Figuren sehr stark beleuchtet. Die Strahlen gehen hierauf durch die Linse E und entwerfen ein Bild auf der gegenüberstehenden Wand.

### Kap. 9.

### Electricität.

Manche Körper kommen durch Reibung an anderen Körpern in einen Zustand, in welchem sie sehr leichte Körperchen aus irgend einem Stoffe anziehen, nachdem aber eine Verührung stattgefunden hat, sie wieder abstoßen. Die Kraft, vermöge welcher diese Bewegung stattfindet, heißt Electricität. Der Elementarversuch kann mit einer Siegelack- oder Glasstange angeestellt werden. Man bedient sich (Fig. 1) eines Stativs A mit einem Arme, an welchem bei B ein feiner Seidenfaden und an dessen Ende ein kleines Kügelchen C von Holundermark befestigt ist.

Fig. 1.

Wird die Glasröhre D an einem Stück Wollenzug gerieben und dem Kügelchen genähert, so wird dieses angezogen, bleibt einen Augenblick mit der Röhre in Verührung und wird dann, wie dieß Fig. 2 zeigt, von derselben abgestoßen. Wird dieses Kügelchen in dem letzt genannten Zustande in die Nähe einer geriebenen Siegelackstange gebracht, so wird dasselbe von dieser angezogen, und umgekehrt wird ein von der Glasstange angezogenes Kügelchen durch die Siegelackstange abgestoßen. Aus diesen Versuchen geht hervor, daß es zwei verschiedene und einander

Fig. 2.

entgegengesetzte Arten von Electricität geben muß: Glas- und Harz-Electricität, auch positive und negative genannt. Ferner geht daraus hervor, daß die gleichnamigen Electricitäten, (z. B. das electrische Glas und das Kügelchen, welches Glaselectricität besitzt), sich abstoßen, während die ungleichnamigen (z. B. das durch's Glas electrisch gemachte Kügelchen und die Harzstange), sich anziehen.

Fig. 3. Fig. 3 zeigt eine Cylinder-electrisirmaschine. C, C ist ein hohler Cylinder aus polirtem Glas; dieser dreht sich um eine Achse, welche auf senkrechten Glas Säulen ruht, die in einem hölzernen Gestelle fest sind. Zwei hohle Cylinder aus polirtem Metalle (D sichtbar, E durch die Maschine verdeckt) laufen parallel mit dem Glas cylinder und ruhen ebenfalls auf Säulen von Glas. Man nennt diese „Conductoren“. An dem Conductor E ist ein durch eine Feder stark gegen den Glas cylinder gedrücktes Polster angebracht, bestrichen mit Amalgam, einem Gemisch aus zwei Theilen Quecksilber, einem Theile Zink und einem Theile Zinn. Vom Rande des Reibzeugs an wird ein Theil des Cylinders durch ein Stück Seidenzeug überdeckt. Der sichtbare Conductor D trägt eine Horizontalreihe von Metallzähnen, welche man Aufspangspitzen heißt, und die dem Glas cylinder zugekehrt sind. Wird nun der Glas cylinder durch eine Kurbel gedreht, so erzeugen sich auf der Oberfläche des Cylinders die zwei Arten von Electricität, und zwar wird das Glas positiv electrisch, das Reibzeug negativ electrisch. Kommt das positiv electrische Glas in die Nähe des Conductors, so scheiden sich an der Oberfläche desselben die zwei Electricitäten von einander ab, indem sich die negative Electricität desselben mit der durch die Glas spitzen aufgefangenen positiven verbindet,

und die positive Electricität des Conductors auf dessen Oberfläche übrig bleibt.

Fig. 4 zeigt eine Scheibenmaschine. Fig. 4. An den Riffen, zwischen welchen die Glas scheibe durchläuft, sind Streifen von Wachstaffet. Der Conductor hat einen Metallarm mit Zähnen, welche die positive Electricität der Scheibe auffangen.

Fig. 5 zeigt eine Hydroelectrisirmaschine. Fig. 5. Ein Dampfkessel A ruht auf gläsernen Füßen. Aus ihm kann der Dampf bloß austreten durch eine Menge gebogener Röhren aus Gußeisen B, B, welche in Spitzen von Holz endigen. Ein isolirter Conductor C steht mit dem Dampfkessel in Verbindung, und ein anderer Conductor, bestehend aus einem Metallkasten mit mehreren Reihen von Spitzen, welche den Röhren=Spitzen entsprechen, ist dazu bestimmt, die Verbindung mit der allgemeinen Erdelectricität herzustellen. Die Heizung findet im Inneren des Dampfkessels statt und die Röhren sind mit einem Hahnen versehen, welcher erst geöffnet wird, wenn die Dämpfe im Kessel eine bedeutende Spannung erreicht haben. Die Electricität wird hervor gerufen durch die Reibung der Dämpfe und der mit denselben fortgeführten Wassertheilchen an den Wänden der Röhren, durch welche sie ausströmen. Diese Röhren und die Dämpfe vertreten Reiber und Reibzeug, während der Dampfkessel Conductor ist.

Man muß die Körper in Bezug auf die Electricität einteilen in Leiter und Nichtleiter. Wird in einem Körper der electrische Zustand von den Stellen der ursprünglichen Erregung aus nicht weiter verpflanzt, so heißt er ein Nichtleiter der Electricität. Von ihm aus geht die Electricität bloß an den berührten Stellen weg. Bei einem leitenden Körper hingegen geht die erzeugte oder mit-

getheilte Electricität an andere Körper über, welche mit ihm in Berührung stehen. Schneidet man aber solchen Leitern die Verbindung mit andern Körpern durch Nichtleiter ab, (wie dieß z. B. bei den Conductoren in Fig. 3 der Fall ist), so erhält sich auf ihren Oberflächen die Electricität längere Zeit, weil die umgebende Luft ein Nichtleiter ist. Eine Liste von Leitern und Nichtleitern ist auf der neunten Figurentafel zu sehen.

Die größte Verstärkung der Electricität erhält man durch die electricische (Leidner) Flasche. Diese besteht aus einem Glase, das bis auf etwa zwei Zolle außen und innen mit feingewalztem Zinn belegt ist. Zur inneren Belegung führt ein Draht, welcher oben in einen Knopf endigt. Die Flasche wird geladen, wenn man ihren Knopf an den Conductor einer thätigen Electrirmaschine hält, so daß die innere Belegung mit eben diesem Conductor in mittelbare Berührung kommt, während die äußere Belegung mit der Erde in leitender Verbindung steht. Eine Entladung findet statt, wenn von den messingnen, durch einen Handgriff aus Glas isolirten Armen eines sogenannten

Fig. 7. Ausladers (Fig. 7), der eine mit der äußeren in unmittelbare, der andere mit der inneren Belegung in mittelbare Berührung gebracht wird. Man bemerkt hierbei einen Knall und einen Funken. Verstärkte Wirkungen erhält man durch eine electricische Batterie, eine Anzahl solcher Flaschen (Fig. 8), deren innere Belegung durch Drähte, und deren äußere Belegung durch einen mit Stanniol überzogenen Kasten in Verbindung stehen.

Fig. 9. Fig. 9 zeigt ein Instrument, welches dazu dient, einen electricischen Schlag durch einen Körper hindurch zu leiten. Man hat ihm den Namen: „allgemeiner Auslader“ gegeben. Von zwei messingnen, durch

Glasfäulen isolirten, beweglichen Armen wird der eine mit der äußeren Belegung einer Batterie, der andere durch den Auslader mit der inneren Belegung in Verbindung gesetzt. Den Körper A legt man zwischen beide Arme.

Fig. 10 zeigt ein Electrometer, welches dazu dient, die Stärke der Electricität einiger Massen abzumessen. Mit dem Conductor in Verbindung ist ein Stäbchen mit einem Halbkreise. Vom Mittelpunkte dieses Halbkreises aus geht ein Faden mit einem Korfkügelchen, welches letzteres um einen um so größern Winkel abgestoßen wird, je stärker der Conductor geladen ist.

Eben so werden die Haare eines isolirten Kopfes (Fig. 11) durch Abstoßung der gleichnamigen Electricität empor gehoben.

Electricische Funken haben beim gewöhnlichen Zustande der Atmosphäre eine bläuliche Farbe; sie hängen sehr von der Form und Größe der electricisirten Fläche und von der Stärke der Electrification ab. Bringt man die kleine Kugel P mit einem Conductor in Berührung und hält in ihre Nähe eine größere N, so gehen die Strahlen in Zickzackform (Fig. 13) von der kleineren zur größeren. Strahlt aber die Electricität aus Spitzen (Fig. 14), so ist sie nicht immer von einem Schlage begleitet und hat die Form eines Strahlenbüschels.

In Fig. 12 sieht man ein electricisches Glockenspiel. Ein leitendes Mittelstück trägt eine Glocke und an einem isolirenden Querstück hängen die äußeren Glocken. Zwischen diesen sind Metallkügelchen an seidenen Fäden aufgehängt. Wird nun der Knopf des Mittelstücks mit dem Conductor einer thätigen Maschine in Verbindung gesetzt, so zieht die electricisch gemachte Glocke die genannten Metallkügelchen abwechselnd an und

stößt sie wieder ab, so daß sie zwischen den äußeren und der mittleren Glocke schwingen und anschlagen.

Den Einfluß von Leitern mit Spitzen auf die Entladung electricisirter Körper hat Franklin zuerst entdeckt und hat auf diese Erfahrung die Construction der Blitzableiter gegründet, welche durch ihre vergoldeten Spitzen und leitenden eisernen Stangen den electricischen Strom an einen Ort führen, wo er nicht schaden kann.

#### Verührungs-Electricität.

Wenn man eine Kupferplatte und eine Fig. 16. Zinkplatte (Fig. 16) in eine gesäuerte Flüssigkeit stellt und außerhalb derselben durch einen Leitungsdraht verbindet, so entsteht ein beständiger Strom von positiver Electricität, welcher den Draht in der Richtung vom Kupfer nach dem Zink durchläuft. Dieser Strom ist Folge nicht bloß von der mittelbaren Verührung der zwei verschiedenartigen

Metallplatten, sondern auch von der chemischen Wirkung der sauren Flüssigkeit auf das Metall.

Fig. 17 stellt den sehr häufig gebrauchten Fig. 17. Daniell'schen Apparat vor. Ein Gefäß aus Kupfer enthält eine Lösung von Kupfervitriol; in ihm steht ein Gefäß aus porösem Thon, mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt, in welche ein Zinkcylinder gestellt ist. Der Thoncylinder hindert, daß die Flüssigkeiten in einander fließen, und dennoch bleiben sie in leitendem Zusammenhange. Die Pole tragen Drähte, durch welche die Kette geschlossen und der Strom zu einem beliebigen Wege gezwungen werden kann.

In Fig. 18 ist ein Trogapparat zu Fig. 18. sehen. Durch die Kurbel und die Welle kann das System von Zink- und Kupferplatten tiefer in die saure Flüssigkeit getaucht, oder aus derselben heraus gehoben werden, je nachdem man den Strom stärker oder schwächer haben will.

### M a g n e t i s m u s.

Taf. 10.

Fig. 1. Ein natürlicher Magnet (Fig. 1) besteht aus einer Verbindung von Eisen mit Sauerstoff; er äußert eine eigenthümliche Anziehungskraft auf Eisen, und eben diese Kraft nennt man Magnetismus. Vom Magneteseisenstein aus läßt sich die Kraft übertragen auf ein Stück Stahl, welches dieselbe auf die Dauer behält, während Eisen bloß so lange magnetisch wird, als es mit einem Magnete in Verührung steht.

Fig. 2. Eine Magnetnadel (Fig. 2), ein in der Mitte unterstützter und um den Unterstützungspunkt leicht sich bewegender magnetischer Stahlstab, nimmt von selbst im Allgemeinen die Richtung von Süden gegen

Norden an, weshalb man seinen Enden den Namen Nord- und Süd-Pol gegeben hat. Die ungleichnamigen Pole zweier Magnetnadeln ziehen sich an, die gleichnamigen stoßen sich ab.

Wie die entgegengesetzten Magnetismen einer Nadel an den Polen am stärksten auftreten, gegen die Mitte einander das Gleichgewicht halten und eine Wirkung auf einen dritten Körper nicht äußern, das versinnlicht Fig. 3. Dort sind die Eisenfeilspähne auf Fig. 3. ein Papier gestreut, unter welches ein Magnet gehalten wird. Diese Spähne häufen sich nun in Massen am Nord- und Südpol an, während sie sich in der Mitte concentrisch



Fig. 4. ordnen. Fig. 4 zeigt die Anordnung der Spähne, wenn die ungleichnamigen, und  
 Fig. 5. Fig. 5 die Stellung derselben, wenn die gleichnamigen Pole unter das Papier gehalten werden. Beim Hufeisenmagnete (Fig. 6) wirkt die magnetische Kraft von beiden Polen aus nach gleichen Richtungen hin; sie wirkt vertheilend auf den Magnetismus des sogenannten Ankers und es ist deshalb unter sonst gleichen Verhältnissen ihre Wirkung mehr als doppelt so groß, als beim einfachen Magnete.

Die Erde selbst hat sich als magnetischer Körper erwiesen, dessen Pole in die Nähe der wirklichen Erdpole fallen. Aus diesem Grunde nimmt eine magnetische Nadel die obengenannte, bestimmte Richtung an.

Fig. 7. Fig. 7 zeigt diese Richtung für die verschiedenen Punkte der Erde; Eine Richtung, welche von der Mittagslinie der verschiedenen Punkte abweicht (Declination). In Fig. 9 sehen wir einen Schiffskompaß gezeichnet. Eine magnetische Nadel ist genau in ihrer Mitte durch eine Stahlspitze unterstützt, auf welcher die Nadel in Stein läuft. Unter ihr ist eine Eintheilung, die Windrose genannt (Fig. 9), so gestellt, daß der Punkt N mit dem Nordpunkt der Nadel zusammenfällt. Die Punkte der Eintheilung sind nach den Weltgegenden benannt. Um die Nadel vor Erschütterungen zu wahren, hängt das Instrument zwischen doppelten Zapfen, welche es ihm möglich machen, immer eine horizontale Lage beizubehalten. Gibt man einer Nadel die Einrichtung, daß sie in der senkrechten Ebene Abweichungen machen kann,

Fig. 9. so erhält man eine Inclinationsnadel (Fig. 10). Der in senkrechter Ebene liegende Gradbogen zeigt die Größe der Neigung an. Weder die Declination, noch die Inclination der Nadel ist für die verschiedenen Punkte der Erde

gleich. Die senkrechte Stellung derselben (Fig. 11) zeigt die magnetischen Pole, Fig. 11. A und B, die wagrechte Stellung den magnetischen Aequator. Die punctirten Linien bezeichnen Orte von gleicher Inclination; sie sind in der Nähe des magnetischen Aequators ziemlich gleichlaufend mit diesem.

### Electromagnetismus.

Ein electriccher Strom ist im Stande, die Erscheinungen des Magnetismus hervorzurufen. Unwickelt man eine Stange A aus weichem Eisen in Hufeisenform (Fig. 12) mit einem Kupferdrahte, der mit Seide umspunnen ist, und läßt durch diesen Kupferdraht einen electricchen Strom gehen; so erhält man einen sehr kräftigen Magnet, der im Stande ist, ein ziemlich großes Gewicht zu tragen, der aber in demselben Augenblicke zu wirken aufhört, in welchem der electricche Strom unterbrochen wird.

Fig. 14 versinnlicht einen Apparat, welcher dazu dient, die Wirkung eines galvanischen Stromes auf die Magnetnadel vor Augen zu führen. A A ist ein unspinnener Kupferdraht, in mehrfachen Windungen um eine frei bewegliche Magnetnadel B gehend; diese Magnetnadel zeigt Norden. Wird nun der Draht C mit dem Kupferpol einer galvanischen Batterie in Verbindung gesetzt, so dreht sich die Nadel nach Osten; verwechselt man aber die Drähte, so weicht die Nadel nach Westen ab. Auf dieser Beobachtung beruht ein Telegraphensystem, von welchem wir hier eine kurze Beschreibung geben wollen:

Fig. 15 zeigt die vordere Ansicht der Vorrichtung zum Telegraphiren mit zwei Nadeln. Auf der vorderen Platte stehen die Buchstaben und Figuren, welche anzeigen, wie vielmal und in welcher Richtung die Nadeln bewegt werden müssen, um diese oder

jene Bedeutung zu erhalten. In dem oberen Aussage ist eine Signalglocke angebracht, um durch sie zur Entgegennahme der Botschaft aufzufordern. Dieß geschieht dadurch, daß mittelst eines electricen Stromes ein Hufeisen magnetisch gemacht wird und einen Anker anzieht, der auf einen Hebel wirkt, durch welchen das Glockenwerk ausgehängt wird.

Fig. 16.

Fig. 16 zeigt noch die innere Einrichtung zur Bewegung der Nadeln. Der Handgriff, welchen man in der Vorderansicht des Instrumentes sieht, gehört zu einem Cylinder A, an welchen bei B ein vorragender Zapfen befestigt ist, ein zweiter Zapfen findet sich bei C. Wird nun der Cylinder rechts gedreht, so berührt der Zapfen B die Feder D, drückt sie rückwärts und bringt sie außer Berührung mit der Messingstange E. Zu gleicher Zeit wird der Zapfen C mit dem unteren Theile der Feder F in Berührung gebracht. In dieser Stellung des Cylinders geht der electriche Strom, welcher aus einem Pole der Batterie kommt, durch den Zapfen B zur Feder D und von da durch einen Messingstreifen nach G, dem Befestigungspunkte des Leitungsdrahtes. Von diesem Punkte aus geht er in der Pfeilrichtung nach den verschiedenen Stationen, um dort die Nadeln rechts abzulenken. Zuletzt wird derselbe einer in einen Brunnen versenkten Kupferplatte zugeführt, von da durch die feuchte Erde

zurück nach H, um mittelst des Metallstreifs durch das Drahtgewinde I geführt zu werden und die darunter befindliche Nadel nach rechts zu drehen. Durch die Feder I kommt dann der Strom mit dem andern Pole der Batterie in Verbindung. Wird der Handgriff nach links gedreht, so entsteht natürlich der entgegengesetzte Strom und die Nadeln drehen sich links.

Noch häufiger werden die sogenannten Schreibtelegraphen angewendet, bei welchen der Electromagnet während einer kürzer oder länger dauernden Anziehung, welche durch die Dauer der Wirksamkeit des electricen Stromes bedingt ist, einen Stift auf ein unter ihm durchlaufendes Papier kürzer oder länger drückt, so daß er dort Punkte oder Linien macht, aus deren Zusammenstellung die telegraphische Botschaft entziffert werden kann.

Wenn man ein Stück weiches Eisen AA (Fig. 17) mit übersponnenem Kupferdraht Fig. 17. umwickelt und mit den Polen eines kräftigen Magnets in Berührung bringt, so steht man beim Anlegen und Losreißen des Hufeisens einen lebhaften Funken von den Drahtenden N und P überspringen. Sind an den Enden der Drähte größere Metallstücke, so empfindet man beim Anlegen des Hufeisens und beim Losreißen eine Erschütterung, wenn man diese Metallstücke in den Händen hält.

Taf. 11.

### W ä r m e.

Die Hauptwirkung der Wärme besteht in der Entfernung der Atome eines Körpers von einander, so daß durch diese Wirkung der Körper sich entweder bloß ausdehnt, oder gar in einen andern Zustand (Aggregatzustand) übergeht, z. B. vom festen in den

flüssigen, oder in den gasförmigen. Man nennt diejenige Wärme, welche bloß zur Aenderung des Aggregatzustandes dient und keine Erhöhung der Temperatur bewirkt, latente Wärme. Die Größe der Ausdehnung durch die Wärme ist sehr verschieden: am

stärksten dehnen sich die luftförmigen Körper aus, weniger stark die flüssigen, am wenigsten die festen. Unter den letzteren dehnen sich die Metalle verhältnißmäßig am stärksten aus.

- Die Ausdehnung flüssiger Körper wird zur Construction des Thermometers (Fig. 3) benützt. Das in der Kugel eingeschlossene Quecksilber steigt in dem Grade der Ausdehnung durch die Wärme in der Röhre aufwärts, und sein Stand kann an der Scala beobachtet werden, welche die Einrichtung hat, daß ihr tiefster Punkt (Nullpunkt) den Gefrierpunkt des Wassers und ihr höchster Punkt den Siedpunkt desselben bezeichnet. Die Kugel und ein Theil der Röhre des Luftthermometers (Fig. 4) ist mit Luft, der übrige Theil mit einer gefärbten Flüssigkeit gefüllt. Dehnt sich nun die Luft durch die Wärme aus, so sinkt die Flüssigkeit; im umgekehrten Fall, bei Abnahme der Wärme, steigt sie.

- Die gleiche Construction findet beim Differentialthermometer (Fig. 5) statt; der Unterschied der Wärme, welche auf die zwei Kugeln wirkt, verursacht eine ungleiche Ausdehnung der in denselben enthaltenen Luftmengen. Fig. 6 zeigt ein Instrument, durch welches die Ausdehnung einer Metallstange A durch die Wärme gemessen werden kann. Das Rad B wird bei Ausdehnung dieser Stange gedreht und bewirkt eine noch größere Drehung des Zeigers.

- Wird eine Flüssigkeit einem größeren Drucke ausgesetzt, als dem der Atmosphäre, so ist mehr Wärme nothwendig, um sie zum Kochen zu bringen; während unter der Glocke einer Luftpumpe das Wasser schon bei gewöhnlicher Temperatur zu kochen anfängt. Von der erstgenannten Erscheinung, so wie von der Spannkraft der Dämpfe kann man sich durch den Apparat, welcher in Fig. 7

gezeichnet ist, überzeugen. In die hohle Kugel A ist zuerst etwas Quecksilber gegossen und in dieses die Röhre B getaucht. Nachdem dann die Kugel halb mit Wasser gefüllt und geschlossen. Wendet man nun Wärme an, so steigt die Temperatur bald über den Siedpunkt, was an dem Thermometer C gesehen werden kann. Die Spannkraft der Dämpfe wirkt zurück auf das Wasser und das Quecksilber, so daß dieses in dem Maße der Erwärmung der Kugel in die Höhe steigt.

Die Menge der von einem Körper ausgestrahlten Wärme hängt von der Temperatur desselben, aber auch von der Beschaffenheit seiner Oberfläche ab. Kienruß z. B. strahlt die Wärme sehr stark, polirte Metalle am schwächsten aus. — Ein hohler Würfel A aus polirtem Messing (Fig. 8) ist mit heißem Wasser gefüllt und etwa drei Fuß von einem Hohlspiegel B entfernt, aufgestellt. Die eine Kugel eines Differentialthermometers C ist in den Brennpunkt des Spiegels gebracht. Es wirkt nun die Wärme des Würfels, und des Differentialthermometers mag 60 Grade zeigen: Bringt man alsdann die mit Kienruß geschwärzte Seite des Würfels dem Brennpiegel gegenüber, so zeigt das Thermometer etwa 90 Grade. Wird eine Rahme D zwischen den Würfel und das Thermometer gestellt, so wird die Wirkung der Wärme gänzlich aufgehoben.

Fig. 9 zeigt ein Löthrohr; die durchgeblasene Luft begünstigt den Verbrennungsproceß der Flamme, so daß diese zum Schmelzen und Löthen sich eignet. Eine Alkohol Lampe sehen wir in Fig. 10. Der Alkohol in der Kugel verwandelt sich durch die der Kugel mitgetheilte Wärme in Dampf, welcher durch eine feine Röhre ausströmt, durch seine eigene Verbrennung die Wärme vermehrt

und die Flamme nach einem bestimmten Punkte hinrichtet.

Fig. 11. Fig. 11 zeigt einen einfachen Destillirapparat. Der zu destillirende Körper wird in einem Kessel in Dampf verwandelt, diesen Dampf führt ein Helm in die Kühlröhren, welche mit kaltem Wasser umspült werden. Es wird nun hier dem entwickelten Dampfe so viel Wärme entzogen, daß er die gasförmige Gestalt nicht behaupten vermag und sich wieder in einen flüssigen Körper ver-

wandelt, der unter dem Hahnen aufgefangen wird.

Fig. 12 zeigt noch einen papinlanischen Topf. In diesem wird aus einer Flüssigkeit durch Erwärmung Dampf erzeugt. Dieser sucht durch eine mit einem Ventile geschlossene Oeffnung auszufließen. Das Ventil selbst ist beschwert durch ein Gewicht, welches mittelst eines einarmigen Hebels auf dasselbe wirkt. Auf diese Art kann man die Spannkraft der entwickelten Dämpfe beliebig erhöhen, und die Größe dieser Kraft nach der Länge des Hebelarms messen.

### Ueber einige chemische Eigenschaften der Körper.

Die Körper, welche die materielle Welt ausmachen, haben sich als zusammengesetzt und als zerlegbar erwiesen; man kennt aber auch bis jetzt eine Anzahl von 62 Stoffen, welche durch unsere Kunst nicht zerlegt werden konnten. Diese nennt man Grundstoffe und theilt sie in zwei große Classen: Metalle und Nichtmetalle. Zu den nichtmetallischen Grundstoffen werden entschieden folgende gezählt:

Der Sauerstoff. Er ist ein farbloses Gas, geschmacklos und geruchlos, und ist zum Athmen, sowie zum Verbrennen der Körper erforderlich; er bildet einen Bestandteil der atmosphärischen Luft und der meisten organischen und unorganischen Körper. Durch die chemische Verbindung des Sauerstoffs mit den einfachen Stoffen entstehen entweder die Sauerstoffsäuren, oder die Basen; letzteres sind Oxyde, welche sich mit Säuren zu Salzen verbinden. Sauerstoff kann dargestellt werden aus chloresäurem Kali. Man erhitzt dieses,

Dieser geht durch das Entbindungsröhr B in die Glasglocke C, welche über der pneumatischen Wanne steht.

Der Wasserstoff ist ein farbloses Gas und hat, wenn er rein dargestellt ist, weder Geruch, noch Geschmack. Dieses Gas ist der leichteste Körper, den wir kennen, fast fünfzehnmal leichter, als die atmosphärische Luft. Zwei Raumtheile Wasserstoff und ein Raumtheil Sauerstoff bilden zusammen das Wasser. Diese Gase in dem genannten Verhältnisse gemischt, bilden durch Entzündung unter heftiger Explosion Wasser.

Stickstoff findet sich als Hauptbestandtheil der atmosphärischen Luft, auch ist er in vielen organischen Körpern enthalten, besonders im Thierreiche. Er ist ein farbloses Gas ohne Geruch und Geschmack. Zum Athmen ist er nicht brauchbar und vermag das Brennen nicht zu unterhalten. Ein Gemenge von 79 Raumtheilen Stickstoff und 21 Theilen Sauerstoff bildet die atmosphärische Luft.

Das Chlor ist ein grünlich gelbes Gas von scharfem, erstickendem Geruche. Es wird

Fig. 1. in einer gläsernen Retorte A (Fig. 1) durch die Flamme einer Spirituslampe, wobei Chlorkalium entsteht und der Sauerstoff frei wird.

bei starkem Drucke flüssig und ist nicht brennbar; allein Phosphor und mehrere andere Metalle entzünden sich in demselben und verwandeln sich in Chlormetalle. Das Chlor zerstört organische Verbindungen, wie z. B. die Pflanzenfarben, weshalb es zum Bleichen dient.

Jod und Brom gleichen in ihren Eigenschaften dem Chlor. Das Jod ist gewöhnlich in metallglänzenden Schuppen, das Brom eine dunkle Flüssigkeit. Sie verflüchtigen sich beide, wobei das erstere ein violettes, das zweite ein rothgelbes Gas bildet.

Fluor bildet mit Wasserstoff die Flußsäure, welche man dadurch erhält, daß man Flußspath mit Schwefelsäure übergießt. Dieß ist eine wasserhelle, ätzende Flüssigkeit, die einzige, welche Kieselerde auflöst.

Der Kohlenstoff ist ein Hauptbestandtheil der Pflanzenwelt, indem er das feste Scelett der Pflanzen, von der feinsten Blume bis zur mächtigen Eiche, bildet; aber auch in der unorganischen Natur ist er sehr verbreitet. In reinem Zustande und in fester Form findet er sich im Diamanten; ziemlich reine Kohle erhält man durch Erhitzen von Holz oder Steinkohlen in geschlossenen Räumen. Der Kohlenstoff kommt auch im Eisen theils chemisch gebunden, theils mechanisch gemischt vor und begründet den Unterschied zwischen Roheisen (Gußeisen) Schmiedeeisen und Stahl. Er verbindet sich in mehrfachen Verhältnissen mit Sauerstoff, und unter all diesen Verbindungen ist die Kohlenensäure (ein gasförmiger Körper, der sich auch bei der Gährung verschiedener organischen Substanzen, z. B. bei der Wein- und Bier-Gährung bildet) die wichtigste. Auch mit Wasserstoff geht der Kohlenstoff zahlreiche Verbindungen ein. Dahin gehört das Kohlenwasserstoffgas, welches mit atmosphärischer Luft oder mit Sauerstoff gemischt und mit

einer Flamme in Berührung gebracht, heftig explodirt. Um hieraus entspringendes Unglück zu verhüten, wendet man die Sicherheitslampe von Davy an (Fig 2). Das Drahtgeflecht, welches das Licht umgibt, entzieht dem innerhalb der Lampe etwa explodirten Gase so viel Wärme, daß es nicht mehr im Stande ist, das Kohlenwasserstoffgas außerhalb des Geflechtes zu entzünden.

Der Schwefel findet sich gediegen in vulkanischen Gegenden, dann in Verbindung mit Metallen und in der Schwefelsäure und den schwefelsauren Salzen. Er schmilzt und kommt in's Sieden, bildet dann ein gelbes Gas. Er verbrennt an der Luft zu schwefelst. saurem Gase.

Selen hat in seinen Verbindungen mit Sauerstoff und Wasserstoff, so wie in seinem übrigen Verhalten viel Aehnlichkeit mit dem Schwefel. Es ist metallisch glänzend und hat geschmolzen eine bleigraue Farbe.

Bor ist ein grünlich braunes Pulver, welches beim Erhitzen an der Luft zu Borsäure verbrennt.

Silicium (Kiesel) findet sich immer mit Sauerstoff als Kieselsäure in der Natur. Es ist ein braunes Pulver und in seinen Eigenschaften ähnlich dem Bor. An der Luft erhitzt verbrennt es zu Kieselsäure. Diese ist sehr schwer schmelzbar.

Der Phosphor findet sich als Säure in den Thierknochen, auch in einigen Mineralien. Er hat die Consistenz des Wachs, schmilzt und entzündet sich in der Wärme; bei gewöhnlicher Temperatur gibt er weiße, im Finstern leuchtende Dämpfe von sich, welche aus phosphoriger Säure bestehen.

#### Metallische Elemente.

In früherer Zeit hielt man die alkalischen Erden, z. B. die Kalkerde, Baryterde,



Bittererde, Strontianerde, und die eigentlichen Erden, die Thonerde, Beryllerde, Yttererde, Zirkonerde u. für einfache Stoffe; allein in neuerer Zeit ist es gelungen, dieselben in Sauerstoff und einen metallischen Stoff zu zerlegen, z. B. Kalkerde in Calcium und Sauerstoff, Baryt-Erde in Baryum und Sauerstoff, Thonerde in Aluminium und Sauerstoff u. s. w. (siehe Tafel XI).

Was die Eigenschaften der Metalle im Allgemeinen betrifft, so sind sie gute Leiter der Wärme und der Electricität, sie sind in Wasser unlöslich und lassen sich alle schmelzen. Quecksilber ist schon bei gewöhnlicher Temperatur flüssig, Zinn, Blei und Wismuth sind leicht schmelzbar, Schmiede-Eisen und Platina nur bei stärkster Hitze. Die Metalle lassen sich aber auch verflüchtigen, und zwar Quecksilber, Arsenik und Zink leicht, Gold und Platina nur durch die höchsten Hitzegrade. Sämmtliche Metalle sind undurchsichtig und haben einen eigenthümlichen Glanz. In Beziehung auf Benützung unterscheidet man geschmeidige Metalle, welche sich leicht walzen und zu Draht ziehen lassen, wie z. B. Gold, Platin, Silber, Kupfer, Eisen, — und spröde Metalle, wie z. B. Antimon und Wismuth.

Die meisten Metalle sind um Vieles schwerer als Wasser, andere leichter. Man hat deshalb auch zwischen schweren Metallen, welche alle mehr als fünfmal schwerer sind als Wasser, und zwischen leichten Metallen unterschieden. Die meisten Metalle verbinden sich untereinander, und diese Verbindungen nennt man Legirungen. Das Verhalten der schweren Metalle gegenüber dem Sauerstoff ist sehr verschieden. In dieser Beziehung theilte man sie früher in edle und unedle ein. Die unedlen, zu welchen man das Blei, Eisen, Zink, Zinn und Kupfer rechnete, verlieren entweder schon bei gewöhnlicher Temperatur, oder, wenn sie erhitzt werden, an der Luft ihren Glanz und ihr Aussehen, indem sie sich mit dem Sauerstoff der Luft verbinden; die edlen Metalle hingegen, zu denen Platin, Gold, Silber und Quecksilber gehören, können gerade durch Wärme von ihrem Sauerstoff entbunden werden; besonders gilt dieß vom Silber, vom Gold und Platin.

Die Metalle kommen in der Erde gewöhnlich als Erze, d. h. in Verbindung mit einem nicht metallischen Stoffe, z. B. mit Sauerstoff und Schwefel vor; vielfach findet man sie auch in reinem Zustande, in Gängen und Adern.

Im gleichen Verlage von **Wilhelm Nischke** in Schw. Hall ist ferner erschienen:

# Astronomischer Bilder-Atlas

12 Tafeln in eleganter Mappe

à 3 Thlr. oder 5 fl. 15 fr.

Dieses Unternehmen hat in ganz Deutschland Aufsehen gemacht, auch haben sich fast alle größern Zeitungen in anerkanntester Weise darüber ausgesprochen.

In den Hamburger Nachrichten 1852 No. 174 heißt es: „Unsere Zeit unterscheidet sich wesentlich von früheren Jahrhunderten durch den Einfluß, den die Naturwissenschaften auf die geistige Entwicklung der Völker ausüben. Vorzugsweise hat der Theil der allgemeinen Naturwissenschaft, der sich mit dem Weltgebäude beschäftigt, und worin der menschliche Geist seine schönsten Triumphe feierte — die Astronomie — bei jedem Denkenden und Gebildeten das höchste Interesse erweckt. Daher haben die Gelehrten aller Nationen sich beeifert durch populäre Schriften, Zeichnungen, Erläuterungen die Ergebnisse dieser Wissenschaft auch den Laien zugänglich zu machen. Einen solchen Zweck verfolgend hat die Verlags-handlung von W. Nischke in Schw.-Hall so eben dem Publicum einen „astronomischen Bilder-Atlas“ übergeben. Derselbe, aus 12 Tafeln bestehend, ist ein Kunstwerk in der Ausführung und unterscheidet sich von allen anderen dieser Art dadurch, daß die Hälfte der Tafeln transparent ist, so daß sie gegen das Licht gehalten, die sämmtlichen Erscheinungen im verkleinerten Maßstabe naturgetreu darstellen. Hierdurch kann sich jeder mit Leichtigkeit eine Uebersicht der Sternbilder und der einzelnen Sterne derselben bis zur 5ten Größe, einen Begriff von unserem Sonnensysteme, der relativen Größe der Planeten zur Sonne, von der Entstehung der Mondphasen, der Abwechslung der Jahreszeiten, Sonnen- und Mondfinsternisse u. s. w. verschaffen. Von besonderem Interesse ist die Tafel VI, die den „Mond durch das Fernrohr gesehen“ darstellt. Die drei letzten Tafeln beschäftigen sich vorzugsweise mit unserer Erde; sie enthalten saubere „Abbildungen aus der Meteorologie, die verschiedenen Erscheinungen der Atmosphäre darstellend“, Cometen, Aerolithen u. s. w. — Jeder Tafel ist eine kurze Beschreibung beigelegt. Wir können diesen „astronomischen Bilderatlas“ dem gesammten Publicum mit gutem Gewissen als ein erwünschtes Hülfsmittel zum Unterricht empfehlen.“

Im „Frankischen Courier“ von 1852 No. 235: Erst seit wenigen Tagen hat Herr Nischke in Schw. Hall eine interessante literarische Neuigkeit verkündet.

Es ist dieses ein „Astronomischer Bilder-Atlas“ bestehend aus 12 Blättern, mittel Quart, und kartonirtem geschmackvollem Umschlag. Das Exemplar kostet 5 fl. 15 fr. Diese 12 Tafeln bringen uns in wirklich äußerst sorgfältig lithographirten, colorirten und transparenten Zeichnungen: 1) Die Centralsonne und die Ansicht von der Firneinen-Welt. 2) Die Himmelskarte mit den Sternen, welche während des ganzen Jahres sichtbar sind. 3) Darstellung des Sonnensystems, die Planeten mit ihren Bahnen, wie sie bis heute bekannt sind, nach den neuesten und besten Autoritäten. 4) Der Mond durch das Fernrohr gesehen. 5) Die Sonne und verschiedene Erscheinungen derselben. 6) Vergleichende Darstellung der Größe der Planeten. 7) Transparente Darstellung der Mondphasen. 8) Finsternisse und die Ansicht von Ebbe und Fluth. 9) Ansicht der 4 Jahreszeiten. 10) Die Erde mit ihrer Atmosphäre. 11) Cometen und Aerolithen, und endlich 12) Abbildungen aus der Meteorologie, und die verschiedenen Erscheinungen der Atmosphäre u.

Sind die bildlichen Darstellungen des wunderbarsten Theiles vom Weltall, nämlich der Gestirne u. s. w. wirklich für den Studirenden und Unterrichteten überausreichend und Genuß gewährend, so dienen die denselben beigelegten Erklärungen eben so sehr zur Belehrung für den Nichtstudirenden und Minderunterrichteten. In der That, wer sich durch Selbsteinsicht dieses schönen Werkes überzeugen will — und das kann ja leicht durch jede Buchhandlung geschehen — muß gestehen, daß demselben eine allgemeine Verbreitung mit Recht gewünscht werden darf, da bei der verhältnißmäßigen Wohlfeilheit des Preises dasselbe einen solch schönen Zweck, den der Belehrung über Gegenstände verfolgt, von denen noch ein großer Theil des Volkes entweder gar keine oder nur sehr unwichtige Begriffe hat. Ueberhaupt verdient die Verlags-handlung in diesem schönen Bestreben, zur nützlichen Volksbelehrung mit gewiß nicht unbedeutlichen Opfern von Geldmitteln und Zeitaufwand beizutragen, alle mögliche Anerkennung und Aufmunterung sowohl von Seite des Publicums, als auch besonders von der Tagespresse.

Die bildlichen und transparenten Anschauungen der verschiedenen Erscheinungen in der Sternwelt, sie tragen unstreitbar mehr zur gemeinnützigen Belehrung in der Kenntniß von den Gestirnen u. c. bei, als selbst das best geschriebene, populäre Buch über Astronomie.

Inbesondere aber dürften Vorstände und Lehrer höherer Schulanstalten, Vorsteherinnen von weiblichen Erziehungsanstalten auf diesen „Astronomischen Bilder-Atlas“ aufmerksam gemacht werden.

Die Magdeburger Zeitung sagt darüber: „Seit Kurzem ist es auch gelungen, in Deutschland einen astronomischen Bilderatlas farblich und durchsichtig darzustellen. Die Sternbilder werden dadurch auf eine höchst einfache und instructive Weise veranschaulicht. Nischke in Schwäbisch Hall hat das Verdienst, der Erste in Deutschland zu sein, der in dieser Beziehung den Engländern den Rang streitig macht.“

In der „deutschen Kronik“ 1852 No. 274 „Im Verlage von Wilhelm Nischke in Schwäbisch Hall ist ein astronomischer Bilderatlas erschienen, dem man es nicht wohl absprechen wird, das jetzt so stark gefühlte Bedürfnis befehrt und unterhalten zu werden,“ vollkommen zu erfüllen. Groß und Klein, Alt und Jung wird die Erscheinung als willkommen begrüßen. Auf 12 Tafeln, die zum Theil colorirt und transparent sind, werden die Wunder der Sternwelt veranschaulicht und durch einen beigegebenen kurzen Text erklärt. Alles ist faßlich und das Werk kann, mit allem Zuge vor vielen andern zu einem Weihnachtsgeschenk bestens empfohlen werden.

65. 740, 974 ✓

59 5/W 40

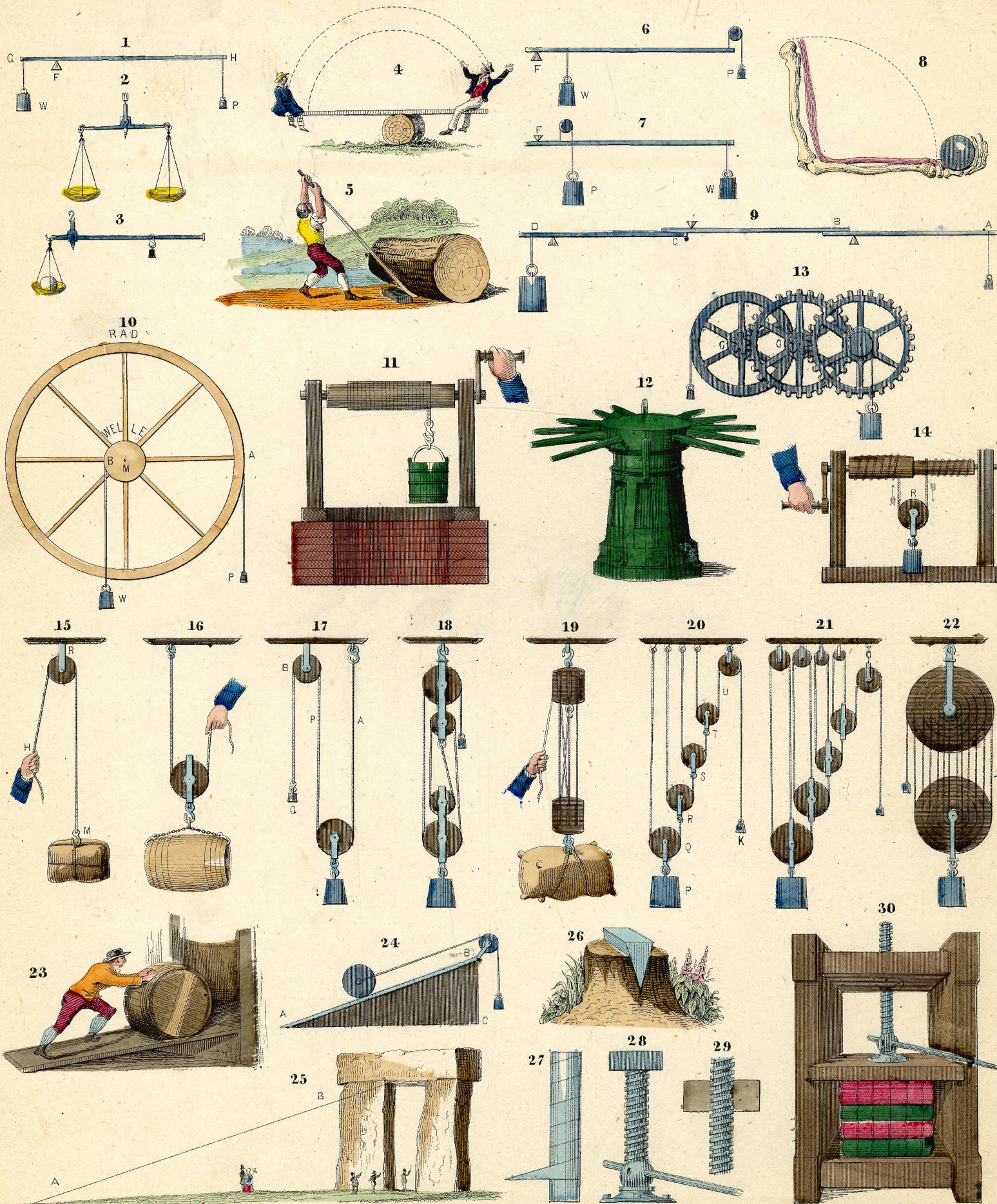


# ALLGEMEINE EIGENSCHAFTEN DER KÖRPER.



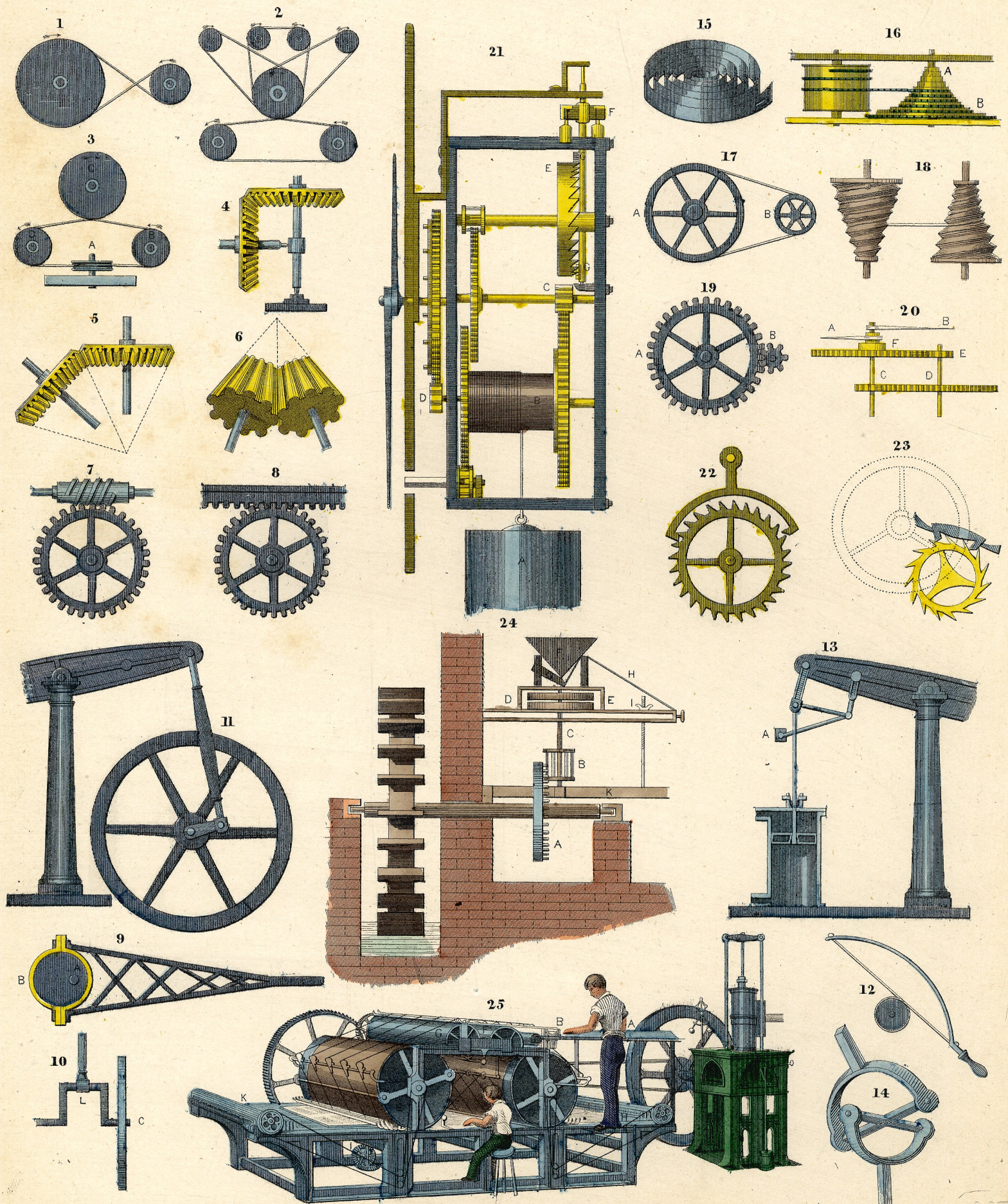


# GLEICHGEWICHT FESTER KÖRPER.



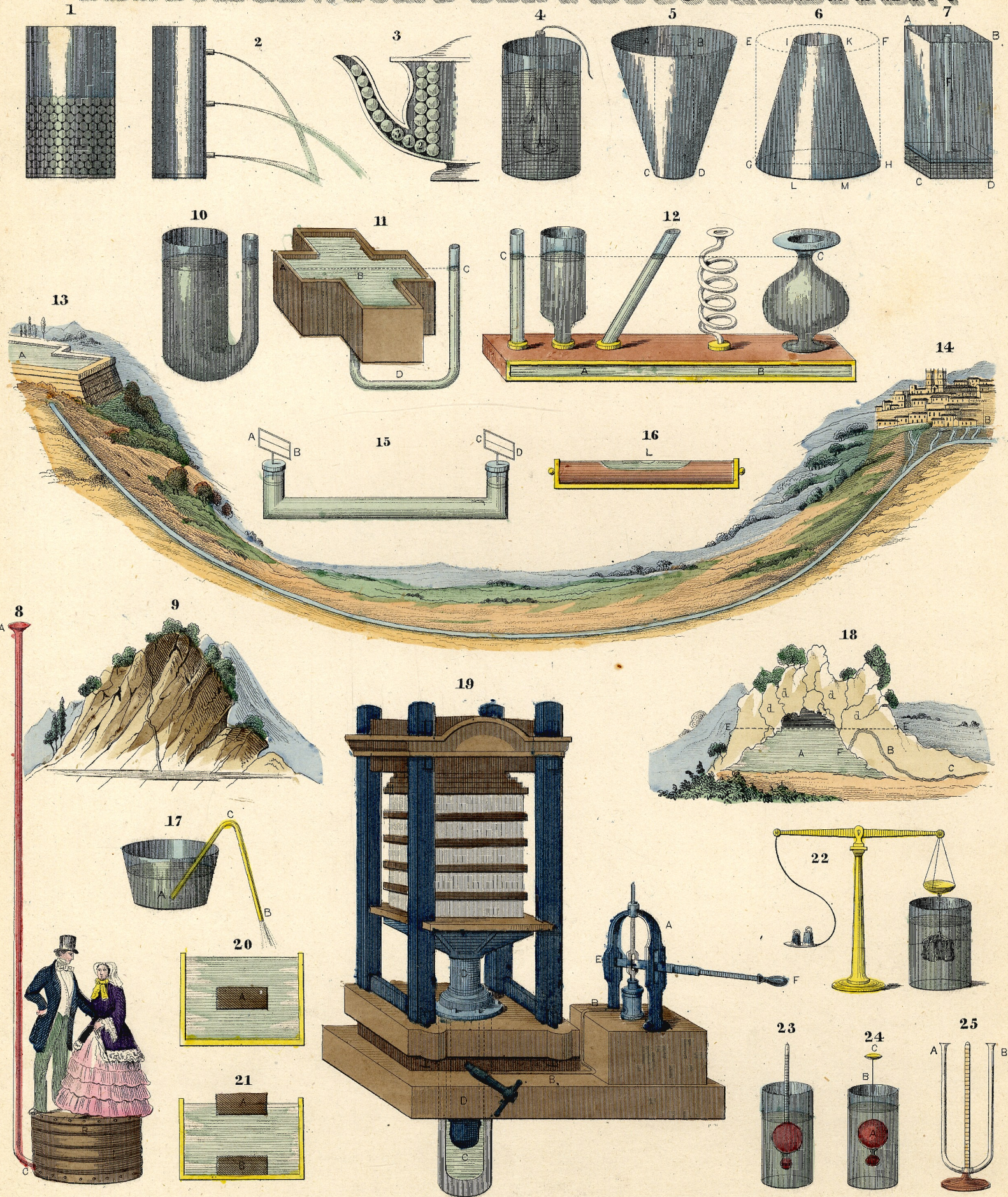


# BEWEGUNG FESTER KÖRPER.





# GLEICHGEWICHT DER FLÜSSIGKEITEN.





# Naturlehre in Bildern

## BEWEGUNG DER FLÜSSIGKEITEN.



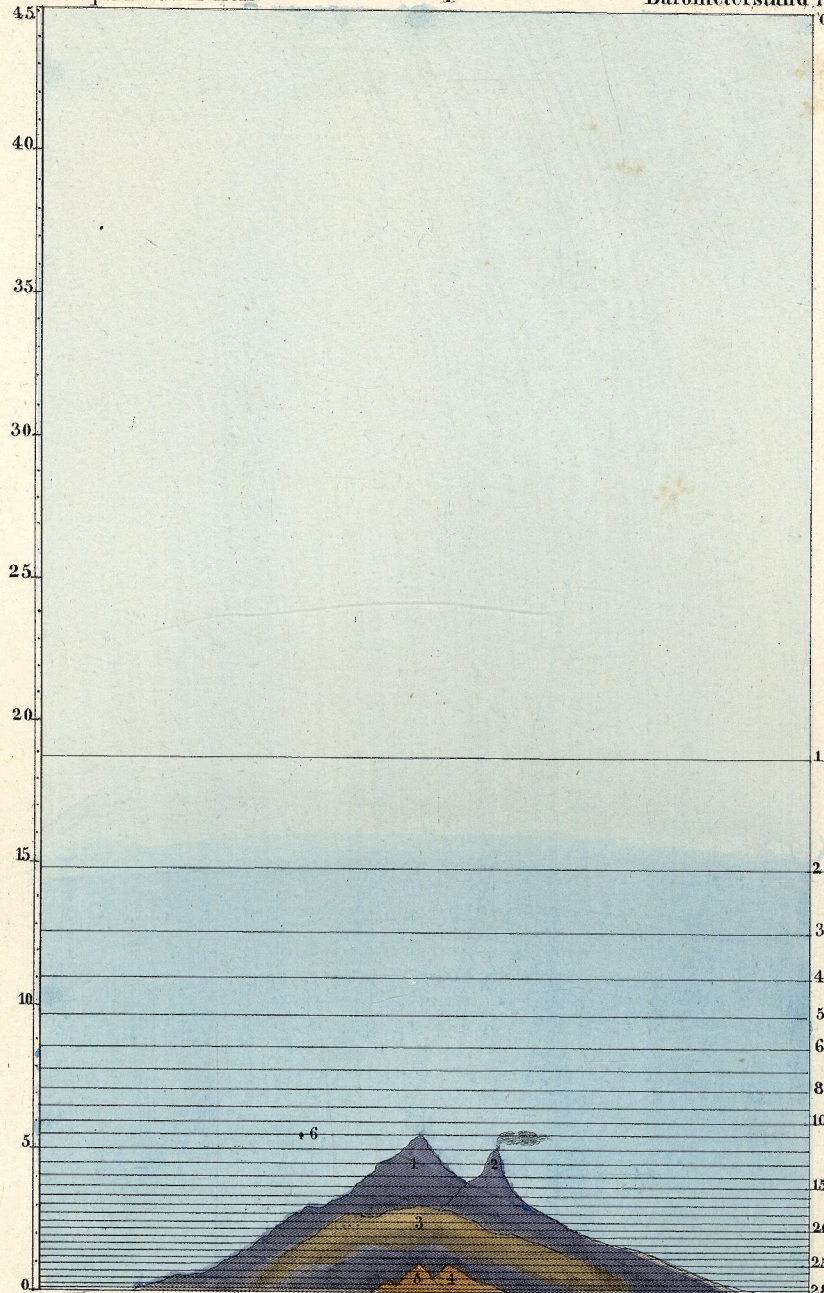


# GLEICHGEWICHT u. BEWEGUNG DER LUFT.

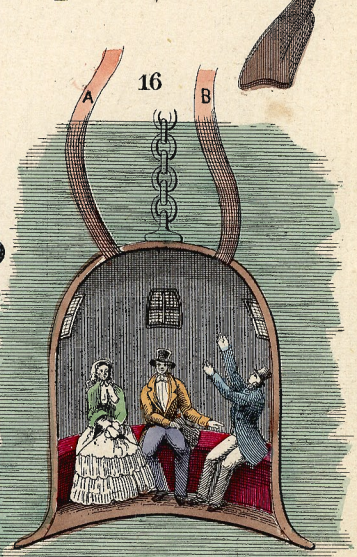
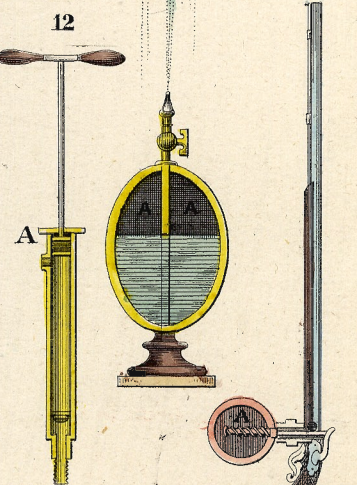
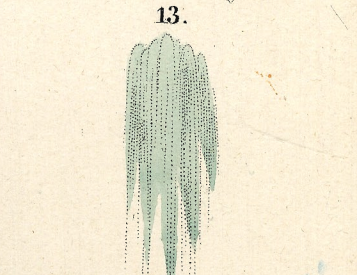
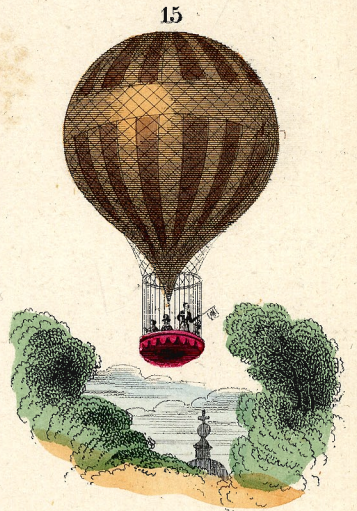
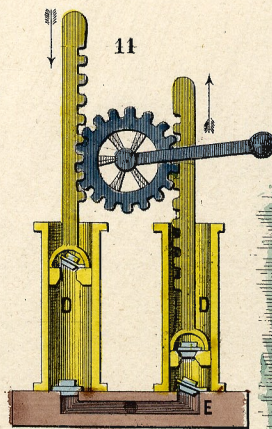
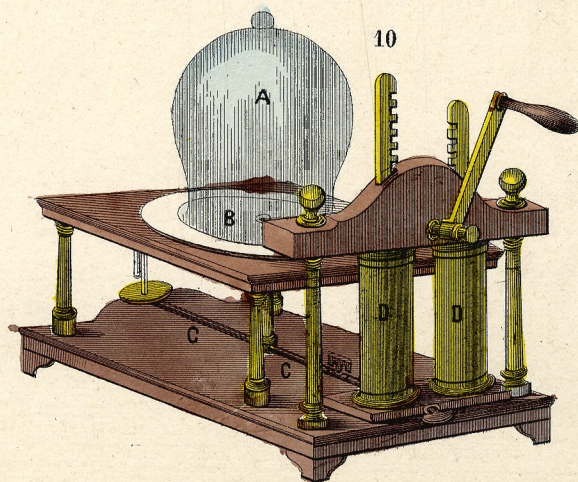
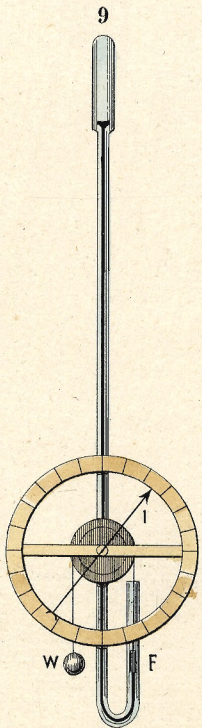
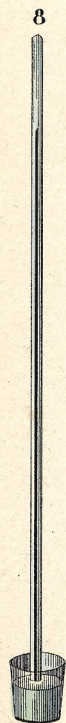
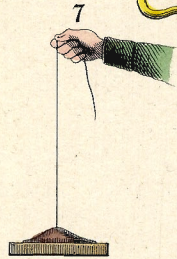
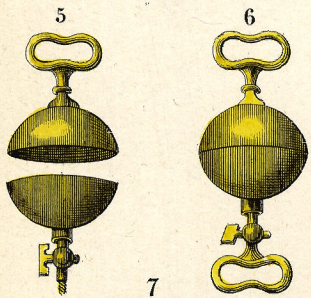
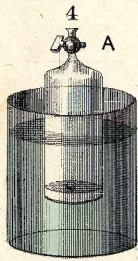
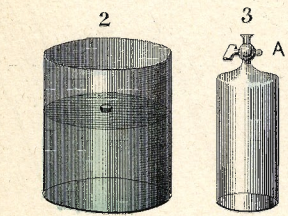
Höhe der Atmosphäre in Meilen.

1

Barometerstand in Zollen.

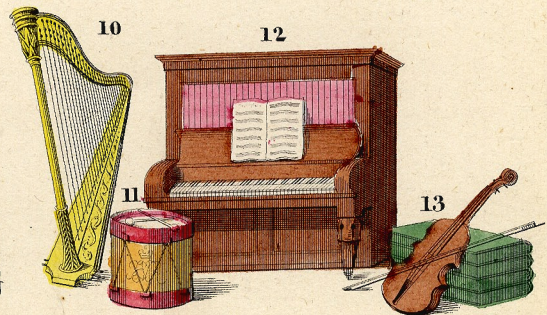
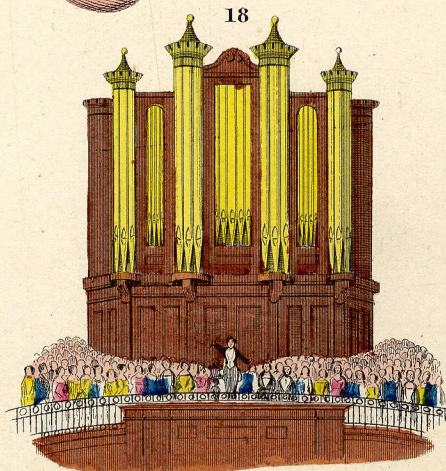
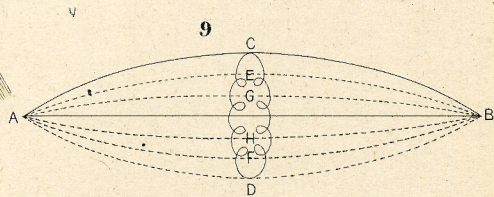
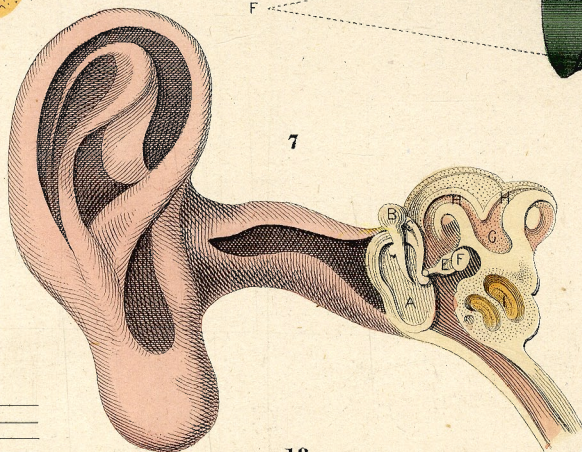
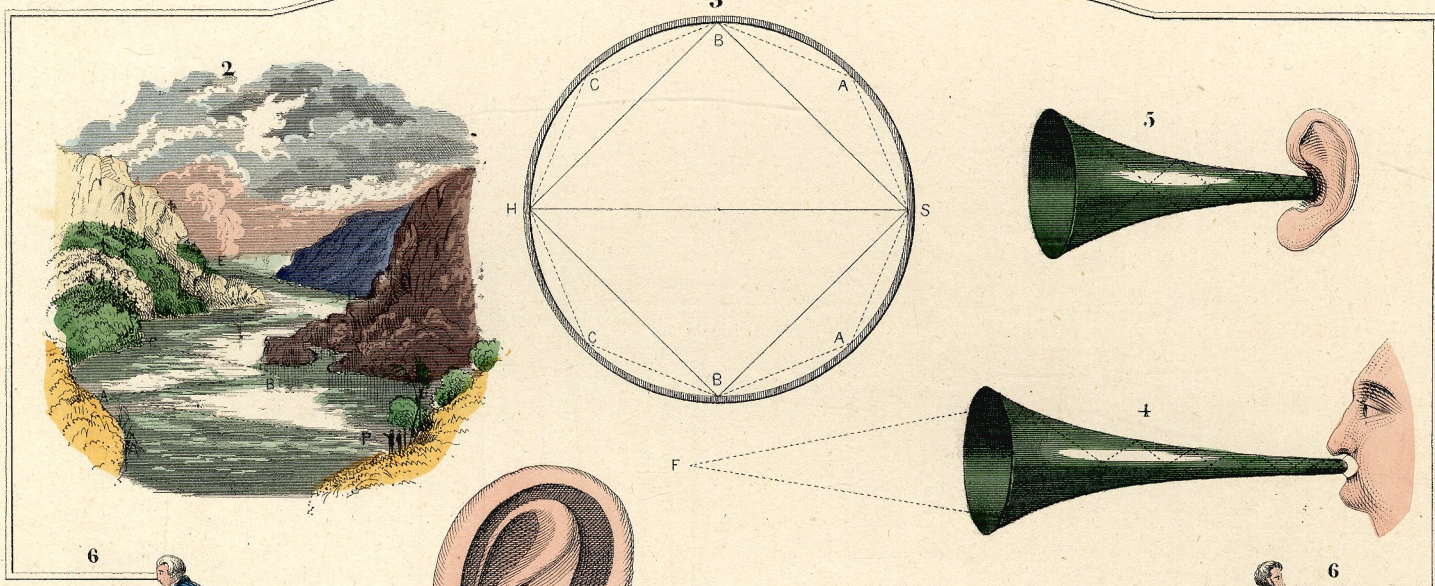
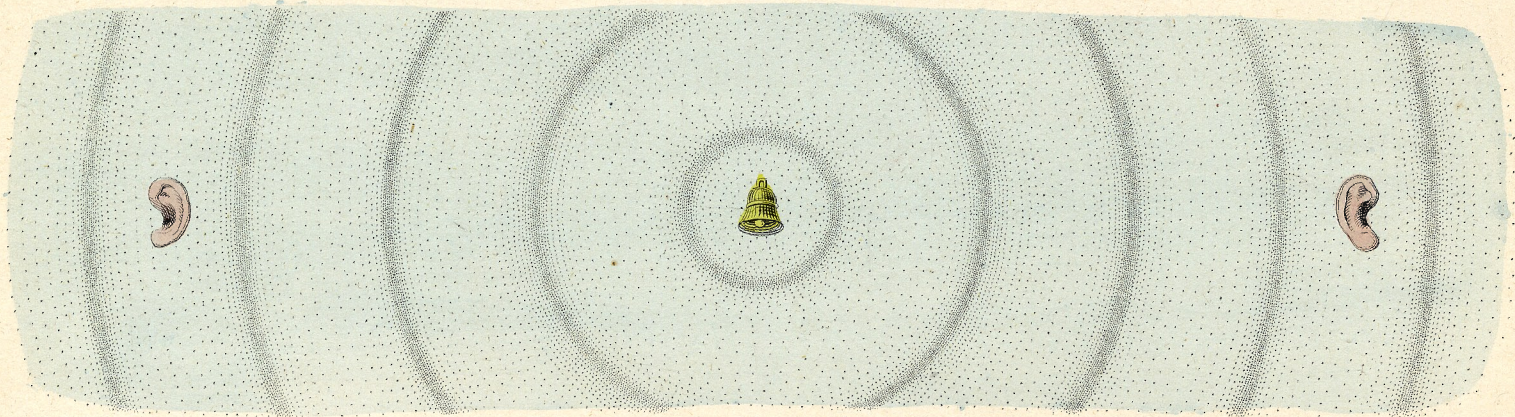


Meeresspiegel. 1, Himalaya bis zu 26300 Fufs. 2, Andes 20000f. 3, Alpen bis zu 14800 f. Meeresspiegel.  
 4, Riesengebirge 4000f. 5, Schwarzwald 3200. 6, Greens Luftballon im Jahr 1837, 27000 Fufs.



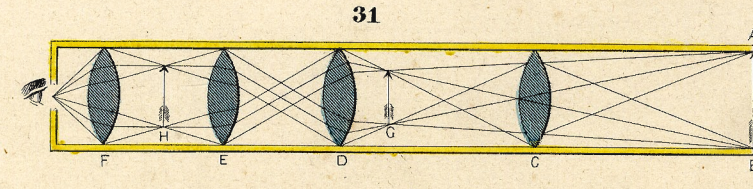
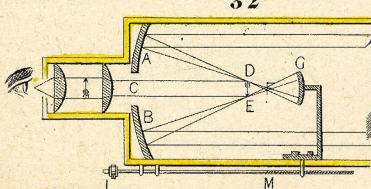
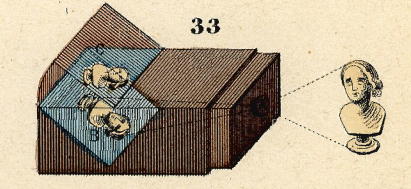
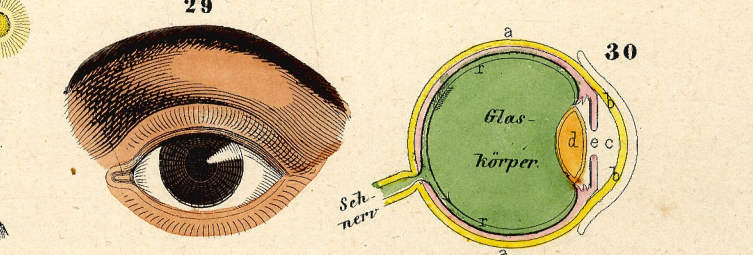
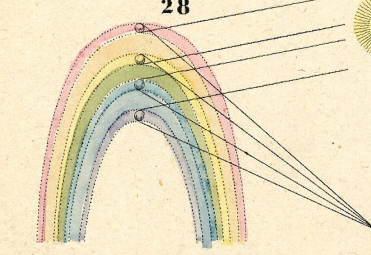
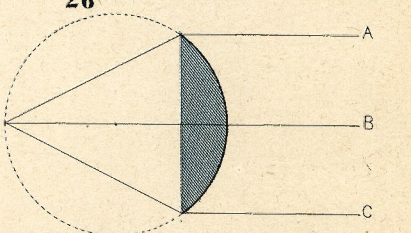
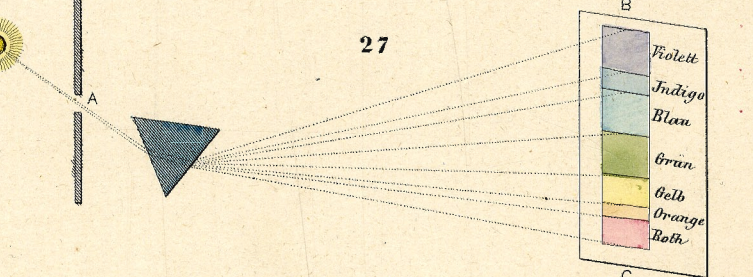
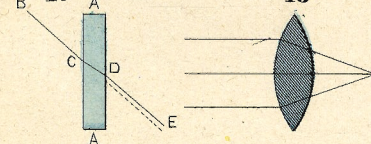
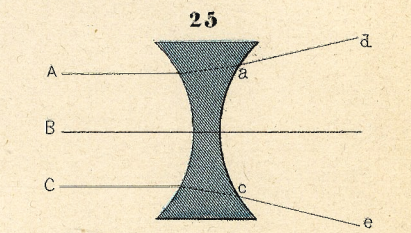
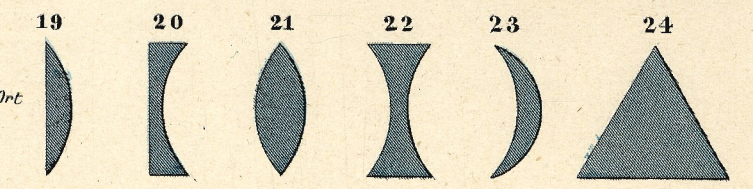
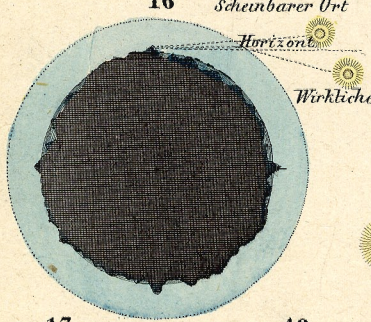
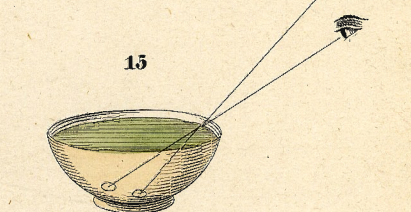
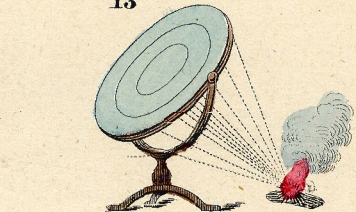
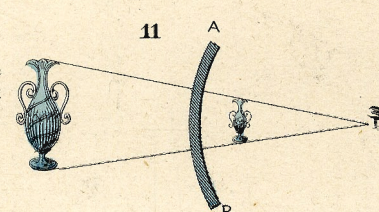
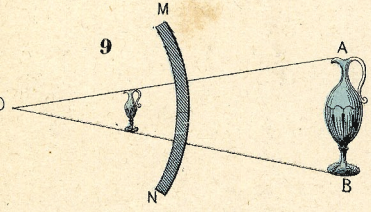
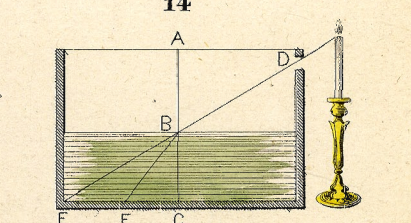
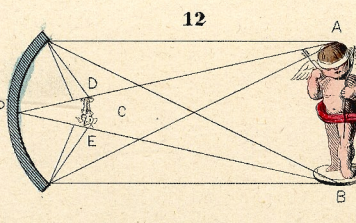
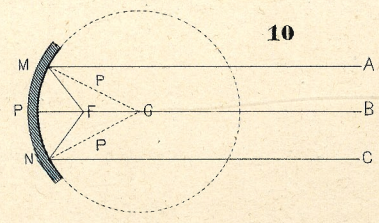
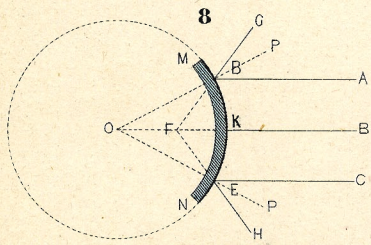
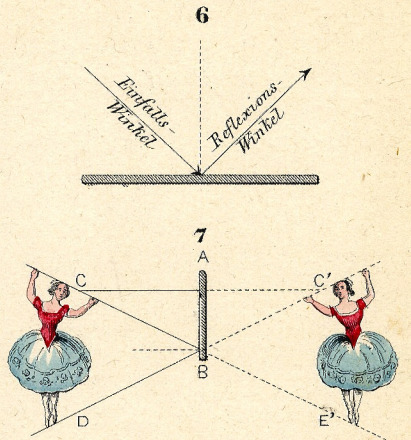
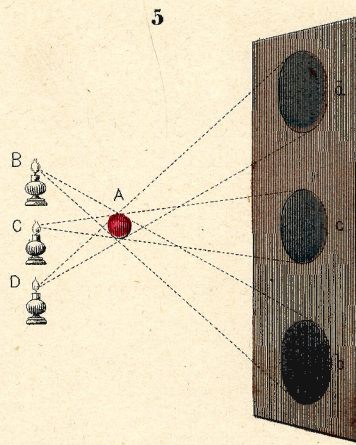
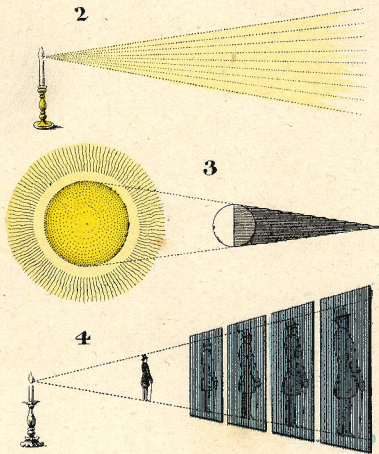
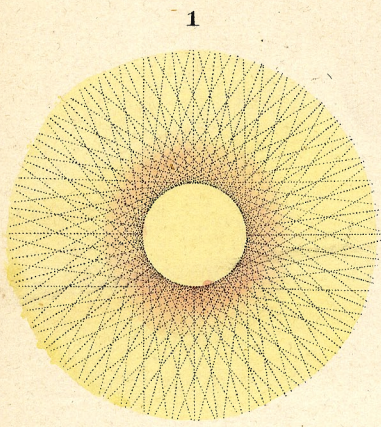


1



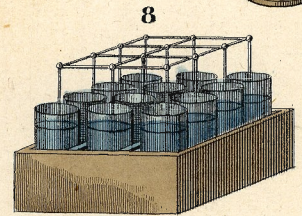
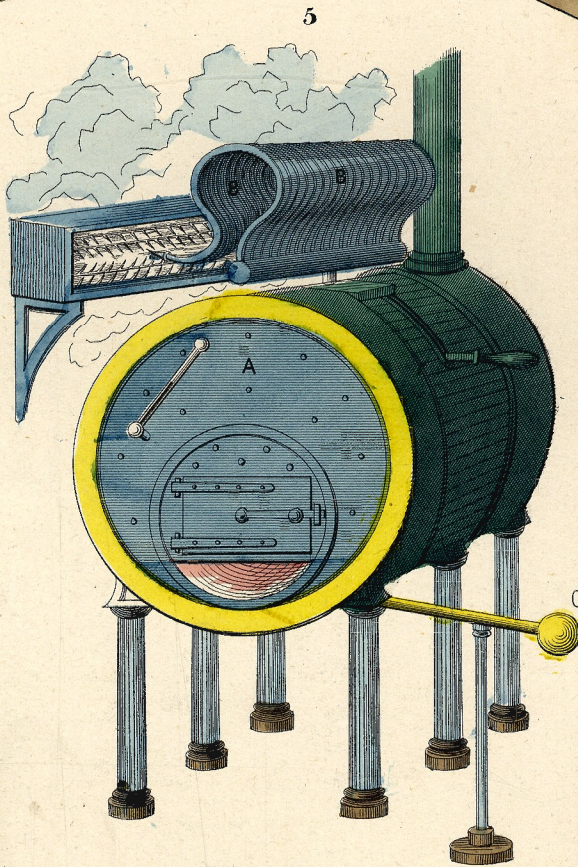
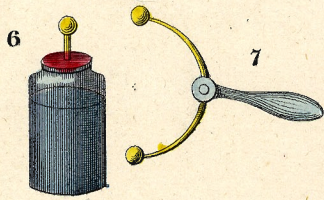
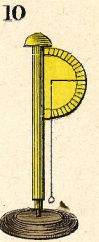
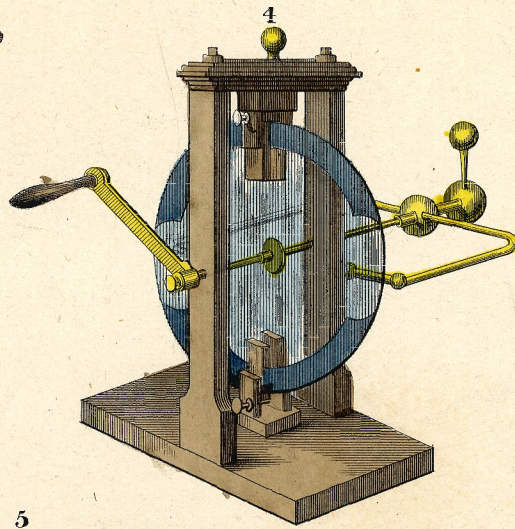
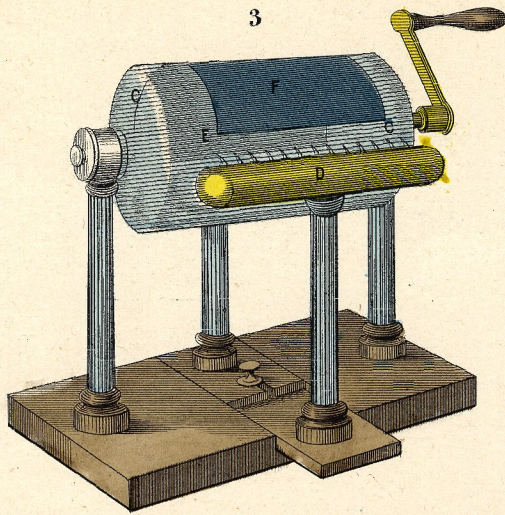
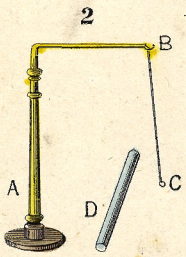
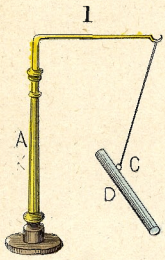


# LICHT.





# NATURLEHRE IN BILDERN ELEKTRICITÄT.

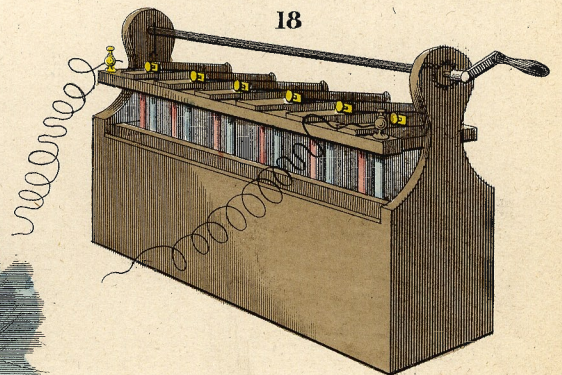
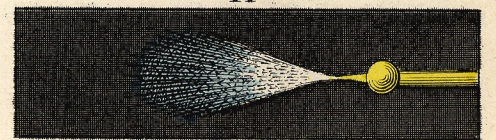
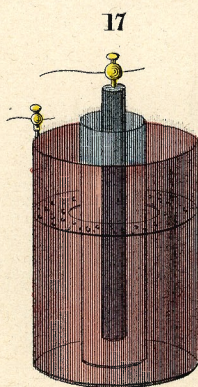
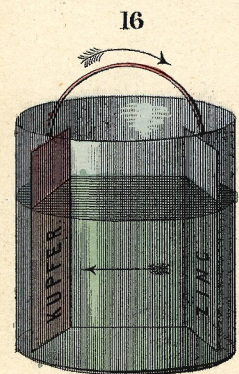
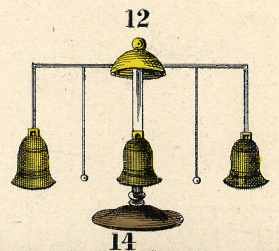
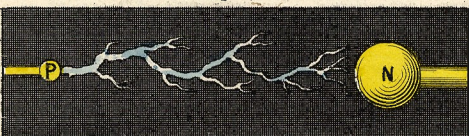
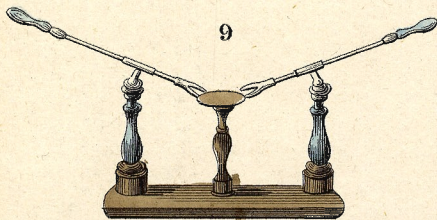


### Reihenfolge für Leiter:

Zink, Blei, Zinn, Eisen, Kupfer,  
Silber, Gold, Platina, Kohle.

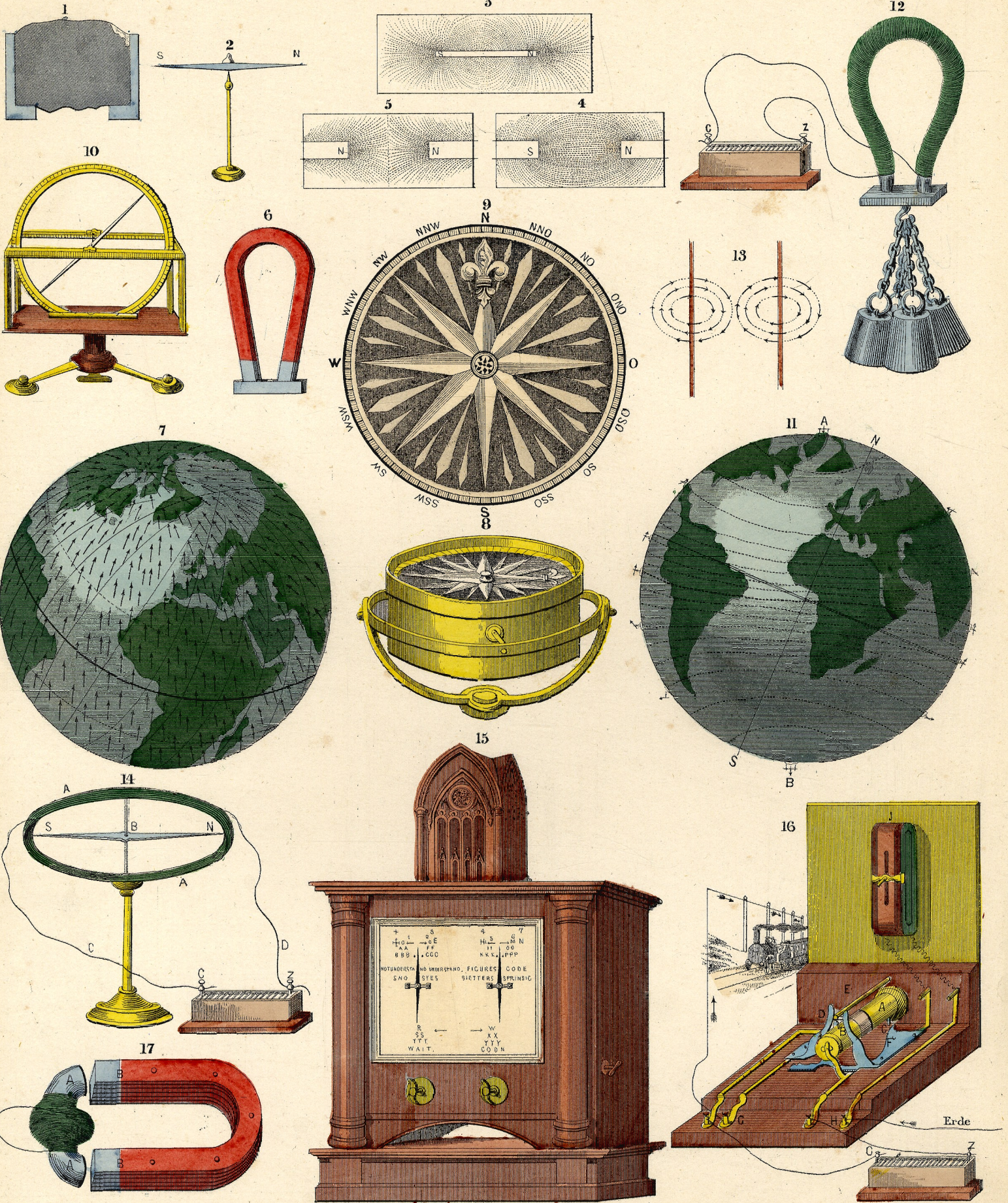
### Reihenfolge für Nichtleiter:

Katzenfell, polirtes Glas, Wolle,  
Seide, Harz, mattes Glas.





# MAGNETISMUS.





# TAFEL FÜR DIE GRUNDSTOFFE.

## A. METALLOIDE

(nicht metallische Grundstoffe)

### Erste Gruppe

Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff.

### Zweite Gruppe

Fluor, Chlor, Brom, Jod.

### Dritte Gruppe

Schwefel, Selen, Phosphor, Tellur, Arsen, Antimon, Bor, Silicium.

## B. METALLE.

### I. Die Erden.

Thonerde, Beryllerde, Yttererde, Zirkonerde u. f. w.

### II. Die alkalischen Erden.

Barüterde, Strontianerde, Kalkerde, Talk- und Bittererde.

### III Die Alkalien

Kali, Natrum, Lithium,

### IV. Schwere Metalle

#### Erste Gruppe

(welche in der Rothglühhitze Wasser zersetzen)

Mangan, Zink, Eisen, Zinn, Kobalt, Nickel.

#### Zweite Gruppe

(welche in der Rothglühhitze Wasser nicht zersetzen)

Arsen, Antimon, Tellur, Chrom, Titan, Uran, Wolfram, Tellur, Molybdän, Tantal, Cerium, Wismuth, Blei, Didymium, Lanthan, Kupfer.

#### Dritte Gruppe.

(Metalle deren Oxide durch Wärme reducirt werden)

Gold, Silber, Quecksilber, Palladium, Rhodium, Plafina, Osmium, Iridium,

Diese Grundstoffe, welche die Wissenschaft bis jetzt nicht zu zerlegen im Stande war, sind es 62.

Nach ihrem Verhalten gegenüber der Electricität kömte man die Grundstoffe eintheilen

in  
**electronegative**

diese sind:

**Sauerstoff.**

Chlor, Fluor, Jod, Brom, Stickstoff,  
Schwefel, Selen, Tellur, Phosphor,  
Arsen, Antimon, Kohlenstoff, Bor,  
Kiesel, Tantal, Titan, Molybdän,  
Vanadium, Chrom, Wolfram,

und

**electropositive**

diese sind:

**Wasserstoff.**

Platina, Palladium, Iridium, Rhodium, Osmium, Ruthenium, Gold, Silber, Quecksilber, Kupfer, Uran, Wismuth, Blei, Zinn, Eisen, Nickel, Kobalt, Cerium, Lanthan, Novium, Didymium, Zink, Cadmium,  
Thorium, Zirkonium, Yttrium, Beryllium, Aluminium, Magnesium, Barium, Strontium, Calcium, Lithium, Natrium, Kalium.

