I. Abtheilung.

Physik.

Physik. Jeder Augenblik unseres Daseins, jeder Tag unseres Lebens bietet uns eine ausserordentliche Fülle wechselnder Erscheinungen. Die leuchtende Sonne am frühen Morgen, die Abendröthe, der Unterschied zwischen Licht und Dunkelheit, zwischen Tag und Nacht, zwischen Kälte und Wärme, die Bewegung der Planeten im unendlichen Raume und die Umbildung des Wassertropfens zu einem Krystall oder zu flüchtigem Dampf. Alles dies sind Erscheinungen, an denen kein denkender Mensch vorüber gehen wird, ohne das Verlangen zu fühlen, sich deren Ursachen zu erklären.

Als Kind langt der Mensch nach den Sternen; die richtige Anschauung der Erscheinungen erlangt er erst durch den Gesammtgebrauch seiner Sinne. Im Genusse dieser ist die gottgegebene Mahnung an ihn eine höhere, er sucht nach geistigem Besitz. Millionen der vorhanden gewesenen Menschen haben dieser Mahnung Folge geleistet und das errungene geistige Besitzthum der Nachwelt als Erbtheil hinterlassen. Nach und nach ist aus den Bruchstücken dieses geistigen Besitzthumes ein zusammenhängendes Ganze eine besondere Wissenschaft geworden, die den Namen Physik erhalten hat.

Die Physik ist die Wissenschaft, welche uns die Ursachen und Gesetze derjenigen Erscheinungen lehrt, welche von keinen wesentlichen Veränderungen der Körper, von denen ausgehend wir sie beobachten, begleitet sind.

Das Echo, das Gewitter, die Richtung der Magnetnadel, der Regenbogen, die Schwingung des Pendels, die Bewegung der Planeten, der Klang einer Glocke, das Nordlicht etc. sind derartige physikalische Erscheinungen.

Physikalische Grundbegriffe.

Zum klaren Verständniss und zur richtigen Auffassung der Erscheinungen ist es nothwendig seinen Geist auf die Erklärung gewisser Grundbegriffe zu richten, um auf ihnen das weitere Wissen fortzubilden.

Raum. Das Weltganze in seiner unendlichen Ausdehnung und befreit von allen körperlichen Wesen gedacht, gibt den Begriff des absoluten oder Weltraumes. In diesen unbegrenzten Raum denken wir uns alles Irdische gestellt.

Jeden Theil dieses Raumes, den ein Körper, den irgend ein Theil des Irdischen einnimmt, so gross oder so klein dieser auch ist, nennen wir, im Gegensatz zu dem unendlichen oder absoluten Raume, den relativen oder begrenzten Raum. Der Raum, den unsere Planeten, den Sonne, Erde, Mond einnehmen, der Raum, den jeder Mensch, oder den ein Infusionsthierchen oder eine Pflanzenzelle einnehmen, sind begrenzte oder relative Räume.

Körper. In den Raum finden wir die Körper gestellt. Nicht aller Raum ist erfüllt, der es aber ist, der ist erfüllt durch einen Körper. Die Planeten, Sonne, Erde, Mond, der Mensch, das Infusionsthierchen, die Pflanzenzelle sind Körper.

Materie und Kräfte. Die Entstehung und das Wesen des Körpers besteht in der Annahme einer Urbildungsquelle für dieselben und gewisser Urbildungsmittel. Die ersteren nennen wir Materie, die anderen Kräfte.

Materie. Dasjenige, woraus wir uns die Körper gebildet denken, wodurch der Körper den Raum ausfüllt, nennen wir Materie. Wenn eine marmorne oder bronzene Statue einen Körper darstellt, so ist Marmor und Bronce die Materie. Die Eigenschaften, welche wir der Materie zutheilen, sind die der absoluten Trägheit, Leblosigkeit, Formlosigkeit.

Kraft. Denkt man sich diese Eigenschaften der Materie allein herrschend, so müsste der unendliche Raum stetig und überall von der formlosen, trägen, leblosen Materie ausgefüllt sein. Unserer Betrachtung bietet sich aber das Gegentheil. Wir sehen die Materie nicht überall, sondern nur an gewissen Orten im Raume vertheilt. Wo wir sie sehen, sehen wir sie nicht formlos, nicht träge, nicht leblos, sondern in Formen als Körper gehalten, und in absoluter Bewegung. Es muss dies einer Ursache zugeschrieben werden. Diese Ursache sehen wir in der Herrschaft der Kräfte, welchen die Materie unterthänig ist.

Aus der Wechselwirkung zwischen Kraft und Materie, oder Geist und Stoff, denken wir uns die Bildung, das Wesen und den Zusammenhang der Körper und die, dieselben begleitenden Erscheinungen hervorgehend. —

Von den Grundkräften.

Betrachten wir einen Körper in einem Zustande, in welchem er sich am meisten dem Begriffe, den wir der Materie beilegen, nähert z. B. als ganz feines Pulver. Eisen z. B. in solchem Zustande gibt dem leisesten Drucke unserer Hand nach. Betrachten wir dagegen eine Eisenstange. Sie besteht aus demselben Stoffe, und doch werden wir durch den stärksten Druck unserer Hand auf dieselbe keinen Eindruck machen, ja wir können an dieselbe ein Gewicht von hunderten von Centnern hängen, ohne an derselben eine Veränderung derselben Theilchen zu bemerken, die wir in dem Eisenpulver schon durch den geringsten Druck verschoben haben. Offenbar muss diese grosse Verschiedenheit eine mächtige Ursache haben.

Atome oder Moleküle. Wir denken uns die Materie, bestehend aus unendlich kleinen, feinen, nicht mehr theilbaren Theilchen: Atomen oder Molekülen.

Grundkräfte. Anwesend in den Atomen und diese beherrschend, denken wir uns gewisse Grundkräfte, von denen die eine den Atomen anziehende, die andere abstossende Eigenschaften ertheilt.

Anziehungskraft. Eine dieser elementaren Kräfte nöthigt die Atome, sich gegenseitig anzuziehen, dies ist die anziehende Kraft.

Abstossende Kraft. Würden die Atome der Materie nur von einer Kraft beherrscht, so müsste die gesammte Materie auf einer Stelle zu-

sammengeballt sein. Dies ist nicht nur nicht der Fall, sondern die einzelnen Körper, in denen wir die materiellen Atome vertheilt finden, haben sogar einen sehr verschiedenen Zusammenhang. Zwischen dem Zusammenhange des Eisens, des Wassers und der Luft ist ein offenbarer und grosser Unterschied. Dafür muss gleichfalls ein Grund vorhanden sein, es muss die Materie neben der anziehenden noch von einer anderen Elementarkraft der abstossenden Kraft beherrscht werden.

Die eine Kraft, die Anziehungskraft, führt die Atome sich nahe, die andere, die abstossende Kraft, drängt die Atome von einander. Beide Kräfte aber sind in verschiedenem Grade den verschiedenen Atomen der Materie zu eigen gegeben. Die Atome des Eisens besitzen die anziehende Kraft in höherem Grade, als die Atome des Wassers, und die Atome des Wassers besitzen dieselbe in höherem Grade als die der Luft. Umgekehrt besitzen die Luftatome die abstossende Kraft in höherem Grade als die des Wassers und in viel höherem Grade als die des Eisens. Aus solchem Grunde haben die Eisenatome sich mehr genähert, sie hängen viel fester an einander als die des Wassers und der Luft.

Weltäther. Die Ursache der abstossenden Kraft denkt man sich in einem durch den ganzen Weltraum verbreiteten, alle Räume durchdringenden, körperlosen, höchst elastischen Fluidum dem Aether (Weltäther). Diesen Aether vermögen die Atome der Materie in ihrer Nähe zu verdichten, so dass er um jedes Atom eine Hülle bildet. Das Verdichtungsvermögen der Atome ist aber ein verschiedenes. Je grösser es ist, um so geringer wird die Aetherhülle, um so energischer wirkt die Anziehungskraft der Atome und um so näher berühren sich dann dieselben. Je geringer das Verdichtungsvermögen der Atome für den sie umgebenden Aether ist, um so grösser ist die Aetherhülle, um so geringer wirkt die anziehende Kraft und um so ferner bleiben die Atome einander. Den Atomen des Eisens wohnt ein grosses Verdichtungsvermögen für den Aether inne, die Aether-Hüllen um die Atome des Eisens sind daher nur sehr gering, die Atome liegen sich nahe und die Wirkung der anziehenden Kraft ist eine bedeutende.

Geringer ist das Verdichtungsvermögen der Atome des Wassers, die Aetherhülle ist umfangreicher, die Wirkung der Anziehungskraft geringer.

Noch geringer als das Verdichtungsvermögen des Aethers durch die Wasseratome ist das der Luftatome. Die Aetherhülle derselben ist um vieles umfangreicher und die Wirkung der Anziehungskraft um so gehinderter und geringer.

Von den Anziehungskräften.

Die den Atomen inne wohnende Anziehungskraft wirkt in verschiedener Richtung. Wir beobachten eine anziehende Kraft zwischen sich berührenden gleichartigen Körpertheilchen, z. B. zwischen den sich berührenden Eisen-, Wasser-, Lufttheilchen. Von der Aeusserung dieser Kraft hängt der Zusammenhang des Körpers ab. Wir nennen sie Cohäsion.

Wir beobachten ferner eine anziehende Kraft zwischen sich berührenden ungleichartigen Körpertheilchen, z. B. zwischen den Atomen des Eisens und denen des Sauerstoffes, denen des Chlors und des Wasserstoffes. Wir bezeichnen diese Kraft mit dem Ausdruck chemische Verwandtschaft. Die Producte derselben erhalten Eigenschaften, die von denen, welche die nun vereinigten Körper-Atome vor ihrer Vereinigung besessen haben, verschieden sind. Das Product der Anziehung zwischen Eisen und Sauerstoff ist Eisenoxyd. Das Product der Anziehung zwischen Chlor und Wasserstoff ist Chlorwasserstoff. Eisenoxyd hat Eisenschaften, die, wie

Jedermann weiss, sehr verschieden von denen des metallischen Eisens und des Sauerstoffes sind. Eben so verschieden sind auch die Eigenschaften des Chlorwasserstoffes von denen des Chlors und des Wasserstoffes. Dieserhalb gehören auch die Erscheinungen der chemischen Verwandtschaft in das Bereich der Chemie.

Endlich beobachten wir auch zwischen den sich nicht unmittelbar berührenden Körpertheilen eine Anziehung. Diese äussert sich in unmerklich kleinen und in den ungeheuer weitesten Entfernungen. Die anziehende Kraft zwischen sich nicht berührenden Körpern, die sich in den kleinsten Entfernungen äussert, nennen wir Adhäsion; wenn sie sich in weiteren und in den weitesten Entfernungen äussert, nennen wir sie Schwerkraft oder Schwere und Gravitation.

Cohäsion.

Vermöge der, auf jeden Körper einwirkenden Grundkräfte, von denen das Wesen eines Körpers überhaupt abhängig ist, muss auch jeder Körper einen gewissen Zusammenhang haben. Eisen, Wasser, Luft, alle uns bekannten Körper haben einen solchen Zusammenhang, denn sie setzen der Trennung einen Widerstand entgegen. Dieser Zusammenhang ist nicht die Wirkung einer Kraft, sondern das Ergebniss der Wechselwirkung der beiden Grundkräfte. Wir vereinen aber die Wechselwirkung beider Kräfte zu einer einzigen und bezeichnen die Ursache des Zusammenhanges der Körper, das Zusammenwirken der abstossenden und anziehenden Kräfte als Cohäsion.

Aggregatzustand der Körper. Von dem grösseren oder geringeren Grade der Cohäsionskraft ist auch die grössere oder geringere Innigkeit des Zusammenhanges der Körper abhängig. Im Eisen ist die Cohäsionskraft grösser als im Wasser, im Wasser grösser als in der atmosphärischen Luft. Es ist also auch der Zusammenhang des Eisens ein innigerer, als der Zusammenhang des Wassers, der des Wassers grösser, als der der Luft.

Diese Verschiedenheit des Zusammenhanges der Körper äussert sich in dreierlei wesentlich von einander abweichenden Graden. Bei einigen Körpern ist der Zusammenhang so innig, dass sie dadurch in den Zustand der Starrheit gerathen und in diesem selbständige Grenzen, also unveränderliche Volumina, d. i. eine Gestalt besitzen, diese Körper nennen wir feste Körper. Metalle, Steine, Holz etc. sind feste Körper. Körper, deren Zusammenhang geringer ist, deren Theilchen leicht verschiebbar sind, deren Volumen unveränderlich ist, die aber keine selbständigen Grenzen mehr haben, die ihre Behältnisse im Verhältniss zu ihrer Masse vom Boden aufwärts mit horizontaler Oberfläche ausfüllen, nennen wir flüssige Körper. Quecksilber, Wasser, Wein etc. sind flüssige Körper. So füllt ein halbes Maass Wasser eine Maassflasche vom Boden aufwärts nur halb an, und die Oberfläche des Wassers ist horizontal. Besitzen die Körpertheilchen noch weniger Zusammenhang, sind sie noch verschiebbarer, ohne selbstständige Grenzen und ohne unveränderliches Volumen, erfüllen sie ihre Behältnisse nach allen Seiten gleichmässig, so nennen wir diese Körper luftförmig. Eine Blase Schwefelwasserstoffgas erfüllt den Raum eines Zimmers gleichmässig; ebenso die atmosphärische Luft.

Diese verschiedenen Zustände der festen, flüssigen und luftförmigen Zustände der Körper bezeichnet man mit dem Ausdruck Aggregatzustände der Körper.

Cohäsionsgrade. Der Zusammenhang der Körper ist bei den einzelnen festen, flüssigen, luftförmigen Körpern wiederum verschieden. Für

die Technik wichtig und vielfach verwendet wird die Cohäsionskraft der festen Körper. Den innigsten Zusammenhang besitzen die Metalle und unter diesen das Eisen den grössten. Ein Eisendraht von 1 Millimètre Stärke trägt 1 Centner; Drähte von demselben Durchmesser aus Kupfer 42 Pfund, Messing 60 Pfund, Stahl 60—80 Pfund, 1 Pferdehaar trägt 2 Pfund, 1 Menschenhaar 2 Loth, 1 Coconseidenfaden 1 Quentchen.

Cohäsion und Wärme. Der Cohäsion entgegen wirkt die Wärme. Die Wärme unterstützt von den das Wesen der Körper bedingenden Kräften die abstossende Kraft. Der Aether, den wir uns als eine um die Atome der Körper durch ihre Anziehungskraft verdichtete Hülle gedacht haben, dehnt sich unter dem Einfluss der Wärme aus. Feste Körper werden daher durch Erwärmen flüssig, flüssige luftförmig, und luftförmige ausserordentlich ausgedehnt. Entzieht man dagegen den Körpern Wärme, so wird die Cohäsion derselben unterstützt. Feste Körper ziehen sich in der Kälte zusammen, flüssige werden fest, und luftförmige flüssig und fest.

Daraus folgt auch, dass der Aggregatzustand der Körper ein relativer Begriff ist, dass er abhängig ist von der, den Körper beherrschenden Wärmeintensität und dass, wenn man von einem bestimmten Aggregatzustande der Körper spricht, dabei immer der Einfluss einer mittleren Temperatur vorausgesetzt wird.

Krystall. Erfolgt der Uebergang eines Körpers aus seinem flüssigen Aggregatzustande in seinen festen in solcher Art, dass die Theilchen des Körpers sich in bestimmten Richtungen anziehen und der entstandene Körper eine regelmässige, von glatten Flächen eingeschlossene Gestalt annimmt, so nennt man einen solchen Körper einen Krystall, den Vorgang selbst Krystallisation.

Zur Bildung eines Krystalles gehört, dass die Atome, die denselben bilden sollen, frei beweglich den einenden Kräften ungehindert folgen können. Dazu ist erforderlich, dass die Atome in flüssigem Zustande sind. Kein Körper kann krystallisirt erhalten werden, der nicht auf irgend eine Weise vorher in den tropfbar flüssigen oder luftförmigen Zustand versetzt worden ist. Alle, auch die härtesten, scheinbar unlöslichsten Krystalle, z. B. Diamant, Saphir, Bergkrystall müssen einst in einem derartigen Aggregatzustande gewesen sein. Feste Körper werden entweder durch Auflösen in Flüssigkeiten oder durch Schmelzen in den flüssigen Aggregatzustand übergeführt. Die erste Methode wendet man vorzugsweise bei den Salzen, die zweite bei den Metallen, Schwefel etc. an.

Damit nun aber aus dem flüssigen Zustande die festen Krystalle sich aussondern, muss dem flüssig gemachten Körper das Auflösungsmittel wieder entzogen werden. Dieses Auflösungsmittel ist im ersten Falle das Wasser oder die auflösende Flüssigkeit, im zweiten Falle die Wärme. Das Wasser wird durch Verdampfen entfernt. Die Wärme durch allmäliges Erkalten. Wenn ein Körper bei seinem Uebergange aus dem flüssigen Zustande in den festen die regelmässige Gestalt eines Krystalles annehmen soll, so muss dieser Uebergang sehr allmälig und langsam geschehen. Bei rascher Abkühlung und Ausscheidung werden zu viel Körpertheilchen auf einmal starr, wobei dann ein Theilchen das andere hindert die regelmässige Gestalt anzunehmen. Salze, die man zum Behufe ihrer Krystallisation löst, sind meistens in heissem Wasser reichlicher löslich als in kaltem. Man erhält aus ihnen Krystalle, indem man eine gesättigte heisse Lösung langsam erkalten lässt.

Um Metalle oder Schwefel schön zu krystallisiren, stösst man, so wie die geschmolzene Substanz bei dem Erkalten auf der Oberfläche eine feste

erstarrte Decke erhalten hat, dieselbe durch und giesst die noch darunter befindliche flüssige Masse von den gebildeten Krystallen ab.

Die aus tropfbar flüssigen Auflösungsmitteln krystallisirenden Salze nehmen meistentheils eine grössere oder geringere Menge Wasser in ihren starren Zustand mit herüber. Dieses Wasser nennt man Krystallisationswasser oder Krystallwasser. Krystalle mit viel Krystallwasser schmelzen beim Erhitzen. Salze ohne Krystallwasser verknistern beim Erhitzen. Krystalle, die chemisch gebundenes Wasser bei sich führen, verlieren mit diesem auch ihre regelmässige Gestalt. Geschieht dies schon bei niedriger Temperatur, so sagt man, sie verwittern. Andere Krystalle verlieren ihre Krystallform durch Anziehen von mehr Wasser aus der Atmosphäre; man sagt von ihnen: sie sind hygroscopisch oder sie zerfliessen.

Krystallformen. Früher wurden die Krystalle nach zufälligen Aehnlichkeiten derselben mit bekannten Gegenständen benannt. Man bezeichnete die Formen derselben als: nadelförmig, baumartig, federartig, schuppenförmig etc. In den technischen Terminologien kommen solche Bezeichnungen auch wohl jetzt noch vor. Die Wissenschaft hatte inzwischen andere Bezeichnungen gewählt.

Betrachten wir irgend einen Krystall, z. B. einen Krystall von Soda, so bieten sich an demselben der Betrachtung zuerst die Theile, die den grössten Raum in seinem Umrisse einnehmen, seine Seiten oder Flächen.

Zwei Flächen, welche sich berühren, bilden eine Kante.

Drei oder mehrere Flächen, welche sich in einem Punkte zusammentreffen, bilden an diesem Punkte eine Ecke.

Flächen, welche in ihren Umrissen einander gleich sind, heissen gleichnamig, im anderen Falle ungleichnamig. Kanten, welche von gleichnamigen Flächen gebildet werden, heissen gleichflächig, im andern Falle ungleichflächig. Neigen sich die Flächen zu den Kanten in gleichem Winkel, so heissen die Kanten gleiche, im anderen Falle ungleiche.

Von der Anzahl der Flächen, die sich in einer Ecke zusammen neigen und berühren, erhalten die Ecken die Bezeichnung: 3, 4, 6flächig.

Sind die Flächen, die sie bilden, gleich, so heisst die Ecke gleichflächig, im anderen Falle ungleichflächig. Gleichkantig heisst eine Ecke, wenn die Kanten, die sie bilden, gleich sind, im anderen Falle heisst die Ecke ungleichkantig.

Von der Gestalt der Flächen, von der Art ihrer Neigung zu Kanten, und der Bildung von Ecken hängt nun auch die Gestalt oder die Form des Krystalles ab. Sind die Flächen eines Krystalles, von denen diese Form gebildet wird, unter sich alle gleichnamig, so nennt man die Krystallformen, die daraus entstehen, einfache Formen. Sind die Flächen, welche die Formen bilden, ungleichnamig, so heissen diese Formen zusammengesetzte Krystallformen.

Denkt man sich in irgend einer Form einen Mittelpunkt, und zieht von diesem aus nach der Oberfläche Linien dergestalt, dass um dieselben die Flächen symetrisch liegen, so nennt man diese Linien die Axen.

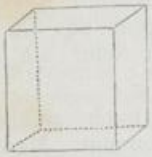
Krystallsysteme und die Anwendung derselben auf die bekantesten chemischen Verbindungen. Aus diesen Axen ihrer Stellung und ihrem Verhältniss zu den sie umgebenden Flächen hat man gewisse Normal-Constructionen abgeleitet, und nach denselben alle uns be-

kannten krystallinischen Körper in Gruppen getheilt, in denen die Krystallform der dahin gehörigen Körper stets in jener Normalconstruction bleibt. Man nennt diese Gruppen, denen eine solche Normalconstruction der Axenverhältnisse zu Grunde liegt, Krystallsysteme.

Es sind deren sechs.

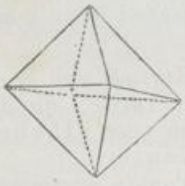
I. Reguläres Krystallsystem. Drei Hauptlineardimensionen (Hauptaxen) stehen auf einander senkrecht und sind alle gleich. Hierher gehören unter andern

Fig. 26.



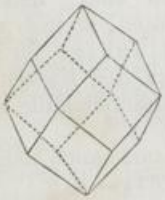
der regelmässige Sechsflächner (Würfel) Fig. 26.

Fig. 27.



der regelmässige Achtflächner (Octaëder) Fig. 27.

Fig. 28.



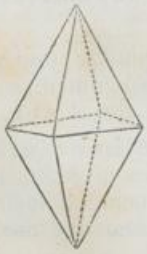
der rhombische Zwölfflächner (Rhombododecaëder) Fig. 28.

und noch einige andere Formen.

In dem regulären Krystallsysteme krystallisiren: arsenige Säure, antimonige Säure, Phosphor, Salmiak, Chlornatrium, Jodkalium, Alaun etc., ausserdem Gold, Silber, Kupfer, Blei, Diamant, Bleiglanz, Magneteisenstein, Rothkupfererz etc.

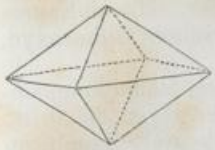
II. Quadratisches Krystallsystem. Drei Hauptdimensionen stehen auf einander senkrecht, aber nur zwei davon sind gleich. Unter den dieses Verhältniss bildenden Formen sind hervorzuheben:

Fig. 29.



der spitze quadratische Achtflächner Fig. 29.

Fig. 30.



der stumpfe quadratische Achtflächner Fig. 30.

Fig. 31.

die quadratische Säule Fig. 31.

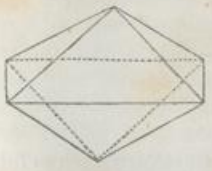
Im quadratischen Krystallsystem krystallisiren: Zinn und Zinnstein Quecksilberchlorür, Quecksilberjodid etc.

III. Rhombisches Krystallsystem. Drei Hauptdimensionen stehen senkrecht aufeinander, aber alle drei sind ungleich. Unter den dieses Verhältniss bietenden Formen sind hervorzuheben:

Fig. 32.

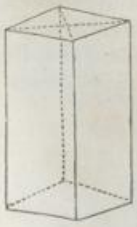
Rhombische Achtflächner (Rhombooctaëder) Fig. 32.

Fig. 33.



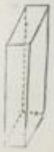
Rechtwinklige Achtflächner Fig. 33.

Fig. 34.



Grade Rhombische Säule Fig. 34.

Fig. 35.

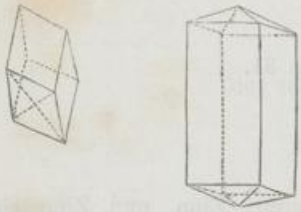


Rechtwinklige Säule Fig. 35.

Im Rhombischen System krystallisiren: Schwefel, Auripigment, Jod, Quecksilberjodid, Quecksilberchlorür, Chlorbaryum, Salpeter, schwefelsaures Natron, wasserfreies schwefelsaures Zinkoxyd, salpetersaures Silberoxyd, Weinstein, Tartarus natronatus, Brechweinstein etc. etc.

IV. Klinorhombisches Krystallsystem. Drei Hauptdimensionen, wovon zwei schief auf einander stehen, beide aber gegen die dritte rechtwinkig geneigt und alle ungleich sind. Hervorzuheben als Hauptform ist:

Fig. 36. Fig. 37.



Schiefe rhombische Säule Fig. 36. 37.

In dem klinorhombischen System krystallisiren: Realgar, Kupferlasur, geschmolzener Schwefel, Borax (10 At. Wasser), chlorsaures Kali, Glaubersalz, Eisenvitriol, Oxalsäure, Weinsteinsäure, Essigsaures Natron, Essigsaures Bleioxyd, Kleesalz, Zucker etc.

V. Klinorhomboidisches Krystallsystem. Drei Hauptdimensionen, sämmtlich stehen schief auf einander und sind ungleich. Die Grundform ist die

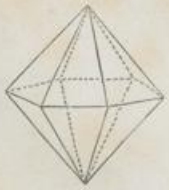
Fig. 38.

Schiefe Rhomboidsäule Fig. 38.

Es krystallisiren im klinorhomboidischen System: Borsäure, schwefelsaures Kupferoxyd, doppelt chromsaures Kali, Gallussäure etc.

VI. Rhomboidrisches Krystallsystem. Drei Hauptdimensionen, wovon drei einander gleich, in derselben Ebene liegen und sich unter Winkeln von 60° schneiden, während die vierte ungleiche auf den Ebenen der übrigen rechtwinklig steht. Unter den Hauptformen, die dieses Verhältniss zeigen, sind hervorzuheben:

Fig. 39.



Doppelsechsseitige Pyramide (sechsseitige Dodecaëder) Fig. 39.

Fig. 40.

Die sechsseitige Säule Fig. 40.

Es krystallisiren in dem rhomboidrischen Systeme: Quarz, Zinnober, Arsenik, Antimon, Wismuth, Zinkoxyd, salpetersaures Natron etc.

Isomorphie. Einer Entdeckung Mitscherlich's verdanken wir die Beobachtung, dass in einer Verbindung, welche eine bestimmte Krystallform zeigt, gewisse Körper sich gegenseitig ersetzen können, ohne dass die Krystallform der Verbindung geändert wird. Im Alaun z. B. kann das schwefelsaure Kali, welches ein Bestandtheil des Alauns ist, durch schwefelsaures Ammoniak ersetzt werden, ohne dass die Krystallform der Verbindung eine andere wird. Derartige Körper, welche sich ohne Veränderung der Krystallform ihrer Verbindungen in diesen gegenseitig ersetzen können, nennt man isomorphe Körper.

Dimorphe Körper. Gewisse Körper können unter gewissen Umständen bei der Bildung der Krystalle wesentlich verschiedene Krystallformen annehmen. Solche Körper nennt man dimorphe Körper.

Amorphe Körper. Viele Körper zeigen gar keine Krystallform, man nennt sie amorphe Körper. Ein und derselbe Körper kann zuweilen in den krystallischen und amorphen Zustand gebracht werden.

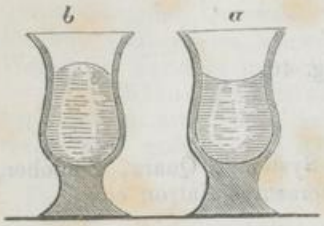
Adhäsion.

Presst man zwei Metall- oder Glasplatten fest aufeinander, so werden sie, auch wenn kein Bindemittel angewendet wird, fest auf einander haften. Grosse Glasplatten haften oft so fest aufeinander, dass sie beim Abheben zerbrechen. Der Zusammenhang ist noch inniger, wenn man die Platten vor dem Zusammenpressen befeuchtet. Die Ursache dieser Erscheinung liegt in der Anziehung, die von den auf der Oberfläche der Glasplatte befindlichen Theilchen auf einander geübt wird. Wir nennen diese zwischen den Oberflächen verschiedener, sich unmittelbar berührender Körper auf einander stattfindende Anziehungskraft Adhäsion. Das Leimen, Kitten, Anstreichen etc. beruht auf Adhäsion.

Die Aeusserung der Adhäsion geschieht nur in ausserordentlich kleinen Abständen der Körper. Sie findet bei allen Körpern gegen einander statt. Die Grade der Adhäsion sind verschieden. Die Adhäsion findet auch statt zwischen festen und flüssigen, zwischen festen und luftförmigen, und zwischen luftförmigen und flüssigen Körpern. Giesst man z. B. in eine mit einem Pulver voll gefüllte Flasche eine Flüssigkeit, z. B. Alkohol, Wasser, und kehrt nach einiger Zeit die Flasche um, so wird alle Flüssigkeit von den Körpertheilchen des Pulvers festgehalten werden. Ist die Menge des Pulvers gering, und erfolgt das Aufgiessen des Wassers rasch, so wird man, auch wenn das Pulver schwerer als Wasser ist, z. B. aus Quecksilberchlorür, Bleiweiss oder dergl. besteht, bemerken, dass aus der übergossenen Pulvermasse Luftblasen aufsteigen, die kleine Pulvertheilchen mit sich in die Höhe nehmen. Es hat diess seinen Grund in der zwischen dem Pulver und der atmosphärischen Luft vorhandenen Adhäsion.

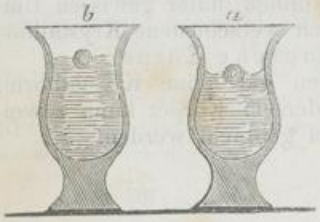
Wirkungen der Adhäsion. Die Wirkungen der Adhäsion zwischen verschiedenen Körpern sind nicht gleich. Giesst man z. B. Wasser

Fig. 41.



und Quecksilber in zwei ganz gleich geformte Glasbehältnisse a und b Fig. 41, so wird man ein ganz verschiedenes Verhalten des Wassers und Quecksilbers gegen die Wandungen der Gefässe bemerken. In dem Behältniss a, worin das Wasser als befindlich angenommen wird, steigt das Wasser an der Wandung des Glases in die Höhe und erhält die Oberfläche des Wassers dadurch die Konkavität, die wir in der Abbildung beobachten. In b, Fig. 41, ist das Quecksilber befindlich, es steigt an den Wandungen des Glases nicht nur nicht in die Höhe, sondern trennt sich nach Vermögen von denselben; seine Oberfläche wird konvex. Noch hervortretender werden diese Erscheinungen, wenn man auf die Oberfläche des Wassers und des Quecksilbers Kugeln legt; auf das Wasser eine von Holz, auf das Quecksilber eine von Eisen, Blei oder Glas.

Fig. 42.

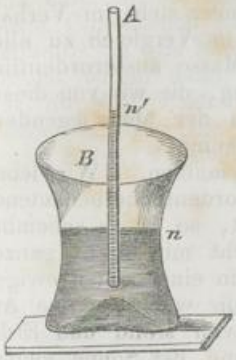


Das Wasser in a, Fig. 42, wird nicht nur an den Wandungen des Glases, sondern auch an der Oberfläche der Kugel hinaufsteigen, während das Quecksilber sich eben so von den Wandungen des Glases als von der Oberfläche der Kugel entfernt. Es zeigt uns sehr deutlich, dass die Anziehung des Wassers zum Glase eine grössere ist, als die Anziehung des Quecksilbers zum Glase. Die Ursache hiervon, wie überhaupt für die Aeusserungen der Adhäsionskraft verschiedener Körper gegeneinander, liegt in dem verschiedenen Grade der Cohäsion, den die Körper besitzen.

Da die Adhäsion sich vermehrt, je mehr Oberfläche die Körper einander bieten, so hat man, wenn man eben jene Adhäsionsäusserungen erreichen will, nur nöthig, die Oberfläche der Körper zu vergrössern. So ist man im Stande, eine Glasplatte, zumal eine matte, durch anhaltendes Zerreiben des Quecksilbers auf derselben ganz damit zu überziehen. Gebraucht man hierzu Quecksilberamalgam, eine Verbindung des Quecksilbers mit andern Metallen, so geschieht dies noch viel leichter. Die Bereitung der Spiegel beruht hierauf. Das Vermischen des Quecksilbers mit Fett, des Wassers mit Schweineschmalz, des Oeles mit Wasser in der Emulsion, das Färben mit fein zertheilten Farbetheilchen etc. beruht gleichfalls auf den Wirkungen der Adhäsion und der Vermehrung derselben durch die Vergrösserung der Oberflächen der auf einander wirkenden Körper.

Capillaradhäsion oder Haarröhrchenanziehung. Taucht man ein Stück weissen Zuckers in Kaffee, so sieht man den Kaffee sich weit in der Masse des Zuckers hinaufziehen. Dieselbe Erscheinung nimmt man wahr in einem in Spiritus oder Oel getauchten Dochte, in der Verbreitung der Tinte auf der Fläche des Fliesspapieres, in dem Aufsteigen des Saftes in den Gefässen der Pflanzen. Alle genannten Erscheinungen sind die Wirkungen der Adhäsion fester und flüssiger Körper, welche zwischen der Oberfläche jener kleinsten Zuckerkrystalle und dem Kaffee, der Baumwollenfaser und dem Alkohol u. s. w. stattfindet. Vollständiger kann man den Zusammenhang der bezeichneten Erscheinung mit der Adhäsion beobachten, wenn man eine äusserst dünne offene Glasröhre in Wasser taucht.

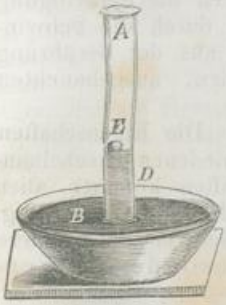
Fig. 43.



In Fig. 43 ist eine Glasröhre A dargestellt, die in das in dem Gefässe B befindliche Wasser taucht. In dem Gefässe B reicht das Wasser bis n, in dem Rohre bis n'. Erklären kann man sich dies auf folgende Weise. Die ursprünglich vorgehende Erscheinung ist die, die wir in Fig. 41 a beobachtet haben, oder die wir in der vorliegenden Figur an der Oberfläche des Wassers in dem Gefässe B beobachten können. Vermöge der Adhäsion des Wassers zu den Wandungen des Glases oder der Glasröhre steigt das Wasser an derselben in die Höhe. Dem Hinaufsteigen entgegen wirkt das Gewicht des Wassers. In dem Gefässe B ist dasselbe nicht unbedeutend, in Röhre A aber ausserordentlich gering. Je dünner diese Röhre ist, um so geringer ist das Gewicht des Wassers, und um so höher steigt dasselbe in die Höhe.

Derartige dünne Röhren nennt man Haarröhrchen, Gefässe, die dieselbe Wirkung haben, Capillargefässe. Deswegen nennt man die eben beobachtete Erscheinung der Adhäsion: Haarröhrchenanziehung oder Capillaradhäsion.

Fig. 44.



Absorbtion. Man füllt einen Cylinder A mit Quecksilber, schliesst dessen Mündung und bringt ihn so geschlossen und umgekehrt unter die Oberfläche des in dem Gefässe B befindlichen Quecksilbers. Darauf leitet man aus einer Gasentwicklungsflasche Kohlensäure, aus Kreide und verdünnter Schwefelsäure dargestellt, in den Cylinder A und zwar so lange, bis die Kohlensäure das Quecksilber bis zu dem Niveau D verdrängt hat. Hierauf bringt man eine glühende Holzkohle E unter die Oberfläche des Quecksilbers in den Cylinder an die in Fig. 44 bezeichnete Stelle. Man wird bemerken, dass das Quecksilber in dem Cylinder rasch steigt, und dass dasselbe endlich den Cylinder, wenn das Stück Kohle gross genug war, wieder vollständig ausfüllt. Die Erklärung liegt in der Adhäsionskraft der Kohle für Gase. Die Kohle bewirkt diese vermöge ihrer grossen Oberfläche. Die Kohle ist sehr porös, und um so poröser sie ist, um so grösser ist ihre diesfallsige Wirkung, durch welche die in dem Cylinder befindlich gewesene Kohlensäure angezogen und auf einen oft 20mal kleineren Raum verdichtet wird. Auch andere Luft und Gasarten werden auf diese Weise angezogen, man nennt diese Adhäsions-Erscheinung Absorbtion und das diesfallsige Vermögen der gewissen Körper Absorbtionsvermögen. —

Schwere und Gravitation.

Schwere. Diejenige anziehende Kraft, die zwischen zwei verschiedenen Körpern, in jeder, auch der grössten Entfernung, wirkt und deren Stärke der Masse der sich anziehenden Körper entspricht, nennen wir Schwere oder Schwerkraft.

Die Ursache, die den Stein fallen, die Kugel in ihrem Laufe innehal-

ten macht, ist der Anziehung zuzuschreiben, die die Körper auf einander üben und die in diesem Falle von der Erde auf die Kugel und den Stein geübt war. Diese Anziehung der Körper gegen einander steht im Verhältniss zu ihrer Masse. Da nun die Erde als Körper, im Vergleich zu allen auf ihr befindlichen einzelnen Körpern, diese an Masse ausserordentlich übertrifft, so sind die Erscheinungen dieser Anziehung, die wir von dieser Kraft auf der Erde hervorgebracht sehen, nur von der überwiegenden, alle andere Anziehung aufhebenden, Erdanziehung bedingt.

Gravitation. Wir sehen den Mond, die Planeten. Wir leben selbst auf einem solchen. Stellen wir uns das ausserordentliche bedeutende Gewicht vor, das unsere Erde oder der Mond hat, so ist es scheinbar wunderbar, warum der Mond oder unsere Erde nicht mit ihrem ganzen Gewicht hinab in den endlosen Raum fällt, sondern in einer steten ewigen Bewegungsbahn gehalten wird. Auch hiervon ist die wechselseitige Anziehung der Massen, die wechselseitige Anziehung von Mond und Erde, von Erde und Sonne, von sämmtlichen Planeten und der Sonne gegeneinander die eine grosse Ursache. Die Aeusserung der Schwere als Ursache der Bewegung der Himmelskörper nennen wir Gravitation.

Eigenschaften der Körper.

Alle physicalischen Erscheinungen gehen von Körpern aus. Das was wir sehen, hören, fühlen, schmecken und riechen knüpft sich immer an etwas Körperliches. Der Schall erreicht unser Ohr durch die Schwingung der Luft, der Lichtstrahl dringt zu unserem Sehnerven durch die Schwingungen des Aethers, der Geruch der Blumen entsteht aus der Berührung unserer Geruchsnerven mit den flüchtigen, aetherischen, ausgehauchten Stoffen.

Besondere Eigenschaften der Körper. Die Eigenschaften der Körper, vermöge deren sie die Ursache der verschiedenen Erscheinungen sind, sind sehr mannigfaltig. Einige Eigenschaften kommen allen Körpern zu, einige nur einzelnen. Ein Körper ist rund, der andere eckig, flach, einer ist schwarz, der andere weiss; der eine schwer, der andere leicht etc. Solche Eigenschaften pflegt man als besondere Eigenschaften der Körper zu bezeichnen.

Allgemeine Eigenschaften. Ausser diesen besondern Eigenschaften zeigen die Körper solche, die allen Körpern gemeinsam zukommen, d. i. allgemeine Eigenschaften. Da jeder Körper einen Raum einnimmt, so muss auch jeder Körper eine Ausdehnung haben. Ein Körper ohne Ausdehnung wäre eben kein Körper. Wenn ferner jeder Körper einen Raum für sich nothwendig hat, wenn er diesen Raum ausfüllt, so ist nichts natürlicher, als dass zu gleicher Zeit nicht noch ein anderer Körper denselben Raum ausfüllen kann. Jeder Körper für sich ist undurchdringlich. Ausser diesen beiden Eigenschaften gehört die Theilbarkeit, Ausdehnbarkeit, Zusammendrückbarkeit, Porosität, Trägheit, Schwere zu den allgemeinen Eigenschaften, die jedem Körper zukommen.

Ausdehnung. Für wissenschaftliche, wie für technische Zwecke ist es wichtig: die Ausdehnung der Körper sich bestimmt zu vergegenwärtigen. Ein Mittel hierzu sind die Maasse.

Längenmaasse. Wenn wir die Ausdehnung nur in einer Richtung verfolgen, so wird das Mittel zu ihrer Bestimmung Längenmaass genannt.

Französiches Längenmaass. Das französische Längenmaass ist fast allgemein in der Wissenschaft das Gebräuchliche geworden. Es

ist dieses ein bestimmter Längentheil unserer Erde. Die mit der Beschaffung einer neuen Maass- und Gewichtseinheit beauftragt gewesene französische Commission hat dafür den zehnmillionsten Theil des Bogens vom Aequator bis zum Nordpol benützt und diesen Theil Metre genannt. Diese Einheit wurde dann nach dem Decimalsysteme vervielfacht und getheilt. Für die Vervielfachung wurden die griechischen, für die Theilung die lateinischen Zahlwörter gebraucht.

Mètre (M.)		Decimètre (D.M.)		Centimètre (C^{m})		Millimètre (mm)
1	=	10	=	100	=	1000
		1	=	10	=	100
				1	=	10

1 Metre = 3,18 Preuss. Fuss.
= 38,23 Preuss. Zoll.

Deutsche Längenmaasse. In Deutschland hat man als Einheit für die Längenmaasse den Fuss (1′). Dieser wird in Zolle (1″) und Linien (1‴) getheilt. Die Unterabtheilungen betragen entweder 10 (Decimalmaass), oder 12 (Duodecimalmaass) Theile.

Vergleichung einiger deutschen mit dem französichen Längen-Maasse.

	Fuss (1′)		Zoll (1″)		Linie (1‴)		Millimètre
Baden	1	=	10	=	100	=	300
Bayern	1	=	12	=	144	=	291
Braunschweig	1	=	12	=	144	=	285
Frankfurt a. M.	1	=	12	=	144	=	284
Hamburg	1	=	10	=	100	=	286
Hannover	1	=	12	=	144	=	292
Churfürstenth Hessen	1	=	12	=	144	=	287
Grossherzogth. Hessen	1	=	10	=	100	=	250
Oesterreich	1	=	12	=	144	=	316
Preussen (Rhein.)	1	=	12	=	144	=	313
1 Ruthe = 12 Fuss							
1 Elle = 25,5 Zoll							
Sachsen	1	=	12	=	144	=	283
Württemberg	1	=	10	=	100	=	286

Alt. Franz. Längenmaass. 1 Linie = 2,3^{mm}; 1 Zoll = 12 Linien = 27,1^{mm}; 1 Fuss v. 12 Zoll = 324,8^{mm}; 1 Toise = 1949^{mm}.

Londoner Längenmaass. 1 Fuss = 304,8^{mm}; 1 Zoll = 25,4^{mm}; 1 Yard = 914,4^{mm}; 1 Fathom = 1829^{mm}.

Russlands Längenmaass. 1 Werschok = 44,4^{mm}; 1 Arschine = 711,5^{mm}; 1 Fuss = 538,2^{mm}.

Meilenmaasse

	Auf einen mittleren Meridiangrad gehen	Mètre
Deutsche oder geographische Meilen	15	7407
Französische Lieues	25	4444
Preussische Meilen	14,37	7532
Werste	104,3	1065
Oesterr. Postmeilen	14,67	7586
Englische Seemeilen	60	1852

Flächenmaasse. Die Richtung der Ausdehnung nach zwei Seiten

z. B. wird durch Flächenmaasse gemessen, die Fläche einer Wand, eines Feldes, einer Wiese.

Deutsche Flächenmaasse. Quadratfusse (1 □′) Quadratzolle (1 □″), Quadratlinie (1 □‴).

Oesterreich. 1 Quadratfuss = 144 Quadratzoll,
1 Quadratzoll = 144 Quadratlinien.
1 Quadratlinie = $4,_8$ Quadratmillimètres.
1 Quadratzoll = $693,_8$ „ „
1 Quadratfuss = $99920,_7$ „ „

Preussen. 1 Morgen = 180 □ Ruthen, 1 □ Ruthe = 144 □ Fuss, 1 □ Fuss = 144 □ Zoll, 1 □ Zoll = 144 □ Linien.
1 Morgen = $25,_{53}$ Ares.
1 □ Ruthe = $14,_{18}$ □ Mètres.

Französische Flächenmaasse.
1 Kilometre carrê = 1,000000 Métres cárrés, 1 Hectométre carré oder Hectare = 1000 M. carres, 1 Are = 100 M. carrés, 1 Métre carré = 10 Decimétres carrés = 100 Centimétres carrés = 1000 Millimétres carrés.

Englische Flächenmaasse.
1 Acre = 4840 □ Yards, 1 □ Fuss = 92879 □ Quadratmillimétres, 1 □ Zoll = 645 Quadratmillimétres.

Körpermaasse. Die Räume, welche von Körpern eingenommen werden, bei denen also eine dreifache Richtung der Ausdehnung zu messen ist, werden durch Körper- oder Kubikmaasse gemessen.

Deutsches Körpermaass. Decimalmaass. 1 Kubikfuss ($1^{cub.'}$) = 1000 Kubikzoll ($1000^{cub.''}$) = 1000000 Kubiklinien ($1000000^{cub.'''}$).

Duodecimalmaass. 1 Kubikfuss ($1^{cub.'}$) = 1728 Kubikzoll ($1728^{cub.''}$) = 2985984 Kubiklinien ($2985984^{cub'''}$).

Französisches Körpermaass.
1 Stére = 1 Kilolitre = 1 Métre cube
1 Hectolitre = $^1/_{10}$ „ „
1 Décalitre = $^1/_{100}$ „ „
1 Litre, = $^1/_{1000}$ „ „

Englisches Körpermaass.
1 Cubic Foot = $1582,_6$ Preuss. Kubikzoll.

Eine Vergleichung der Hohlmaasse, die gleichfalls Körpermaasse sind, ist schon Seite 94 gegeben.

Undurchdringlichkeit der Körper. Raumerfüllung und Undurchdringlichkeit bedingen sich wechselseitig. Denselben Raum, den ein Körper ausfüllt, kann nicht zu gleicher Zeit ein anderer Körper einnehmen. Die flüchtigsten und feinsten Körper sind gleichwohl undurchdringlich. Man ist im Stande, z. B. die atmosphärische Luft im hohen Grade zusammenzudrücken. Endlich gelangt man dabei auf einen Punkt, wo dies aufhört. Die allergrösste, uns zu Gebote stehende Kraft vermag dann nicht den Kolben einer Compressionspumpe an Stelle der Lufttheilchen zu drängen, denn in diesem stark zusammengepressten Zustande sind also selbst diese Lufttheilchen undurchdringlich.

Trägheit der Körper. Wir stossen heftig an einen lose liegenden Stein oder Balken. Der Stein bewegt sich gar nicht oder wenig. Der Schmerz, den wir davon tragen, ist der Beweis dafür, dass der Stein dem Stosse der Bewegung einen Widerstand geleistet. Dieser Widerstand, den die Körper der Bewegung entgegen setzen, das Beharren im Zustande der Ruhe bezeichnen wir mit den Ausdrucke Trägheit.

Theilbarkeit der Körper. Die härtesten Körper sind theilbar. Wir schleifen Diamanten und Saphyre, feilen Stahl, hobeln und bohren das Eisen, sägen, schneiden, raspeln und pulvern die zähesten Körper. Die Theilbarkeit der Körper ist schon, soweit wir derselben zu folgen vermögen, ausserordentlich gross. Der Faden der Spinne, des Seidenwurmes sind Körper von ausserordentlicher Feinheit. Der Platindraht den Wollaston angefertigt, hat einen 150fach höheren Grad von Feinheit als der Seidenfaden. 1 Pfund solchen Drahtes würde mehr als 1000 deutsche Meilen lang sein. Ehrenberg hat gefunden, dass die Maasse des Kieselschiefers ganz aus abgestorbenen Thierchen besteht. Solcher Thierchen gehen mehr als 50,000 Millionen auf einen Kubikzoll. Und doch waren diese Thierchen organisirte Wesen, waren umgeben mit einem Kieselpanzer, der nicht von einem Stücke Kiesel, sondern aus Millionen Kieseltheilchen gefügt ist. Durch die chemische Analyse vermögen wir viele Körper gleichfalls in ausserordentlich grosser Vertheilung nachzuweisen. Bei vielen Mettallen vermögen wir das noch bei der 100,000 fachsten Verdünnung. Einige Körper, wie z. B. das Chlor, das Silber, das Jod, die Schwefelsäure etc. können wir noch nachweisen, wenn ihre Zertheilung in Wasser mehr als millionenfach ist. Endlich gehen aber auch hier, wie überall, uns die Mittel aus, den Körpern in ihre weiterere grössere Vertheilung zu folgen. Diese ist weit grösser als wir sie zu beobachten vermögen. Wir können durch das schärfste Mikroskop diese Theilung nicht mehr beobachten, obwohl wir wissen, dass sie vorhanden ist. Die Frage ist: ob diese Theilung bis ins Unendliche fortgeht. Man hat sich dahin entschieden anzunehmen, dass dies nicht der Fall sei, dass man vielmehr, wenn man sich diese Theilung auch über die uns zu Gebote stehenden Mittel hinaus gehend denke, doch endlich an einen Punkt gelange, wo die Körper nicht mehr weiter theilbar seien. Diese kleinsten, nicht mehr theilbaren Körperchen hat man Atome oder Mollecüle genannt.

Porosität. Alle Körper sind aus Atomen zusammengesetzt. In keinem Körper aber sind die einzelnen Theilchen, woraus er besteht ganz ohne Zwischenräume gebildet. Wir kennen keine Körper, in welchen diese nicht entweder sichtbar oder nachweisbar wären. Diese Zwischenräume nennen wir die Poren der Körper und die Eigenschaft desselben, andere, luftförmige oder flüssige oder auch feste Körper aufzunehmen und durchzulassen, bezeichnen wir mit dem Ausdruck Porosität. Die Porosität der Körper ist verschieden. Papier, Leinwand, Wollengewebe, Beuteltuch haben verschieden grosse Poren. Auf der Porosität des Papiers beruht auch das Filtriren. Die Poren des Filtrirpapieres sind gross genug, um Flüssigkeiten hindurchzulassen, und darin aufgenommenen festen Theilchen versperren sie den Durchgang. Poröser als Filtrirpapier sind Filz, Leinen- und Wollengewebe. Der hierdurch colirten Flüssigkeiten mengen sich schon zarte, feine, feste Körpertheilchen mit ein, sie sind weniger klar, als wenn sie filtrirt werden. Beutel-Haar- und Drahtsiebe sind noch poröser. Sie sind zum Trennen feinerer und gröberer fester Körpertheilchen bestimmt. In südlichen Ländern — auch wohl schon bei uns — wendet man zu Wasserbehältern Flaschen aus leicht gebranntem unglassirtem Thon an (Alcaraza). Das Wasser sickert durch den Thon, die äussere hohe Temperatur der Luft macht das ausgetretene Wasser auf der Oberfläche der Flasche verdampfen. Und die hierzu erforderliche Wärme entzieht das verdampfende Wasser zum grösseren Theile der Flasche selbst und hält so dieselbe kühl. In Amsterdam ist das Wasser sehr schlecht, das Trinkwasser nur gesammeltes Regenwasser. Man filtrirt es in Cysternen durch fussdicke Steine. Füllt man eine metallene Röhre

mit Quecksilber oder Wasser und setzt dieses einem äusserst starken Druck aus, so treten die eingepressten Flüssigkeiten in kleinen Tröpfchen durch die Wandungen der Röhre. Alle diese Erscheinungen und Verwendungsarten beruhen auf der Porosität der Körper. Wir vermögen zu beweisen, dass sämmtliche Körper porös sind. Wo uns dies, wie z. B. bei dem Glase und dem Porzellan noch nicht gelungen ist, so liegt dies nur an der Unzulänglichkeit der angewandten Mittel.

Zusammendrückbarkeit. Ein Presstuch wird voll zerstossener Mandeln gethan, unter die Presse gebracht und gepresst. Durch die Poren des Tuches dringt das Oel, und die festen Bestandtheile der Mandeln bleiben als Presskuchen zurück. Aber dieser Kuchen hat, auch wenn man das Volumen des ausgepressten Oeles hinzurechnet, kaum die Hälfte seines früheren Umfanges. Die Mandeln sind zusammengedrückt, comprimirt, diese Eigenschaft der Körper, nennt man Zusammendrückbarkeit. Sie ist vielfach wichtig. Alle Körper besitzen sie, nur wiederum in verschiedenem, die luftförmigen im höchsten Grade. Ein einfaches Experiment kann beweisen, wie gross der Unterschied luftförmiger und flüssiger Körper ist. Jedermann kennt, eine Spritze — Hand- oder Klystierspritze. Angenommen, dass der Kolben sich luftdicht in dem Rohre bewegen lässt. Man schliesse die Mündung luftdicht und fülle das Rohr durch Eingiessen mit Wasser, setze den Kolben auf und presse ihn mit Gewalt auf das in dem Rohre befindliche Wasser. Man wird nur in einem ganz verschwindenden Minimum im Stande sein das Wasser zusammenzupressen. Nun giesse man das Wasser aus, dadurch füllt sich das Rohr mit Luft. Wiederum verschliesse man die Mündung und wiederum presse man den Kolben auf die in dem Rohre befindliche Luft. Man wird sie ohne viele Anstrengung, auch wenn neben dem Kolben und aus der Mündung keine Luft entweichen kann, bis auf den vierten Theil ihres früheren Volumens zusammenpressen können. Manche Gase lassen sich durch starken Druck zu tropfbaren Flüssigkeiten comprimiren, diese nennt man coercibele Gase, andere bleiben bei jedem Druck, den wir bis jetzt anzuwenden im Stande waren, luftförmig, wir nennen sie permanente Gase. Chlorgas, Kohlensäure, die Dämpfe etc. gehören zu den ersten, die atmosphärische Luft, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff etc. zu den zweiten.

Elasticität. Hört der Druck, den wir auf einen Körper geübt haben, um ihn zusammenzudrücken, auf, so beobachten wir, dass der zusammengedrückte Körper sich mehr oder weniger in die frühere Form zurückzudrängen strebt. Dieses Streben der Körper die frühere Form wieder anzunehmen, nennen wir Elasticität. Die Erscheinungen, die wir dabei beobachten, das Abprallen, Aufschnellen sind nur die Ergebnisse derselben Eigenschaften, sie sind die Wirkungen des Gegendrucks den der Körper, plötzlich zusammengedrückt, gegen den drückenden Körper deswegen ausübt, weil er eben seine frühere Gestalt einzunehmen trachtet. Nicht alle Körper sind gleich elastisch. Es liegt nahe, dass diejenigen Körper, die sich am meisten zusammenpressen lassen, auch die grösste Elastizität besitzen. Und in der That sind Gase und Luftarten vollkommen elastisch. Welchen Druck wir auch auf die atmosphärische Luft, z. B. ausüben, nach dem Aufhören des Druckes nimmt die Luft genau wieder ihr früheres Volumen ein. Die flüssigen Körper sind nur in einem sehr geringem Minimum zusammendrückbar, um dies Minimum gleichen sie aber auch ihr früheres Volumen wieder aus, so bald nur der Druck aufhört. Die festen Körper sind weniger elastisch. Keiner unter ihnen ist vollkommen elastisch. Kautschuck, Stahlfedern, Rosshaar, Wolle, Elfenbein, Glas, Blei

geben ungefähr im abnehmenden Verhältniss die Grade der Elastizität fester Körper an.

Ausdehnbarkeit. Eine metallene Kugel, die genau und leicht durch einen Ring fällt, wird, wenn sie erwärmt ist, auf dem Ringe liegen bleiben.

Quecksilber, das eine engere Glasröhre zur Hälfte ausfüllt, nimmt schon unter der Wärme der Hand rasch ein grösseres Volumen ein. Von einem Gefäss, das mit kaltem im Keller bewahrtem Aether bis an den Rand gefüllt worden ist, wird, wenn der Aether sich in Zimmer allmälig erwärmt, durch die Vergrösserung des Volumens der Stöpfel abgeworfen. Die Luft einer vollkommen zugebundenen ganz schlaffen Schweinsblase dehnt sich aus, wenn diese in die Nähe des Ofens gehangen wird. Erhitzter Wasserdampf erhält durch die Vergrösserung seines Volumens eine so ausserordentliche Gewalt, dass er oft zollstarke Dampfkesselwände sprengt. Diese Eigenschaft der Körper das Volumen zu vergrössern, nennt man Ausdehnbarkeit.

Das Gleichgewicht und die Bewegung der Körper.

Raum und Ort. Alle Körper befinden sich in dem grossen unbegrenzten Raume, den wir zum Unterschiede von dem begrenzten relativen Raume der Körper auch den absoluten Raum oder Weltraum nennen. Der Theil des Raumes, den ein Körper einnimmt ist sein Ort. Sonnensystem, Planeten, unsere Erde, Steine, Bäume, Menschen, Thiere befinden sich im Raume und haben jedes seinen Ort.

Ruhe und Bewegung. So lange ein Körper an diesem seinem Orte bleibt, ist er in Ruhe, ändert er seinen Ort, so ist der Körper in Bewegung.

Gäbe es einen Körper, der seinen Ort im absoluten Raume, im Himmelsraume, gar nicht verändert, so könnte man von ihm sagen, er ist in dem Zustande der absoluten Ruhe. Einen solchen Körper giebt es aber nicht. Wenn wir uns einem Felsgipfel zu bewegen, so erscheint uns der Fels in Ruhe. Ist aber seine Ruhe eine absolute? Nein! Denn der Fels wird mit der Erde sehr rasch um die Sonne bewegt. Denken wir uns die Planeten in ihrem Ringgange um die Sonne, so erscheint uns die Sonne, als der Mittelpunkt dieser Bewegung, in Ruhe. Ist darum ihre Ruhe eine absolute? Wir sind berechtigt auch hier nein zu sagen. Es ist höchst wahrscheinlich, dass unser ganzes Sonnensystem nur wiederum ein Theil eines unendlich grösseren Weltsonnensystemes ist, um welches jenes sich bewegt.

Bleibt ein Körper im relativen Raume in Ruhe, so bezeichnen wir seinen Zustand mit dem Ausdruck der relativen Ruhe. Ein Fels, ein Baum, ein sitzender Mensch sind im Zustande der relativen Ruhe.

Die Bewegung im absoluten Weltenraume nennen wir absolute Bewegung. Die absolute Bewegung, z. B. die absolute Bewegung unserer Erde vermögen wir durch unsere Sinne nicht wahrzunehmen, wir vermögen sie nur zu folgern. Und Jahrtausende lang haben die Bewohner der Erde nichts von der Bewegung derselben geahnt.

Verändert aber im relativen Raume ein Körper seinen Ort, so sagen wir von ihm er ist in relativer Bewegung. Ein fliegender Vogel, ein laufendes Thier, eine abgeschossene Kanonenkugel sind in relativer Bewegung. Bei einer solchen Veränderung im relativen oder begrenzten Raume muss der Körper durch seine Bewegung sich den Grenzen dieses Raumes entweder nähern oder sich von ihnen entfernen. Die relative Bewegung der Körper vermögen wir also wahrzunehmen.

Bahn und Richtung der Bewegung. Betrachtet man einen sich bewegenden Körper in seinem Verhältniss zu dem relativen Raume, so heisst die Entfernung von dem Punkte, wo seine Bewegung begann, bis zu jenem, wo sie endete, seine Bahn. Die Linie zwischen beiden Punkten ist die Richtung der Bewegung. Wenn die Richtung durch die ganze Zeit der Bewegung dieselbe ist, so ist sie gradlinig, wird aber die Richtung geändert, so ist sie krummlinig. Wenn der Körper bei der krummlinigen Richtung der Bewegung wieder an dem Punkte anlangt, von dem er ausgegangen, so heisst die Bewegung circulirende, Kreis- oder Central-Bewegung. Die Bewegung der Planeten um die Sonne ist eine circulirende Bewegung. Bewegt der Körper sich um seine eigene Axe, so heisst die Bewegung rotirende, oder Rotations-Bewegung. Die Bewegung unserer Erde z. B. ist zugleich eine Central-Bewegung, in so fern sie sich um die Sonne bewegt und eine Rotations-Bewegung, weil sie sich um ihre eigene Axe bewegt.

Bewegt ein Körper sich wiederholt in demselben Raume, aber wechselseitig in entgegengesetzter Richtung, wie z. B. der Pendel, so nennt man die Bewegung eine schwingende oder oscillirende.

Geschwindigkeit der Bewegung. Um an einen andern Ort zu gelangen, muss der Körper seinen innegehabten verlassen. Liegt der zweite Ort dem ersten noch so nahe, so hat der Körper eine gewisse Zeit nöthig, um aus dem ersten an den zweiten zu gelangen. Das Verhältniss der verwendeten Zeit zur durchlaufenen Länge des Raumes giebt die Geschwindigkeit der Bewegung eines Körpers. Derjenige Körper, der in kürzerer Zeit einen grösseren Raum durchläuft als ein anderer hat eine grössere Geschwindigkeit.

Gewöhnlich drückt man die Geschwindigkeit der Bewegung durch die Angabe des gemessenen Raumes aus, den ein Körper in einer Sekunde zurücklegt.

Beispiele verschiedener Geschwindigkeit. Ein Mensch im gewöhnlichen Schritt legt in einer Sekunde 4 Fuss, im Lauf 15 Fuss, ein Schnelläufer 25 Fuss, ein geübter Schlittschuhläufer 38 Fuss zurück. Die Geschwindigkeit des Pferdes ist im Schritt 5 Fuss, im Trott 13 Fuss, im Galopp 26 Fuss, ein Wettrenner 40—50 Fuss, der berühmteste aller englischen Wettrenner Eclypse 80 Fuss. Der mittlere Lauf der Flüsse ist 3—4 Fuss, der der Donau 5—6 Fuss, der des Amazonenstromes 7 Fuss. Ein mässiger Wind legt 10 Fuss, ein Sturm 46, die Locomotiven auf deutschen Eisenbahnen 37 Fuss, eine Brieftaube 138 Fuss zurück. Eine Gewehrkugel bewegt sich 1200 Fuss, eine Kanonenkugel 1800 Fuss, ein Punkt des Aequators bei der Bewegung der Erde um ihre Axe 1500 Fuss, eines Punktes der Erde um die Sonne 97000 Fuss, der Schall in kalter Luft 1000 Fuss, in Wasser 5000 Fuss, in Messing 11300 Fuss, eine Schnecke 0,005 Fuss, das Licht 42,000 Meilen in einer Secunde.

Gleichförmige und ungleichförmige Bewegung. Legt ein Körper in gleichen Zeitabschnitten dieselben Wegräume zurück, so ist seine Bewegung eine gleichförmige. Werden die Wegräume in denselben Zeitabschnitten grösser oder kleiner, so heisst die Bewegung eine ungleichförmige. Wenn ein Körper daher in einer Stunde 3600 Fuss, in einer Minute 60, in einer Sekunde 1 Fuss zurücklegt, so ist seine Bewegung eine gleichförmige. Ungleichförmig ist die Bewegung eines Körpers, wenn er am Anfang $^1/_2$ Fuss in der Sekunde, am Ende derselben 2, 3 oder mehrere Fuss, oder auch $^1/_4$, $^1/_8$ Fuss sich bewegt. Im ersten Falle nennt man die ungleichförmige Bewegung beschleunigte, im zweiten Falle abnehmende Bewegung.

Die beschleunigte Bewegung entsteht, wenn auf einen in der Bewegung begriffenen Körper, ausser der ihn bewegenden Kraft, noch ein anderer bewegender Einfluss thätig ist. Bei der abnehmenden Geschwindigkeit wirkt dem in Bewegung gesetzten Körper fortwährend eine Kraft entgegen. Ein Körper, der sich mit beschleunigter Bewegung bewegt, muss am Ende eines gewissen Zeittheiles, also z. B. am Ende einer Sekunde, während der er sich bewegt, eine grössere Geschwindigkeit haben, als am Anfang derselben; in der zweiten Sekunde eine grössere, als in der ersten. Die Schnelligkeit der Bewegung, mit der er sich zuletzt bewegt, wird seine Endgeschwindigkeit genannt. Denkt man sich die Geschwindigkeit, die ein Körper durch die beschleunigte Bewegung erhält, genau in die Hälfte getheilt und bestimmt, so würde dies die mittlere Geschwindigkeit des Körpers sein. Wenn ein Körper eine Sekunde lang gefallen ist und die von ihm am Ende der Sekunde erlangte Geschwindigkeit, die Endgeschwindigkeit, 30 Fuss beträgt, so wäre seine mittlere Geschwindigkeit 15 Fuss.

Wirkung der Bewegung. Stösst ein sich bewegender Körper, z. B. ein fallender Stein, eine abgeschossene Kugel auf einen anderen Körper, so äussert sich in der Begegnung die Wirkung der Begegnung, die man auch Grösse der Bewegung, Kraftmoment oder mechanisches Moment nennt. Die Grösse dieser Wirkung hängt von der Geschwindigkeit des bewegten Körpers im Verhältniss zu seiner Masse ab. Die Wirkung ist um so grösser, je grösser die bewegte Masse und je grösser die Geschwindigkeit derselben ist. Sind die Massen gleich, so richtet sich die Grösse der Bewegung nach der Geschwindigkeit. Eine geworfene Kugel prallt von einem Brett ab, eine aus einer Büchse geschossene Kugel von derselben Grösse durchbohrt dasselbe. Sind die Geschwindigkeiten gleich, so richtet sich die Grösse der Bewegung nach der Masse des bewegten Körpers. Eine Festungsmauer wird von einer 48pfündigen Kanonenkugel heftiger erschüttert als von einer 12pfündigen, wenn beide mit gleicher Schnelligkeit sich gegen dieselbe bewegten.

Wirkung der Kraft. Die Vorstellung der Ursache, aus welcher ein Körper in Bewegung kommt und ist, erlangt man am einfachsten dadurch, dass man sich denselben unter dem Einfluss einer Kraft denkt, die in unendlich kleinen Zeittheilchen auf ihn einwirkt. Eine 3, 9, 12mal grössere Kraft, die auf einen Körper einwirkt, wird dem Körper auch eine 3, 9, 12mal grössere Geschwindigkeit verleihen, in demselben Verhältniss also auch die Grösse der Bewegung erhöhen. Sollen Körper von verschiedener Grösse gleich rasch bewegt werden, so muss für den 3, 9, 12mal so viel Masse enthaltenden Körper eine 3, 9, 12mal so grosse Kraft aufgewendet werden.

Es ist für technische Zwecke von grosser Wichtigkeit, die Grösse der bewegenden Kraft zu kennen. Man benutzt für dieselbe die Vergleichung mit einer gewissen Einheit und wendet als solche den Druck an, den eine gewisse Gewichtsgrösse, 1 Pfund, ausübt. Die Grösse dieses Druckes als bewegende Kraft hat man durch Beobachtung genau festgestellt.

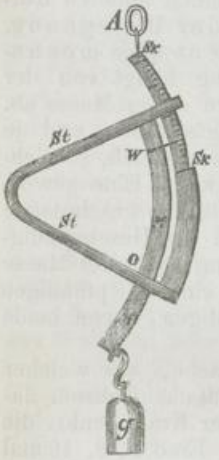
Für die Schätzung der Arbeitsgrösse, d. h. für die Ueberwindung eines gewissen Widerstandes auf eine gewisse Länge des Raumes, nimmt man als Einheit die Wirkung an, die nöthig ist, um eine gewisse Gewichtsgrösse (1 Kilogramm) auf die Länge von 1 Mètre zu überwinden. Diese Einheit nennt man Kilogrammètre (1^{km}). Bei Dampfmaschinen schätzt man die Arbeitsgrösse nach Pferdekräften. Ein starkes Pferd, welches täglich 8 Stunden arbeitet, vermag bei einer Geschwindigkeit von 1 Meter anhaltend einen Widerstand von 70 Kilogramm zu überwinden. Die Wirkung

der Kraft eines Pferdes ist daher in jedem Zeittheilchen der Arbeitszeit gleich 70 Kilogrammètres. Man nimmt als solches kleinstes Zeittheilchen eine Sekunde an, und versteht unter einer Pferdekraft eine Kraft, die im Stande ist, in jeder Sekunde einen Widerstand von 70—75 Kilogramme auf die Länge von 1 Mètre zu überwinden.

Die Wirkung der Kraft, deren wir bedürfen, besteht darin, dass sie den Widerstand, welchen die Bewegung aus den Wirkungen anderweitiger Kräfte bekommt, überwindet. Soll ein Pferd eine Last von 50 Centnern ziehen, so hat es den Wirkungen der Schwere, durch welche hauptsächlich die Last von 50 Centnern geschaffen wird, und die der Bewegung der Last entgegensteht, zu überwinden. Wenn Körper zu zerstossen, zu zerreiben, zu zersägen, zu durchbohren sind, so ist die Wirkung der Cohäsion zu überwinden. In anderen Fällen ist die Ausdehnung der Körper oder die Adhäsion zu überwinden.

Dynamometer. Es ist klar dass, wenn man die Grösse dieses Widerstandes kennt, man auch die Kraft kennt, welche nöthig ist, um ihn zu überwinden. Es ist nur erforderlich, dass diese Kraft um ein unmerkliches grösser sein muss, als der gemessene Widerstand es ist. Zu diesem Behufe hat man ein Instrument construirt und dasselbe Kraftmesser, Dynamometer genannt. Es besteht dasselbe Fig. 45 aus einem elastischen Stahlbügel St, dessen Widerstand durch die zu messende Kraft überwunden werden muss, und in dem Maasse als es geschieht, durch einen auf eine Skala Sk gehenden Weiser W kennbar wird. Der Stahlbügel ist durch ein gebogenes Metallstück M, welches bei O durch eine Oeffnung des Stahlbügels geht, verbunden. Wird das Instrument bei A aufgehängt, so wird der Weiser W um so weiter herab gehen, je grösser das Gewicht G oder die Kraft ist, welche an Stelle von G wirkt.

Fig. 45.



Das Gesetz der Beharrung. Die Körper, von denen physikalische Erscheinungen ausgehen, sind leblos, sie sind einer selbstständigen Bewegung nicht fähig. Erleiden sie Veränderungen, so kann in ihnen selbst diese Veränderung nicht liegen. Der Uebergang der Körper aus dem Zustande der Ruhe in den Zustand der Bewegung, oder aus dem Zustande der Bewegung in den Zustand der Ruhe, die Aenderung der Richtung oder der Geschwindigkeit der Bewegung eines Körpers sind solche Veränderungen.

Ein ruhender Körper bleibt so lange in Ruhe, bis ihn eine äussere Ursache oder Kraft in Bewegung setzt.

Ein Körper, der in Bewegung begriffen ist, bewegt sich so lange, mit derselben Geschwindigkeit, in derselben Richtung, bis er durch eine äussere Ursache oder Kraft in Ruhe gesetzt, oder zur Aenderung seiner Richtung und Geschwindigkeit genöthigt wird.

Diese Eigenschaft der Körper, ihren Zustand nicht zu ändern, ohne durch äussere Ursachen dazu gezwungen zu sein, erhalten die Körper aus

der Trägheit der Materie, man bezeichnet jene Eigenschaft durch das Beharrungsvermögen der Körper.

Mittheilung der Bewegung. Wenn man in dem Hintertheil eines rasch sich bewegenden Botes eine Kugel senkrecht in die Luft wirft, so sollte man meinen, die Kugel müsste an der Stelle in das Wasser fallen, an welcher das Boot sich befand, als die Kugel in die Höhe geworfen worden war. Es geschieht dies aber nicht, die Kugel fällt in das Boot. Die Ursache hiervon liegt darin, dass ein Körper der in Bewegung begriffen ist, diese Bewegung allen mit ihm verbundenen Körpern mittheilt. Das Boot theilt die Bewegung dem Menschen mit und von diesem geht sie in die Kugel über.

Hält das Boot beim Landen plötzlich in seiner Bewegung inne, so fällt, wenn wir aufrecht im Boote stehen, unser Oberkörper nach vorn über. Rückt dagegen das Boot beim Abstossen vom Lande plötzlich ab, so macht unser Oberkörper die entgegengesetzte Bewegung. Es vereint sich hierbei das Beharrungsvermögen der Körper und die Mittheilung der Bewegung. Für die Mittheilung der Bewegung ist eine gewisse Zeit erforderlich. Sofern diese fehlt, so tritt das Beharrungsvermögen der Körper ein, und bestimmt deren Bewegungsrichtung. Im ersten Falle befinden wir uns, während das Boot schon ruht, noch in Bewegung, und unser Oberkörper, zuweilen der ganze Körper, giebt dies durch die Bewegung der früher inne gehabten Richtung zu erkennen. Im zweiten Falle bewegt sich das Boot schon, während wir uns noch in Ruhe befinden. Geht das Landen und Abstossen langsam, in der zur Mittheilung der Ruhe und Bewegung erforderlichen Zeit ab, so werden wir vom Uebergange nichts gewahr. Wenn also ein sich bewegender Körper rasch in den Zustand der Ruhe kömmt, so behalten die Körper, die mit ihm verbunden waren, die Bewegung noch einige Zeit bei, nachdem er bereits in Ruhe gekommen ist. Dagegen bleiben Körper, die mit einem rasch in Bewegung gesetzten Körper in Berührung sind, einige Zeit noch in Ruhe, während dem der Körper selbst sich schon bewegt

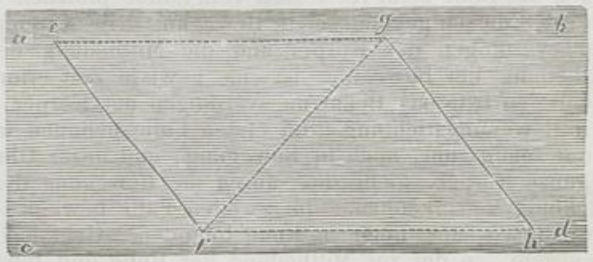
Gleichgewicht der Kräfte. Wenn mehrere Kräfte von gleicher Wirkung auf einen Körper in der Art einwirken, dass sie an dem Zustande des Körpers nichts ändern, so heben sich ihre Wirkungen gegen einander auf und man sagt von ihnen: die Kräfte halten einander im Gleichgewicht. Dieses Gleichgewicht kann vorhanden sein, wenn der Körper in dem Zustande der Ruhe, oder in dem Zustande der Bewegung ist. Ist z. B. die Last eines Körpers, der in Ruhe ist, und die Kraft mit der ein Pferd ihn fortzubewegen trachtet ganz gleich, so halten sich beide das Gleichgewicht und der Körper wird in Ruhe bleiben. Erfolgt die Bewegung eines bergauf fahrenden Wagens auf den 50 Centner geladen sind, mit einer Geschwindigkeit von 3 Fuss in der Sekunde, so wird in der Bewegung des Wagens keine Aenderung geschehen, wenn nur entsprechend dem Gewicht, um das die Last durch die Steigerung des Weges grösser wird, auch die Kraft, die den Wagen bewegt, vermehrt wird.

Zusammengesetzte Bewegung. Wirken zwei oder mehrere Kräfte in entgegengesetzter Richtung und in verschiedenem Grade auf einen Körper, so wird er, wenn er in Ruhe ist in Bewegung und, wenn er in Bewegung ist in eine andere Richtung der Bewegung kommen. So viel auch Kräfte auf den Körper einwirken, in einer Richtung frei kann er sich nur bewegen. In dieser Richtung, die er nimmt, trägt ihn das Ergebniss der Wechselwirkung aller auf ihn einwirkenden Kräfte.

Stellt man sich einen Körper, z. B. ein über einen Strom sich bewegendes Boot unter dem Einfluss von zwei bewegenden Kräften, hier der bewegenden Ruderkraft und der bewegenden Kraft der Flussströmung, die sich dem Boote mittheilt vor, so wird das Boot, weder in der Richtung der Strömung, noch in der Richtung, die ihm durch die Ruderkraft ertheilt wird, sich bewegen, sondern in einer Richtung, die zwischen beiden liegt. Diese Bewegung, die man sich also aus der Wechselwirkung zweier oder mehrerer Kräfte zu denken hat, heisst: zusammengesetzte Bewegung. Die Richtung, in welcher sich der Körper bewegt, nennt man: die mittlere oder resultirende Linie.

Im Parallelogramm der Kräfte versinnbildlicht man sich die bewegenden Kräfte durch Linien. Stellt man sich also in Fig. 46 die eine

Fig. 46.



Kraft, hier die bewegende Stromkraft, durch welche das Boot auf dem Strome in der Richtung von a nach b und von c nach d bewegt wird durch die Linien eg und fh, die andere der ersten entgegenwirkende Kraft, hier die Ruderkraft, welche das Boot über den Strom zu treiben trachtet, durch die Linien ef und gh vor, so entsteht aus den die Wirkung der Kräfte versinnbildlichenden Linien ef, gh, eg und fh ein Parallelogramm. Man bezeichnet die Ursachen der zusammengesetzten Bewegung durch den Ausdruck: Parallelogramm der Kräfte.

Bei einem Boot, welches unter dem Einfluss der Stromkraft in der Richtung nach eg und fh, unter dem Einfluss der Ruderkraft nach fe getrieben wird, wird die Bahn, die es wirklich zurücklegt, d. h. die Linie fg die resultirende Linie oder die Diagonale des Parallelogramms sein.

Diese Diagonale, oder die mittlere Linie kann man sich nicht blos als das Ergebniss der Wechselwirkung zweier oder mehrer Kräfte, sondern auch als die Wirkung einer Kraft denken, welche der Wirkung jener zusammengenommen gleich ist. Oder man kann eine Kraft in zwei andere theilen oder zerlegen. Die Erscheinung des steigenden Papierdrachen, der sich bewegenden Windmühlflügel erklärt sich hieraus.

Aus der zusammengesetzten Bewegung erlangen wir Aufklärung für sehr vielfache Erscheinungen. Giebt man einer, an einem Faden befestigten Bleikugel einen Stoss, so würde sie sich in der Richtung des Stosses, d. h. in horizontaler Richtung fortbewegen, wäre sie nicht von dem Faden gehalten und nach dem Haltpunkte des Fadens gezogen. Statt in horizontaler Richtung bewegt sich die Kugel in einer Richtung, die aus der Kraft des Stosses und der Kraft sich ergiebt, vermöge deren die Kugel durch den Faden an den Anknüpfungspunkt gehalten wird. Die Bewegung der Kugel geschieht in kreisförmiger Richtung. Die mittlere Linie ist hier eine Kreislinie. Wenn wir einen Stein mit aller Kraft in horizontaler Richtung wer-

fen, oder eine Kugel in horizontaler Richtung schiessen, so werden beide Körper, die Kugel und der Stein, ausser von der Kraft, welcher wir sie unterwerfen, noch von einer anderen Kraft bewegt. Die Schwere, die Anziehungskraft der Erde zieht alle auf derselben befindlichen Körper in senkrechter, von dem Mittelpunkte der Erde ausgehenden, Richtung an. Sie übt also auch diesen Einfluss auf den Stein und die Kugel. In jedem Augenblick der Bewegung dieser ist daher die den Stein horizontal führende Wurfkraft und die denselben senkrecht nach dem Mittelpunkte der Erde führende Schwerkraft thätig. Die Richtung des Steines ist daher weder senkrecht noch horizontal, sondern sie ist gekrümmt, und zwar um so mehr, je grösser der Einfluss der Schwere, um so weniger, je grösser der Einfluss der horizontal bewegenden Kraft war.

In solcher Art erklärt sich auch der Lauf der Gestirne und der Bewegungsbahnen der Planeten. Die Anziehungskraft der Sonne, die Trägheit der Materie, die Anziehung der andern Himmelskörper sind die bewegenden Ursachen. Durch die Trägheit der Materie und durch die Anziehung der andern im Raume befindlichen Himmelskörper wird z. B. unsere Erde veranlasst, sich von der Sonne zu entfernen. Die Anziehungskraft der Sonne ist aber so gewaltig, dass sie diese Fliehkraft (Centrifugalkraft) der Erde überwindet, wie der Faden an den eine Bleikugel befestigt ist, die Fliehkraft der Bleikugel überwindet. Die Bewegung der Erde und der Planeten um die Sonne wird in Folge dessen eine kreisförmige. (Centripetalbewegung.) Die Bahn ist aber nicht ein vollkommener Kreis, sondern ein Ellipse. Sehr anziehend ist als Beispiel die Bewegung der Jupitermonde. Unsere Erde hat einen Mond, der Jupiter vier. Auf die Monde wirken in jedem Augenblick, die Trägheit der Materie, die Anziehungskraft des Jupiters und die Anziehungskraft der Sonne. Wirkte nur eine dieser Kräfte allein, so würden dieselben entweder in senkrechter Richtung nach dem Jupiter oder nach der Sonne fallen. Durch die auf sie in jedem Augenblick zugleich wirkenden Kräfte werden sie aber weder in der einen, noch in der andern Richtung allein, sondern in einer mittleren sie in eliptischen Bahnen um den Jupiter führenden Richtung bewegt. Die allgemeine Richtung ist für alle dieselbe, aber die Grösse der Bahnen ist so genau aus dem Zusammenwirken der genannten Kräfte und im Verhältniss zu ihrer eigenen Masse vorgeschrieben, dass sie sich wahrscheinlich schon Jahrmillionen bewegen, ohne sich zu berühren, oder irgend zerstörend auf einander zu wirken. Hieraus erklärt sich auch die Grundlosigkeit der lächerlichen Besorgniss: unsere Erde könnte in irgend einem Zeitpunkte durch das Zusammentreffen mit einem Kometen zertrümmert werden. Es liegt nahe, dass dies ganz unmöglich ist. Die bewegende Kraft der Kometen ist keine selbstständige. Sie erfolgt, wie die der Planeten als eine zusammengesetzte Bewegung aus der Trägheit der Materie der Kometen und der anziehenden Kraft der Planeten, in deren Kreisen sie sich bewegen und aus der Anziehungskraft der Sonne. In der daraus resultirenden, ganz bestimmten Richtung bewegen sich die Kometen, eben auch wahrscheinlich schon Jahrmillionen. Wäre es also überhaupt möglich, dass sie in so nahe Berührung mit der Erde kommen könnten, als man dies im Jahre 1857 fürchtete, so müsste dies schon millionenmal früher geschehen sein. Aber eben so wenig, wie sich die Jupitermonde, oder die Planeten unter sich, eben so wenig können Kometen und Planeten sich berühren. —

Beförderungsmittel der Bewegung.

Einfache Maschinen.

Für die Zwecke des Menschen ist es von Anbeginn der Entwicklung der menschlichen Gesellschaft erforderlich gewesen: sich Beförderungsmittel der Bewegung der Körper zu eigen zu machen.

Wie mächtige Beförderungsmittel müssen z. B. nicht die Erbaung der Pyramiden, der Transport und die Aufrichtung der Obelisken erfordert haben, wenn gleich dabei Tausende von Menschen thätig waren. Die Beförderungsmittel der Bewegung, deren man bedarf, bestehen theils darin, die Bewegung leichter, mit weniger Kraft auszuführen, theils darin, die Bewegung rascher, bequemer und zweckentsprechender einzurichten.

Als solche Beförderungsmittel haben die Menschen sich seit Jahrtausenden einfache Maschinen construirt, welche jenen Zwecken dienen sollen. Es sind dies: der Hebel, die Rolle, das Rad an der Welle, die schiefe Fläche, die Schraube, der Keil.

Alle diese Maschinen lassen sich in ihrem Wesen auf zwei zurückführen, auf die schiefe Ebene und den Hebel. Bei der Anwendung aller Maschinen hat man sich zu vergegenwärtigen; dass durch sie die absolute Grösse der Bewegung das mechanische Moment der Kraft selbst nicht vergrössert werden kann, sondern dass immer eben so viel an der Geschwindigkeit der Bewegung verloren geht, als an Kraft (Bewältigung der Masse) gewonnen wird. —

Hebel.

Ein mathematischer einfacher Hebel ist eine gerade an einem Punkte unterstützte und um diesen bewegliche Linie. Den Punkt, in welchem der Hebel gestützt ist, nennt man Unterstützungspunkt, Ruhepunkt, Hypomochlion. Hebe- und Pressbäume, Brechstangen, Wurzelschneidemesser, Ruder, Schiebkarren etc. etc. sind in der Technik gebräuchliche Hebel. Aber auch Waagen, Scheren, Zangen, unsere Arme etc. sind Hebel.

Der Zweck des Hebels ist, wie der Zweck jeder Maschine der, dass eine Last durch die Kraft überwunden werden und die Kraft unterstützt werden soll. Zwei Menschen z. B. die ausser Stande sind blos mit den Händen einen Granitblock von der Stelle zu bewegen, werden dies wohl vermögen, wenn sie einen oder zwei Hebebäume dazu verwenden. Der Granitblock ist die Last, die Kraft der beiden Menschen die Kraft, der Hebebaum der Hebel, der Zweck seiner Anwendung die Unterstützung der Menschenkraft zur Bewältigung der Last des Granitblockes.

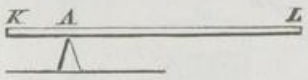
Einarmige und zweiarmige, gleicharmige und ungleicharmige Hebel. Je nach der Lage des Unterstützungspunktes unterscheidet man zweiarmige und einarmige, gleicharmige und ungleicharmige Hebel.

Fig. 47.

Die auf dem Punkt A ruhende und darum bewegliche Stange in Fig. 47 ist ein Hebel. KA und LA sind die Arme. A der Drehpunkt oder Unterstützungspunkt. Zweiarmig ist ein Hebel, wenn der Unterstützungspunkt zwischen

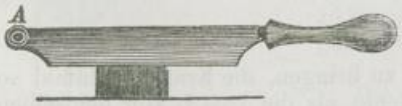
der Last L und Kraft K liegt, wie in Fig. 51 und 52. Liegt der Unterstützungspunkt eines zweiarmigen Hebels zugleich in der Mitte zwischen Last und Kraft, wie in Fig. 51, so ist es ein gleicharmiger Hebel. Die Waage ist ein gleicharmiger Hebel.

Fig. 52.



Sind die Arme eines zweiarmigen Hebels ungleich, so heisst der Hebel ungleicharmig, wie Fig. 52. Hebebäume, Schlagbäume, Scheeren, Brückenwaagen und eine grosse Menge anderer Werkzeuge sind zweiarmige ungleicharmige Hebel.

Fig. 53.



Einarmig ist der Hebel, wenn der Drehpunkt am Ende des Hebels liegt, wie in Fig. 53. Das Wurzelmesser ist ein einarmiger Hebel. Last und Kraft wirken einander entgegen. Die Kraft von Oben nach Unten. Die Last, d. i. der Widerstand der zu schneidenden Hölzer und Wurzeln von Unten nach Oben. Einarmige Hebel sind vielfach in Anwendung. Schneidemesser, Schiebkarren, Sicherheitsventile bei Dampfmaschinen etc.

Beim Hebel muss man sich, wie bei jeder Maschine zwei Kräfte wirksam denken — Last und Kraft — die diesen nach den entgegengesetzten Richtungen zu bewegen streben. Es soll die Last durch die Kraft überwunden werden.

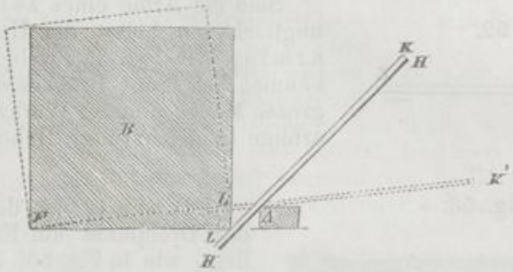
Im Gleichgewicht sind am Hebel Last und Kraft, wenn sich ihre Wirkung gegenseitig so aufhebt, dass durch keine von ihnen eine wirkliche Bewegung erfolgt. Ein Pfund Last und eine Kraft, die ein Pfund hebt, halten sich das Gleichgewicht.

Denkt man sich auf einem gleicharmigen Hebel, z. B. einer Waage ein Pfund Last gegen ein Pfund Kraft in Bewegung gesetzt, so werden sie sich im Gleichgewichte halten: Zwei gleiche Kräfte, gleich weit vom Drehpunte wirkend, halten sich das Gleichgewicht.

Wirken die Kräfte, Last und Kraft, ungleich weit vom Drehpunkte entfernt, so verhält sich: Kraft zur Last im Gleichgewicht umgekehrt wie der Abstand der Kraft vom Ruhepunkte zum Abstand der Last vom Ruhepunkte. Wenn also bei einem ungleicharmigen Hebel die Entfernung der Kraft doppelt so gross ist, als die Entfernung der Last von dem Drehpunkte, so wird 1 Pfund Kraft 2 Pfund Last das Gleichgewicht halten. Uebertrifft der Abstand der Kraft vom Drehpunkte den der Last 50mal, so wird einer Last von 50 Pfunden durch eine Kraft von 1 Pfund das Gleichgewicht gehalten. Durch die Anwendung dieses Gesetzes ist man z. B. im Stande, den schwersten Eisenbahnwagen, Frachtwagen etc. mit kleinem Gewichte zu wägen.

Es ist ersichtlich, dass man bei der Anwendung des Hebels an der absoluten Grösse der Bewegung nichts gewinnt. Wenn man sich z. B. bei dem Hebel HH Fig. 54, der dazu bestimmt ist, den Steinblock aus den durch

Fig. 54.

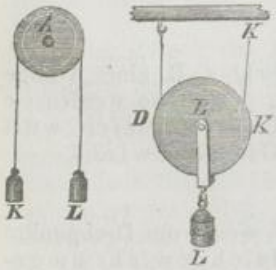


Linien in die durch Punkte markirte Lage zu bringen, die Kraft K achtmal so weit von dem Unterstützungspunkte A denkt als die Last L von demselben Punkte A entfernt ist, mithin die bei K anzuwendende Kraft einer achtmal grösseren in L befindlichen Last das Gleichgewicht hält, so wird, wenn der Steinblock und auch der Hebel in die durch Punkte markirte Lage gekommen sind, die Kraft von K nach K' auch einen achtmal grösseren Weg zurückgelegt, eine achtmal grössere Geschwindigkeit nöthig haben, als die Last, die in derselben Zeit nur von L nach L' gelangt ist.

In derselben Weise ist man daher auch nur im Stande durch eine 2 — 3 — 4 mal oder ungeheuer mal kleinere Kraft eine beliebig grosse Last zu bewegen, wenn man diese Kraft durch eine 2 — 3 — 4 mal oder ungeheuer mal vermehrte Geschwindigkeit wirken, oder was dasselbe ist, einen 2 — 3 — 4 mal oder ungeheuer mal weiteren Weg zurücklegen lässt.

Die Rolle.

Fig. 55. Fig. 56.



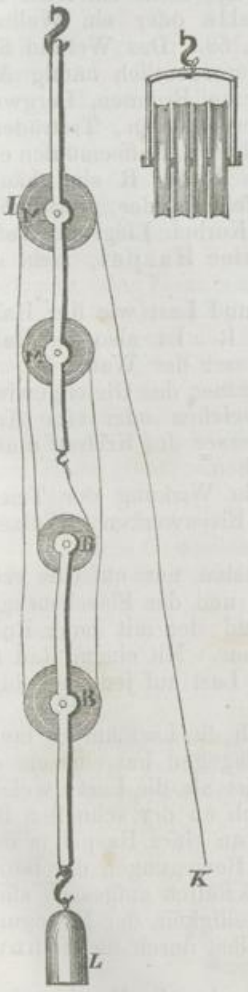
Eine um ihre Axe bewegliche, mit ausgehöhlter Peripherie versehene Scheibe Fig. 55 nennt man eine Rolle. Die Rolle ist entweder eine in ihrer Axe befestigte feste Rolle Fig. 55 oder sie ist eine bewegliche oder Zugrolle Fig. 56.

Die feste Rolle ist als ein gleicharmiger Hebel anzusehen, dessen Drehpunkt in A ist. Last und Kraft halten sich daher bei Anwendung der festen Rollen das Gleichgewicht. Es wird bei ihrer Anwendung nichts gewonnen. Man wendet dieselbe auch nur an, um der Last eine bequeme Richtung zu geben.

Die bewegliche Rolle dagegen ist ein einarmiger Hebel, dessen Drehpunkt bei D liegt Die Last L zieht in der Entfernung DL vom Drehpunkte abwärts, die Kraft K zieht in der Entfernung DK vom Drehpunkte aufwärts. Die Entfernung DK ist aber doppelt so gross wie DL, es wird demnach eine einfache Kraft hinreichen, um einer doppelten Last, einer Last von 10 Pfund mit einer Kraft von 5 Pfund das Gleichgewicht zu halten und der geringste Ueberschuss an Kraft wird bewirken, dass diese Last bewegt wird. Man kann diese Wirkung der Rolle dadurch vermehren, dass man mehrere der-

selben vereinigt. Ein solches System von Rollen, die alle von einem Stricke umschlungen sind, nennt man einen Flaschenzug. Die Rollen sind bei einem Flaschenzuge entweder alle in einem Gehäuse Fig. 57, oder sie sind in grössern Kloben senkrecht über einander angebracht Fig. 58.

Fig. 58. Fig. 57.



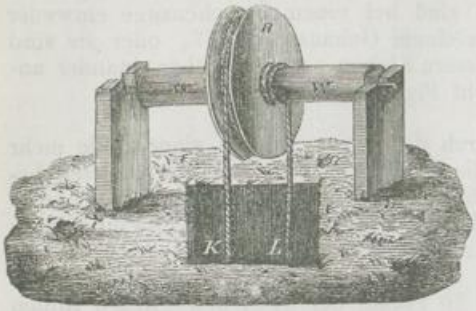
Durch die Anwendung je einer Rolle mehr wird die Wirkung der in Fig. 56 erläuterten beweglichen Rollen vermehrt. Wenn also bei einer beweglichen Rolle einer Last von 80 Pfund durch eine Kraft von 40 das Gleichgewicht gehalten würde, so würden hierzu bei zwei beweglichen Rollen 20 Pfund, bei drei beweglichen Rollen 10 Pfund, bei vier beweglichen Rollen 5 Pfund genügen.

Die meist angewendete Zusammenstellung des Flaschenzuges ist die in Fig. 58 aus beweglichen und unbeweglichen Rollen bestehende. BB sind bewegliche, MM unbewegliche Rollen. Die Last L wird durch die vier Stricke getragen, welche die beweglichen mit den unbeweglichen Rollen verbinden. Die Last vertheilt sich daher gleichmässig auf die 4 Stricke. Wäre die Last 80 Pfund, so würde jeder Strick nur 20 Pfund zu tragen haben. Mit dieser Kraft ist also auch der Strick in der obersten Rolle gespannt. Da diese eine unbewegliche ist, so würde man mit einer entsprechenden Kraft von 10 Pfund dieser Spannung das Gleichgewicht halten und daher mit einem Minimum mehr Kraft als 20 Pfund die Last von 80 Pfund bewegen. Die Anwendung des Flaschenzuges sieht man bei allen Bauten zur Bewegung der Balken und Steine, bei dem Heben grosser Lasten aus Schiffen etc.

Durch die Vervielfältigung der Rolle kann man die zur Bewegung einer Last erforderliche Kraft immer mehr verringern. Es ist natürlich, dass auch hier an der absoluten Grösse der Bewegung nichts geändert wird, sondern dass der Weg, den die Kraft zurückzulegen hat, in dem Verhältnisse als sie selbst kleiner wird, wächst. Auch ist der Vortheil der Verwendung der Rolle begrenzt durch die zu überwindende Reibung der vielen Seile.

Rad an der Welle.

Fig. 59.



Jedes Rad R an einer Walze — Welle — WW, die um zwei, die Verlängerung der Axe dieser Welle vorstellende, Zapfen beweglich ist, stellt ein Rad an der Welle oder ein Wellrad vor. Fig. 59. Das Wellrad findet ausserordentlich häufig Anwendung bei Brunnen, Bergwerken, Pferdemühlen, Treträdern, Wasserrädern, Kaffeemühlen etc. Statt des Rades R sind häufig nur Speichen oder gewöhnlich nur eine Kurbel. Liegt die Walze wagerecht, so nennt man eine solche Maschine eine Haspel, steht sie senkrecht Winde oder Göpel.

Beim Rad an der Welle verhalten sich Kraft und Last wie der Halbmesser der Walze W zum Halbmesser des Rades R. Ist also der Halbmesser des Rades 4mal so gross, wie der Halbmesser der Walze W, so wird eine Kraft von 1 Centner, einer Last von 4 Centner das Gleichgewicht halten. Ist kein Rad vorhanden, sondern nur Speichen oder eine Kurbel, so ist für das Verhältniss der Kraft der Halbmesser des Kreises massgebend, den die Speichen oder die Kurbel beschreiben.

Nach diesem Verhältniss richtet sich auch die Wirkung der Triebräder bei allen zusammengesetzten Maschinen, bei Eisenwerken, Walzen, Mühlen, Uhren etc.

Mit einem gewöhnlichen Hebel kann man Lasten nur auf eine sehr geringe Höhe bringen. Die Anwendung der Rolle und des Flaschenzuges findet die Grenze ihrer Wirkung in der Reibung und der mit jeder Rolle mehr vor sich gehenden Theilung der Kraftzunahme. Mit einem Rad an der Welle, einer Winde kann man dagegen eine Last auf jede beliebige Höhe bringen.

Auch bei dem Rad an der Welle bewegt sich die Last um so langsamer als sie grösser ist wie die Kraft, die Kraft dagegen hat eine um so grössere Geschwindigkeit nöthig, als sie geringer ist als die Last, welche von ihr bewegt wird. Man kann dies sehr deutlich an der schnellen Bewegung der Kurbel sehen, wenn ein Eimer, der an einer Haspel in den Brunnen hängt, herabgelassen wird, oder bei den Bewegungen der Räder in den mächtigen Getrieben, die in den Maschinenwerkstätten aufgestellt sind. Bei den grossen Getrieben regulirt man die Schnelligkeit der Bewegung durch das gezahnte Rad und die Bewegung selbst durch die Schnur ohne Ende.

In den Maschinenwerkstätten, Spinnereien, werden die Maschinerien, Haspelanstalten etc. in vielen Sälen oder in einem Saale an sehr vielen Stellen von einer bewegenden Walze oder Welle in Thätigkeit gesetzt und gehalten. Diese Welle heisst die Triebwelle. Sie steht mit der bewegenden Kraft in Verbindung. Diese bewegende Kraft, Wasserkraft oder Dampfkraft, knüpft man zuerst an ein Schwungrad. Der Durchmesser des Triebrades oder Schwungrades steht im Verhältniss zu der Stärke der Kraft. Je grösser diese ist, um so grösser kann man das Schwungrad fertigen. Je grösser aber der Durchmesser des Schwungrades im Verhältniss zu dem Durchmesser der Triebwellen ist, die durch dasselbe bewegt werden, um so rascher müssen sich diese hewegen.

Mit den Triebwellen stehen die sämmtlichen Stellen der Werkstätten in Verbindung. Dies geschieht durch gezähnte Räder oder durch die Schnur ohne Ende. Die Schnur ohne Ende besteht gewöhnlich aus einem breiten festen Ledergurte ohne Ende, der mit einer an die Triebwelle befestigte Trommel und mit der Axe des in Bewegung zu setzenden Werkstuhles in Verbindung gesetzt wird. Die Bewegung der Triebwelle wird dadurch auf die Axe des Werkstuhles übertragen. Man nennt dies Uebertragung oder Transmission der Bewegung. Soll die Bewegung der Axe des Werkstuhles unterbrochen werden, so wird durch einen Hebel die Schnur ohne Ende auf eine sogenannte lose Rolle gehoben oder ausgelöst.

Eine ausserordentlich vielfältige Anwendung finden die Zahnräder, Räder, in deren Peripherie sich abwechselnd Zähne und Lücken befinden. Sie übertragen gleichfalls die Bewegung. Und zwar hat man es durch die Anzahl der Zähne, welche man in der Peripherie des Rades anbringt ganz in der Gewalt, die Bewegung zu steigern oder zu verlangsamen. Die Vermehrung oder Verminderung der Geschwindigkeit der Bewegung setzt man mit der Anzahl der Zähne des Rades zu jener der Triebwelle in Verhältniss. Wenn zwei gezahnte Räder in einander greifen, von denen das eine 10, das andere 100 Zähne hat, so muss sich das erstere 10 mal umdrehen, wenn das zweite eine Umdrehung gemacht hat. Das zweite kann nun ein drittes, dieses ein viertes u. s. w. in Bewegung setzen.

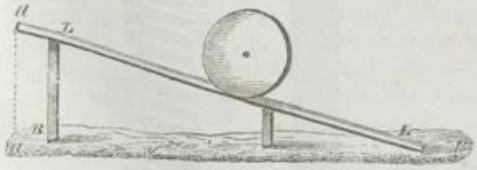
Durch die verschiedenen immer abnehmenden Durchmesser, die man dem Rade giebt, wie durch die Anzahl der Zähne in der Peripherie, kann man jede beliebige zuweilen ausserordentlich grosse Geschwindigkeit der Bewegung erzeugen.

In dem Gewerbebetriebe werden diese gezähnten Räder ausserordentlich vielfach angewendet, unter andern besonders auch bei den Mühlen und den Uhren. Huyghens hat die erste Pendeluhr construirt, Taschenuhren sind schon im Anfang des 16. Jahrhunderts gefertigt worden.

Schiefe Ebene.

Eines der einfachsten Mittel Kraft zu ersparen, besteht in der Anwendung der schiefen Ebene. Sie ist gewiss eine der ersten mechanischen Maschinen zur Förderung der Bewegung gewesen. Ein Schrotbaum, den man zur Bewegung grosser Lasten von den Wägen benützt, giebt die beste Vorstellung einer schiefen Ebene. Eine Ebene, die mit dem Horizont einen spitzen Winkel bildet, nennt man eine schiefe Ebene. In Fig. 60 bildet BB den Horizont oder die Basis, HH die Höhe, LL die Länge der schiefen Ebene.

Fig. 60.



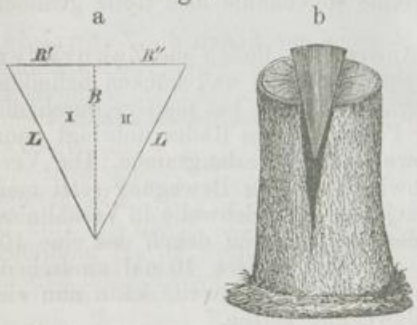
Kraft und Last stehen bei der Verwendung der schiefen Ebene zu einander im Verhältniss wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge. Wenn daher ein Schrotbaum 4 mal so lang ist, als er hoch ist, so wird eine einfache Kraft einer vierfachen Last das Gleichgewicht halten. Oder ein Mensch ist im Stande, mit Hülfe eines Schrotbaumes ein Fass zur Erde zu bewegen, welches ohne Schrotbaum nur von 4 Menschen vom Wagen hätte herab bewegt werden können. Je steiler ein Berg ist, je höher mithin die Höhe der schiefen Ebene ist, welche man sich unter einem Berge

denken kann, je grössere Kraft ist erforderlich, um eine Last über denselben zu bewegen.

Der Keil.

Die Wirkung des Keiles beruht ganz auf dem Gesetz der schiefen Ebene. Der Keil Fig. 61 a stellt zwei mit ihrer Basis B verbundene schiefe Ebenen vor. Der halbe Rücken des Keiles R′ stellt die Höhe der schiefen Ebene I, der halbe Rücken R″ stellt die Höhe der schiefen Ebene II, beide Seitenflächen LL stellen die Längen der beiden schiefen Ebenen vor. Die Kraft wirkt vom Rücken aus. Sie verhält sich zur Last, welche in Fig. 61 b durch die Cohäsion der Holztheilchen gedacht werden muss, wie die Länge des halben Rücken des Keiles zu der Länge einer seiner Seiten. Je geringere Breite also der Rücken des Keiles hat, je geringer hoch die Höhe der beiden schiefen Ebenen ist, desto geringere Kraft wird erforderlich sein, um eine bestimmte Last zu überwinden. Daraus folgt auch, dass der Keil um so wirksamer ist, je spitzer er im Verhältniss zu seiner Länge ist.

Fig. 61.

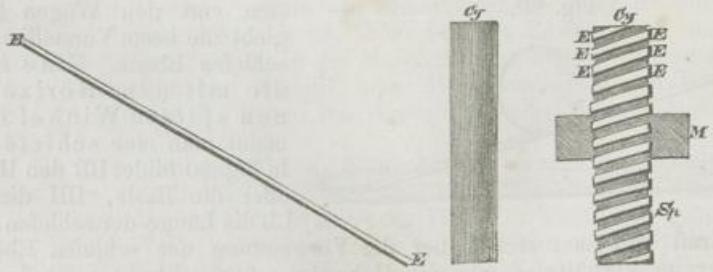


Der Keil findet eine sehr verbreitete Anwendung. Messer, Stemmeisen, Aexte, Nägel, Nadeln, Meisel etc. sind Keile.

Schraube.

Auch die Schraube ist nur eine zusammengesetzte schiefe Ebene. Die Schraube besteht aus Spindel Sp und Mutter M Fig. 62. Die Schraubenspindel Sp Fig. 62 kann man sich denken als eine um einen Cylinder Cy Fig. 63 gewundene schiefe Ebene EE Fig. 63. Dasselbe hat man sich in der Schraubenmutter M Fig. 62 zu denken. Nur sind bei der Schraubenmutter die Windungen der schiefen Ebene vertieft, während sie bei der Schraubenspindel erhaben sind.

Fig. 63. Fig. 62.



Die Schraubenmutter M ist fest, die Spindel Sp wird durch die Kraft bewegt. Bei jeder Umdrehung der Spindel wird diese, da ihre Reifen

genau in die vertieften Windungen der Schraubenmutter passen, in derselben auf oder nieder gehen. Die Wirkung der Schraube beruht darauf, dass die Windungen oder Riefen der Schraube die Höhe der schiefen Ebene, der Umfang des Cylinders die Länge derselben vorstellen. Die Kraft verhält sich somit bei der Schraube zur Last im Gleichgewicht wie die Höhe der Schraubengänge oder Riefen zum Umfange der Schraubenspindel. Je niedriger also die Schraubengänge im Verhältniss zum Umfange der Spindel sind, eine um so geringere Kraft wird erfordert, um einer Last das Gleichgewicht zu halten, oder was dasselbe ist, einen gewissen Druck auszuüben.

Auf der Wirkung der Schraube beruhen die Pressen, die Prägestöcke der Münzen, Buchdrucker- und Buchbinderpressen etc.

Bewegungs-Erscheinungen durch die Schwerkraft.

Gravitation.

Johannes Keppler, geboren den 27. December 1571 im Dorfe Magstadt in Württemberg, von der Ueberzeugung ausgehend, dass in den Erscheinungen der sich bewegenden Himmelskörper Gesetzmässigkeit herrschen müsse, fand nach mehr als zwanzigjährigem unausgesetztem Fleisse 1618 das dritte der von ihm später aufgestellten Gesetze, nach denen sich die Erde und die übrigen Planeten unseres Sonnensystemes nicht allein um ihre eigene Axe, sondern auch um die Sonne als dem Centralkörper unseres Sonnensystemes bewegen. Diese Gesetze sind:

1) Jede Planetenbahn ist eine Ellipse, in deren einem Brennpunkte sich die Sonne befindet. Der Figur und Grösse nach ist die elliptische Bahn eines Planeten von der jedes anderen verschieden. Die Ellipsen der Bahnen unseres Sonnensystemes nähern sich aber den Kreisen sehr. So ist z. B. für unsere Erde die Entfernung des Mittelpunktes der Ellipse von dem Brennpunkte nur 347,000 Meilen.

2) Die Radienrectoren d. h. grade Linien von dem Brennpunkte der Sonne nach dem Umfange der Planetenbahn, beschreiben in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume. Je näher die Planeten der Sonne kommen, um so schneller bewegen sie sich. Unsere Erde befindet sich der Sonne dann am nächsten, während Europa und die nördliche Halbkugel Winter haben. Daher kommt es auch, dass unser Winterhalbjahr einige Tage kürzer ist als das Sommerhalbjahr.

3) Die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten verhalten sich wie die Kubikzahlen ihrer mittleren Entfernung von der Sonne. Der Jupiter z. B. ist $5,_{203}$ mal weiter von der Sonne entfernt wie die Erde. Die mittlere Entfernung des Jupiters von der Erde und der Erde von der Sonne verhalten sich zu einander wie $5,_{203}:1$. Die Kubikzahlen dieser Entfernungszahlen sind $140,_{8}$ und 1. — Der Jupiter bewegt sich um die Sonne in $4332,_{6}$ Tagen, die Erde in $365,_{256}$ Tagen. Das Quadrat der Jupiterumlaufszeit ist 18,771,422. Das Quadrat der Erdumlaufszeit ist 133,411. 18,771,422 muss sich mithin verhalten zu $133,411 = 140,_{8}:1$. Es stimmt dies bis auf ein Minimum überein.

Centrifugal- und Centripetalkraft.

Die elliptischen Bahnen, in denen wir die Planeten ewigen Ringgangs um die Sonne gehen sehen, sind krumme Linien. Wir haben gesehen, dass jede krumme Linie, als Bahn und Richtung für die Bewegung eines Körpers, das Ergebniss der Wechselwirkung zweier oder mehrerer Kräfte ist. Dasselbe muss auch mit dem Laufe der Planeten der Fall sein. Man erklärt diesen dadurch, dass man eine Kraft annimmt, die die Planeten auf jedem Punkte ihrer Bahn und in jedem Zeittheilchen ihrer Umlaufszeit mit gleichbleibender Geschwindigkeit von dem Mittelpunkte der Bewegung zu entfernen trachtet, und dass ferner eine Kraft vorhanden sei, die die Planeten auf jedem Punkte ihrer Bahn und in jedem Zeittheilchen ihrer Umlaufszeit, von jener Richtung abgelenkt und gegen den einen unveränderlichen Punkt in unserem Sonnensysteme, die Sonne hinleitet.

Die erstere Kraft hat man mit Centrifugalkraft, die zweite mit Centripetalkraft bezeichnet.

Die Centrifugalkraft ist in ihren Ursachen noch nicht hinreichend erklärt; die Centripetalkraft hingegen hat man mit der vollkommensten Sicherheit von der Anziehung abgeleitet, die die Körper auf einander üben. Diese Anziehung steht im Verhältniss zu der Masse der anziehenden Körper, äussert sich in den grössten Entfernungen und geht für die Bewegung der Planeten unseres Sonnensystemes von der Anziehung aus, welche die Sonne vermöge des ungeheuern Uebergewichtes ihrer Masse auf alle Planeten ihres Systemes übt. Von dieser Ursache hat man gesagt, die Körper gravitiren gegen einander, sie sind gewissermassen schwer gegen einander. Die gesammten davon abhängigen Erscheinungen der Bewegung der Himmelskörper hat man allgemeine Gravitation genannt.

Die Erscheinungen derselben kannte man eher als ihre Ursachen. Diese Ursachen der Anziehung der Planeten vermöge ihrer Masse hat Isaac Newton, geb. 25. Dec. 1642 in dem Dorfe Woolsthorpe in Lincolnshire, Professor der Mathematik in Cambridge, später Präsident der Königl. Academie entdeckt.

Das Gesetz, nach welchem sich diese Ursache äussert, ist folgendes. Die Grösse der Anziehung, welche die Sonne auf die Planeten und Kometen, und welche jeder Hauptplanet wieder auf seine Monde ausübt, steht mit der Masse des anziehenden Körpers im geraden Verhältniss, und mit dem Quadrate der Entfernung des angezogenen Körpers im umgekehrten Verhältniss. Je grösser die Masse des anziehenden Körpers ist, je mächtiger erfolgt auch die Anziehung. Je entfernter aber der angezogene Körper von dem anziehenden ist, mit um so geringerer Kraft wird er angezogen.

Aus dem der allgemeinen Gravitation unterliegenden Gesetze folgt, dass die Planeten, wenn sie auch überwiegend unter den Einflusse der Sonne stehen, doch ihrerseits auch einen anziehenden Einfluss auf diese üben. Dieser Einfluss hängt seinerseits wieder von der Masse der Planeten und von deren Entfernung von der Sonne ab. In Hinsicht auf die wechselseitige Anziehung, die unsere Erde auf die Sonne ausübt, erhält das Ergebniss, der ungeheuer überwiegenden Masse der Sonne wegen, ganz verschwindende Verhältnisse. Aber vorhanden ist es doch. Hätten Sonne und Erde

gleiche Massen, so würden sie sich wechselseitig gleich stark anziehen und wenn sie sich allein im Raume befänden, im Mittelpunkte ihrer Entfernung zusammenprallen, oder, wenn sie durch noch andere Kräfte davon abgehalten würden, um diesen Mittelpunkt sich bewegen. Das Verhaltniss zwischen der Masse der Sonne und Erde ist aber sehr ungleich. Die Sonne hat 337,086 mal mehr Masse als die Erde. Die Erde wird mithin 337,086 mal stärker von der Sonne angezogen, als sie selbst die Sonne anzieht. Der Mittelpunkt der Bewegung muss also eben so viel mal der Sonne näher liegen als der Erde. Die Entfernung zwischen Sonne und Erde beträgt 20,722,560 geographische Meilen. Der 337,086. Theil dieser Entfernung beträgt 61 geographische Meilen. 61 geographische Meilen von dem Mittelpunkte der Sonne ist daher der Mittelpunkt der Bewegung, der sich aus der Anziehung zwischen Sonne und Erde ergiebt. Diese Entfernung des Mittelpunktes der Bewegung beider Himmelskörper von dem wirklichen Mittelpunkte der Sonne fällt daher nicht nur in den Sonnenball selbst, sondern wird durch die ungeheure Masse der Sonne ganz verschwindend. Denn die Sonne hat einen Durchmesser von 191,780 geographischen Meilen. Diesem ungeheuren Sonnendurchmesser gegenüber sind daher 61 geographische Meilen eine ganz verschwindend kleine Grösse und man nimmt deshalb den Mittelpunkt der Bewegung mit dem Mittelpunkt der Sonne zusammenfallend an, man denkt sich die Sonne in Beziehung zur Erde und den Planeten dieses Systemes als ruhend.

Ein anderer Beweis, dass die Himmelskörper durch wechselseitige Anziehung auf einander wirken, haben wir in dem handgreiflichen Einfluss, den wir den Mond auf unsere Erde üben sehen. Die Bewegung des Mondes geht von der überwiegenden Anziehung der Masse der Erde aus. Die rückwirkende Anziehung des Mondes auf die Erde äussert sich hier durch ein sichtbares Phänomen, durch das Nachgeben des flüssigen Theiles der Erdoberfläche gegen diese Anziehung. Ebbe und Fluth, das wechselnde Steigen und Fallen der Wassermassen der Meere hat seinen Grund in der Anziehung, die von der Masse des Mondes auf unsere Erde geübt wird. An den Ufern der Meere steigt während 24 Stunden das Wasser regelmässig zweimal und sinkt dann eben so oft um mehrere Fuss. Ganze Strecken der Ufer, welche zu einer Zeit von den Meeresfluthen bedeckt sind, liegen zu der andern ganz trocken. Es hängt dies ganz genau von der Umdrehung der Erde und dem Stande des Mondes ab. Am mächtigsten zeigt sich die Erscheinung zur Zeit des Neu- und Vollmondes, wenn Sonne und Mond auf derselben oder auf den entgegengesetzten Seiten der Erde stehen.

Schwere.

Die Anziehung, welche unsere Erde, vermöge ihrer Masse auf die Himmelskörper inmitten des ungeheueren Weltraumes übt, durch welche sie die Bahn des Mondes bestimmt, äussert sie auch auf alle, ihre Oberfläche bildenden einzelnen Körper. Alle diese Körper werden von der Gesammtmasse der Erde angezogen. In Folge dessen streben alle Körper sich nach dem Mittelpunkte der Erde, in welchem man sich die anziehende Kraft concentrirt denkt, zu bewegen. Diese Anziehungskraft, welche die Erde auf die auf ihr befindlichen Körper übt, nennt man Schwerkraft oder Schwere.

Die Aeusserungen der Schwere begleiten uns in jedem Augenblick. Wir selbst stehen unter ihrem Einfluss. Alle Körper der Erdoberfläche befinden sich auf der Stelle, wo sie sind, nur durch die Schwere. Sie können nur durch eine der Schwere entgegenwirkende Kraft von dieser Stelle entfernt werden. Sie bewegen sich dem Mittelpunkte der Erde zu, wenn diese Kraft aufhört zu wirken. Werden die Körper unterstützt, so dass sie sich nicht nach dem Mittelpunkte der Erde bewegen können, so drücken sie auf den unterstützenden Gegenstand mit der Kraft, mit welcher sie sich bewegen würden.

Fall der Körper.

Ein Körper, dessen Unterstützung aufhört, bewegt sich gegen den Mittelpunkt der Erde, er fällt. Die Anziehung der Erde gegen die auf ihr befindlichen Körper äussert sich nach demselben Grundgesetz der Anziehung, nach welchem z. B. die Anziehung der Sonne auf die Planeten geschieht, sie steht im Verhältniss zu ihrer Masse. Alle auf der Erde befindlichen Körper sind im Verhältniss zur Masse der Erde ganz verschwindend klein. Da die Anziehung der Erde auf jedes einzelne Körpertheilchen ebenso wie auf die daraus gebildeten Körper wirkt, so werden alle Körper, wie gross oder wie klein sie auch sind, von der Erde mit derselben Kraft angezogen. Sofern also dem Falle der Körper kein Hinderniss in dem Wege steht, müssen alle Körper gleich schnell zur Erde fallen. Das Hinderniss, welches die Ursache ist, dass die Wirkung der Schwere auf die Körper verschieden mächtig sich äussert, ist der Widerstand der Luft. Dichtere Körper überwinden diesen leichter, weniger dichte Körper schwerer; dichtere Körper fallen deshalb schneller, weniger dichte langsamer. Lässt man eine Bleikugel und eine Vogelfeder im luftleeren Raume fallen, so erreichen sie hier, wo sie ohne Hinderniss der Erdanziehung folgen können, gleich schnell den Boden. Wenn wir auf einem hohen Thurme stehend, ein Stück Eisenblech und ein demselben an Umfang gleichendes Stück Papier fallen lassen und das Eisenblech viel eher den Boden erreichen sehen, so liegt der Unterschied der Fallzeit nicht an der verschiedenen Wirkung der Anziehungskraft der Erde, sondern an dem grösseren Widerstande, den die Luft dem Papier als dem Eisen entgegensetzt. Die Lehre des Aristoteles: dass ein Körper, der zweimal so schwer ist als ein anderer auch zweimal so schnell fallen müsse als dieser, ist also ein Irrthum. Galileo Galilei geb. 1564 in Pisa, Professor an der Universität zu Pisa, hat zuerst diesen und viele andere Irrthümer des sonst grossen Stagiriten nachgewiesen. Weil seine Aufklärungen indess in vielen Stücken der engherzigen, damals herrschenden biblischen Anschauung der Weltordnung entgegen liefen, hat er bis an sein Lebensende Anfeindungen, Schmähungen und die bittersten Unbilden zu leiden gehabt, so dass er als Greis noch nur mit genauer Mühe dem Tode entging.

Man denkt sich die anziehende Kraft, die von jedem Theilchen der Erdmasse und von allen Theilchen zusammen geübt wird, als zusammentreffend in dem Mittelpunhte der Erde. Jeder Körper auf der Erdoberfläche befindet sich in einer Entfernung von diesem Mittelpunkte, die gleich dem Halbmesser der Erde ist; jeder von ihnen wird somit in gleicher Stärke angezogen. In gleicher Entfernung sind die Körper gleich schwer. In jeder gleichen Entfernung fallen daher die Körper auch gleich schnell. Nimmt die Entfernung der Körper von dem Mittelpunkte ab, so nimmt auch die Wirkung der Schwerkraft

ab, sie werden weniger schwer, sie fallen langsamer. Das Abnehmen der Schwere nimmt man schon auf hohen Bergen, und auch, der Form der Erde wegen, an dem Aequator gewahr. Durch vielfältige Beobachtungen hat man festgestellt, dass ein Körper an der Oberfläche der Erde mit einer Geschwindigkeit von 15 Fuss in der ersten Sekunde fällt. Je weiter sich der Körper von der Oberfläche der Erde entfernt, je geringer wird der Fallraum, den er in derselben Zeit zurücklegt. Diese Abnahme findet nach einem gewissen Gesetz Statt: Die Schwere nimmt ab im Verhältniss des Quadrates der Entfernung. Denke man sich z. B. einen Körper vom Monde herab auf unsere Erde fallen. Der Mond ist von der Erde 60 Erdhalbmesser weit entfernt. Die Schwerkraft unserer Erde ist also in jener Entfernung $60 \times 60 = 3600$ mal geringer, als auf der Erdoberfläche, und mit dieser verringerten Schnelligkeit würde sich ein Körper vom Monde aus nach unserer Erde bewegen.

Würde die Erde auf einen, ausserhalb derselben schwebenden Körper nur einmal, eine Sekunde, oder auch nur einen Augenblick durch ihre Anziehung wirken, könnte man nach dem die eine Wirkung der Anziehungskraft geschehen ist, jeden weiteren Einfluss derselben auf den Körper aufheben, so würde der, ausserhalb der Erde schwebende, einmale angezogene Körper sich nach der Erde zu mit der ihm durch die einmalige Anziehung gewordenen Schnelligkeit bewegen und in dieser Bewegung, vermöge seines Beharrungsvermögens bleiben, bis er die Erde erreicht hat. In Wirklichkeit ist aber die Anziehungskraft der Erde auch nicht auf einen Augenblick zu beseitigen, sie wirkt in jedem Zeittheilchen und mit gleicher Stärke immer von Neuem auf den fallenden Körper. Die Schnelligkeit, die derselbe also durch die Einwirkung der Schwere im ersten Augenblick erlangt hat und beibehält, wird durch die Einwirkung der Schwere im zweiten Augenblick vermehrt. Diese vermehrte Schnelligkeit, die der Körper im zweiten Augenblick erhalten hat und beibehält, wird wiederum vermehrt durch die Einwirkung der Schwere im dritten Augenblick und so fort. Die Schnelligkeit eines frei fallenden Körpers wird mithin während des Fallens vermehrt. Man hat beobachtet, dass die Vermehrung nach einem bestimmten Gesetz geschieht. Die Fallräume eines Körpers nehmen zu im Verhältniss der Quadrate seiner Fallzeiten. Auf der Erdoberfläche wird jeder Körper mit einer Kraft angezogen, die ihn 15 Fuss in der Secunde fallen macht. Will man daher die Fallräume eines fallenden Körpers berechnen, so hat man nur die Fallzeit in das Quadrat zu erheben, und die erhaltene Anzahl mit 15 zu multipliziren. Man erhält dann die Fallräume in Fussen. Ein Körper ist z. B. von einem Thurme, 2 Sekunden gefallen, so ist der Fallraum, die Höhe des Thurmes, $2 \times 2 \times 15 = 60$ Fuss; beträgt die Fallzeit 5 Sekunden, so ist der Fallraum $5 \times 5 \times 15$ oder 375 Fuss.

Wurfbewegung. Wird eine Kugel in die Höhe geschossen, so befindet sich dieselbe unter dem Einfluss von zwei Kräften einer einmal wirkenden, der Wurfkraft, der Kraft, die durch den Einfluss des explodirenden Schiesspulvers der Kugel mitgetheilt wird und diese in grader Linie von der Erde aufwärts treibt und der stetig wirkenden, die Körper nach dem Mittelpunkte der Erde ziehenden Kraft, der Schwere.

Haben diese beiden Kräfte entgegengesetzte Richtungen, so wirken sie einander auch entgegen. Die einmalig wirkende Wurfkraft wird, und wenn sie noch so mächtig wirkte, durch die stetig wirkende Schwerkraft überwun-

den. Eine Kugel, die mit grosser Gewalt aus dem Laufe einer Büchse senkrecht in die Höhe geschossen worden ist, wird in den ersten Augenblicke mit grosser Schnelligkeit in die Höhe gehen. Die auf sie nach oben bewegende Wurfkraft ist in diesen ersten Augenblicken um Vieles grösser, als die sie nach unten ziehende Schwere. Die Wirkung der Schwere auf die Kugel nimmt aber zu, je länger sie sich ausserhalb der Büchse befindet. Die Geschwindigkeit des Aufsteigens nimmt in demselben Verhältniss und unter dem Einfluss derselben Kraft ab, wie die eines fallenden Körpers zunimmt. Endlich erreicht die Kugel einen Punkt, wo die stetig wirkende Schwerkraft der einmal wirkenden Wurfkraft das Gleichgewicht hält. Die Kugel ruht ein unendlich kleines Zeittheilchen. Nach diesem hat die stetig fortwirkende Schwerkraft das Uebergewicht. Die Kugel fällt und gehorcht im Fallen nun der Schwerkraft und den von dieser vorgeschriebenen Gesetzen. Die Schnelligkeit ihrer Bewegung nach der Erde nimmt zu, je länger sie fällt, und sie gelangt daher auch unten mit der Schnelligkeit an, mit welcher sie in die Höhe geschossen worden war. Die Kugel braucht die eine Hälfte der Zeit ihres Ausbleibens zum Steigen, die andere zum Fallen. Aus der Zeit ihres Ausbleibens kann man auch die zurückgelegte Höhe berechnen. Eine Kanonkugel die 40 Sekunden ausgeblieben ist, hat 20 Sekunden zum Aufsteigen und 20 zum Herabfallen nöthig gehabt. Die Fallzeit im Quadrat erhoben und mit 15, dem Fallraum eine Sekunde, multiplicirt, giebt $20 \times 20 = 400$, $400 \times 15 = 6000$ Fuss als die Höhe, in welche die Kugel in 20 Sekunden gestiegen war.

Wird ein Körper von einem Thurme senkrecht herabgeworfen, so wirken Wurfkraft und Schwere zu gleicher Zeit und in derselben Richtung auf den Körper. Die Schnelligkeit der Bewegung, die der Körper schon durch die Schwere erreicht, wird vermehrt durch die Stärke der Wurfkraft.

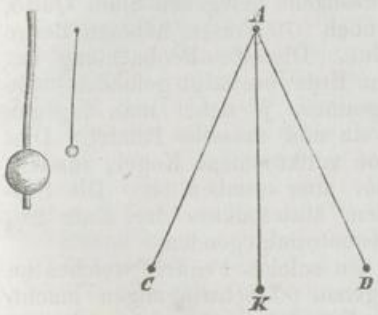
Wird ein Körper in horizontaler Richtung geworfen, so wirken die beiden Kräfte in einem Winkel auf ihn ein. Die Wurfkraft bewegt ihn in horizontaler Richtung und die Schwerkraft zieht ihn senkrecht herab. Die Wurfkraft ertheilt dem Körper eine einmalige gleichförmige, die Schwere aber eine stetige zunehmende Bewegung. Der Körper wird also endlich dieser letzteren nachgeben, er wird fallen. Die grade horizontale Richtung, die der Körper durch die Wurfkraft erhalten hat, wird in jedem Zeittheilchen geändert, der Körper wird nach unten gezogen. Seine Bewegungsbahn wird krummlinig — sie ist eine Parabel. Hierauf beruhen die Einrichtungen bei den Geschützen der Artillerie. Die parabolische Theorie der Wurfbewegung ist deren theoretische Grundlage. Das Korn auf den Büchsen hat denselben Zweck. Der Schütze, der treffen will, muss die Kugel im Bogen nach dem Ziel senden.

Pendelbewegung.

Pendel. Galileo Galilei hat im Dom zu Pisa, an der Gleichmässigkeit der Bewegung einer Ampel vor dem Hochaltare, zuerst die Gesetze des Pendels beobachtet. Ein einfaches Pendel in mathematischer Bedeutung ist ein schwerer Punkt, der an einem gewichtslosen, vollkommen straffen Faden aufgehängt ist. In Wirklichkeit besitzen wir keinen derartigen mathematischen Punkt.

Ein Pendel stellen wir uns dar aus einer Kugel, oder aus einer Metallscheibe, die an einem Faden hängt, oder an einem Metallstabe befestigt wird. Fig. 64.

Fig. 64. Fig. 65.



Bringt man nach Fig. 65 das Pendel AK ans der senkrechten Richtung in die Richtung AC und überlässt dann die Kugel sich selbst, so sieht man sie in ihre frühere Richtung AK zurückkehren, auf der entgegengesetzten Seite aufsteigen und allmälig in die Richtung AD gelangen, von hier in die Richtung AK zurückkehren und in der nach C gelegenen Richtung wieder aufsteigen ohne C ganz zu erreichen und demgemäss eine hin- und hergehende Bewegung machen. Dieser Bewegung hat man die Bezeichnung: Schwingung gegeben. Die Pendelschwingungen werden allmälig kleiner, bis sie endlich aufhören.

Die Ursache der Pendelschwingungen ist die Schwere. Wenn die Kugel, in C gedacht, losgelassen wird, so wird sie von der Schwere nach unten gezogen, sie würde auf den Boden fallen, wenn sie nicht durch den Faden bei A befestigt wäre. Jetzt, da sie angeheftet ist, fällt sie in der Richtung, die ihr durch den Faden angewiesen wird, in der Richtung nach K. Hier gelangt sie mit einer gewissen Geschwindigkeit der Bewegung an. Nach dem Gesetz der Beharrung behält sie diesen Zustand der Bewegung und erreicht vermöge dieser den Punkt D. Von D beginnt derselbe Vorgang in der Richtung nach C. Dass sie C nicht erreicht, und dass sie endlich ganz zur Ruhe gelangt, liegt, ausser der Reibung, die jedes materielle Pendel am Anheftungspunkte zu überwinden hat, hauptsächlich an dem Widerstande, den die Luft dem schwingenden Pendel entgegensetzt.

Dieses einfache Instrument, das Pendel, hat durch den Zusammenhang mit den Gesetzen der Schwerkraft nicht geringe Bedeutung erlangt. Man hat die Gesetze der Pendelschwingungen, seit Galilei die ersten zwei derselben festgestellt hat, genau beobachtet und sie in Folgenden zusammengestellt.

Da die Ursache der Pendelbewegung, die Schwere, an denselben Orten der Erde immer von gleicher Stärke ist, so müssen auch die einzelnen Schwingungen gleich langer Pendel an denselben Orten gleich schnell erfolgen.

Daher machen auch zwei Pendel von gleicher Länge in einer und derselben Zeit eine und dieselbe Anzahl von Schwingungen.

Es machen ferner aus demselben Grunde: zwei Pendel von ungleicher Länge in einer und derselben Zeit an ein und demselben Orte eine ungleiche Anzahl von Schwingungen. Das längere Pendel macht weniger Schwingungen als das kürzere. Die Schwingungszeiten verhalten sich bei verschieden langen Pendeln wie die Qnadratwurzeln der Pendellängen. Oder die Längen der Pendel, wie die Quadrate der Schwingungszeiten.

Ein und dasselbe Pendel macht überall, wo die Schwere gleich stark wirkt, in einer bestimmten Zeit die gleiche Anzahl von Schwingungen.

Aus diesen Beobachtungen folgerte man die Anwendung des Pendels. Ein Pendel muss, da die Schwerkraft abnimmt, so wie man sich von dem Mittelpunkte der Erde entfernt weniger Schwingungen machen. Dies findet in der That statt. Condamine hat beobachtet, dass dasselbe Pendel, welches am Ufer des Amazonenflusses in 24 Stunden 98770 Schwingungen machte, in der 1460 Toisen über der Meeresfläche gelegenen Stadt Quito, in derselben Zeit nur 98740 und auf dem noch 970 Toisen höheren Berge Pitchincha nur 98710 Schwingungen machte. Dieselbe Beobachtung hat man in den verschiedensten Gegenden der Erde bestätigt gefunden. Je näher man dem Aequator kommt, je langsamer, je näher man dagegen den Polen kommt, je schneller schwingt ein und dasselbe Pendel. Dies hat darin seinen Grund, dass die Erde keine vollkommene Kugel, sondern an den Polen abgeplattet, an dem Aequator aber erhaben ist. Die Erdoberfläche jeder der Polargegenden ist dem Mittelpunkte der Erde $2^3/_4$ Meilen näher, als die Erdoberfläche der Aequatorialgegenden.

Ein Sekundenpendel nennt man ein solches Pendel, welches an einem bestimmten Orte in einer Minute genau 60 Schwingungen macht. Ein solches Sekundenpendel muss für jeden Ort eine gewisse Länge haben. Denn ein Sekundenpendel, dessen Schwingungszeit in Berlin, München oder Leipzig genau eine Sekunde ist, würde am Aequator langsamer an den Polen schneller schwingen, es würde kein Sekundenpendel mehr sein. Ein Sekundenpendel für den Aequator müsste also kürzer, eines für die Polargegend länger sein, für jeden Ort aber giebt die Länge eines Sekundenpendels ein ganz bestimmtes Längenmaass. Aus der Gleichmässigkeit der Schwingungszeit ergiebt sich auch die Verwendung des Pendel bei den Pendel-Uhren. Durch die relative Länge des Pendels und die Kraft, die entweder durch ein Gewicht, oder die Federkraft der Uhrfeder geübt wird, hat man es genau in seiner Gewalt das Pendel der Uhr, eine bestimmt unabänderliche Anzahl von Schwingungen in einer bestimmten Zeit machen zu lassen, mit welcher der Gang der Weiser dann in Uebereinstimmung gebracht wird.

Gewicht.

Da die Körper aus sehr vielen kleinen Theilchen bestehen, und jedes dieser einzelnen Theilchen von der Erde angezogen wird, daher strebt sich nach dem Mittelpunkte der Erde zu bewegen, so müssen die Körper, wenn sie durch eine Unterlage von der Bewegung nach der Erde zu abgehalten werden, auf diese Unterlage einen gewissen Druck ausüben. Den Gesammtdruck aller Theilchen eines Körpers, den diese auf eine wagerechte Unterlage üben, nennt man das Gewicht des Körpers. Das Gewicht ist also die Wirkung, welche ein Körper durch die Zahl seiner Atome, woraus seine Masse besteht, hervorbringt. Das Gewicht des Körper richtet sich blos nach der Masse. Je mehr Masse ein Körper hat, desto schwerer ist er.

Das Gewicht eines Körpers wird bestimmt durch die Grösse des Druckes, den er auf seine Unterlage, auf den unterstützenden Gegenstand ausübt; oder durch die Gegenkraft, die man anwenden muss, um einen Körper vom Fallen abzuhalten.

Gewichte. Die Einheiten, nach denen man diesen Druck, oder diese aufzuwendende Gegenkraft misst, nennt man Gewichte. Solche Einheiten sind das Pfund, das Gramme etc.

Für wissenschaftliche Zwecke ist das Gramme, die französische Gewichtseinheit, allgemein als Gewichtseinheit angenommen.

Das Gramme ist seinem Gewichte nach gleich einem Würfel destillirten

Wassers (von 4°C.), dessen Seitenflächen 1 Centimetre Länge haben, der also einen Kubikcentimétre vorstellt. Dem Gewichte dieses Kubikcentimétre reinen Wassers entsprechend sind Gewichtsstücke aus Metall angefertigt worden. Die Gewichtsmehrheiten und Gewichtstheile dieser Einheit bestimmte man nach den Dezimalzahlen. Die Gewichtsmehrheit benannte man durch griechische Zahlwörter, die Gewichtstheile durch lateinische Zahlwörter. 10 Grammes-Decagramme, $^1/_{10}$ Gramme-Decigramme, 100 Grammes-Hektogramme, $^1/_{100}$ Grammes-Centigramme, 1000 Grammes-Kilogramme, $^1/_{1000}$ Gramme-Milligramme. Die nähere Eintheilung und Vergleichung der Gewichte ist Seite 85—99 abgehandelt.

Bestimmt man das Gewicht eines Körpers ohne Berücksichtigung der Ausdehnung seines Volumens, so ist das Ergebniss sein absolutes Gewicht. Das absolute Gewicht eines Körpers steht mit der Masse desselben im Verhältniss.

Nimmt man aber bei der Bestimmung des Gewichtes eines Körpers zugleich auf sein Volumen Rücksicht, so ist das Ergebniss das specifische Gewicht des Körpers. Das specifische Gewicht der Körper steht mit seiner Dichtigkeit im Verhältniss.

Specifisches Gewicht. Wägt man gleiche Volumina verschiedener Körper, z. B. eines Kubikzoll Gold und einen Kubikzoll Luft, so wird man in dem Gewichte beider, wie in dem Gewichte gleicher Volumina der meisten vorhandenen Körper, sehr bedeutende Unterschiede finden.

Der Grund hievon liegt darin, dass in verschiedenen Körpern die einzelnen Theilchen, woraus sie gebildet sind, verschieden dicht an einander liegen. Je dichter die Körpertheilchen zusammen liegen, desto mehr Theilchen gehen auch in ein gewisses Volumen. Ein solches Volumen, z. B. 1 Kubikzoll wird bei einem Körper 19, 11, 7, 3mal so viel Theilchen umschliessen, als bei einem andern. Die Masse an Körper wird somit bei gleichem Volumen verschieden gross sein, und da von der Masse das absolute Gewicht abhängt, so werden auch gleiche Volumina der verschiedenen Körper ein verschieden grosses Gewicht haben.

Ist z. B. in einem Kubikzoll Gold 19mal mehr Masse, als in einem Kubikzoll Wasser, sind 19mal mehr Theilchen in einem Kubikzoll Gold, als Wassertheile in einem Kubikzoll Wasser, so muss auch ein Kubikzoll Gold 19mal mehr weigen, als ein Kubikzoll Wasser. Das bestätigt sich auch durch die Waage. Erst wenn man 19 Kubikzoll Wasser auf die eine Waagschale stellt, wird diese mit der andern Waagschale, worauf sich 1 Kubikzoll Gold befindet, im Gleichgewicht sein.

Bei der angedeuteten, so verschiedenen Dichtigkeit der Körper, bei ihrem verschiedenem specifischen Gewicht, hat man einen Körper nöthig gehabt, mit dessen specifischen Gewicht man das specifische Gewicht aller andern Körper zu vergleichen hat. Hierzu hat man das Wasser gewählt. Das specifische Gewicht des Wassers hat man als Einheit angenommen und damit die specifischen Gewichte der andern Körper verglichen. Wenn man daher von dem specifischen Gewichte eines Körpers spricht, so heisst dies: Ein gewisses Volumen, ein Kubikzoll oder ein Kubikfuss etc., dieses Körpers wiegt so und so viel mal schwerer oder leichter als ein gleiches Volumen, ein Kubikzoll oder ein Kubikfus etc. Wasser.

Bestimmung des specifischen Gewichtes. Als Einheit für die Bestimmung des specifischen Gewichts der Körper hat man das specifische Gewicht des reinen Wassers bei einer gewissen Temperatur angenommen und dieses mit der Zahl 1, oder, um sich der Dezimalrechnung bedienen zu können, mit 1,000 bezeichnet. Hiernach sind die

Zahlen zu verstehen, die man für die Bestimmung des specifischen Gewichtes des Körpers gebraucht. Sagt man z. B. Quecksilber hat ein specifisches Gewicht von 13,598 und Blei ein specifisches Gewicht von 11,852 so versteht man darunter, dass Blei und Quecksilber um die ganzen Zahlen 11 und 13, und um die Bruchtheile $\frac{852}{1000}$ und $\frac{598}{1000}$ schwerer sind als Wasser. Sagt man, der Aether hat ein specifisches Gewicht von 0,713 und der Weingeist 0,793, so zeigt dies an, dass wenn ein bestimmtes Volumen Wasser, z. B. des I 1000 Gran, des II 1 Gran wiegt, ein dem I gleiches Volumen Aether 713 Gran, Weingeist 793 Gran wiegt, ein dem II gleiches Volumen Aether $\frac{713}{1000}$ Gran oder 0,713 Gran, Weingeist $\frac{793}{1000}$ Gran oder 0,793 Gran wiegt.

Will man daher das specifische Gewicht eines Körper bestimmen, so hat man zu finden, wie sich das specifische Gewicht dieses Körpers zu dem specifischen Gewicht des Wassers verhält und, da sich das specifische Gewicht zweier Körper von gleichem Volumen, so wie ihr absolutes Gewicht verhält, so hat man nur nöthig, um das specifische Gewicht des zu untersuchenden Körpers zu erfahren: das Gewicht eines bestimmten Volumens desselben, mit dem Gewichte eines gleichen Volumens Wassers zu vergleichen. Das gesuchte Ergebniss findet man dann durch ein Regel de tri-Exempel. Gesetzt, es wäre das specifische Gewicht des Goldes zu bestimmen. Man wiegt einen Kubikzoll Gold. Dieser wiege 4839 Gran. Nun wiegt man einen Kubikzoll destillirtes Wasser. Dieser wiege 250 Gran. Es verhält sich also das absolute Gewicht 1 Kubikzoll Wasser zu dem absoluten Gewicht 1 Kubikzoll Gold, wie das specifische Gewicht des Wassers zu dem gesuchten specifischen Gewicht des Goldes, oder $250 : 4839 = 1 : x$ oder $250 : 4839 = 1,000 : x$. Man erhält als das gesuchte specifische Gewicht des Goldes $\frac{4839 \times 1,000}{250} = 19,356$.

Es ist indess in der praktischen Ausführung diese unmittelbare Bestimmung des spesifischen Gewichtes durch Wägung gleicher Volumina gar nicht immer möglich. Es lassen sich z. B. bei der Bestimmung des specifischen Gewichts unregelmässiger Körper die Volumina dieser nicht so unmittelbar feststellen, um danach die Grösse des zu wägenden Wasservolumens zu bestimmen. Man hat hierzu eine Reihe von mittelbaren Hilfsmitteln angewendet, die wir daher, obwohl sie nach dem dabei obwaltenden physicalischen Gesetzen nicht alle hier zusammen gehören, doch der grösseren Uebersicht wegen hinter einander folgend, anführen wollen.

A. Die Bestimmung des spec. Gewichtes fester Körper. Im Wasser unauflösliche, untersinkende Körper.

Der Körper wird zuerst in der Luft, und dann im Wasser eingetaucht, vermittelst der hydrostatischen Waage gewogen. Der Körper wird im Wasser immer weniger wiegen, als in der Luft. Er verdrängt ja ein gleiches Volumen Wasser; während er in der Luft nur ein gleiches Volumen Luft verdrängt hatte; Wasser aber ein viel grösseres specifisches Gewicht hat, als atmosphärische Luft.

Der Gewichtsverlust, den ein Körper, im Wasser gewogen, erleidet, ist immer gleich dem Gewichte eines Volumen Wassers, das genau so gross ist, als der eingetauchte Körper. Daraus lernt man das absolute Gewicht des, dem Volumen des vorliegenden Körpers gleichenden Volumen Wassers kennen. Gesetzt, ein Stück Platin wiege in der Luft 1239,75 Gran. In Wasser eingetaucht, wiegt es nur 1183,75 Gran, so ist der Ge-

wichtsverlust, den das Platin erleidet, hier 1239,75 Gran — 1183,75 Gran = 56 Gran, oder das absolute Gewicht des Volumen Wasser, das von dem Platinvolumen verdrängt ist = 56 Gran. Man kennt somit das absolute Gewicht des Platinstückes und das absolute Gewicht des gleich grossen Volumen Wassers und hat daher nur das einfache Regel de tri Exempel zu rechnen. Das absolute Gewicht des Volumen Wassers verhält sich zu dem absoluten Gewicht des gleichen Volumen Platin, wie sich verhält das specifische Gewicht des Wassers zu dem gesuchten specifischen Gewicht des Platin oder $56 : 1239,75 = 1,000 : x = \frac{1239,75 \times 1,000}{56} = 22,138$ als das specifische Gewicht des Platin.

Auf diese Weise hat Archimedes die Aufgabe gelöst, die ihm vom König Hiero gestellt wurde. Hiero war durch seinen Goldschmidt bei einer für ihn gefertigen Krone arg betrogen worden. Der Goldschmidt hatte Silber unter das Gold geschmolzen, während er reines Gold zu ihrer Anfertigung erhalten. Archimedes sollte nun bestimmen: wie viel Silber unter dem Golde sei. Er untersuchte: wie viel eine gewisse Gewichtsmenge Gold Wasser verdränge, darauf wie viel eine gleiche Gewichtsmenge Silber Wasser verdränge und mit dem Ergebniss verglich er das von der Krone verdrängte Wasser. —

B. In Wasser unauflösliche aber darauf schwimmende Körper.

Der Körper wird in der Luft gewogen, sodann befestigt man ihn an einen andern Körper, der im Wasser untersinkt, z. B. an ein Stück Blei, Zinn u. s. w. Von dem hierzu verwendeten Metall nebst Messingfaden, hat man zuvor bereits das specifische Gewicht bestimmt. Hierauf wiegt man den an das Metall befestigten Körper im Wasser. Von dem Gewichtsverlust, den das Metall und der Körper im Wasser erleiden, subtrahirt man den schon bekannten Gewichtsverlust, den das Metall und der Metallfaden allein erleiden. Dadurch erhält man den Gewichtsverlust, den der vorliegende Körper im Wasser erleidet, oder das absolute Gewicht des Volumen Wassers, das eben so gross ist, als das Volumen des zu untersuchenden Körpers. Es sei z. B. das specifische Gewicht eines Stück Holzes zu bestimmen. Das Stück Holz wiegt 100 Gran. Man vereinigt es mit einer Silbermünze, die sammt dem dazu verwendeten Draht 1235 Gran wiegt. Holz und Metall zusammen wiegen 1335 Gran. Silber und Draht haben beim Wägen im Wasser 119 Gran an Gewicht verloren. Silber, Draht und Holz zusammen im Wasser gewogen, verlieren 319 Gran. Das Holz allein hat 200 Gran an Gewicht verloren. 200 Gran wiegt also das Volumen Wasser, das eben so gross ist, als das Volumen des zu untersuchenden Holzes. Wenn man auf diese Art das absolute Gewicht des gleichen Volumen Wassers kennt, verhält sich wiederum das Gewicht des Volumen Wassers zu dem Gewichte des gleichen Volumen des Körpers, wie das specifische Gewicht des Wassers zu dem specifischen Gewicht des zu prüfenden Körpers, oder $200 : 100 = 1,000 : x = \frac{100 \times 1,000}{200} = 0,500$ als das specifische Gewicht des untersuchten Holzes.

C. Pulverförmige Körper, welche leichter als Wasser sind.

Ein tarirtes Fläschchen mit eingeriebenem Stöpsel, fülle man mit reinem Wasser und bestimme das Gewicht des letzteren. In das geleerte Fläschchen schütte man das auf sein specifisches Gewicht zu bestimmende, vorher gewogene Pulver, fülle den übrigen Raum des Fläschchens mit

Wasser, so zwar, dass man überzeugt ist, dass sich in demselben keine Luft mehr befindet und wäge nun Fläschchen, Wasser und Pulver zusammen. Es wird nun weniger wiegen als es blos mit Wasser gefüllt gewogen hat. Der Gewichtsverlust giebt an, wie viel ein, dem Volumen des Pulvers gleiches, Volumen Wasser wiegt. Dieses Gewicht des Volumen Wassers, verhält sich zu dem Gewichte des Pulvers, wie das specifische Gewicht des Wassers zu dem zu suchenden specifischen Gewichte des Pulvers. Wenn man z. B. das specifische Gewicht eines Pulvers zu untersuchen hat, das in der Luft gewogen, 100 Gran wiegt, wenn Fläschchen und Wasser zusammen 1960 Gran wiegen, wenn ferner Fläschchen, Pulver und Wasser zusammen 1760 Gran wiegen, so ist 1960 — 1760 oder 200 Gran der Gewichtsverlust des Pulvers im Wasser, oder das absolute Gewicht eines Volumen Wassers, das dem Volumen des zu prüfenden Pulvers gleicht, ist = 200. Daher $200 : 100 = 1{,}000 : x = \frac{100 \times 1{,}000}{200} = 0{,}500$ als das specifische Gewicht des untersuchten Pulvers.

D. Im Wasser unlösliche, untersinkende, Wasser einsaugende Körper.

Die Körper werden zuerst in der Luft gewogen. Dann lasse man sie so lange im Wasser liegen, bis sie davon vollständig durchdrungen sind. Sodann werden sie herausgenommen, gewogen, und die Gewichtszunahme bemerkt. Darauf wiege man sie im Wasser. Zu dem Gewichtsverluste, den sie hierbei erleiden, addire man die durch das Einsaugen des Wassers erhaltene Gewichtszunahme. Hierdurch erhält man genau das Gewicht des Volumen Wassers, das so gross ist als das Volumen des zu prüfenden Körpers und dieses absolute Gewicht eines Volumen Wassers verhält sich zu dem Gewichte eines gleichen Volumen des zu prüfenden Körpers, wie sich verhält das spec. Gewicht des Wassers zu dem zu suchenden spec. Gewicht des Körpers.

Ein Stück Sandstein wiegt an der Luft	1000 Gr.
Mit Wasser durchdrungen	1020 „
Das eingedrungene Wasser beträgt also	20 „
Dieser wasserdurchdrungene Sandstein verliert von seinem Gewichte von 1000 Gran im Wasser gewogen	430 „

Dazu die eingedrungene Wassermenge von 20 Gran macht 450 Gran als das Gewicht des dem Volumen des Sandsteins gleichen Volumen Wassers. Daher $450 : 1000 = 1{,}000 : x = \frac{1000 \times 1{,}000}{450} = 2{,}222$ als das spec. Gewicht des Sandsteins.

Im Wasser lösliche Körper.

Hat man Körper auf ihr spec. Gewicht zu prüfen, welche im Wasser entweder löslich sind, oder sich in demselben auf irgend eine Art zerlegen oder verändern, so bestimmt man das spec. Gewicht solcher Körper mit Hilfe einer anderen Flüssigkeit, deren spec. Gewicht man genau kennt, und von welchen die Körper nicht verändert werden. Dazu wählt man Aether, Weingeist, auch ätherische Oele. Der Körper wird in der Luft gewogen. Darauf wird er in der gewählten Flüssigkeit gewogen. Der Gewichtsverlust hierbei giebt an, wieviel ein Volumen der gewählten Flüssigkeit wiegt, welches so gross ist, als der zu prüfende Körper. Setzt man nun bei der Berechnung statt des spec. Gewichts des Wassers das spec. Gewicht der benutzten Flüssigkeit, so erhält man, weil ja das spec. Gewicht dieser Flüssigkeit eben nach dem spec. Gewicht des Wassers festgestellt ist, dasselbe Ergebniss. Irgend ein derartiger Körper wiege trocken 100 Gran.

In Alkohol gewogen, verliere er 50 Gran. Daher verhält sich 50 : 100 wie das spec. Gewicht des Alkohols (0,793) zu dem zu suchenden spec. Gewicht, oder $50 : 100 = 0{,}793 : x = \frac{100 \times 0{,}793}{50} = 1{,}586$ als das spec. Gewicht des geprüften Körpers.

Flüssige Körper.

Auch bei den flüssigen Körpern handelt es sich bei der Bestimmung ihres spec. Gewichtes, um die Bestimmung des Gewichtes eines bestimmten Volumens der zu untersuchenden Flüssigkeit. Man hat hierzu zweierlei Wege, den unmittelbaren und den mittelbaren.

Gleiche Volumina unmittelbar verglichen.

Ein leeres Fläschchen mit eingeriebenem Stöpsel wird genau tarirt. Dann wird das Fläschchen mit Wasser gefüllt und damit gewogen. Man erfährt dadurch das Gewicht des das Fläschchen ausfüllenden Volumen Wassers. Das Fläschchen wird ausgeleert und ausgetrocknet. Darauf wird es mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt und wieder gewogen. Von dem Gesammtgewicht des Fläschchens und der Flüssigkeit zieht man das Gewicht des Fläschchens ab, und erfährt so das absolute Gewicht des Volumen der zu untersuchenden Flüssigkeit. Das Gewicht eines gleichen Volumen Wassers kennt man schon. Es verhält sich somit das Gewicht eines Volumen Wassers zu dem Gewicht des gleichen Volumen der Flüssigkeit, wie das spec. Gewicht des Wassers zu dem gesuchten spec. Gewicht der Flüssigkeit. Das Gewicht eines Fläschens sei 1200 Gr. gewesen, mit Wasser gewogen habe es 1800 Gr., mit Aether gefüllt $1627^2/_3$ Gr. gewogen. Das Gewicht des Volumen Wassers hatte dann 600 Gr., das des Aethers $427^2/_3$ Gr. betragen. Daher verhält sich $600 : 427^2/_3 = 1{,}000 : x$ $\frac{427^2/_3 \times 1{,}000}{600} = 0{,}713$ als das spec. Gewicht des Aethers. Es liegt nahe, dass, wenn man ein Fläschchen besitzt, dessen Tara man auf dem Fläschchen mit Diamant eingeritzt hat, und in welches genau 1000 Gran Wasser von einer bestimmten Temperatur hineingehen, man sich den Vorgang sehr erleichtert. Ein derartig construirtes Fläschchen nennt man Tausendgranglas. Hätte man damit das spec. Gewicht des Aethers zu bestimmen, so hätte man nur das Glas mit Aether von einer bestimmten Temperatur zu füllen und zu wiegen. Gesetzt, die Tara des Fläschchens, in welches genau 1000 Gran Wasser hineingehen, wäre 940 Gran. Mit Wasser gefüllt, würde es also genau 1940 Gran wiegen. Da man dies weiss, so hat man das Füllen mit Wasser und Wägen nicht nöthig. Mit Aether gefüllt und gewogen wiegt das Fläschchen 1653 Gran. Zieht man von diesem Gewicht die Tara des Fläschchens ab, so bleiben $1653 - 940 = 713$ Gran. Das Volum des Wassers wiegt 1000, das Volum des Aethers 713 Gr.; es verhält sich also $1000 : 713 = 1{,}000 : x = \frac{713 \times 1{,}000}{1000} = 0{,}713$. Man ersieht hieraus auch, dass man bei dem Gebrauch des Tausendgranglases zur Bestimmung des spec. Gewichtes sich der Dezimalrechnung bedienen kann. Man hat nur das gefundene Gewicht der Volumina der Flüssigkeiten durch 1000 zu dividiren. Wenn daher das Volumen Aether 713 Gran, das Volumen Alkohol 793, das Volumen Quecksilber 13598 Gran wiegt, kann man die Zahlen, die das spec. Gewicht dieser Flüssigkeiten ausdrücken, schon durch die entsprechende Stellung des Komma's erhalten, so: 0,713 für das spec. Gewicht des Aethers, 0,793 für das spec. Gewicht des Alkohols, 13,598 für das spec. Gewicht des Quecksilbers.

Gleiche Volumina mittelbar mit einander verglichen.

Ein fester Körper, der in einem flüssigen gewogen wird, verliert von seinem absoluten Gewicht so viel, als das Gewicht des Volumen der Flüssigkeit beträgt, welches er verdrängt. Je grösser das spec. Gewicht ist, welches diese Flüssigkeit selbst besitzt, um so grösser wird daher auch der Gewichtsverlust sein, den der Körper erleidet. Wiegt man daher einen festen Körper zuerst in der Luft und dann im Wasser, so ist der Gewichtsverlust, den der Körper erleidet, das Gewicht des Volumen Wassers, welches der Körper verdrängt. Wiegt man denselben Körper dann in Aether, Weingeist, ätherischen Oelen, Salzlösungen etc., so wird der Verlust, den er in den verschiedenen Flüssigkeiten erleidet, ein verschiedener sein. Immer wird dieser Verlust angeben, wieviel ein Volumen der Flüssigkeit, das eben so gross ist, wie der Körper, der es verdrängt, wiegt. Man hat also wiederum das Gewicht eines Volumen Wassers und das Gewicht eines gleichen Volumen Aethers, Weingeistes, ätherischer Oele, Salzlösungen etc. Will man daher das spec. Gewicht dieser Flüssigkeiten bestimmen, so wiegt man irgend einen in der Flüssigkeit unveränderlichen Körper zuerst in Wasser, und dann in der zu untersuchenden Flüssigkeit. Es verhält sich der Gewichtsverlust des Körpers in Wasser zu dem Gewichtsverlust des Körpers in der zu untersuchenden Flüssigkeit, wie das spec. Gewicht des Wassers zu dem zu findenden spec. Gewichte der Flüssigkeit.

Gesetzt, ein Körper, ein Glastropfen vielleicht, der an einem Platindrath aufgehängt ist und zuerst auf einer gewöhnlichen, dann auf der hydrostatischen Wage gewogen wird, verliere im Wasser 20, in einer Salzlauge 40, in einer andern Salzlauge 50, in Aether 14,3 Gran von seinem Gewicht, so ist das spec. Gewicht:

der I. Salzlauge, $20 : 40 = 1{,}000 : x = \frac{40 \times 1{,}000}{20} = 2{,}000;$

der II. Salzlauge, $20 : 50 = 1{,}000 : x = \frac{50 \times 1{,}000}{20} = 2{,}500;$

des Aethers, $20 : 14{,}3 = 1{,}000 : x = \frac{14{,}3 \times 1{,}000}{20} = 0{,}713.$

Fig. 66.

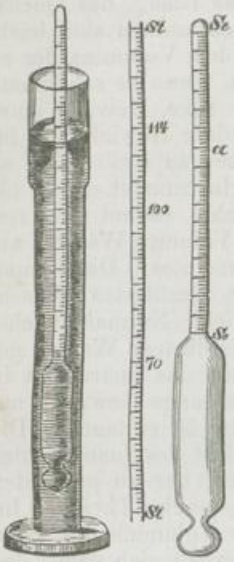
Aräometer.

Auf die in den angegebenen Methoden maassgebenden Grundsätze basirt sich die Bestimmung des spec. Gewichts der Körper. Dieselbe ist danach mit Hülfe empfindlicher Wagen auf das Genauste auszuführen, erfordert aber einen gewissen Aufwand von Zeit und Mühe. Da nun die Bestimmung des spec. Gewichts der Körper im praktischen Leben eine sehr ausgebreitete Anwendung findet, so hat man, um das Verfahren zu vereinfachen, Instrumente construirt, durch welche die angegebenen Methoden ausgeführt werden, die aber dabei den Vortheil der Sicherheit und Geschwindigkeit gewähren. Man hat die Instrumente Araeometer, Dichtigkeitsmesser, Senkwagen oder Senkspindel etc. genannt. Es giebt zweierlei Araeometer: Araeometer mit Gewichten und Araeometer mit Scalen.

Araeometer mit Gewichten oder Nicholsonsche Araeometer Fig. 66 bestehen aus einem hohlen Cylinder von Glas, welcher auf beiden Seiten zu einer Röhre ausgezogen ist, an deren einem Ende ein flaches gläsernes Tellerchen, an dem andern eine mit Quecksilber gfüllte Glaskugel angeblasen ist. Das Tellerchen ist dazu bestimmt: Gewichte aufzunehmen. Das Quecksilber in der Kugel hat den Zweck, das Instrument senk-

recht in den Flüssigkeiten schwimmend zu erhalten. Dergleichen Araeometer hat man auch von Messingblech construirt. Das Glas, das Quecksilber und die in dem Instrument eingeschlossene Luft zusammen sind leichter, als das leichteste der dem Instrumente gleichenden Volumina der zu untersuchenden Flüssigkeiten. Es ist nur zu gebrauchen, wenn es schwimmt. Um mittelst dieses Nicholson'schen Araeometers das spec. Gewicht einer Flüssigkeit zu bestimmen, muss man zuerst das absolute Gewicht des Instrumentes kennen lernen. Dann hat man es in Wasser zu stellen und so lange Gewichte auf das Tellerchen zu legen, bis das Instrument genau bis zu dem Punkte N eintaucht. Diese aufgelegten Gewichte sammt dem Gewichte des Instrumentes selbst geben das Gewicht eines Volumen Wassers an, das so gross ist, als der eingetauchte Theil des Instrumentes. Damit man beim Gebrauche des Araeometers das Eintauchen in destillirtes Wasser nicht nöthig hat, ist dem Instrumente das gewisse Gewicht (Normalgewicht) beigefügt, welches erforderlich ist, um dasselbe in destillirtem Wasser genau bis zu dem Punkte N einzusenken. Man senkt nun das Instrument in die zu untersuchende Flüssigkeit und legt gleichfalls so lange Gewichte auf das Tellerchen, bis das Instrument genau zum Punkte N eintaucht. Die Gewichte, die hierzu erforderlich sind und das Gewicht des Instrumentes geben zusammengenommen das Gewicht des Volumen der zu prüfenden Flüssigkeit an, welches eben so gross ist, als der eingetauchte Theil des Instrumentes. Man hat hierdurch die Gewichte gleicher Volumina des Wassers und der zu untersuchenden Flüssigkeit, und es verhält sich daher das Gewicht des Volumen Wassers zu dem Gewicht des Volumen der zu untersuchenden Flüssigkeit, wie das spec. Gewicht des Wassers zu dem zu findenden spec. Gewicht der zu untersuchenden Flüssigkeit. Das Instrument wiege 1000 Gran und brauche, um bis zu dem Punkte N in destillirtes Wasser einzusinken, 100 Gran. Beide Gewichte zusammen oder 1100 Gran sind das Gewicht des von dem Instrumente verdrängten Volumen Wasser. Um in die zu untersuchende Flüssigkeit bis zu dem Punkte N einzusinken, seien nur 50 Gran erforderlich. Instrument sammt Gewichten, oder 1050 Gran, geben das Gewicht des von dem Instrumente verdrängten Volumen der Flüssigkeit an. Es verhält sich somit $1100 : 1050 = 1{,}000 : x = \frac{1050 \times 1{,}000}{1100} = 0{,}954$. Um dieser Berechnung nicht zu bedürfen, hat man für dies Araeometer besondere Gewichte gefertigt. Die Einheiten dieser Gewichte sind so bestimmt und auch so bezeichnet, dass sie im Verein mit dem Gewichte des Instrumentes gleich die Dezimalzahlen des spec. Gewichts der Flüssigkeiten selbst angeben, z. B. 1,000, 0,9, 0,8, 0,7, 0,6, 0,5, 0,4, 0,3, 0,2, 0,1, 0,09, 0,08, etc. etc. Das Gewicht 1,000 und das Gewicht des Instrumentes machen das Instrument in destillirtem Wasser genau bis zu dem Punkte N eintauchen. Hat man bei der Untersuchung einer Flüssigkeit ausser dem Normalgewicht erstens das Gewicht 1,000, dann das Gewicht 0,80, und das Gewicht 0,03 aufzulegen, so ist das spec. Gewicht der Flüssigkeiten = 1,83; genügt das Auflegen des Gewichtes 0,7 des Gewichtes 0,01 und Gewichtes 0,003, so ist das spec. Gewicht der Flüssigkeit 0,713.

Fig. 67. 68. 69.



Araeometer mit Scalen. Die Araeometer mit Scalen sind hohle cylindrische, am Rande bauchige und in eine mit Quecksilber gefüllte Kugel endende Glasröhren Fig. 67. 69. Die Röhre über der Wölbung hat man in gleiche Theile getheilt und Scale genannt. Ihr Gebrauch beruht auf dem hydrostatischen Grundsatze: dass ein schwimmender Körper von unveränderlichem Gewicht (hier das Araeometer) in spec. leichtere Körper tiefer, in spec. schwerere weniger tief einsinkt. Man denke sich den graduirten Theil der Röhre, die Scale Sc. Sc. als Stab St. Fig. 68 und diesen Stab senkrecht im Wasser schwimmend bis zu dem Punkte 100 einsinkend. Es wäre dann das Gewicht des von dem Stabe verdrängten Wassers gleich dem Gewichte des ganzen Stabes. Theilt man nun den eingetauchten Theil des Stabes in 100 gleiche Theile, so wiegen 100 Raumtheile Wasser, die so gross sind, als die auf dem Stabe angedeuteten Raumtheile zusammen so viel als der ganze Stab. Die Eintheilung in solche Raumtheile setzt man nun über den Punkt 100 fort. Man tauche den Stab dann in eine andere Flüssigkeit, die leichter als Wasser ist, z. B. in ein ätherisches Oel. Jetzt sinkt der Stab weiter als bis 100, er sinkt vielleicht bis 114 ein. 114 Raumtheile des Oeles haben somit das Gewicht des ganzen Stabes. Ein Raumtheil des ätherischen Oeles wiegt somit $\frac{1}{114}$ des Stabes, 100 Raumtheile wiegen $\frac{100}{114}$ des Stabes. 100 Raumtheile Wasser haben aber auch das Gewicht des Stabes. 114 Theile des Oeles wiegen somit nicht blos den 114. Theil von dem Gewicht des Stabes, sondern sie wiegen auch den 114. Theil von dem Gewichte der 100 Theile Wasser. Vorausgesetzt, dass der Stab 100 Gran wiegt, so wiegen 100 Raumtheile Wasser auch 100 Gran. 114 Raumtheile des ätherischen Oeles wiegen dann ebenfalls 100 Gran. 1 Raumtheil Wasser wiegt ein Gran. 1 Raumtheil Oel $\frac{100}{114}$ oder 0,877 Gran. Nun verhalten sich aber das Gewicht des Volumen Wasser zu dem Gewichte der zu untersuchenden Flüssigkeit wie das spec. Gewicht des Wassers zu dem zu findenden spec. Gewicht der Flüssigkeiten, hier also $1 : 0{,}877 = 1{,}000 : x = \frac{0{,}877 \times 1{,}000}{1} = 0{,}877$ als das spec. Gewicht des ätherischen Oeles. Umgekehrt wird sich dies verhalten, wenn man den Stab in eine Salzlösung, oder eine Flüssigkeit, die schwerer ist als Wasser, taucht. Hier wird der Stab vielleicht nur bis 70 einsinken. 70 der auf dem Stabe abgemessenen Raumtheile wiegen daher schon so viel, als der ganze Stab oder als 100 Raumtheile Wasser, oder, wie hier angenommen, 100 Gran. 1 Raumtheil wiegt also $\frac{100}{75} = 1{,}2$ Gran, während 1 Raumtheil Wasser 1 Gran wiegt. Es verhält sich daher $1 : 1{,}2 = 1{,}000 : x = \frac{1{,}2 \times 1{,}000}{1} = 1{,}2$ als das spec. Gewicht der Salzlösung.

Da man nun aber Stäbe nicht senkrecht in Flüssigkeiten schwimmend erhalten kann, so hat man zu diesem Behufe Glasröhren am Grunde bauchig in eine Kugel verlaufend geblasen und durch Füllung dieser letzteren mit Quecksilber der Röhre die senkrechte Lage Fig. 67 beim Eintauchen, und auch das nöthige Gewicht verliehen.

Die Grade hinauf über, und hinab unter den Punkt, bis zu welchen das Instrument in das Wasser eintaucht, hat man durch umstehend angegebene Versuche so eingerichtet, dass die Grade, bis zu welchen das Instrument einsinkt, gleich in Uebereinstimmung mit dem specifischen Gewicht der Flüssigkeiten sind. Taucht das Instrument über den Punkt ein, bis zu welchem es in Wasser eintaucht, so ist die Flüssigkeit leichter als Wasser und die Zahlen geben an, in welchem Verhältniss dies der Fall ist. Taucht also das Instrument bis zu der Zahl 713 ein, so ist 0,713 das specifische Gewicht der Flüssigkeit. Taucht es aber unter den Punkt, bis zu welchem es in Wasser einsinkt, so ist die Flüssigkeit specifisch schwerer als Wasser. Zeigt die Zahl 1,150, so ist 1,150 das specifische Gewicht der specifisch schwereren Flüssigkeit. Ein solches Instrument, zugleich für schwerere und für leichtere Flüssigkeiten bestimmt, würde inzwischen eine sehr bedeutende Länge erhalten müssen und gar nicht zu handhaben sein. Um dies zu vermeiden, hat man es getheilt; man hat ein Instrument zur Bestimmung des specifischen Gewichts leichterer Flüssigkeiten, und eins oder zwei zur Bestimmung schwererer Flüssigkeiten. Begreiflicherweise liegt der Punkt, bis zu welchem das Instrument in Wasser einsinkt 1,000, bei dem für leichtere Flüssigkeiten bestimmten Instrument Unten, und die Zahlen gehen von Unten nach Oben, bei den für schwerere Flüssigkeiten bestimmten Instrument liegt dagegen der Punkt, bis zu welchem das Instrument in Wasser einsinkt 1,000 Oben, und die Zahlen gehen von Oben nach Unten.

Beaumé's Aräometer. Vielfach in der Technik verwendet wird das Beaumé'sche Aräometer. Die käuflichen Säuren, Zuckerlösungen, Laugen etc., werden in der Technik in Graden nach Beaumé bestimmt. (15° B. z. B. bedeutet 15 Grad des Beaumé'schen Aräometer.) Seiner äusseren Form nach gleicht es dem gewöhnlichen Aräometer. Die Eintheilung der Grade ist von Beaumé folgender Art vollzogen worden. Er tauchte die Spindel in destillirtes Wasser und bezeichnete den Eintauchungspunkt mit 0°. Darauf tauchte er das Instrument in eine Mischung von 85 Theilen Wasser und 15 Theile Kochsalz. Da diese Flüssigkeit schwerer ist als Wasser, so konnte das Instrument nicht so tief in dieselbe eintauchen als in Wasser. Die Stelle, bis zu welcher das Instrument eingesunken war, wurde mit 15° bezeichnet. Der Raum zwischen 0° und 15° wurde in 15 gleiche Theile getheilt und diese Theile, in gleicher Weite von 15 abwärts auf die ganze Länge der Röhre übertragen. Das auf diese Weise construirte Aräometer ist für Flüssigkeiten bestimmt, welche schwerer als Wasser sind.

Das Aräometer für leichtere Flüssigkeiten als Wasser erhielt Beaumé auf folgende Art. Er senkte die Spindel in eine Auflösung von 10 Theilen Kochsalz in 90 Theilen destillirten Wassers und bezeichnete den Berührungspunkt mit 0°. Darauf brachte er das Instrument in destillirtes Wasser und bezeichnete den Berührungspunkt mit 10°. Den Raum zwischen 0° und 10° theilte er in 10 gleiche Theile und setzte diese Theilung auf die ganze Länge der Röhre aufwärts fort.

Alcoholometer. Für den technischen Betrieb wichtig sind noch die Alcoholmeter. Käuflicher Weingeist besteht aus Mischungen von absoluten

Alcohol und Wasser. Der Werth des käuflichen Weingeistes richtet sich begreiflicherweise nur nach dem Verhältniss des in dem Gemisch anwesenden absoluten Alcohol. Es ist daher sehr wichtig, diesen Gehalt leicht und sicher zu bestimmen. Man erreicht dies dadurch, dass man das specifische Gewicht der Mischung bestimmt. Absoluter Weingeist hat ein geringeres specifisches Gewicht als Wasser, er hat in seinem reinsten Zustande bei 15° C. ein specifisches Gewicht von 0,793. Je grösser daher die Menge Weingeist in einem Gemisch mit Wasser ist, um so geringer muss das specifische Gewicht desselben sein. Ein käuflicher Weingeist von 0,798 ist reicher an absolutem Alcohol als ein Weingeist von 0,80, und ein Weingeist von 0,80 ist reicher an absoluten Weingeist, wie ein Weingeist von 0,93. Um nachzuweisen, in welchem fassbaren, den Käufer und Verkäufer sicher stellenden Verhältniss der Werth des käuflichen Weingeistes steigt oder fällt, hat Tralles durch äusserst sorgfältige Versuche das specifische Gewicht bestimmter Volumina Wasser- und Weingeistmischungen festgestellt. Er hat eine Mischung von 99 Volum absoluten Weingeist und 1 Volum Wasser, von 98 Volum absoluten Alcohol und 2 Volum Wasser, 97 Volum absoluten Weingeist und 3 Volum Wasser und so fort bis zu 1 Volum Weingeist 99 Volum Wasser gemacht und das specifische Gewicht jeder derselben bei ein und derselben Temperatur festgestellt. Er hat ferner ein Instrument angefertigt, das bei einer gewissen Temperatur in absolut reinem Weingeist bis zu einem gewissen Punkte, der oben an dem, wie ein Aräometer geformten mit einer Scale versehenen, Instrumente liegt, einsinkt. Dasselbe Instrument sinkt, bei derselben Temperatur, bis zu einem, unten vorgezeichneten Punkten, in reines Wasser ein. Der Raum zwischen beiden ist in 100 Grade eingetheilt und die Grade bestimmen genau die Punkte, bis zu welchen das Instrument in den verschiedenen Mischungen von absoluten Weingeist und Wasser eintaucht. Sinkt das Instrument bis 73°, oder wie man sich auszudrücken pflegt, hat ein käuflicher Weingeist 73° Tralles (Tr), so heisst das, in diesem Weingeist sind in 100 Raumtheilen 73 Raumtheile absoluter Weingeist und 27 Raumtheile Wasser. Dies Instrument ist das Alcoholometer. Tralles Alcoholometer, das allein richtige und gebräuchliche, ist daher ein Volumenprocentmesser.

Die Temperatur der Mischungen verändert die Dichtigkeit der Flüssigkeit, also auch das Einsinken des Alcoholometer. Wärmere Mischungen sind weniger dicht, kältere dichter, das Alcoholometer sinkt tiefer ein in wärmeren, als in kälteren Mischungen; es würde also ein und dieselbe Alcoholmischung bei 10° C. und bei 20° C., mit dem Alcoholometer geprüft, ein verschiedenes Ergebniss geben und das Instrument nicht genau seinen Zweck erfüllen. Um dem zu begegnen, ist an dem Tralles'schen Alcoholometer ein Thermometer angebracht. Wie dies später auseinander gesetzt werden soll, sinkt und fällt durch den Einfluss niedriger und höherer Temperatur in dem Thermometer eine Quecksilbersäule. Bei niedriger Temperatur zieht sich das Quecksilber zusammen, die Säule wird niedriger, bei höherer Temperatur dehnt sich das Quecksilber aus, die Säule wird höher. Der an dem Alcoholometer angebrachte Thermometer ist so eingerichtet, dass der Temperaturgrad, bei welchem das Alcoholometer die Volumenprocente genau angiebt, auf dem Thermometer als Normal-Temperaturgrad bezeichnet ist. Darüber und darunter ist das kleine Thermometer in Grade eingetheilt. Ist die Temperatur des Gemisches höher als der Normalpunkt ($12^1/_2$° R., $15^5/_8$° C.) sie vorschreibt, so steigt in dem Thermometer die Quecksilbersäule über den Normalpunkt, ist das Gemisch kälter, so fällt die Quecksilbersäule unter den Normalpunkt. Der Raum über und

nnter dem Normalpunkte ist in Grade eingetheilt. Diese Grade muss man, wenn sie unter dem Normalpunkte angegeben werden, den Graden, die das Alcoholometer anzeigt, zurechnen, wenn sie über dem Normalpunkte angezeigt werden, von den, durch das Alcoholometer angegebenen, Graden abrechnen.

Schwerpunkt.

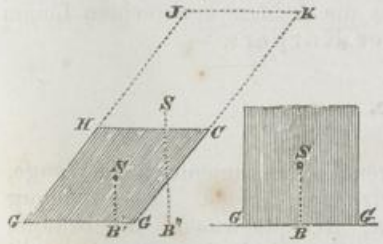
In jedem Körper gibt es einen, und zwar nur einen Punkt, bei dessen Unterstützung der ganze Körper unterstützt ist, um welchen herum folglich alle übrigen Theile des Körpers im Gleichgewicht stehen müssen. So kann man z. B. in Fig. 70 auf der Spitze eines Degens einen Teller oder eine Scheibe ballanciren, also alle Theilchen des Tellers im Gleichgewicht halten, wenn man den Teller in jenem einen Punkte unterstützt. Diesen Punkt hat man den Schwerpunkt genannt.

Fig. 70.

Bei regelmässigen Körpern, wie bei der Kugel, dem Würfel u. a. fällt der Schwerpunkt mit dem mathematischen Mittelpunkte der Körper zusammen. Unterstützt man eine Kugel genau in ihrer Mitte, so ruht sie. Bei nicht regelmässigen Körper neigt sich der Schwerpunkt immer nach jenen Theilen, an welchen die Masse derselben am gehäuftesten ist. Bei einem Schmiedehammer z. B. liegt derselbe in dem Eisenklöpfel, bei der Pyramide oder dem Kegel liegt der Schwerpunkt in dem vierten Theil der Höhe. Im menschlichen Körper befindet er sich im Unterleibe.

Sobald der Körper in seinem Schwerpunkte unterstützt ist, kann derselbe nicht fallen, denn der Körper befindet sich im Gleichgewicht. Unterstützt ist ein Körper z. B. Fig. 71, wenn eine, von dem Schwerpunkte (S) desselben gefällte senkrechte Linie SB noch innerhalb der Grundfläche GG des Körpers fällt. Ein Würfel aus Sandstein in der Form von Fig. 71 würde nicht umfallen. Aber auch ein in der Form der Fig. 72 durch GHCG bezeichnetes Stück Sandstein würde nicht umfallen, weil auch hier die von dem Schwerpunkte S nach der Grundfläche GG gefällte Linie die Grundfläche in B′ noch berührt. Dieserhalb fallen auch die schiefen Thürme in Bologna und Pisa nicht, weil trotz deren schiefen Lage ihr Schwerpunkt noch innerhalb ihrer Grundfläche liegt. Denkt man sich Fig. 72 in die durch Punkte bezeichnete Form GJKG erweitert, den Schwerpunkt darin bei S liegend, so wird der Körper, da die von S gefällte Linie SB″ die Grundfläche nicht mehr berührt, umfallen. Es geht daraus aber auch hervor, dass ein Körper um so fester steht, je grösser seine Grundfläche ist, und je näher die Hauptmasse des Körpers einer Grundfläche liegt. Breitspurige, niedrig bepackte, Wagen werfen weniger leicht um, als schmale, hoch bepackte. Dieserhalb wählten die Alten für ihre Baudenkmale die Pyramidenform, deswegen giessen wir den Fuss der Schiebelampen mit Blei aus, deswegen stehen wir sicherer auf zwei, als auf einem Fuss und breitbeinig sicherer, als auf einander genäherten Füssen.

Fig. 72. Fig. 71.



Damit ein Körper im Gleichgewicht sei, muss sein Unterstützungspunkt immer senkrecht über oder unter dem Schwerpunkte liegen. Bei dem Compass hängt das Compassgehäuse drehbar in einem um seine Axe gleichfalls drehbaren Ringe. Der Schwerpunkt des Gehäuses liegt unter dem Unterstützungspunkte, welcher letzterer in der Axe des Ringes liegt, wodurch der Compass bei allen Schwankungen des Schiffes in lothrechter Lage gehalten wird. Man hat Küchenlampen, zum Herumleuchten, welche in derselben Weise befestigt sind.

Meistens liegt der Schwerpunkt über dem Unterstützungspunkte. Bei Körpern, die sich bewegen, die also in jedem Augenblicke die Lage dieses Schwerpunktes ändern, ist die richtige Beachtung dessen die erste Bedingung der Bewegung, z. B. der sich bewegenden Menschen. Ein Kind, das dies noch nicht gelernt hat, fällt oft. Dieserhalb lehnt sich, wer eine Last auf den Rücken trägt, nach vorwärts, wer sie auf der linken Seite trägt, nach der rechten Seite hinüber. Beim Gehen neigen wir den Körper auf die rechte Seite, wenn wir den linken Fuss heben, auf die linke Seite, wenn wir mit dem rechten Fusse ausschreiten. Beim raschen Lauf biegt man den Körper so weit vor, dass man fallen würde, wenn man sich davor nicht durch rasches Vorsetzen der Füsse wieder schützen würde. In der Fertigkeit diese senkrechte den Unterstützungs- mit dem Schwerpunkte verbindende Linie leicht zu finden, beruht der grösste Theil der Seiltänzer-Kunststücke, das Balanciren, sodann eine Menge von Spielsachen, Stehaufmännchen etc. Es ruht ein Körper, der ausserhalb des Schwerpunktes aufgehängt ist, nicht eher, bis sein Schwerpunkt senkrecht unter dem Unterstützungspunkte zu liegen kommt. Hierdurch findet man den Schwerpunkt unregelmässiger Körper. Man hängt dieselben z. B. unregelmässige Steinplatten am Rande so auf, dass sie um den Aufhängepunkt frei beweglich sind und bestimmt dann durch das Bleiloth die senkrecht von dem Unterstützungspunkte herabgehende Linie. Der Schwerpunkt muss in dieser Linie liegen. Darauf hängt man dieselbe Platte an einer anderen Stelle des Randes frei beweglich auf, und bestimmt, nachdem sie in Ruhe gekommen, gleichfalls die senkrechte Linie. Dort wo die beiden senkrechten Linien sich schneiden, ist der Schwerpunkt des Körpers. —

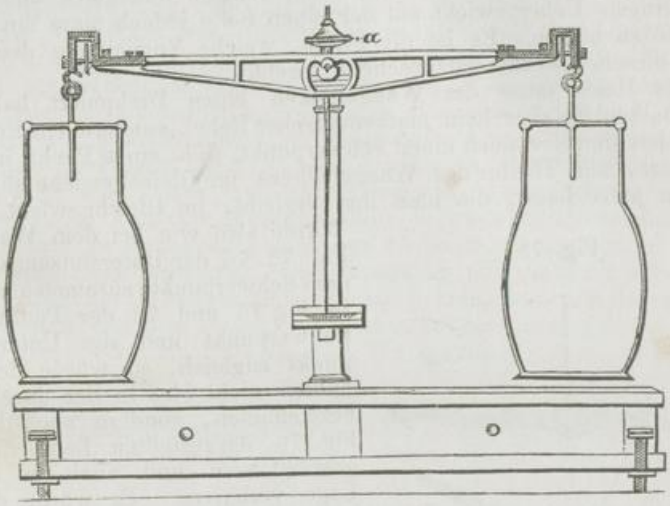
Waage.

Eines der wichtigsten, hierauf sich basirenden, Instrumente ist die Waage. Sie gründet sich ausserdem auf die Gesetze des Hebels. In Anwendung sind: die gleicharmige Hebelwaage, Recepturwaage, Handwaage, chemische Waage etc. und die ungleicharmige Hebelwaage, Schnellwaage, Brückenwaage.

Die gleicharmige Hebelwaage besteht aus dem Waagebalken, dem Zapfen, der Scheere oder Unterlage der Zunge und den Schalen.

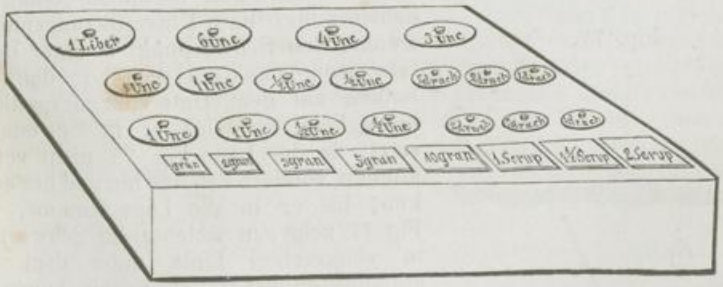
Recepturwaage. Eine sehr zu empfehlende, elegante und praktische Form der Receptur-Tarir-Waage ist die Fig. 73 abgebildete. Durch die angedeuteten Stellschrauben und Hülfsmittel ist eine sehr sichere und

Fig. 73.



leichte Correctur der Waage möglich; zugleich ist sie sehr dauerhaft. Bei zwei Pfund Belastung zieht dieselbe noch 1 Gran. Hagersdorf in Leipzig fertigt dieselbe zum Preise von 30 Thlr. Mit einer solchen Waage ist in der Apotheke des Herrn Anderberg in Stockholm eine Anordnung der Recepturgewichte verbunden, welche sehr empfohlen werden kann. Dieselben befinden sich nicht wie gewöhnlich lose in einem Kasten, sondern in einem in Fig. 74 abgebildeten Holzklotz eingefasst, in welchem jedes Gewicht

Fig. 74.



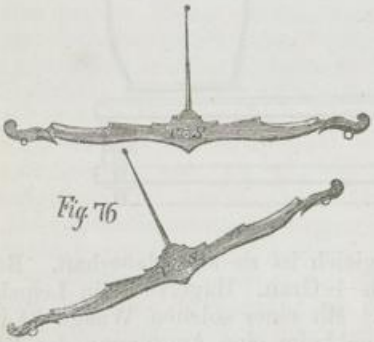
seine Stelle hat. Es wird damit die Nothwendigkeit geboten, auf jedes einzelne Gewichtstück Acht zu geben, und dem spurlosen Verschwinden derselben vorgebeugt.

Erforderlich für eine Waage ist, dass die Arme des Waagebalkens gleich lang sind. Es würde sonst ein Gewicht am kürzeren Arme einem gleichen Gewicht am längeren Arme nicht das Gleichgewicht halten. Der

Waagebalken muss ferner so stark sein, dass er durch das stärkste Gewicht, womit er belastet werden darf, nicht gebogen wird, denn auch hierdurch würde er aufhören, einen vollkommen gleicharmigen Hebel vorzustellen. Ohne Belastung muss der Waagebalken eine vollkommen horizontale Lage annehmen. Dieselbe vollkommen horizontale Lage muss er auch bei gleicher Belastung der beiden Schalen annehmen und behalten. Das geringste Uebergewicht auf der einen Seite jedoch muss ihn nach dieser Seite zu neigen. Es ist die Frage, welche Vorrichtung den Waagenbalken diesem Zwecke entsprechend macht.

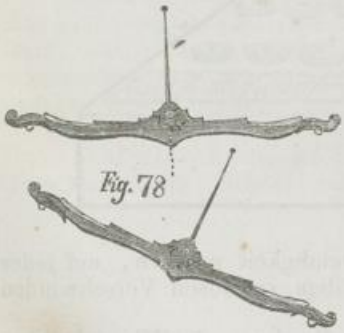
Als Hebel muss der Waagebalken einen Drehpunkt haben. Der Waagebalken ist aber kein mathematischer Hebel, sondern ein Körper. Als solcher hat derselbe auch einen Schwerpunkt, d. h. einen Punkt, in welchem unterstützt, alle Theile des Waagebalkens im Gleichgewicht sind, dieser daher in jeder Lage, die man ihm verleiht, im Gleichgewicht verbleibt.

Fig. 75.



Würde also wie bei dem Waagebalken Fig. 75, 76 der Unterstützungspunkt mit dem Schwerpunkte zusammenfallen, wäre in Fig 75 und 76 der Punkt SU der Schwerpunkt und der Unterstützungspunkt zugleich, so würde der Waagebalken nicht blos in der durch Fig. 75 bezeichneten, sondern auch in der in Fig. 76 dargestellten Lage im Gleichgewicht sein und auch in derselben Lage verharren. Es würde damit die erste Bedingung für einen Waagebalken, die stets horizontale Lage desselben, unerfülllt bleiben. Ausserdem würde er, wenn man ihn auf einer Seite mit dem allerkleinsten Gewichte belastete, auf diese Seite sich nicht blos neigen, sondern ganz hinabsinken, und auch hierdurch den Zweck, den er hat, unerfüllt lassen. Schwerpunkt und Unterstützungspunkt müssen also getrennt sein. Ein aufgehängter, frei beweglicher Körper wird solange sich bewegen, bis sein Schwerpunkt in senkrechter Linie mit dem Unterstützungspunkte zu liegen kommt. Denkt man sich nun in einem Waagebalken

Fig. 77.



Schwerpunkt und Unterstützungspunkt getrennt, den Schwerpunkt S unter dem Unterstützungspunkte U liegend, den Waagebalken auf dem Unterstützungspunkte frei beweglich, so wird er in Bewegung gesetzt, in der Lage Fig. 78 nicht verharren können, sondern solange hin und her schwanken, bis er in die Lage kommt, welche Fig. 77 zeigt, in welcher der Schwerpunkt S in senkrechter Linie unter dem Unterstützungspunkte U zu liegen kommt. Ist der Waagebalken so eingerichtet, dass er dann genau in horizontaler Lage ist, wenn der Schwerpunkt in senkrechter Linie unter dem Unterstützungspunkte sich befindet, so ist der Zweck, den man wünscht, erreicht. Ein solcher Waagebalken wird ohne Belastung, zufolge der Direction seines Schwerpunktes, sich stets mit dem Unterstützungspunkte in senkrechter

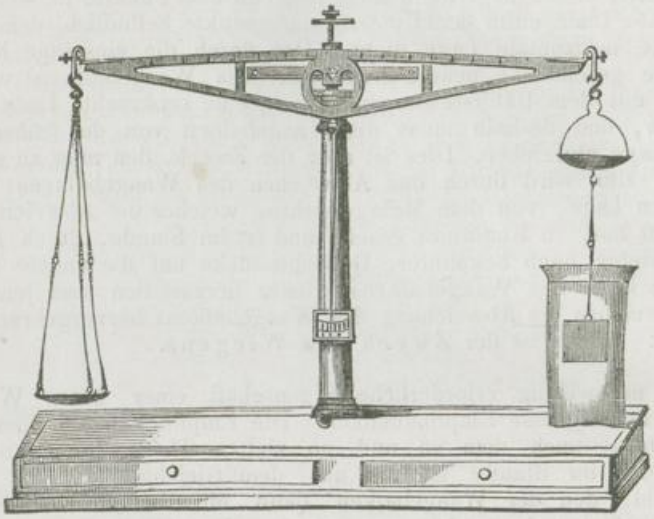
Linie befinden zu müssen, immer eine horizontale Lage erhalten. Gleiche Belastung auf beiden Seiten wird daran nichts ändern, denn gleiche Belastung an beiden Seiten eines Hebels ändert nichts an seinem Gleichgewichte, und die Zunahme um gleiche Massen verrückt auch den Schwerpunkt des Wagebalkens nicht. Befindet sich aber auf der einen Seite ein Uebergewicht, so ändert sich auch die Lage des Schwerpunktes in dem Waagebalken; dieser liegt dann nicht mehr an dem Punkte, in welchem er, in senkrechter Linie unter dem Unterstützungspunkte befindlich, dem Waagebalken eine horizontale Lage giebt. Der durch die einseitige Belastung der Waage geschaffene neue Schwerpunkt des Waagebalkens wird sich gleichfalls mit dem Unterstützungspunkte in eine senkrechte Linie zu bringen suchen, und deshalb muss der Waagebalken von der früheren horizontalen Lage abweichen. Dies ist aber der Zweck, den man zu erreichen wünscht. Man wird durch das Abweichen des Waagebalkens von der horizontalen Lage, von dem Mehrgewichte, welches die Abweichung hervorgebracht hat, in Kenntniss gesetzt und ist im Stande, durch Auflegen, ihrem Gewichte nach bekannter, Gewichtsstücke auf die andere Seite die horizontale Lage des Waagebalkens wieder herzustellen und jenes Mehrgewicht, welches die Abweichung des Waagebalkens hervorgebracht hatte, zu messen. Dieses ist der Zweck des Wiegens.

Die nothwendig erforderliche Eigenschaft einer guten Waage ist deren möglichst grosse Empfindlichkeit. Die Empfindlichkeit einer Waage wird geschätzt nach dem so und so vielten Theile ihrer vollen Belastung, der im Stande ist sie aus dem Gleichgewicht zu bringen. Der Winkel, den der Waagebalken dann mit der horizontalen Linie macht, heisst der Ausschlagswinkel. Eine Centnerwaage, die auf beiden Seiten mit einem Centner beschwert ist und durch ein Loth aus dem Gleichgewicht gebracht wird ist für $(1 \times 100 \times 30) = \frac{1}{3000}$ ihrer Belastung empfindlich. Eben so empfidlich würde eine Pfundwaage sein, die bei 1 Pfund Belastung noch ein Cent, oder eine Granwaage, die mit 100 Gran belastet noch $^1/_{30}$ Gran angiebt. Die Empfindlichkeit einer Waage soll wenigstens so gross wie die eben angedeutete sein.

Als Bedingungen für diese Empfindlichkeit einer Waage ist es erforderlich, dass der Schwerpunkt des Waagebalkens dem Unterstützungspunkte so nahe wie möglich liegt. Je näher der Schwerpunkt dem Unterstützungspunkte liegt, desto deutlicher wird sich auch die Direction des Schwerpunktes in senkrechter Stellung unter dem Unterstützungspunkte durch die schiefe Lage des Waagebalkens offenbaren. Bei den besten Wagen, den sogenannten chemischen Waagen hat man die Empfindlichkeit dadurch auf das Höchste gesteigert, dass man durch eine feine Schraube den Schwerpunkt

dem Unterstützungspunkte möglichst nahe bringt. Fig. 79 stellt eine chemische Waage vor, die in dem vorliegenden Falle zugleich als hydrostatische Waage benutzt erscheint.

Fig. 79.



Je länger, unter sonst gleichem Verhältniss, ein Waagebalken ist, um so empfindlicher wird dadurch die Waage. Je länger ein Hebelarm ist, um so grössere Wirkung wird ein, auf denselben gelegtes Gewicht üben.

Sodann muss der Waagebalken so leicht wie möglich sein. Er darf aber auch von der Belastung nicht gebogen werden. Das Gewicht des Waagebalkens kommt zu dem Gewichte der Belastung hinzu und vergrössert die Reibung zwischen der Zapfenschneide und der Unterlage. Auch kann, je kleiner das Gewicht des Waagebalkens ist, der Unterstützungspunkt dem Schwerpunkte um so mehr genähert werden.

Für die Empfindlichkeit und Richtigkeit einer Waage ist nächstdem auch die genaueste und übereinstimmendste Construction ihrer einzelnen Theile erforderlich. Die Schneiden des Zapfens müssen möglichst scharf und gut gehärtet, die Unterlage so hart und glatt wie möglich, der Waagebalken verhältnissmässig zu der für ihn bestimmten Last lang, leicht und fest sein. Auch die Waageschalen müssen verhältnissmässig, gleich schwer und so befestigt sein, dass sie an ihrem Aufhängepunkte die möglichst kleinste Reibung verursachen.

Ramsden's berühmte Waage schlug bei 10 Pfund Belastung noch den 10 millionsten Theil dieser, 0,006 engl. Gran. Die von Fortin zum Gebrauche der, zur Bestimmung der Maasse und Gewichte ernannten Pariser Commission, gefertigte Waage gab bei 50 Pfund Belastung noch $^1/_{50}$ Gran an. —

Der Gebrauch von Waage und Gewicht ist schon sehr alt. Indier, Aegypter, Griechen, Römer kannten ihn. Bekannt ist Brennus Schwert

als Gewicht in der Waage, in welcher Rom ihm die Lösungssumme zuwog.

Brückenwaage. Vielfach in Gebrauch, namentlich zum Wiegen sehr grosser Lasten ist die Brückenwaage. Ihren Namen hat sie von dem Theile derselben, auf welchem die Last ruht, den man Brücke genannt hat. Die Brückenwaage besteht wesentlich aus drei Hebeln: einem zweiarmigen Hebel HH Fig. 80 der seinen Drehpunkt in a hat u. zwei einarmigen Hebeln H'H' und H''H'', welche ihre Drehpunkte an ihren beiderseitigen Enden h' und h'' haben und welche durch zwei Zugstangen Z'Z'' an dem einen Hebelarm des Hebels HH bei b und c befestigt sind. Die practische Ausführung zeigt Fig. 81 im Durchschnitt. Erforderlich für diese Hebel ist ein gewisses Uebereinstimmen ihrer Längenverhältnisse. So muss bei dem Hebelarme des Hebels H die Entfernung des Punktes a von dem Punkte c (ac) sich verhalten zu der Entfernung des Punktes a von dem Punkte b (ab), wie sich in dem einarmigen Hebel H'' die Entfernung h''e zu der Entfernung h''d, oder es muss sich in ihnen, was man eben beabsichtigt, Last und Kraft genau in demselben Verhältniss befinden. Ferner beträgt in dem Hebel HH die Entfernung b a gewöhnlich den 10. Theil der Entfernung Ha, so dass ein Gewicht von 10 Pfund bei b angehängt, durch 1 Pfund, bei H angehängt, im Gleichgewicht gehalten wird.

Fig. 80.

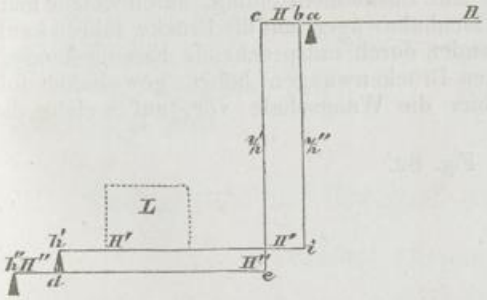
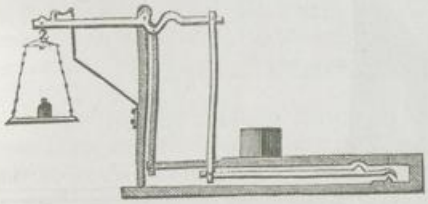


Fig. 81.

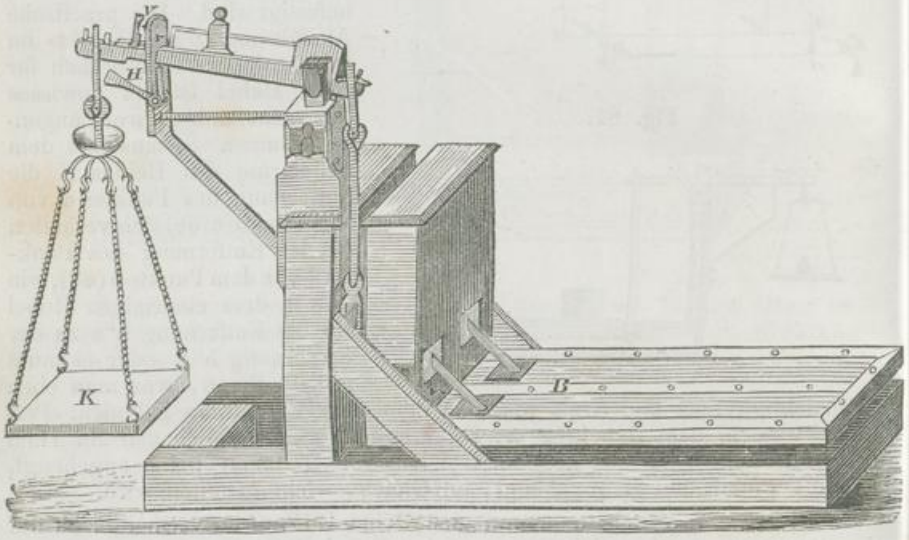


Die Last L drückt nun auf den Hebel H'H'. Sie vertheilt sich auf den Punkt h', durch welchen sie auf den Hebel H''H'' drückt und auf den Punkt i, an welchem letzterem sie durch die Zugstange Z'' mit dem einen Hebelarme des Hebels H an dem Punkte b wirkt. Die Last L betrage 100 Pfund, so wird ein Theil derselben, angenommen 75 Pfund, bei h' und 25 Pfund bei i und bei b wirken. Die 75 Pfund, die bei h' wirken, vertheilen sich aber gleichfalls auf H''H''. Es sei eh'' des Hebels H''H'' fünfmal so lang als dh'', so wird, wenn 75 Pfund bei h' auf H''H'' wirken, die Wirkung bei e den fünften Theil, mithin 15 Pfund betragen. Mit diesen 15 Pfund Gewicht wirkt die Zugstange Z' bei c auf den Hebelarm des Hebels HH. Die Entfernung ca des Hebelarmes H ist aber gleichfalls fünfmal so gross als die Entfernung ba. Es wird mithin ein Gewicht von 15 Pfund, das bei e zieht und bei c an dem Hebelarm H wirkt, der That nach auf den Hebelarm H nicht mit 15 Pfund, sondern mit 5×15, d. i. mit 75 Pfund wirken. Die Zugstange Z'' wirkt in b auf den Hebelarm H mit 25 Pfund, die Zugstange Z' zieht mit 15, wirkt aber auf den Hebelarm H mit 75 Pfund. Daraus ergiebt sich, dass die Wirkung der beiden Zugstangen zusammen einem Gewichte von 100 Pfund gleichkommt, oder die Wirkung,

die sie beide bei b üben, so gross ist, als die Wirkung sein würde, wenn die ganze Last, 100 Pfund, an der Zugstange Z″ zöge. In dem Punkte b des Hebelarmes H wirken also 100 Pfund. Der Hebelarm H ist aber 10 mal so lang als die Entfernung ab, es wird also eine zehnmal kleinere Last, 10 Pfund, in H aufgehängt, der in b wirkenden Last von 100 Pfund das Gleichgewicht halten. Hierin bestehen die Vorzüge der Brückenwaage; man kann sehr grossen Lasten durch sehr viel kleinere Gewichte das Gleichgewicht halten. Diese Vortheile erhöht man noch durch die entsprechenden Einrichtungen. Man giebt der Waage eine Zusammenstellung, durch welche man die grössten Lasten, Fracht- und Eisenbahnwägen auf die Brücke führen kann und verbindet die Hebel untereinander durch entsprechende Eisengestänge.

Die in Gebrauch befindlichen Brückenwaagen haben gewöhnlich folgende Form Fig. 82. K stellt hier die Waagschale vor, auf welche die

Fig. 82.



Gewichte gelegt werden. Gewöhnlich sind die Brückenwaagen so eingerichtet, dass 1 Pfund auf der Waagschale K aufgelegt einem Gewichte von 10 Pfund das auf die Brücke B gelegt wird, das Gleichgewicht hält. Die Brücke B hat gewöhnlich die Form eines Vierecks oder Dreiecks, ist aus festen Brettern oder Bohlen gefertigt mit Eisenblech beschlagen und ruht auf einen Rahmen und auf den Schneiden des Hebels. Stimmt die Last auf der Brücke B und das Gewicht auf der Waagschale K genau überein, so ist der Waagebalken genau horizontal. In diesem Falle stehen sich die Schneiden V genau gegenüber. Wird die Waage nicht gebraucht, so wird sie durch den Hebel H in Ruhe gesetzt. In dieser Lage ist sie in Fig. 82 dargestellt. Dadurch kommt die Brücke nicht auf die Schneiden, sondern auf den Rahmen zu ruhen, die Zugstangen kommen ausser Wirksamkeit und die Schneiden werden geschont. Es muss das immer geschehen. Zur Schonung der Waage ist erforderlich, die Schneiden vor dem Rosten zu bewahren und dieselben nicht durch Hinaufwerfen der Last auf die Brücke übermässig rasch zu belasten. —

Neuerdings werden Brückenwaagen von der Fabrik J. Pintus in Brandenburg a. H. gefertigt, die sich zum Gebrauch in den Apothekenlaboratorien und Materialkammern ausserordentlich empfehlen. Sie nehmen einen sehr kleinen Raum ein, sind ausserordentlich empfindlich und dauerhaft und eignen sich durch die Stellung der Brücke ganz besonders zum Tariren von Gefässen, Flaschen etc. Fig. 83 ist deren Abbildung. Waagen der Art sind in jeder Grösse und zu jeder Belastung vorräthig in den Commanditen der Fabrik zu Wien, Berlin, München.

Fig. 83.

Gleichgewicht und Bewegung tropfbar flüssiger Körper.

Tropfbar flüssige Körper.

Tropfbar flüssige Körper sind solche, die einen geringen Grad von Cohäsion besitzen, deren Theile durch die geringste Gewalt ihre wechselseitige Lage ändern, sich leicht verschieben lassen und in geringen Mengen Tropfen bilden. Sind die Theile eines tropfbar flüssigen Körpers getrennt worden, so ist deren Berührung hinreichend, sie wieder zusammenfliessen zu machen. Wasser, Weingeist, Oel, Quecksilber sind tropfbar flüssige Körper.

Dass tropfbar flüssige Körper Cohäsion besitzen, kann man beweisen. Giesst man auf ein bereits mit Wasser gefülltes Gefäss vorsichtig tropfenweise mehr Wasser auf, so ist man im Stande einen förmlichen Wasserberg auf dem Gefässe zu erzeugen.

Wenn in einem flüssigen Körper die Cohäsion allein wirkt, wie dies z. B. kurze Zeitmomente lang bei dem fallenden Regentropfen, oder dem geschmolzenen Blei, das man von hohen Orten herabgiesst, der Fall ist, so nimmt derselbe die vollkommene Kugelgestalt aus dem Grunde an, weil nur in der Kugelgestalt alle Theile gleich stark gedrückt, und so im Gleichgewicht gehalten werden. Aus diesem Grunde haben unsere Erde oder die Planeten, sofern sie einstmals feurig flüssig waren, die Kugelgestalt annehmen müssen.

Ebenso ist man im Stande einen schweren Körper, der vermöge seiner specifischen Schwere im Wasser untersinken müsste, z. B. eine Nadel, eine Uhrfeder u. dgl. durch vorsichtiges Auflegen auf eine Wasserfläche darauf schwimmend zu erhalten.

Gleichgewicht der Flüssigkeiten.

Flüssigkeitsmassen befinden sich im Gleichgewicht, wenn alle an der Oberfläche liegenden Theilchen derselben gleichweit vom Mittelpunkte der Erde entfernt sind. Dieserhalb formt sich auch die Oberfläche des Meeres, die zugleich die Oberfläche der Erde bildet, in Kugelgestalt. Diese Gestalt, ein Kugelsegment, stellt auch jeder kleinere Theil einer Wasserfläche vor, z. B. die Oberfläche eines Sees oder Teiches. Bei der grossen Ausdehnung der Erde erscheint uns dieselbe indess als Ebene und wir nehmen deshalb auch im Gegensatz zu jener Thatsache an, dass die Oberfläche der in offenen

Gefässen befindlichen Flüssigkeiten horizontal sei. Man sagt: der Spiegel, die Fläche, oder die Ebene eines Sees.

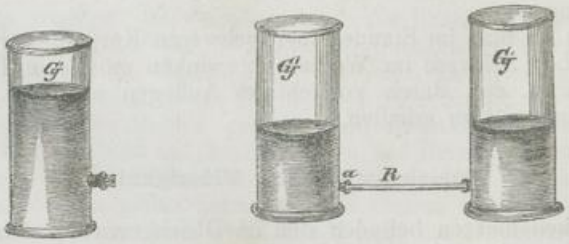
Sind Flüssigkeiten nicht in dieser Gleichgewichtslage, so drücken die oberen auf die unteren Lagen, und vermöge der leicht verschiebbaren Theilchen dieser findet so lange Bewegung statt, bis das Gleichgewicht derselben erreicht ist. Daraus erklärt sich das Strömen der Bäche in die Flüsse, und das der Flüsse und Ströme in das Meer. Die Bildung der Wellen hat eben darin ihren Grund. Der empor gehobene Theil einer Wasserfläche heisst eine Welle.

Wenn in ein Gefäss mehrere, sich nicht mischende Flüssigkeiten, von verschiedenem spec. Gewicht gegossen werden, so ordnen sie sich darin nach ihrem spec. Gewicht in wagerechten Schichten übereinander. Schüttelt man sie durcheinander, so vermengen sie sich scheinbar sehr innig, indem die Theilchen der schweren Flüssigkeit zwischen die leichteren gedrängt werden. Dies findet um so inniger statt, je näher das specifische Gewicht der Flüssigkeiten ist, je grösser die Adhäsion derselben zu einander, und je stärker die schüttelnde Kraft ist. Stellt man das Schütteln ein, so sondern sich die Flüssigkeiten wieder ab und zwar um so langsamer, je inniger vorher ihre Mengung geschehen war. Auf einer solchen mechanischen Mengung von Oel und Wasser, dessen Adhäsion zum Oele durch arabischen Gummi oder durch die schleimigen Bestandtheile der Mohnsamen oder Mandeln vermehrt worden ist, beruhen auch die Emulsionen. Mischt man Quecksilber, eine Lösung von kohlensaurem Kali, Alcohol und Steinöl durch starkes Schütteln untereinander, so erhält man eine graue trübe Masse, aus welcher sich indess bald als 4 horizontal übereinander gelagerte Schichten, Quecksilber, kohlensaure Kalilösung, Alcohol und Steinöl abscheiden. Früher bezeichnete man die graue Mischung als Chaos, die vier sich ausscheidenden Schichten als die vier Elemente und definirte wohl auch daraus die Weltbildung.

Communicirende Röhren.

Denkt man sich eine Röhre oder einen Cylinder Fig. 84 mit einer Flüssigkeit gefüllt, so wird dieselbe darin eine horizontale Oberfläche bilden. Wird nun der Cylinder, wie in Fig. 85. bei a durchbohrt und durch

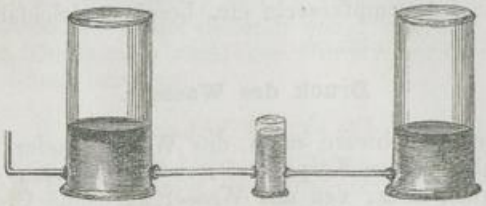
Fig. 84. Fig. 85.



eine Röhre mit einem zweiten leeren verbunden, so wird die Flüssigkeit in dem ersten Cylinder Cy Fig. 85 sich nicht mehr im Gleichgewicht befinden; die obern Schichten werden die untern drücken, die Flüssigkeit wird zu der Oeffnung heraus in die Röhre R und aus dieser in den zweiten Cylinder so lange fliessen, bis die Flüssigkeiten in den beiden Cylindern im Gleichgewicht, gleich weit vom Mittelpunkte der Erde entfernt, d. h. gleich

hoch stehen. Es ist erklärlich, dass sich dies fortsetzt, so lang oder so weit die Röhren sind, oder so gross auch deren Anzahl ist, wie z. B. in Fig. 86.

Fig. 86.



Gefässe, Röhren etc. die derartig mit einander in Gemeinschaft stehen, nennt man communicirende Röhren. Die Wahrnehmung, dass die Lage, in welche ein und dieselbe Flüssigkeit in communicirenden Röhren, durch das Bestreben ihrer Theilchen ins Gleichgewicht zu kommen, immer eine gleich weit vom Mittelpunkte der Erde entfernte ist, drückt man durch das Gesetz aus: Gleich schwere Flüssigkeiten stehen in communicirenden Röhren gleich hoch.

Sind die in den communicirenden Röhren befindlichen Flüssigkeiten nicht von gleichem spec. Gewicht, so wird in dem Verhältnisse zu diesem die leichtere Flüssigkeit in dem einen Schenkel höher stehen als die in dem andern befindliche schwerere. Die Höhe verschiedener Flüssigkeiten in den Schenkeln communicirender Röhren verhält sich umgekehrt wie das spec. Gewicht. So wird, wenn z. B. Flüssigkeiten, die sich nicht vermischen, Oel, Wasser und Quecksilber in verschiedene Schenkeln communicirender Röhren gedacht werden: Oel den höchsten, Wasser den mittlern und Quecksilber den niedrigsten Stand einnehmen und zwar wird die Höhe des Niveau's derselben durch das spec. Gewicht bestimmt; je grösser dieses ist, um so geringer hoch wird dann die Flüssigkeit stehen und einer höhern leichtern das Gleichgewicht halten.

Das Gesetz der communicirenden Röhren findet vielfache Anwendung und erklärt viele Erscheinungen. Die Nivellir- oder Wasserwaage gründet sich darauf, dass die Niveau's zweier Röhren eine genaue horizontale Linie geben. Die Springbrunnen, Wasserleitungen beruhen gleichfalls darauf. In dem Springbrunnen kommt das Wasser aus einem möglichst hoch gelegenen Bassin. Das Mündungsrohr des Springbrunnens ist viel kürzer, bildet aber mit dem Bassin eine communicirende Röhre; vermöge des Strebens eben so hoch zu stehen, wie das Niveau des Wassers im Bassin springt es in die Höhe. Würde der Widerstand der Luft und die Schwere des zurückfallenden Wassers kein Hinderniss sein, so würde der Wasserstrahl der Springbrunnens die Höhe der Wasserfläche im Bassin erreichen. Nach demselben Gesetz geschehen die Wasserleitungen. Denkt man sich Springbrunnen und Wasserleitung vereinigt, aber nicht durch Menschenhände, sondern dadurch, dass ein hoch in den Bergen gelegenes Wasserbassin, eine mit Wasser gefüllte Felsenhöhle durch weit abwärts in die Thäler gehenden Höhlengänge, wie sie besonders in Kalkgebirgen vorkommen, verbunden, so hat man auch hier ein System communicirender Röhren. Durchbohrt man nun im Thal die untersten, oder einen der unteren Höhlengänge, so wird nach dem Gesetz der communicirenden Röhren das Wasser aus demselben in die Höhe dringen und danach streben, so hoch zu stehen als das Niveau des Wassers in der obersten Felsenhöhle. Liegt

diese verhältnissmässig sehr hoch, so springt das Wasser aus dem untern Höhlengange mit grosser Macht in die Höhe. Derartige Brunnen hat man schon im 17. Jahrhundert in Bologna angelegt. Im 19. Jahrhundert hat man sie vielfach in Artois gebohrt und davon haben sie den Namen artesische Brunnen erhalten. Das Grundwasser in der Nähe der Flüsse, die Wassermesser bei Dampfkesseln etc. beruhen gleichfalls auf demselben Gesetz. —

Druck des Wassers.

Vermöge seiner Schwere muss das Wasser, oder die Flüssigkeiten überhaupt, wie alle andern Körper auf ihre Bodenflächen einen Druck ausüben. Dieser Druck aber, den das Wasser auf seine Grundfläche ausübt, ist nicht immer gleich dem Gewichte der drückenden Wassermasse. Stellt man sich gleich grosse Wassermassen in verschieden geformten Behältnissen vor, so ist, je nachdem ein Theil des Druckes von den Seitenwänden der Behältnisse getragen wird, der auf die Bodenfläche von derselben Wassermenge geübte Druck ein sehr verschiedener. Fig. 87. 88. Die Grösse dieses Druckes richtet sich nicht nach der Wassermasse, oder dem Gewichte des Wassers, sondern nach der Grösse der Grundfläche der Behältnisse und nach der Höhe der Wasserstände. Wenn Fig. 89, 90, 91 Gefässe vorstellen, die gleiche Grundfläche haben

Fig. 87. Fig. 88.

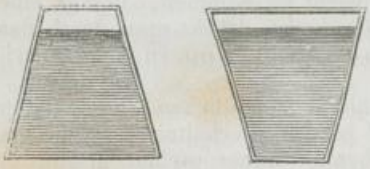
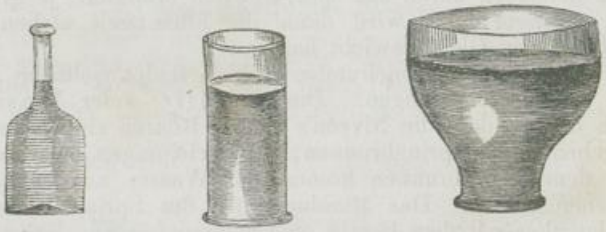


Fig. 89. Fig. 90. Fig. 91.



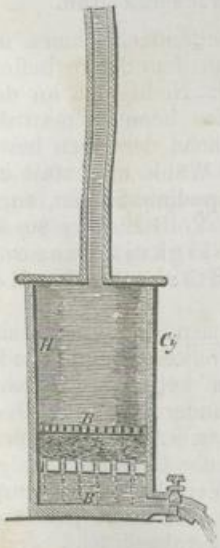
und in denen das Wasser gleich hoch steht, so wird in allen der Druck, den ihre Bodenfläche von dem überstehenden Wasser erleidet, gleich gross sein, obwohl die Wassermasse oder das Gewicht des überstehenden Wassers, ein sehr verschiedenes ist. Die Grösse des Druckes, den eine Wassermasse auf die Grundfläche ausübt, ist gleich dem Drucke einer Wassersäule, die als Grundfläche die Grundfläche des Gefässes und als Höhe den Abstand der Oberfläche des Wassers von der Grundfläche hat.

In einem Gefässe mit horizontalen Boden und senkrechten Seitenwänden z. B. in den Cylinder der Fig. 90 trägt der Boden das ganze Gewicht der Wassermasse. Hat dieser Boden ein Quadratfuss Fläche und steht das Wasser einen Fuss hoch, so beträgt der Inhalt des Gefässes einen Kubikfuss, und der Boden muss das Gewicht eines Kubikfusses Wasser, mithin genau 66 Pfund des alten Preuss. Gewichts, tragen. Erweitert sich das

Gefäss nach oben wie in Fig. 91, hat der Boden gleichfalls einen Quadratfuss, in dem Gefässe selbst aber sind 2 Kubikfuss Wasser enthalten, so würde doch, während das Gewicht der ganzen Wassermasse 132 Pfund beträgt, die Bodenfläche nur einen Druck von 66 Pfund zu tragen haben. Verengt sich dagegen das Gefäss nach oben wie in Fig. 89, beträgt der Boden aber gleichfalls einen Quadratfuss, in dem Gefässe befinden sich aber nur $^1/_2$ Kubikfuss Wasser, so würde dadurch doch, während das Gewicht der Wassermasse nur 33 Pfund beträgt, der Druck, den die Grundfläche auszuhalten hat, 66 Pfund betragen.

Real'sche Wasser- oder Extractionspresse. Hieraus ergiebt sich auch, dass man mit verhältnissmässig wenig Wasser doch einen sehr starken Druck ausüben kann. Man hat hierzu nur nöthig, diese Wassermenge in eine sehr hohe Röhre zu giessen, die sich unten beträchtlich erweitert. Ist ein Kubikfuss Wasser, der 66 Pfund wiegt, in einer Röhre vertheilt, deren Grundfläche 1 Quadratfuss ist und dessen Höhe 1 Fuss beträgt, so ist der Druck auf die Unterfläche $1 \times 66 = 66$ Pfund. Beträgt die Grundfläche 1 Quadratfuss, die Höhe aber 100 Fuss, so ist der Druck auf die Grundfläche $66 \times 100 = 6600$ Pfund.

Fig. 92.



Dies hat in der, von Rommershausen verbesserten, Real'schen Wasser- oder Extractionspresse Anwendung gefunden. Fig. 92. Dieselbe besteht aus einem massiven, grösstentheils aus Metall gefertigten, Cylinder Cy, welcher einen doppelten Boden Bo hat, wovon der obere Bo siebartig durchlöchert ist. Der Cylinder selbst steht mit einer langen Röhre in Verbindung, die man, wenn man einen sehr starken Druck ausüben will, durch mehrere Stockwerke gehen lässt. Auf den durchlöcherten Boden wird die auszuziehende Substanz geschüttet, mit einem durchlöcherten Brette B bedeckt und der obere Theil des Cylinders und der Röhre mit der Flüssigkeit gefüllt. Durch den starken Druck, der hierdurch ausgeübt wird und vermöge dessen die Flüssigkeit durch die zu extrahirenden Substanzen gedrängt wird, werden sämmtliche lösliche Theile derselben von der Flüssigkeit aufgenommen.

Druck des Wassers auf die Seitenwände der Gefässe.

Flüssigkeiten, die einen so starken Druck auf die Bodenfläche ausüben, drücken auch auf ihre Seitenwände. Dieser Druck wächst mit der Tiefe der Seitenwände. Auf jene, der Bodenfläche nächsten Wandflächen, ist er am grössten, auf jene, der Oberfläche nächsten, am geringsten. Auf jede Stelle der Seitenwände ist der Druck des Wassers gleich dem Gewichte einer Wassersäule, welche die Fläche dieser Stelle zur Grundfläche, und die Entfernung ihres Mittelpunktes von dem Wasserspiegel zu ihrer Höhe hat. Um den Druck einer Wassersäule auf alle ihre Seitenwände zu finden, multiplicirt man die Gesammtfläche der Wände mit ihrer halben Höhe sammt dem Druck auf eine Flächeneinheit. Es betragen z. B. die mit Wasser bedeckten Wände eines Gefässes 20 Quadratfuss, die Höhe der Wassersäule sei 10 Fuss, so haben

sämmtliche Wände einen Druck von 20 × 5 × 66 oder 6600 Pfund auszuhalten. Hieraus kann man sich ungefähr erklären, welchen ungeheuren Druck z. B. Röhren in Salinen auszuhalten haben, die das Wasser aus mehrere 100 Fuss tiefen Bohrlöcher hinauf, oder über Berge in tiefe Thäler leiten müssen. Auch der Druck des Wassers gegen Schleussen, Brückenpfeiler, Dämme ist hieraus ersichtlich.

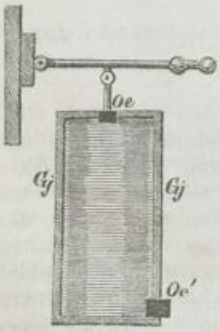
Segner's Wasserrad. Durchbohrt man ein senkrechtes mit Wasser gefülltes Rohr oder Gefäss, so wird der Druck, der auf diese Stelle ausgeübt worden ist, aufgehoben, während er auf der andern Seite noch fortbesteht. Geschieht dies plötzlich, so fällt das Gefäss nach der, der Oeffnung entgegengesetzten Seite hinüber. Diese Ercheinung hat man zu dem sogenannten Segner'schen oder horizontalen Wasserrade benutzt. Fig. 93. Wird in einem um seine Axe beweglichen Cylinder Cy, der zwei horizontal liegende Ausflussröhren RR hat, Wasser gegossen, so strömt das Wasser aus den Röhren aus. Der Cylinder aber wird in der der Ausströmung entgegengesetzten Richtung gedrückt, hierdurch entsteht eine Drehung des Cylinders, die so lange dauert, als das Wasser ausfliesst. Man benutzt das Segner'sche Wasserrad auch wohl als bewegende Kraft und nennt es dann Turbine.

Fig. 93.

Fortpflanzung des Druckes in Flüssigkeiten.

Drückt man mit der Hand auf die Seitenfläche eines mit Erbsen gefüllten Sackes, so werden alle in dem Sacke befindlichen Erbsen von diesem Drucke berührt. Nicht blos an der, dem Drucke entgegengesetzten, Seitenfläche des Sackes bemerkt man das Ausdrängen der Erbsen, sondern auch an der Oberfläche derselben bewegen sich die Erbsen und drängen sich in die Höhe. Wählt man statt der Erbsen noch beweglichere, leichtere Körper, z. B. Lycopodium-Samen, so ist diese Mittheilung des Druckes noch viel auffallender. Vollständiger äussert sich dieselbe bei Flüssigkeiten: Ein auf eine Flüssigkeit ausgeübter Druck pflanzt sich mit unveränderter Stärke nach allen Seiten hin fort.

Fig. 94.

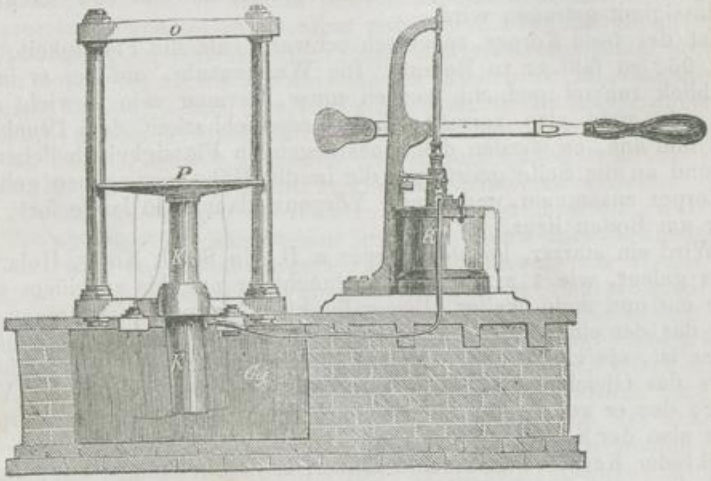


Statt eines Sackes mit Erbsen denkt man sich einen mit einer Flüssigkeit gefüllten Metallcylinder Cy Cy Fig. 94. In demselben befinden sich zwei Oeffnungen, eine bei Oe die andere bei Oe'. Jede derselben sei 1 Quadratzoll gross. An der Oeffnung Oe wirke eine Druckpumpe, die Oeffnung Oe' sei mit einem Kork verschlossen. Vermittelst der Pumpe werde nun der, die Oeffnung Oe schliessende, Stempel mit einer Gewalt von 200 Pfund herabgedrückt. Jeder Theil der Wandungen des Cylinders, der einen Quadratzoll im Umfange hat, würde dann denselben Druck, einen Druck von 200 Pfund, auszuhalten haben. Denselben Druck würde daher auch die, 1 Quadratzoll betragende, mit einem Kork geschlossene Oeffnung Oe' auszuhalten haben. Ist der Kork nicht fest genug in der Oeffnung, so wird er herausgedrückt. Denkt man sich nun die Oeffnung O' erweitert, statt einen Quadratzoll, 100 Quadratzoll gross, und statt mit einem Kork, mit einer Platte aus Metall, oder aus starken Bohlen geschlossen, so würde die 100 Quadratzoll grosse, die Oeffnung Oe' schliessende, Platte den Druck

zu tragen haben, den 100 Quadratzoll empfangen, oder 100 × 200 mithin 20,000 Pfund.

Hydraulische Presse. Hierauf beruht die hydraulische Presse Fig. 95. Aus dem Rohr R presst man vermittelst einer starken Druckpumpe das in demselben befindliche Wasser in den mit dem Rohr R zusammenhängenden, gleichfalls mit Wasser gefüllten Cylinder Cy. Der Cylinder Cy

Fig. 95.



ist durch den beweglichen Kolben Ko geschlossen. Angenommen, der durch die Druckpumpe auf das Rohr geübte Druck betrage 1000 Pfund, die Wasseroberfläche im Rohr R betrage 1 Quadratzoll, die Oberfläche des Kolbens in dem Cylinder aber 100 Quadratzoll, so beträgt der auf den Kolben Ko ausgeübte Druck 1000 × 100 oder 100,000 Pfund, mit welcher Gewalt der, zwischen der an dem Kolben in die Höhe gehenden Platte P und der Oberwand O der Presse zu liegende kommende Presssack gepresst wird. Die hydraulische Presse wird fast überall dort angewendet, wo man eines sehr grossen Druckes bedarf. Runkelrübenpressen, Oelpressen werden fast nur durch hydraulischen Druck getrieben. Es ist leicht ersichtlich, dass man den auszuübenden Druck zu einer ausserordentlichen Höhe bringen kann, wenn man die Fläche des Kolbens erweitert und den an der Pumpe auszuübenden Druck durch entsprechende Hebelvorrichtungen vergrössert. Durch solche Vorrichtungen hat man hydraulische Pressen construirt, die einen Druck von mehr als 1 Million Pfund auszuüben vermögen.

Fig. 96.

Princip des Archimedes. Wird ein fester Körper in Wasser getaucht, so kann man dabei drei Fälle unterscheiden: der eingetauchte Körper kann specifisch leichter als das Wasser sein, er kann genau dasselbe spec. Gewicht haben, und er kann specifisch schwerer sein als Wasser. Im ersten Falle wird er wie 1 Fig. 96 auf dem Wasser schwimmen, im zweiten Falle in jeder Lage, die man ihm im Wasser anweist, verharren, wie 2 Fig. 96, im dritten Falle im Wasser untersinken wie 3 Fig. 96.

Ist ein Körper von gleichem spec. Gewichte mit der Flüssigkeit, in welche er getaucht worden ist, so ist er in Bezug auf sein Gewicht als nichts anderes zu betrachten, als ein gleicher Raum der Flüssigkeit, in welcher er sich befindet. Er wird von der ihm umgebenden Flüssigkeit ebenso stark gedrückt als ein gleicher Raum Flüssigkeit und übt selbst denselben Druck aus als die Flüssigkeit ihn ausüben würde. Dieserhalb bleibt er in jeder Lage und Tiefe in der Flüssigkeit in Ruhe und im Gleichgewicht. Würde er in der Flüssigkeit gewogen werden, so würde er gar kein absolutes Gewicht haben, weil sein ganzes Gewicht von der umgebenden Flüssigkeit getragen wird.

Ist der feste Körper specifisch schwerer als die Flüssigkeit, z. B. 3 in Fig. 96, so fällt er zu Boden. Die Wassersäule, auf der er im ersten Augenblick ruhend gedacht werden muss, vermag sein Gewicht nicht zu tragen, sie giebt also vermöge ihrer Verschiebbarkeit dem Drucke nach, weicht ihm aus, es werden die nächstliegenden Flüssigkeitstheilchen in die Höhe und an die Seite gedrängt, die in die Höhe gestiegenen gehen über dem Körper zusammen und dieser Vorgang dauert so lange fort, bis der Körper am Boden liegt.

Wird ein starrer, leichter Körper z. B. ein Stück Kork, Holz etc. auf Wasser gelegt, wie 1 in Fig. 96, so taucht er nur bis zu einem gewissen Punkte ein und nicht weiter. Dieser Punkt ist dann erreicht, wenn das Volumen, das der eingetauchte Theil des Körpers im Wasser einnimmt, genau so gross ist, als ein Volumen Wasser, welches dem ganzen Gewichte des Körpers das Gleichgewicht hält, oder was dasselbe ist, bis das Volumen Wasser, das er verdrängt, eben so viel wiegt als der ganze Körper. Je leichter also der Körper oder je schwerer die Flüssigkeit ist, desto weniger tief sinkt der Körper ein. Leichte Hölzer, z. B. Lindenholz, Pappelholz sinken weniger tief ein als Eichen-, Buchen- etc. Holz. Hierauf beruht auch das Schwimmen der Körper. Kork, Holz etc. schwimmen auf Wasser; Blei, Kupfer, Silber schwimmen auf Quecksilber. Ein mit Gewalt untergetauchter Körper steigt mit Gewalt in die Höhe.

Schwere Körper dagegen können durch die Gestalt, die man ihnen giebt, auf dem Wasser schwimmend erhalten werden. So fertigt man Schiffe und Schiffstheile aus Eisen. Diese sinken dann ebenso wenig unter als z. B. ein hohler eiserner Cylinder, oder eine Flasche, welche mit Luft gefüllt und fest zugekorkt sind. Es ist die Luft, die zu dem Volumen des schweren Körpers hinzugerechnet, diesen doch leichter macht als ein gleiches Volumen Wasser. So erhält sich der Mensch, der nicht schwimmen kann, dadurch über der Oberfläche des Wassers, dass er sich mit einem Schwimmgürtel, Luftbehälter, aufgeblasenen Schweinsblasen etc. umgiebt, diese also seinem Volumen zufügt und dasselbe leichter macht als ein gleiches Volumen Wasser.

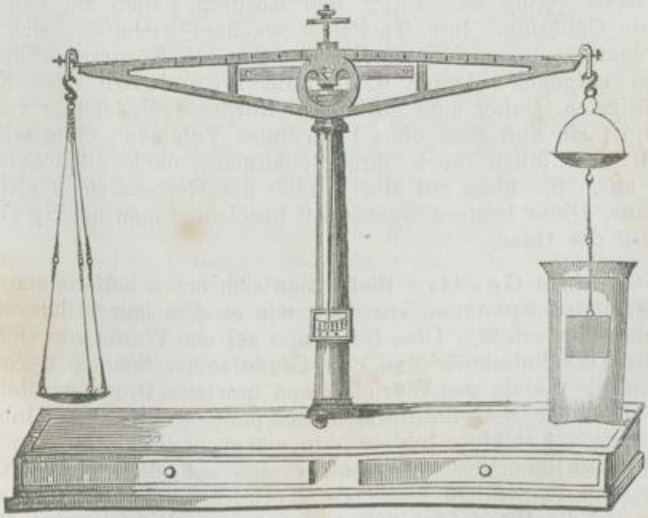
Hebt man einen schweren Stein aus dem Grunde eines Stromes in die Höhe, so wird man oft in dem Fall sein, den Stein, den man mit nicht zu grosser Anstrengung in dem Wasser selbst heraufbewegen konnte, sobald man ihn über die Oberfläche des Wassers zu heben versucht, nicht mehr heben zu können.

Bei dem Heraufwinden schwerer Lasten aus dem Wasser, so z. B. bei dem Heraufwinden des Ankers ist dazu eine grössere Kraft nöthig, wenn die Last das Wasser verlassen hat. Sehr oft reissen dann die Taue. Füllt man einen Eimer an einem Ziehbrunnen, oder auch in einer Wassertonne, mit Wasser, so wird man ihm, solange er im Wasser selbst befindlich ist, mit Leichtigkeit mit einer Hand heben können, so wie er aber die Oberfläche des Wassers verlassen hat, werden die angestrengten Kräfte

beider Arme erforderlich sein, um ihn weiter zu heben. Die Ursache davon ist, dass der Körper, so lange er im Wasser befindlich ist, von allen Seiten mit Wasser umgeben ist und von allen Seiten von dem Drucke des Wassers getragen wird. Er wird von dem über ihm befindlichen Theile nach unten gedrückt, von den an seinen Seiten befindlichen Wassertheilchen zusammengedrückt und aufgehalten, er wird endlich von der unter ihm befindlichen Wassersäule gestützt und getragen. Ist nun der Körper eben so schwer als das ihn umgebende Wasser, so ist der Druck, den er selbst auszuhalten hat, dem ganz gleich den er ausübt, er befindet sich in seiner Umgebung mit dem Wasser im Gleichgewicht und hat somit sein absolutes Gewicht ganz verloren; würde er an eine Waage gehängt und gewogen werden, so würde er eben so wenig ein Gewicht anzeigen, als dies z. B. eine auf dem Tische liegende Bleikugel thut, die man, lose an einen Faden angehängt, wiegt, deren ganzes Gewicht durch die Unterstützung der Tafelplatte aufgehoben ist. Der, in Wasser getauchte, mit diesem gleich specifisch schweren Körper hat im Wasser genau sein eignes Gewicht verloren. Ist er nur ein Minimum schwerer als Wasser, und wiegt man ihn in Wasser, so wird der eingetauchte Körper den grössten Theil seines Gewichtes verloren haben, aber das Minimum seines Mehrgewichtes an der Waage wirklich anzeigen. Gesetzt, wir hätten zwei Körper, die genau den Inhalt eines Kubikfusses hätten. Von diesen wiegt der eine 66 Pfund, der andere $66^1/_{30}$ Pfund. Taucht man beide in Wasser, so wird der erste im Wasser überall im Gleichgewicht sein, der zweite wird darin untersinken. Wiegt man die beiden Körper im Wasser, so wird der erste gar kein Gewicht haben, der zweite aber $^1/_{30}$ Pfund schwer sein. Diese Wahrnehmung hat schon Archimides gemacht, man nennt den Ausdruck derselben, dass nemlich: Jede Flüssigkeit von dem Gewichte eines eingetauchten Körpers so viel trägt, als die Flüssigkeit wiegt, deren Stelle der eingetauchte Körper einnimmt, das Princip des Archimedes.

Hydrostatische Waage. Vermöge der eben bezeichneten Wahrnehmung, dass das Wasser von dem Gewicht eines eingetauchten Körpers so viel

Fig. 97.



trägt, als das Volumen Wasser wiegt, das er verdrängt hat, ist man im Stande, leicht und genau das absolute Gewicht des Volumen Wasser mit dem absoluten Gewichte des Körpers selbst zu vergleichen. Durch diese Vergleichung erhält man das specifische Gewicht des Körpers. Das Instrument, dessen man sich hiezu bedient, ist die hydrostatiche Waage Fig. 97. Zu einer solchen eignet sich jede Tafelwaage, an welcher man den zu prüfenden Körper, zuerst in der Luft, und dann im Wasser wiegt. Der vorliegende Körper sei eine Bleikugel. An der Luft gewogen, zeigt sie ein Gewicht von 11 Loth, in Wasser gewogen, nur 10 Loth. Die Bleikugel hat also 1 Loth von ihrem Gewichte verloren. Das Volumen des Wassers, welches eben so gross ist als das Volumen der Kugel, wiegt also 1 Loth. 11 Loth Blei nehmen daher denselben Raum ein, als 1 Loth Wasser. Blei enthält 11mal mehr Masse, ist 11mal dichter, hat ein 11mal grösseres specifisches Gewicht als Wasser. — Hieran ist das über das specifische Gewicht (Seite 224) Gesagte zu knüpfen.

Von dem Gleichgewicht und der Bewegung der luftförmigen Körper.

Luftförmige Körper. Taucht man ein leeres Weinglas mit der Oeffnung nach unten in Wasser, so findet man, dass das Wasser nicht vollständig in das Glas hineindringt. Passt man einen Trichter luftdicht in den Hals einer leeren Flasche und giesst Wasser auf den Trichter, so wird das Wasser anfangs nur schwer, endlich gar nicht mehr aus dem Trichter in die Flasche fliessen. Es muss dies einen Grund haben. Er liegt darin, dass das umgekehrte, scheinbar leere Weinglas sowohl, als die, scheinbare leere Wasserflasche in der That nicht leer sind, sondern dass darin ein Körper vorhanden ist, der, vermöge seiner Undurchdringlichkeit, dem Eindringen eines anderen Körpers, hier dem Wasser, Widerstand leistet. Dieser Körper ist die atmosphärische Luft.

Luftförmige Körper sind solche, deren einzelne Körpertheilchen in so weiter Entfernung von einander gehalten werden, dass ihr Zusammenhang äusserst gering ist. Unter den Körpern haben sie den geringsten Grad von Cohäsion. Ihre Theilchen trachten vielmehr, sich immer weiter von einander zu entfernen. Es ist unter den Körpern in ihnen die der Cohäsion entgegenwirkende Kraft, die Repulsion oder Expansion am thätigsten. Daher sind luftförmige Korper noch leichter verschiebbar als flüssige; sie sind ganz ohne bestimmtes Volumen, ohne selbstständige Grenzen und füllen auch ihre Behältnisse nach allen Seiten hin gleichmässig aus. Sie üben auf alle Wände der Gefässe einen gleichmässigen Druck aus. Diese letztere Eigenschaft bezeichnet man mit Spannung oder Tension der Gase.

Mariott'sches Gesetz. Stelle man sich einen luftförmigen Körper von einer bestimmten Spannung vor, der, wie er dies immer thut, sein Behältniss gleichmässig erfüllt. Dies Behältniss sei ein Würfel von einem Kubikfuss Inhalt. Verhältnissmässig zu dem Grade seiner Spannung wird auch der Körper auf alle Wände des Würfels einen gewissen Druck ausüben. Nun denke man sich aber den luftförmigen Körper, welcher den Inhalt eines Würfels von 1 Kubikfuss bildete, in einem andern luftleeren Würfel von 10 Kubikfuss Raum treten. Auch diesen zehnmal grösseren Raum wird die Luft, die vorher den kleineren Würfel erfüllte, gleichmässig ausfüllen, auch auf die Wände des zehnmal grösseren Würfels wird die darin

befindliche Luft einen gleichmässigen Druck üben; dieser Druck wird aber nur den 10. Theil des Druckes betragen, den die Wände des kleineren Würfels ausgehalten hatten. Denkt man sich umgekehrt die in dem Kubikfuss-Würfel befindliche Luft in einen Würfel gepresst, der nur einen Kubikzoll Raum hat, so würde die Luft auch diesen Raum stetig erfüllen, auch in diesem Raume würde sie auf die Wände des Würfels einen Druck ausüben; aber dieser Druck, den die Wände des Kubikzollwürfels auszuhalten hätten, würde 1728mal grösser sein, als der Druck, der von derselben Menge Luft auf die Kubikfuss-Wände geübt wurde.

Dieses Abnehmen und Wachsen des Druckes luftförmiger Körper auf die Wände ihrer Behältnisse findet in einem gewissen Verhältniss statt. Die Spannkraft der Gase verhällt sich umgekehrt, wie der Raum, den sie einnehmen oder die Expansivkraft derselben wächst in gleichem Maasse, wie ihre Dichtigkeit. Auf den Druck der stark zusammengepressten Luft beruht die Wirkung der Windbüchse, des Blaserohres etc. Obiges Gesetz ist zuerst von Boyle 1660, später von Mariotte aufgestellt und nach Letzterem benannt worden.

Gase und Dämpfe. Ausser der atmosphärischen Luft, die aus einem Gemenge von Stickstoffgas und Sauerstoffgas mit geringen Antheilen Kohlensäuregas gemischt ist (das Weitere darüber in der Chemie), giebt es noch mehrere andere Gase: Sauerstoffgas, Wasserstoffgas, Stickstoffgas, Chlorgas etc. Einige dieser Gase behalten ihren elastischen luftförmigen Zustand unter jedem Drucke, den wir bisher auf sie auszuüben im Stande waren, bei, diese nennt man beständige oder permanente Gase; dahin gehören Sauerstoffgas, Stickstoffgas, die atmosphärische Luft, Wasserstoffgas etc. Anderere werden bei starkem Druck oder starker Abkühlung aus dem luftförmigen in den tropfbar flüssigen, ja sogar in den starren Zustand übergeführt wie z. B. das Kohlensäuregas, das Chlorgas etc. Man nennt diese Gase coërcibele Gase.

Die Luftarten, welche durch Wärme aus Flüssigkeiten oder festen Körper geschaffen worden sind und die bei einem gewissen Grade der Abkühlung wieder zu Flüssigkeiten oder festen Körpern werden, nennt man Dämpfe, z. B. Wasser-, Weingeist-, Quecksilber-, Arsenik - etc. Dämpfe.

Die Erdatmosphäre oder atmospärische Luft. Wir haben als eine Eigenschaft der Luftarten ihre Expansivkraft kennen gelernt. Vermöge dieser Kraft strebt jedes Theilchen der Luftarten sich von seinem benachbarten Theilchen zu entfernen, dem Zusammenhange zu entfliehen. Nun ist die Atmosphäre, die unsere Erde umgiebt, durch keine Grenze gebunden, sie ist die Mittlerin zwischen der Erdoberfläche und dem unendlichen, unbegrenzten Weltraume. Wenn sie nun sich nicht in dem Raum verliert und zerstreut, so muss dafür ein Grund vorhanden sein. Dieser Grund ist: die Anziehung der Erde, die Schwerkraft, die auch auf die atmosphärische Luft ihre Einwirkung übt. Die Anziehung der Erde wirkt der Expansivkraft der Luft entgegen und bannt diese in ihrem gewaltigen Kreise an die Erde. Dieser Luftkreis heisst die Atmosphäre oder atmosphärische Luft. Die Höhe derselben wird verschieden angegeben. $7^1/_2$—9 Meilen. Aber schon in der Höhe von $7^1/_2$ Meilen muss sie so verdünnt sein, wie wir sie kaum durch die Luftpumpe erhalten können.

Von dem Druck der Atmosphäre.

Die Luft ist ein Körper, sie wird von der Schwerkraft der Erde angezogen, sie hat ein Gewicht, muss also auch auf den Gegenständen, auf denen sie ruht, mit einem gewissen Drucke lasten.

Dass die Luft Gewicht hat, kann man auf die einfachste Weise dadurch beweisen, dass man eine leere Schweinsblase und ein Stück Bindfaden wiegt, jene dann mit Luft aufbläst, mit dem Bindfaden zubindet und wieder wiegt. Man wird finden, dass sie dann schwerer geworden ist. Oder man wiegt einen Glasballon, pumpt vermittels eines Instrumentes, das wir dald kennen lernen werden, mit der Luftpumpe die Luft heraus und wiegt dann den Ballon wieder. Er wird dann weniger wiegen. Das Mehrgewicht im ersten und das Mindergewicht im zweiten Falle kommt auf Rechnung des Gewichtes der Luft. Man hat gefunden, dass die atmosphärische Luft ein 770 mal geringeres specifisches Gewicht hat als das Wasser, oder dass, wenn ein Volumen Luft 10 Loth wiegt, dasselbe Volumen Wasser 7700 Loth wiegen würde.

Wenn also die Luft ein bestimmtes Gewicht hat, so muss sie auch einen bestimmten Druck ausüben. Ihre geringe specifische Schwere ersetzt sie durch ihre ungeheure Masse. Die Luftsäule, die auf jeden Theil unserer Erdoberfläche drückt, ist ja 7 Meilen hoch. Dass dieser Druck vorhanden und wie stark er vorhanden ist, kann man durch folgenden Versuch beweisen.

Fig. 98.

Toricelli's Versuch. Man füllt eine an dem oberen Ende verschlossene Glasröhre in Fig. 98, von ungefähr 32 Zoll Länge, ganz mit Quecksilber, schliesst die untere Oeffnung mit dem Finger und bringt die Röhre so geschlossen unter das Niveau des in dem Gefässe befindlichen Quecksilbers. Hierauf zieht man den verschliessenden Finger weg und man wird finden, dass das Quecksilber zwar fällt, aber nicht, wie man von einem so schweren Körper erwarten sollte, bis ganz herab, sondern nur etwa 4 Zoll. Die Erklärung dafür, dass es nicht ganz herabfällt, sondern in dieser Höhe stehen bleibt, findet man darin, dass: die Quecksilbersäule von 28 Pariser Zoll Höhe von dem Drucke der Luftsäule der atmosphärischen Luft getragen und von dieser im Gleichgewicht erhalten wird. Wählt man zu diesem Versuche eine viel längere, vielleicht eine dreimal längere Röhre, die man mit Quecksilber füllt und unter das Niveau des Quecksilbers bringt, so wird darum auch die Quecksilbersäule, die von der Luftsäule getragen wird, nicht vrösser oder kleiner sein, als 28 Zoll. Es geht daraus hergor, dass der Druck der Luft nur einer ganz bestimmt hohen Quecksilbersäule das Gleichgewicht hält, dass daher der Druck der Luft selbst ein ganz bestimmter ist.

Da Wasser ungefähr 14 mal leichter ist als Quecksilber, so muss eine Röhre mit Wasser gefüllt, die einer Luftsäule so das Gleichgewicht halten soll, wie eine Quecksilbersäule von 28 Zoll, 14mal so lang sein wie diese. In der That halten: eine Quecksilbersäule von 28 Pariser Zoll, eine Wassersäule von 32 Pariser Fuss und eine Luftsäule von der Höhe der ganzen Atmosphäre einander durch den Druck, den sie ausüben, das Geichgewicht.

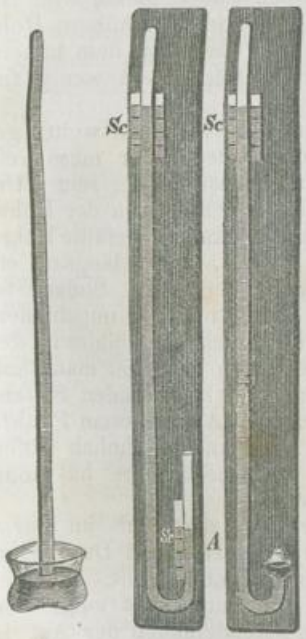
Man erstaunt über die Grösse dieses Druckes der atmosphärischen Lüft, besonders wenn man denselben in bestimmten Zahlen ausdrückt. Das Exempel ist nicht schwer. Man hat nur nöthig, den Druck zu berechnen, den eine, der Luftsäule das Gleichgewicht haltende, Quecksilbersäule auf die Grundfläche übt. Gesetzt, die Querfläche der Röhre in Fig. 98 betrage einen Quadratzoll und die

Quecksilbersäule von diesem Durchmesser und der Höhe von 28 Zoll wiege ungefähr 15 Pfund. Eben so viel wiegen auch eine Wassersäule von demselben Durchmesser und 32 Fuss Höhe und eine Luftsäule von demselben Durchmesser und der Höhe von 7 Meilen. Jeder Quadratzoll Erdoberfläche hätte also einen Druck von ungefähr 15 Pfund auszuhalten, der Quadratfuss mithin ungefähr 2160 Pfund. Gesetzt, die Oberfläche eines menschlichen Körpers sei 15 Quadratfuss, so hätte ein Mensch einen Druck von 32400 Pfund auszuhalten. Diesem ungeheuren Druck würde kein Mensch zu widerstehen vermögen, wenn er ihn allein zu tragen hätte. Dies ist aber nicht nöthig. Der Körper, der uns diesen Druck nicht nur tragen hilft, sondern uns auch ganz ohne Ahnung von einem solchen Dienste lässt, ist die Luft, die uns überall umgiebt, die in allen Höhlen und Oeffnungen unseres Leibes sich befindet, jenem Drucke eben einen Gegendruck leistet und das Gleichgewicht hält. Würde aber die Luft aus eines Menschen Bauch-, Brust- oder Kopfhöhle gepumpt werden, so würde jener Druck sich offenbaren und die entsprechenden Körpertheile jämmerlich zusammengedrückt werden.

Barometer.

Gegenwärtig ist die Lehre von dem Druck der Luft durch eine grosse Menge von Beobachtungen und Versuchen erwiesen und eine sehr grosse Anzahl von Erscheinungen folgerichtig daraus erklärt. Die Physiker des 18. Jahrhunderts waren aber über diese sehr in Zweifel. Sie suchten die Erscheinungen z. B. das Steigen in den Saugröhren der Saugpumpen, in den Hebern etc. dadurch zu erklären, dass die Luft ein Körper sei, der weder schwer noch leicht sei; das Steigen in den Röhren aber finde Statt, weil die Natur einen Abscheu vor dem leeren Raume (horror vacui) habe. Galilei schon griff diese Lehre an. Er war einmal Zeuge von dem fruchtlosen Bemühen eines Florentiner Gärtners, Wasser durch Saugwerke höher als 32 Fuss zu pumpen. Erst Toricelli, sein Schüler, stellte im Jahre 1643 die Lehre von dem Druck der Luft auf. Von ihm rührt der Versuch her, der in Fig. 98 abgebildet ist und der darin bestand, dass er eine mit Quecksilber gefüllte, an dem oberen Ende zugeschmolzene, unten offene Glasröhre mit dem Finger schloss das so geschlossene Ende unter das Niveau von Quecksilber brachte und dann den Finger wegzog. Er fand, dass das Quecksilber immer auf dieselbe Höhe in der Röhre herabfiel und schloss daraus, dass diese Quecksilbersäule von dem Gewichte der Luft getragen werden müsse. Nach ihm wird die Röhre die Toricellische Röhre, und der über der Quecksilbersäule befindliche luftleere Raum die Toricellische Leere (Vacuum Toricellianum) genannt.

Fig. 99. Fig. 100. Fig. 101.



Diese Lehre von dem Druck der Luft erhielt ihre volle Bestätigung dadurch, dass Pascal und dessen Schwager den Puy de Dome bestiegen, Toricelli's Versuche wiederholten und bewiesen, dass auf dem Gipfel des Berges das Quecksilber in der Röhre bedeutend niedriger stehe als an dessen Fusse.

Der Toricellische Versuch gab uns das Instrument, das wir Barometer, Schwermesser nennen; eigentlich sollte es Luftdruckmesser heissen.

Das Barometer fertigte man ursprünglich dadurch, dass man an die Röhre ein offenes, mit Quecksilber gefülltes Gefäss befestigte Fig. 99. Später bog man die Röhre um und erweiterte dieselbe gefässartig. Man gab ihr eine birnenförmige Gestalt. Diese Art Barometer sind noch heute in Gebrauch, man nennt sie Gefäss-Barometer Fig. 100. Die Gefässbarometer sind vielfach verbessert worden. Einem Uebelstande konnte man inzwischen nicht abhelfen: der ungleichen Wirkung der Capillarität in der engen und in der birnenförmig erweiterten Röhre. Es hatte dies zur Folge, dass das Quecksilber in der engen Röhre immer etwas niedriger steht als es eigentlich stehen sollte. Um dem zu entgehen, hat man die birnenförmige Erweiterung der niedrigeren Röhre ganz vermieden und die engere Röhre nur umgebogen, wie in Fig. 100. Solche Barometer nennt man Heber-Barometer, und in diesen besitzt man die genauesten Instrumente. Zu dem Barometer gehört die Scale Sc, eine Eintheilung in Pariser Zolle und Linien, welche angiebt, wie hoch das Quecksilber in der Röhre steht. Bei den Gefäss-Barometern hat man nur eine Scale und zwar an dem obern Ende der Röhre. Bei den Heber-Barometern hat man deren zwei, an dem obern und unteren Ende der Röhre. Da bei dem Heber-Barometer die Röhre an den beiden Enden gleich weit ist, so muss die Quecksilbersäule um eben so viel, als sie in dem höhern Rohr steigt, in dem niedern fallen; umgekehrt um so viel, als sie in dem höhern fällt, in dem niedern steigen. Diese Vergleichung trägt nicht wenig zur Genauigkeit der Heber-Barometer bei.

Ein gutes Barometer erfordert: eine nicht unter zwei Linien weite, genau cylindrische Glasröhre. Das dazu verwendete Quecksilber muss rein sein. Der Raum über dem Quecksilber muss möglichst luftleer sein. Um dies zu erreichen, um die einen Luftbläschen, die bei dem Füllen der Röhre dieser immer adhäriren zu entfernen, wird die mit Quecksilber gefüllte Röhre umgekehrt in ein längliches Gefäss mit Wasser gesetzt, dieses langsam erwärmt und dann das Wasser längere Zeit im Kochen erhalten. Sodann ist erforderlich, dass der Zutritt der Luft in der kürzeren Röhre ungehindert sei. Das Instrument muss senkrecht hängen. Das Quecksilber bildet in der Glasröhre eine convexe Oberfläche, den Stand desselben bestimmt man nach dessen höchstem Punkte und nicht nach dem das Glas berührenden Seitenrande. Um dies genau zu vermögen, muss sich das Auge diesem Punkte gerade gegenüber befinden. Zu diesem Zweck hat man gewöhnlich einen Nonius angebracht. Auch auf die Temperatur des Quecksilbers hat man bei sehr genauen Messungen Rücksicht zu nehmen.

Wie ersichtlich geworden, ist die Höhe der Quecksilbersäule im Barometer abhängig von dem Drucke einer Luftsäule von demselben Durchmesser und von der Höhe der ganzen atmosphärischen Luftschicht. Erleidet das Gewicht dieser Luftschicht eine Aenderung, so muss dies auch von Einfluss auf die Höhe der Quecksilbersäule sein. Aenderungen der Art in dem Gewichte der Luftsäule werden von der Höhe dieser bedingt. Die verschiedene Höhe der Luftsäule muss natürlich das Gewicht vergrössern oder verkleinern. Steigt man auf einen hohen Thurm oder einen Felsgipfel, so wird die Luftsäule, unter der man sich befindet, kleiner, steigt man in

einen tiefen Schacht, so wird sie grösser. In Folge dessen, dass die Luftsäule niedriger, daher weniger schwer ist, wird sie nur einer kleineren Quecksilbersäule das Gleichgewicht halten. Die Quecksilbersäule des Barometers wird also auf hohen Thürmen oder Bergen fallen, während sie, wenn man von diesen herab, oder in Schachte steigt, steigen wird.

Das Barometer zu Höhenmessungen. Pascal hat zuerst das damals noch unvollkommene Barometer zu Höhenmessungen verwendet. Er schloss sehr richtig, dass, wenn die Luftsäule es sei, die durch ihr Gewicht die Quecksilbersäule trage, dieselbe sich verringern müsse, wenn man Berge besteige. Perrier machte den Versuch und fand, dass das Quecksilber 13,3 Linien fiel, als er von Clermont aus den 4504 Fuss hohen Puy de Dome bestieg. Seit jener Zeit — Mitte des 17. Jahrhunderts — hat man Pascals erste Beobachtungeu ausserordentlich erweitert und durch vielfache Versuche die Höhenmessungen durch das Barometer so vervollkommnet, dass man sich jetzt im Gebrauche desselben bei 15000 Fuss Höhe kaum um 10 Fuss verrechnet. Man hat nemlich gefunden, dass, wenn man sich 75 Fuss senkrecht in die Höhe erhebt, das Barometer um eine Par. Linie fällt. — Es ist Sprachgebrauch geworden zu sagen, das Barometer fällt, während man doch sagen müsste, das Quecksilber in dem Barometer fällt. Dies Fallen der Quecksilbersäule um 1 Linie geschieht inzwischen nur bei den ersten 75 Fuss. Die Luft wird unmittelbar über der Erdoberfläche von der Erde am stärksten angezogen, ist also hier am dichtesten. Je höher man steigt, um so verdünnter wird die Luft; je verdünnter aber die Luft ist, um so leichter wird sie auch und einen um so grösseren Raum muss man durchsteigen, um die Quecksilbersäule um 1 Linie fallen zu machen. Diese zunehmende Verdünnung der Luft hat man durch sorgfältige Beobachtungen und Berechnungen (Keppler) kennen gelernt und zu Tabellen zusammengestellt, mit Hülfe deren man gegenwärtig die genauesten Höhenmessunen ausführt. Saussure, Laplace, Gay Lussac, v. Humboldt haben sich um die Höhenmessungrn sehr verdient gemacht.

Angabe der Höhen einiger Punkte Deutschlands nach Pariser Fuss über dem Meeresspiegel.

	P. F.		P. F.
Altenburg	350	Dresden	307
Anspach	1100	Erlangen	997
Augsburg	1464	Feldberg grosser, bei Frankf. a. M.	2606
Baden - Baden	543	Frankfurt a. M.	228
Bayreuth	1105	Freiberg (Sachsen)	1146
Bastei bei Dresden	856	Göttingen	412
Berlin	94	Grosse Rad (Riesengebirge)	4707
Bodensee (Wasserspiegel)	1164	Hallein	1453
Bonn (Rheinspiegel	138	Hannover	202
Braunschweig	292	Heidelberg	313
Breslau	400	Heuscheuer (Schlesien)	2893
Brocken (Harz)	3633	Hochwald (Schlesien)	2699
Cassel	483	Hohe Eule [Schlesien)	3036
Cöln (Rheinspiegel)	130	Hohe Mense (Schlesien)	3242
Darmstadt	341	Hohenzollern	2621
Dessau	116	Karlsruhe	380
Donaueschingen	2124	Kifthäuser	1458
Drachenfels	1766	Koburg	876

	P. F.
Königstein (Sachsen)	1120
Kuhstall (Sachsen)	970
Kynast (Schlesien)	1812
Lahnburg (Riesengebirge)	4513
Landeck	1408
Landskrone (Görlitz)	1304
„ (am Rhein)	1663
Leipzig	306
Magdeburg (Elbspiegel)	128
Mannheim	258
Marburg (Schloss)	951
Meiningen	831
Musner (Hessen)	2481
Mittelberg (Riesengebirge)	3666
München	1658
Neckarquelle	2084
Nürnberg	1080
Ochsenkopf (Fichtelgebirge)	3219
Prag	592
Regensburg	950
Reifträger (Schlesien)	4280
Reinerz (Bad)	1678
Rhein bei Ragatz	1608
Rheinfall bei Schaffhausen	1013
Riesenkoppe (Schlesien)	4950
„ kleine (Schlesien)	4331
„ schwarze (Schlesien)	4302
Rosstrappe	1452
Salzburg	1408
Schubenberg (Erzgebirge)	2056
Schneeberg (Schlesien)	4300
„ (Fichtelgebirge)	3071
„ (Stadt)	1464
Schwarzer Berg (Riesengebirge)	3605
Seeberg bei Gotha, Observatorium	1220
Speier	304
Strohhaube (Silberberg)	2275
Sturmhaube (Schlesien)	4540
Stuttgart	837
Tafelfichte	3379
Taunus	2005
Tegernsee	2324
Tharand	701
Tübingen (Neckarspiegel)	989
Ulm	1130
Wartburg	1110
Weimar	650
Wien (Donauspiegel)	420
Würzburg	525
Zobtenberg	2318
Dom in Ulm	452
Stephansthurm in Wien	425
Münster in Strassburg (deustche Arbeit)	440

Einige sehr hohe Punkte ausserhalb Deutschland.

Kinchinjunga	Himalaya-Gebirg	26438
Dawalagiri	Himalaya-Gebirg	26345
Schamalari	Himalaya-Gebirg	24400
Jawachir	Himalaya-Gebirg	24160
Nevado de Sorata	Oestliche Anden	23664
Ilimani	Oestliche Anden	22706
Acongagua	Westliche Anden	22434
Chimborasso	Westliche Anden	20148
Antisana Vulkan	Westliche Anden	17955
Cotopaxi Vulkan	Westliche Anden	17712
Pichinca Vulkan	Westliche Anden	17644
Amba Geschin	Africa	13800
Marienberg Angola	Africa	15600
Nilquelle, Bar-el-Azzik		9900
Hindukusch (Kabulistan)		19230
M. Cervin		13854
Elbrus (Kaukasus)		16698
Ararat (Armenien)		16200
Montblanc (Savoien)		14766
M. Rosa		14222
M. Cenis		11058
Jungfrau		12856
Finsterarhorn		13205
Gr. Glockner		11082
Gr. St. Bernhard		10380
Tartara (Central-Karpathen)		8133
Skagestol Tind (Norwegen u. Schweden)		7650
Aetna (Sicilien)		11400
Sierra Nevada		10950
Stromboli Vulk.		2520
Vesuv		3636
Plateau v. Toscana		1000
Puy de Dome		4554
M. d'Or		5814
Höchster von Gay Lussac im Luftballon erreichter Punkt		22000
Höchster von v. Humboldt und Bonpland im Juni 1802 auf dem Chimborasso erstiegene Punkt		18570
Höchster Flug des Condors		19400
Höchstes Menschenwerk (Pyramide von Gizeh)		510

Barometerstand. Die Höhe der Quecksilbersäule, die an der Scala sich zeigt, bezeichnet den Barometerstand. Dieser Barometerstand ist rücksichtlich seiner Höhe für einen bestimmten Ort zuerst abhängig von der Lage des Ortes, von der Höhe über dem Meeresspiegel. Je höher der Ort liegt, um so niedriger wird sein Barometerstand sein. Aber der Barometerstand wird auch noch von andern Einflüssen verändert, wenn auch nicht in so auffallender und bestimmter Weise. Es ist, da die Höhe des Barometerstandes von der Wirkung des Gewichtes der Luftsäule abhängt, die auf die Quecksilbersäule drückt, leicht einzusehen, dass diese Wirkung nicht dieselbe sein wird, wenn eine Luftsäule auf die Quecksilbersäule drückt, die ausser aus Luft noch auch aus einer Säule von Wasserdämpfen besteht. Bringt man an recht heissen schwülen Tagen ein kaltes Gefäss aus dem Keller in die freie Luft, so beschlägt es sogleich mit Wassertropfen. Diese Wassertropfen kommen aus der Atmosphäre, sie sind darin als Wasserdampf enthalten, der in einer gewissen Spannung und mit einem gewissen Gewicht sich dem Druck der Luftsäule beigesellt und denselben vergrössert. An solchen Tagen wird das Barometer einen höhern Stand haben. Wie wir dies Tag um Tag beobachten können, so wechseln theils durch bestimmte regelmässige, theils durch unvorhergesehene tellurische und atmosphärische Umstände die Feuchtigkeitsmengen, die Strömungen und die Wärmeverhältnisse der Atmosphäre beständig an einem Orte. Schnee, Regen, Sonnenschein, Nebel, Gewitter, Sturm und Winde folgen in stets wechselndem Verhältniss auf einander. Dieser Wechselgang bringt denn auch ein stetes, wenn auch wenig auffallendes Schwanken des Barometerstandes an ein und demselben Orte hervor. Vergleicht man nun diese durch Jahre lange Beobachtungen festgestellten Schwankungen und zieht daraus das Mittel, so nennt man diese den mittleren Barometerstand eines Ortes. Die von den wechselnden Veränderungen der Atmosphäre herrührenden, unregelmässigen Veränderungen des Barometerstandes sind am Aequator geringer als in den mittleren Zonen, und hier geringer als an den Polen. In den Aequatorialgegenden betragen sie kaum 2 Linien, in Deutschland in manchen Gegenden 2 Zoll.

Ausser diesen unregelmässigen Veränderungen des Barometerstandes kann man noch stete, regelmässige, tägliche Veränderungen beobachten. Sie haben denselben Ursprung als jene, ihre regelmässige Wiederkehr beruht nur darauf, dass die Erscheinungen der Verdünnung und Verdichtung der Luftsäule, die bei der unregelmässigen durch zufällige Himmelserscheinungen, durch starken Regen, durch heisse Südwinde, durch hohe Temperaturgrade, durch plötzliche, starke Abkühlung etc. erzeugt wird, bei den regelmässigen Veränderungen durch den Wechsel von Tag und Nacht, durch die diesem Wechsel folgende Temperaturerhöhung und Erniedrigung, und die damit verknüpfte Aufnahme und Wiederausscheidung von Wassermengen hervorgebracht wird. Das Barometer erreicht seinen ersten täglichen niedrigsten Stand um 4 Uhr Morgens, den höchsten Stand darauf um 9 Uhr Morgens, den zweitniedrigsten um 4 Uhr Nachmittags und um 11 Uhr des Abends wiederum den höchsten Stand. Dieserhalb wird bei genauen Bestimmungen des Barometerstandes dieser auch täglich viermal abgelesen und verglichen.

Barometer als Wetterprophet. Eine grosse Anzahl von Barometern, welche man im Gebrauche findet, wird weder zur Bestimmung des Luftdruckes, noch zu Höhenmessungen benutzt, sondern sie dienen den Beobachtern als Wetterpropheten. Das Wetter, der tägliche Wechsel der Himmelserscheinungen, die uns umgeben, sind, insofern wir mit unsern Gewohnheiten, auch wohl zum Theil mit unsern gewerblichen Beschäf-

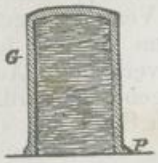
tigungen davon abhängig sind, von jeher sehr umfassend Gegenstand der Vorausbestimmung gewesen. In welcher Weise das Barometer dazu behülflich ist, und weswegen dasselbe in der Hand eines langjährigen Beobachters auch wirklich gute Dienste leistet, ist leicht einzusehen. Ist in recht heissen Tagen die Atmosphäre sehr mit Wasserdämpfen beladen, so steht, wie eben gesagt, das Barometer sehr hoch. Nun beginnt aber, ganz unsichtbar hoch oben durch eine kalte Luftströmung die Abkühlung der Atmosphäre und die Ausscheidung des angehäuften Wasserdampfes. Geschieht dies auch noch so hoch, so wird dadurch immer die auf der Quecksilbersäule lastende Luftsäule in ihrem relativen Gewichte beeinflusst. Die Ausscheidungen hoch oben sind nicht so merklich, als die in den untern Schichten der Atmosphäre; sie werden von den Spaziergängern nicht bemerkt, markiren sich bei genauen Beobachtungen aber doch an dem Stand des Barometers. Nun können diese angezeigten Störungen der Atmosphäre allerdings vorübergehen, ohne eben einen solchen Umfang zu gewinnen, dass sie uns unmittelbar durch Regen, Schnee etc. fühlbar werden oder, wie wir sagen, eine Veränderung des Wetters hervorbringen. Die Ausscheidungen von Wasser z. B. können durch Windströmungen fortgeführt werden, und wir trotz der Veränderung des Barometerstandes doch schönes Wetter behalten. Gewöhnlich ist dies aber nicht der Fall; es giebt ausserdem so viele kleine Merkzeichen, z. B. die Unterschiede des Barometerstandes selbst, die Richtung des Windes etc., welche den Prophezeiungen eines langjährigen Beobachters des Barometers einen nicht geringen Grad von Wahrscheinlichkeit geben.

Von den Windungen des Luftdruckes.

Hat man die Vorstellung von dem mächtigen Einfluss, den der Druck der Luft hervorbringt, so erhält man daraus mit Leichtigkeit die Erkältung sehr vieler sonst unbegreiflicher Erscheinungen. Bedeckt man ein bis an den Rand mit Wasser gefülltes Gefäss G Fig. 102, mit einem Stück Papier P, und giebt demselben, indem man es mit der flachen Hand oder mit der Fläche eines Tellers etc. bedeckt, durch Umkehren die Lage von Fig. 103, so wird, wenn man die unterstützende Hand wegzieht, das Papier

Fig. 102.

Fig. 103.



nicht herabfallen, das Wasser nicht herausfliessen. Die Ursache davon ist der Druck der Luft, welcher das Papier und die darüber befindliche Wassersäule aufhält. Wird das Gefäss bewegt, strömt Luft in dasselbe, oder ist in demselben schon Luft enthalten, so wird das Wasser herausfliessen, denn es wird der Druck der in dem Glase dann befindlichen Luft dem Drucke der äussern Luft das Gleichgewicht halten, und das Wasser vermöge seiner Schwere herausfliessen.

Bringt man das mit Wasser bis an den Rand gefüllte und mit der Hand bedeckte Gefäss G Fig. 104, unter die Oberfläche von Wasser W in der Schaale S, und entfernt dann die Hand, so wird das Wasser in dem Gefässe gleichfalls nicht herabfallen, sondern auch wenn das Gefäss 32 Fuss hoch ist, in dem Gefäss stehen bleiben. Ist das Gefäss höher als 32 Fuss, so würde das Wasser auf 32 Fuss herabfallen. Die Ursache ist der Druck der Luft, welcher der Wassersäule das Gleichgewicht hält.

Fig. 104.

Jedermann kennt die Einrichtung, die dazu dient, die Flamme der Oellampen zu unterhalten, die sogenannten Oelkasten Fig. 105. 106. 107. Dieselben bestehen erstens aus einem blechernen Cylinder Cy Fig. 105, dessen

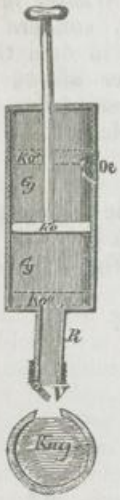
Fig. 105. Fig. 106. Fig. 107.

Oeffnung Oe durch ein Klappenventil geschlossen ist, wenn der Cylinder mit Oel gefüllt ist, wie in Fig. 105. Wird das Ventil in die Höhe gestossen, so fliesst Oel heraus, wie in Fig. 106. Durch das Hineinsenken des Cylinders in den Kasten K Fig. 107, wird das Ventil aufgestossen, das Oel entleert sich aus dem Cylinder in den Kasten und zwar so lange, bis das Oel in dem Kasten die Oeffnung Oe des Cylinders erreicht und geschlossen hat. Jetzt fliesst kein Oel mehr heraus, dem steht der Druck der äusseren Luft entgegen. Erst wenn das in den Kasten getretene Oel verbrannt ist, wenn an Stelle des Oeles Luft an der Oeffnung Oe sich befindet und neben dem Ventile in den obern Theil des Cylinders Cy steigen kann, fliesst so viel Oel aus dem Cylinder Cy in den Kasten Ka, als Luft aus dem Kasten Ka in den Cylinder Cy hinaufsteigt.

Bewegende Wirkung des Luftdruckes. Die Erscheinungen der durch den Luftdruck hervorgebrachten Bewegung sind sehr zahlreich. Die Bewegung selbst wird hervorgebracht entweder dadurch, dass man die Luft verdichtet, sie in einem Raume quantitativ vermehrt, wobei sie durch den vergrösserten Druck bewegend wirkt, wie z. B. bei der Windbüchse, dem Blaserohr etc., oder dadurch, dass man in einem Raume die Luft verdünnt und damit die äussere Luft, welche danach strebt, mit der im Raume verdünnten ins Gleichgewicht zu kommen, und welche daher auf die Wände des Raumes drückt, als bewegende Kraft benutzt, wie z. B. bei dem Athmen und Saugen durch die Erweiterung des Brustkastens etc. In manchen Fällen vereinigt man beide bewegende Kräfte. Bevor wir indess die einzelnen Erscheinungen selbst erörtern, möchten zwei Instrumente, welche die beiderseitigen bewegenden Kräfte des Luftdruckes veranschaulichen und ausführen, kennen zu lernen sein. Diese beiden Instrumente sind die Compressionspumpe und die Luftpumpe.

Compressionspumpe.

Fig. 108.



Die Compressionspummpe besteht aus einem hohlen, ebenen, metallenen Cylinder Cy Fig. 108, der bei Oe eine Oeffnung hat und in ein metallnes, mit einem nach aussen sich öffnenden Klappenventil V verschliessbares Rohr R übergeht. In dem Cylinder Cy bewegt sich luftdicht ein Kolben KO. Die Compressionspumpe hat den Zweck, die Luft in einem Raume zu verdichten. Soll dies nun z. B. in der hohlen Kugel Kug. geschehen, so wird diese luftdicht an das Rohr R geschraubt. Darauf wird der Kolben Ko nach dem Rohre R zu herabgedrückt. Die in dem unteren Raume des Cylinders Cy befindliche Luft wird verdichtet, und da sich hierdurch das Ventil V öffnet, in die Kugel getrieben. Befindet sich der Kolben an der Mündung des Rohres R in der Lage Ko'' und wird er dann hinaufgezogen, so wird die Luft in dem Rohre und dem an das Rohr grenzenden unteren Theile des Cylinders Cy verdünnt. Die in der Kugel verdichtete Luft strebt danach, sich mit der verdünnten im Cylinder ins Gleichgewicht zu setzen. Auf dem Wege nach dem Cylinder, bei dem Versuch, in das Rohr zu strömen, schliesst die Luft aber das Ventil und wird dadurch in der Kugel zurückgehalten. Der Kolben Ko wird aber in dem Cylinder immer höher gehoben und die Luft dadurch in dem Cylinder immer verdünnter. Tritt der Kolben über die Oeffnung Oe, befindet er sich in der Lage Ko', macht er dadurch die Verbindung der verdünnten Luft im Cylinder mit der unverdünnten äussern Luft möglich, so strömt diese mit Macht in den Cylinder und setzt sich mit jener ins Gleichgewicht. Nun wird der Kolben wieder herabgedrückt, aus der Lage Ko' in die Lage Ko'' gebracht. Es wird dadurch der Vorgang erneuert. Alle in dem Cylinder befindliche Luft wird in das Rohr und die Kugel gepresst. Dann wird durch das Heraufziehen des Kolbens neuerdings die Luft in dem Cylinder verdünnt, die verdichtete Luft in der Kugel abermals durch den Schluss in den Ventilen zurückgehalten und von Neuem strömt, wenn der Kolben sich in der Lage Ko' befindet, äussere Luft in den Cylinder, die dann wieder in die Kugel gepresst und so comprimirt wird. Das Instrument nennt man hiernach Compressionspumpe.

Sind in der Kugel Vorrichtungen angebracht, die auch nach dem Abschrauben derselben von dem Rohre die verdichtete Luft in der Kugel zurückhalten, so besitzt man dadurch ein Mittel, die Kugel zu einem Vorrathsbehältnisse von comprimirter Luft zu schaffen. Dies wendet man bei der Windbüchse an. Die bewegende Kraft bei der Windbüchse ist daher die verdichtete Luft. Durch ein Ventil, welches sich durch Druck einen Moment öffnet, strömt ein gewisser kleiner Theil der comprimirten Luft in den Lauf der Windbüchse und treibt die Kugel aus dem Rohre. Auch zur starken Comprimirung von Gasen benutzt man Compressionspumpen.

Manometer.

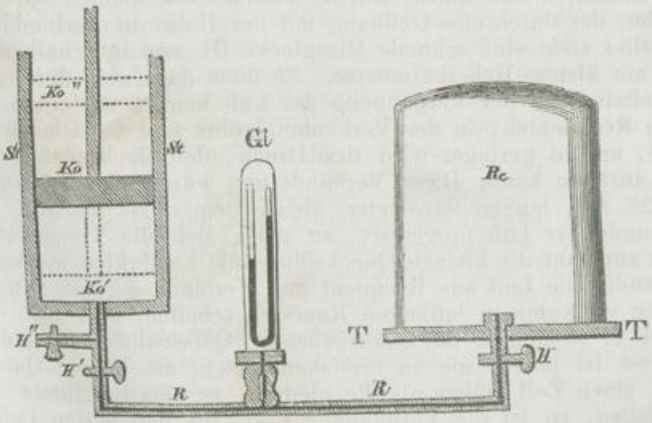
Um die Grade der erzeugten Spannung zu erfahren, hat man bei den Recipienten, in welchen man die Luft verdichtet, und welche nicht immer die Form einer Kugel, sondern auch jede andere Form erhalten und mit der Compressionspumpe in Verbindung gesetzt werden können, einen Druck-

messer, **Manometer**, angebracht. Dieser besteht in einer doppelt gebogenen oder auch einer einfachen geraden Glasröhre, welche mit Quecksilber gefüllt und mit der Compressionspumpe und dem Recipienten im Zusammenhange steht. Je grösser der Druck des in dem Recipienten und der Verbindungsröhre verdichteten Luft wird, um so grösser wirkt dieser Druck auch auf das in der Röhre befindliche Quecksilber, und um so mehr wird das Quecksilber in die Höhe gedrängt. An dem höheren Stande, welchen dieses gegen seinen ursprünglichen Stand einnimmt, kann man die Grösse des Luftdruckes erkennen. Man wendet Manometer sehr häufig an, um den Druck von Wasserdämpfen in den Dampfkesseln der Dampfmaschinen zu bestimmen und construirt dieselben in verschiedener Weise.

Luftpumpe.

Den der Compressionspumpe entgegengesetzten Zweck hat die **Luftpumpe**. Die Luftpumpe Fig. 109 besteht im Wesentlichen aus einem hohlen, sehr genau ebenen und ausgeschliffenen metallenen Cylinder St, gewöhnlich Stiefel genannt. Dieser steht durch ein Rohr R mit dem Teller T in Verbindung. Das Rohr R mündet in der Mitte des Tellers T, einer aus geschliffenem Glase bestehenden, in der Mitte durchbohrten Glasplatte. Auf dem Teller ruht luftdicht ein hohles, gewöhnlich gläsernes Gefäss in Form einer am Grunde genau geschliffenen Glasglocke Rc, die die Bezeichnung Recipient erhalten hat. In dem Stiel befindet sich ein sehr genau schliessender, auf und nieder beweglicher Kolben Ko. Bei H, H′ und H″ sind Hähne angebracht, die den Zweck haben, abwechselnd einerseits die Verbindung mit der äussern Luft, andererseits die Verbindung des Cylinders mit dem Recipienten zu hemmen und zu vermitteln.

Fig. 109.



Der Recipient ist das Gefäss, in welchem die Luft verdünnt werden soll Zu diesem Zweck ist erforderlich, dass dasselbe luftdicht auf den Teller T passt. Man schliesst Hahn H″, öffnet Hahn H″ und drückt den Kolben Ko bis auf den Grund hinunter in die mit Ko′ bezeichnete Lage. Jetzt schliesst man Hahn H′, öffnet Hahn H′ und H und zieht den Kolben Ko in dem Cylinder in die Höhe bis in die Lage K″. Hier-

durch wird in dem Cylinder die Luft verdünnt. Die Luft aus dem Recipienten Rc und dem Verbindungsrohre R strömt in den Cylinder, und wird, indem sie früher nur den Raum des Recipienten und des Verbindungsrohres, jetzt aber den Recipienten, das Verbindungsrohr und den Cylinder St ausfüllt, verdünnter, als sie es früher war. In diesem Zustande wird Hahn H′ geschlossen, Recipient und Verbindungsrohr von der Verbindung mit dem Cylinder abgeschlossen. Darauf wird Hahn H″ geöffnet, der Cylinder St mit der äusseren Luft in Verbindung gesetzt, und der Kolben in die Lage Ko′ gedrückt. Darauf wird Hahn H″ geschlossen und damit die Verbindung zwischen dem Cylinder und der äusseren Luft aufgehoben. Der Hahn H′ wird darauf geöffnet und der Kolben aus der Lage Ko′ in die Lage Ko″ gehoben. Wiederum erfüllt die schon verdünnte Luft der Verbindungsröhre und des Recipienten auch den sich öffnenden Raum des Cylinders und wird dadurch noch verdünnter. Durch das Auf- und Niederbewegen des Kolben wird dieser Vorgang immer von Neuem fortgesetzt und bei jedem Male wird die Luft des Recipienten und der Verbindungsröhre verdünnter. In welchem Verhältniss diess geschieht, sieht man aus folgenden Zahlen. Es betragen der Inhalt des Recipienten und der Verbindungsröhre 1 Kubikfuss, der Inhalt des Cylinders aber 4 Kubikfuss. Durch ein einmaliges Auf- und Niederbewegen des Kolben nimmt daher die Luft, die zuvor den Raum von 1 Kubikfuss und dann den Raum von 5 Kubikfuss ausfüllt, einen fünfmaligen Verdünnungsgrad an, ihre Dichte ist $^1/_5$ ihrer ursprünglichen. Diese Verdünnung wächst progressiv. Bei dem ersten Auf- und Niedergang beträgt sie $^1/_5$, bei dem zweiten $^1/_{25}$, bei dem dritten $^1/_{125}$ u. s. w. Diese Zunahme ist thatsächlich nicht ganz so vorhanden. Es ist nämlich bei der Construction der Pumpe nicht zu vermeiden, dass nicht in dem Verbindungsrohre zwischen den beiden Hähnen H″ und H′ ein kleiner Raum bliebe. Dieser sogenannte schädliche Raum füllt sich, weil er bei der Oeffnung des Hahnes H″ immer mit der äusseren Luft in Verbindung gesetzt wird, mit unverdünnter äusserer Luft, und es mischt sich diese der verdünnten Luft hinzu. Auf der Mitte der Verbindungsröhre steht ein kleiner Teller, der durch eine Oeffnung mit der Röhre in Verbindung steht, auf dem Teller steht eine schmale Glasglocke Gl und innerhalb dieser befindet sich ein kleines Heberbarometer. Es dient dazu, den durch die Luftpumpe erzielten Grad der Verdünnung der Luft kennen zu lernen. Jemehr die Luft im Recipienten, in der Verbindungsröhre und der Glasglocke verdünnt wird, um so geringer wird der Druck, den die Luftsäule auf das Barometer ausüben kann. Diese Verminderung würde sich bei einem vollständigen 28 Zoll langen Barometer gleich bemerkbar machen. Wächst die Verdünnung der Luft progressiv, so muss sich die Verminderung des Luftdruckes auch auf die kleinste Quecksilbersäule bemerkbar machen. Wäre man im Stande, die Luft aus Recipient und Verbindungsröhre ganz zu entfernen, einen vollkommen luftleeren Raum zu schaffen, wäre also der Luftdruck gleich 0, so müsste das Quecksilber der Quecksilbersäule ganz herabsinken. Diess ist indess nie zu erreichen. Steht die höhere Quecksilbersäule noch einen Zoll höher als die niedere, ist das Barometer also um 27 Zoll gefallen, so ist die Verdünnung $^1/_{28}$. Mit den besten Luftpumpen kann man aber diese Verdünnung nicht über $^1/_{300}$ bringen.

Statt der Hähne H′ und H″ hat man auch einen doppelt durchbohrten, den sogenannten Senguerd'schen Hahn, der die Bestimmung beider erfüllt. Auch hat man statt der Hähne Ventile und unterscheidet so Ventil- und Hahn-Luftpumpen.

Kein anderes physikalisches Instrument hat so grosses Aufsehen erregt, und dem Erfinder so grosse Anerkennung verschafft, als die Luft-

pumpe. Otto v. Guericke, einer der tüchtigsten Physiker des 17. Jahrhunderts, Rathsherr, dann Bürgermeister von Magdeburg, war der Erfinder der Luftpumpe. Auf dem Reichstage zu Regensburg vor Kaiser und Reich machte er seine ersten öffentlichen Versuche. Alles staunte ob der neuen ungeahnten nicht bemerkbaren Macht. Er leerte die Luft aus zwei genau auf einander passenden Halbkugeln aus Metall, die hiernach auch den Namen: Magdeburger Halbkugeln haben. Der Vorgang ihrer Entleerung ist genau der des Recipienten Rc in der Fig. 109. Vermittelst des Hahnes H wird die eine Hälfte der Halbkugel auf die Oeffnung des Tellers geschraubt, und die andere Hälfte so fest wie möglich darauf gerieben und dann die Luft in ihnen verdünnt. Die Wirkung steht im Einklang mit dem Durchmesser der Kugeln und dem Grade der Verdünnung der Luft in denselben. Gesetzt, es betrage der Raum, auf den die Luft zu drücken vermag, nur 1 rheinl. Quadratzoll, und der innere Raum wäre luftleer gepumpt, so beträgt der Druck, der überwunden werden muss, um die Kugel von einander zu reissen, 15,1 Pfund. Otto v. Guericke wendete bei seinem Versuche Halbkugeln an, die einen Durchmesser von einer Elle besassen. 24 Pferde, die daran gespannt wurden, konnten dieselben nicht auseinander ziehen.

Fig. 110.

Nach Otto v. Guericke beschäftigte sich Boyle sehr angelegentlich mit der Luftpumpe und entdeckte dabei auch das später nach Mariotte benannte Gesetz. Die Luftpumpe ist später sehr vielfach verbessert worden, und dient gegenwärtig dazu, um die Wirkungen des Luftdruckes, die Gesetze der Elasticität der Luft und der Schwerkraft ausserordentlich anschaulich und lehrreich zu machen.

Einer der in die Augen fallendsten Versuche ist der mit den Magdeburger Halbkugeln.

Bringt man Thiere unter den Recipienten der Luftpumpe, und verdünnt die Luft darunter, so würden sie sterben, wenn man so grausam wäre, die Luftentziehung so weit zu treiben. Brennende Lichter erlöschen unter dem Recipienten. Bringt man in dem Recipienten eine Vorrichtung an, vermöge deren man innerhalb des Recipienten Körper herabfallen lassen kann, so fallen in dem luftleeren Raume des Recipienten ein Geldstück und ein Stück Papier gleich rasch.

Wird eine Blase luftdicht über einen auf der Mündung der Verbindungsröhre geschraubten Ring gespannt, und die Luft ausgepumpt, so wird sie mit einem Knall zersprengt. Andererseits dehnt sich die Luft in einer schlaffen fest zugebundenen Blase aus, wenn man sie unter den Recipienten bringt.

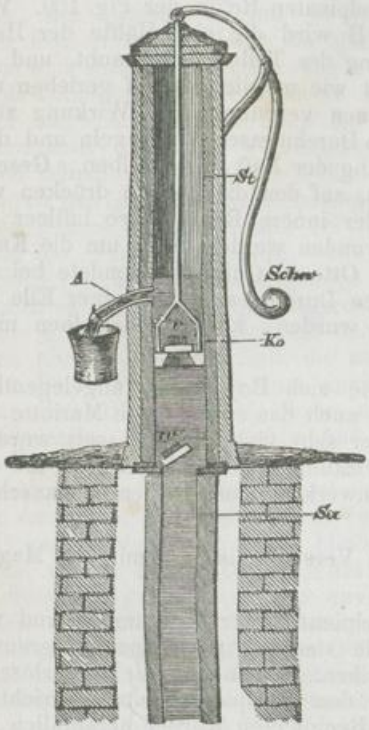
In der Chemie wird die Luftpumpe zum Abdampfen von Flüssigkeiten benutzt, die sich an der atmosphärischen Luft verändern. Die Abdampfung geschieht dann unter dem Recipienten.

Saugpumpe.

Eine grosse Anzahl von Erscheinungen erhalten ihre Erklärungen nach Analogie der bei der Compressionspumpe und Luftpumpe wahrgenommenen Erscheinungen durch die vorausgegangene Verdichtung und Verdünnung der Luft. Unser Athmen, Saugen, Husten, Niesen etc. etc. sind Verrichtungen, die wir nur durch abwechselnde Verdünnung und Verdich-

tung der Luft vermögen. Die gewöhnliche, Jedem bekannten Handspritze oder Wasserspritze ist ein Instrument, dessen Wirksamkeit beim Einziehen des Wassers auf einer Verdünnung der Luft durch das Aufziehen des Kolbens in dem Rohre beruht.

Fig. 111.



Die häufigste Anwendung findet die Luftverdünnung durch die Saugpumpen, vermöge deren wir das in der Tiefe der Brunnen angesammelte Wasser auf die Oberfläche heben. Von der Saugpumpe, oder wie sie gewöhnlich nur benannt wird, Pumpe, sieht man nur einen kleineren, oberhalb befindlichen Theil, das Steigrohr St. Fig. 111, in welchem der Kolben Ko durch den Schwengel Schw. auf und nieder beweglich ist. Der längere untere Theil, das eigentliche Saugrohr Sa, reicht in den Brunnen hinein bis in den eigentlichen Wasserbehälter, der gewöhnlich aus einer in ihren Seitenwänden gemauerten Cysterne besteht.

Wird der Kolben Ko gehoben, so entsteht unter demselben ein luftverdünnter Raum, das Ventil V schliesst sich, Ventil W öffnet sich, Wasser aber steigt an Stelle der verdünnten Luft aus dem Saugrohr Sa in das Steigrohr St. Wird nun der Kolben Ko niedergedrückt, so schliesst sich Ventil W, während sich Ventil V öffnet, wodurch das Wasser über den Kolben Ko steigt und durch das darauf folgende Hinaufbewegen des Kolbens in das Ausflussrohr A gelangt.

Eine derartige Saugpumpe war es, bei welcher Galilei das vergebliche Bemühen eines Florentiner Gärtner, Wasser höher als 32 Fuss zu heben beobachtete. Die Ursache davon ist gegenwärtig leicht einzusehen. Die gesammte Wassersäule in dem Saug- und Steigrohr zusammen genommen wird erzeugt durch die Luftverdünnung des aufsteigengenden Kolbens und durch den dadurch erzeugten Druck der äussern Luft. Daher wird auch, ebenso wie im Barometer die Quecksilbersäule, hier die gesammte Wassersäule durch den Druck getragen, den die Luftsäule von der Höhe der ganzen Atmosphäre ausübt. Dieser Druck ist so stark, dass er einer Quecksilbersäule von 28 Zoll und einer Wassersäule von 32 Fuss das Gleichgewicht hält. Praktisch lässt sich die Höhe einer Wassersäule von 32 Fuss nicht erreichen, man ist vielmehr der nicht zu vermeidenden Unvollkommenheit der Construction wegen nur im Stande durch Saugvorrichtungen Wasser 30 Fuss hoch zu heben. Aus bedeutenden Tiefen, z. B. das Grubenwasser der Schachte und die Salzsoolen hebt man darum auch nicht durch blosse Saugpumpen, sondern durch combinirte Saug- und Druckpumpen-Systeme, oder durch Dampfmaschinen.

Fig. 112.

Der Stechheber Fig. 112 stellt ein nach oben bauchig aufgeblasenes, röhrenförmiges Gefäss vor, welches an der Mündung wiederum eng zusammen läuft. Gewöhnlich ist er aus Glas. Taucht man den Heber in eine Flüssigkeit, so füllt er sich bis zu der Höhe des Niveaus dieser. Schliesst man darauf die obere Oeffnung genau mit dem Daumen, und hebt den Heber in die Höhe, so wird die Flüssigkeit aus der unteren Oeffnung des Gefässes nicht herausfliessen, weil jene durch den Druck der äusseren Luft getragen wird. Zieht man den Daumen weg, so wird das Gleichgewicht des Luftdruckes zwischen der inneren und äusseren Luft hergestellt und die Flüssigkeit folgt dem Gesetz der Schwere und fliesst aus.

Fig. 113.

Fig. 114.

Verdünnt man durch Saugen in dem Stechheber die Luft, so steigt die Flüssigkeit weit über ihr Niveau in die Röhre Fig. 113. Ist man darin geübt, und besitzt man einen starken Brustkasten, so kann man den Heber bis an die Mündung füllen.

Pipette. Ein in der practischen Chemie vielfach in Gebrauch kommendes Instrument ist die Pipette Fig. 114. Es ist eine nach unten sehr spitz zulaufende Röhre, die nach Oben halbkugelförmig aufgeblasen, und deren obere offene Mündung mit einer starken Platte von Cautschouc luftdicht geschlossen ist. Drückt man mit dem Daumen die Cautschoucplatte in die Mündung der Pipette hinein, steckt die Spitze derselben unter das Niveau einer Flüssigkeit, und entfernt dann den Daumen, so wird durch das Zurückkehren der Cautschoucplatte in ihre vorige Gestalt, wozu sie durch die Elastizität veranlasst wird, in der Pipette ein luftverdünnter Raum erzeugt. Demzufolge drückt die äussere Luft auf die Flüssigkeit und

drängt diese in die Pipette hinein. Hebt man die Pipette dann aus der Flüssigkeit heraus, so fliesst die aufgestiegene Flüssigkeit nicht heraus, weil sie durch die äussere Luft getragen wird. Will man die aufgehobene Flüssigkeit aus der Pipette entleeren, so muss man von Neuem auf die Cautschoucplatte einen Druck üben. Dadurch wird die in der Pipette über der Flüssigkeit befindliche Luft verdichtet und die Flüssigkeit herausgedrängt. Die Pipette gebraucht man, um von zwei über oder unter einander befindlichen Flüssigkeiten willkürlich die eine oder die andere aufzunehmen, z. B. Brom, das unter Wasser aufbewahrt wird.

Heber.

Der Heber ist eine in einem spitzen Winkel gebogene, gewöhnlich aber blos gekümmte, zumeist gläserne Röhre Fig. 115. Man hat auch Heber

Fig. 115.

von Eisen- oder Messingblech, neuerdings sehr practische aus Gutta percha. Die Schenkel des Hebers haben ungleiche Länge. Taucht der kürzere Schenkel in eine Flüssigkeit und füllt man durch Saugen an der Mündung des längeren Schenkels den Heber ganz, oder bringt man den gefüllten Heber, mit geschlossener Oeffnung vermittelst des kürzeren Schenkels unter das Niveau der Flüssigkeit, so dass der kürzere Schenkel höher steht als der längere, so fliesst die Flüssigkeit in einem fortdauernden Strahl aus der Mündung des längeren Schenkels.

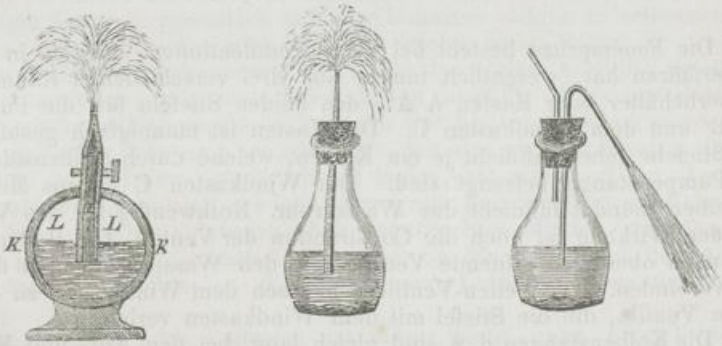
Die Erklärung ist sehr einfach. Man darf sich nur die Flüssigkeit, die hier bewegt wird, vorstellen. Die Schwere der Flüssigkeit nöthigt in beiden Schenkeln die Flüssigkeitssäule herab nach dem Boden zu fliessen. Dieser Wirkung der Schwere, dem Herabfliessen der Füssigkeit wirkt auf beiden Seiten der Druck der Luft entgegen. Der Luftdruck selbst ist auf beiden Seiten gleich. Wären daher die Flüssigkeitssäulen gleich hoch, und auch gleich schwer, so würden beide Flüssigkeitssäulen im Gleichgewicht sein. Dies ist aber hier nicht der Fall.

Die Mündung des längeren Schenkels liegt viel tiefer als die Mündung des kürzeren Schenkels. Die Wirkung ein und desselben Luftdruckes muss daher auf die kürzere leichtere Flüssigkeitssäule stärker sein, als auf die längere schwerere Flüssigkeitssäule und daher ein verschiedenes Ergebniss hervorbringen. Die grössere Flüssigkeitssäule erhält das Uebergewicht. Die Flüssigkeit bewegt sich daher in der Richtung nach der Mündung dieser. In dem Maasse, als sie hier herausfliesst, wird durch den fortwirkenden Luftdruck Flüssigkeit in den kürzeren Schenkel gedrängt, so dass das Ausfliessen nicht eher aufhören hann, bis der Spiegel der Flüssigkeit in dem Fasse mit der Mündung des längeren Schenkels in demselben Niveau steht.

Heronsball.

Verdichtet man in einer hohlen, halb mit Wasser gefüllten, metallenen Kugel, die über dem Wasser befindliche Luft L, vermittelst einer

Fig. 116. Fig. 117. Fig. 118.

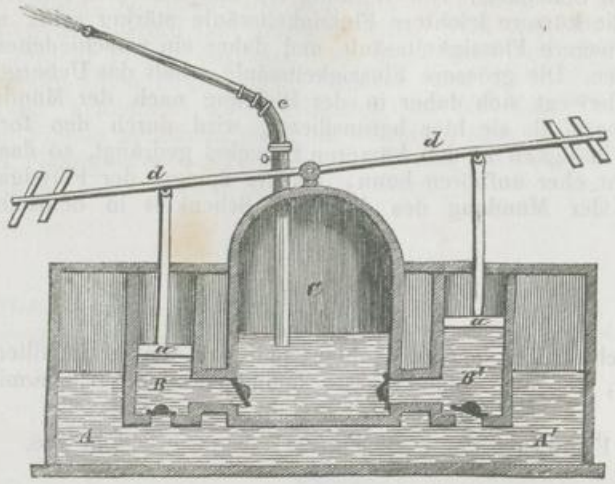


Compressionspumpe, so wird durch den Druck der sich ausdehnenden Luft das Wasser in der Röhre R und aus dieser durch die feine Spitze herausgetrieben. Man nennt dies Instrument den Heronsball. Auf dieselbe Weise wird durch die Lungen die Luft über dem Wasser in den Spritzflaschen Fig. 117, 118 verdichtet, und durch die Verdichtung der Luft das Wasser in den in dasselbe hineinreichenden Röhren herauf und durch die feine Mündung desselben herausgetrieben.

Feuerspritze.

Im Grossen findet der Heronsball Anwendung bei der Feuerspritze.

Fig. 119.



Die Feuerspritze besteht bei allen Modificationen, die sie in neuerer Zeit erfahren hat, wesentlich immer aus drei verschiedenen Räumen dem Wasserbehälter oder Kasten A A', den beiden Stiefeln für die Pumpen B und B' und dem Windkasten C. Der Kasten ist mannigfach gestaltet. In den Stiefeln gehen luftdicht je ein Kolben, welche durch Kolbenstangen an der Pumpenstange befestigt sind. Der Windkasten C ist aus Metall. In denselben mündet luftdicht das Wasserrohr. Nothwendig für das Verständniss der Wirkung ist noch die Construction der Ventile. Die Boden-Ventile sind nach oben sich öffnende Ventile, die den Wasserkasten mit den Stiefeln verbinden. Die Seiten-Ventile sind nach dem Windkasten zu sich öffnende Ventile, die die Stiefel mit dem Windkasten verbinden.

Die Kolbenstangen d, a sind gleich lang, bei dem Auf- und Niederbewegen der Pumpenstangen muss daher immer ein Kolben in die Höhe gezogen werden, während der andere herabgedrückt wird. Wird der Kolben a heraufgezogen, so wird der Raum in dem Stiefel B verdünnt. Die Luft in dem Windkessel drückt das Seiten-Ventil zu, die äussere, nach dem Wasserkasten Zutritt habende Luft drückt von aus auf das Wasser, dadurch öffnet sich das Boden-Ventil und das Wasser tritt in den Raum des Stiefels B und füllt diesen aus. Wird der Kolben niedergedrückt, so wird das Boden-Ventil dadurch geschlossen, der herabgehende Druck dauert aber fort und unter seinem Einfluss wird das Seiten-Ventil geöffnet und das in dem Stiefel B befindliche Wasser wird in den Windkessel C gedrückt. Ganz derselbe Vorgang geschieht durch das Auf- und Niedergehen des andern Kolbens in dem Stiefel B'. So wird abwechselnd aus dem einen und dem andern Stiefel Wasser in den Windkessel getrieben. Dieser war ursprünglich nur mit Luft gefüllt. In dem Verhältniss, als Wasser hinein tritt, wird die Luft comprimirt, denn durch den geschlossenen Hahn wird sie gehindert, zu entweichen. Allmählig erreicht das Niveau des in den Windkasten getretenen Wassers die Mündung des Wasserrohres e. Dadurch ist die in dem Windkasten befindliche und verdichtete Luft von der Verbindung mit der äussern Luft abgeschlossen. Mit jedem neuen Hinabgehen der Kolben wird aber immer von Neuem Wasser in den Windkasten gedrängt,

die Luft in C also immer mehr zusammengedrückt. Wird nun der Hahn geöffnet, so erhält die verdichtete Luft damit Gelegenheit, ihrem Drange sich auszudehnen, zu folgen. Sie selbst kann zwar nicht durch die Oeffnung in das Wasserrohr treten, aber die verdichtete Luft drängt das Wasser des Windkastens in das Wasserrohr und treibt es im Verhältniss ihrer Verdichtung im mächtigen Strahle zur Mündung heraus

Luftballon.

Hängt man eine zugeschnürte schlaffe Schweinsblase in die Nähe des Ofens, so dehnt sich die Luft aus, die Blase nimmt an Volumen zu. Die Blase enthält aber dieserhalb nicht mehr Luft, sondern es ist dieselbe Menge Luft, die sich ausgedehnt und dadurch ein grösseres Volumen angenommen hat. So haben wir dieselben Massentheile mit verschiedenem Volumen. Es ist sehr natürlich, dass, wenn man gleiche Raumtheile z. B. ein Kubikzoll von der kalten und dichten, und 1 Kubikzoll von der warmen und dünnen Luft wiegen würde, der Kubikzoll der verdünnten Luft weniger wiegen würde, wie der Kubikzoll der dichteren Luft. Wie nun bei den flüssigen Körpern ein specifisch schwererer Körper untersinkt, ein specifisch leichterer in die Höhe steigt, so ist es auch bei den luftförmigen Körpern. Specifisch leichtere Luftarten steigen in schwereren in die Höhe, specifisch schwerere sinken in leichteren zu Boden.

Man kann eine schwerere Luftart, die das Gefäss ausfüllt, in ein anderes Gefäss füllen, wie man Flüssigkeiten ausfüllt. Nur muss dies sehr rasch geschehen. Die specifische Schwere der Kohlensäure, vermöge deren sie sich in tiefen Brunnen, trotzdem sie mit der atmosphärischen Luft in Verbindung ist, auf dem Grunde dieser lagert, hat schon oft den Tod von Brunnenmachern nach sich gezogen. Erwärmte Luft steigt in die Höhe. Am Ofen treibt sie die als Spielwerk oben angebrachten Mühlen. Am Aequator steigt sie in die Höhe, die kalte Luft strömt von den Polen nach den Aequatorialgegenden und bildet so die permanenten Luftströmungen der Passatwinde.

Die Lagerung der Luftarten ist indess nicht ganz dem Verhalten tropfbarer Flüssigkeiten gleich, d. h. nicht allein dem Gesetze der Schwere folgend. Die Luftarten durchdringen einander und vermischen sich mit einander auch gegen das Gesetz der Schwere. Befindet sich in einem offenen Behältniss eine schwerere Luftart als atmosphärische Luft, so dauert es nicht lange bis die atmosphärische Luft sich mit dem Gase gemischt hat. Dieserhalb findet man auch z. B. die schwere Kohlensäure der atmosphärischen Luft in den höchsten Gegenden beigemischt, und Sauerstoff und Stickstoff, obwohl ihrem specifischen Gewichte nach ungleich, finden sich doch in der Atmosphäre überall, wo man diese bisher untersucht hat, in demselben Verhältniss gemischt. Man nennt dies die Durchdringung oder Diffusion der Gase.

Schliesst man aber eine Luftart von dieser Durchdringung dadurch ab, dass man sie in einen luftdichten Raum schliesst, so folgt sie in diesem luftgefüllten Raum dann nur dem Gesetz der Schwere. Hat man also einen solchen abgeschlossenenen Luftraum, der leichter ist als ein gleiches Volumen der ihn umgebenden Atmosphäre, so wird er, eben so wie ein Tropfen Oel im Wasser, in die Höhe steigen. Die Gebrüder Mongolfier, Papierfabrikanten zu Annonay, kamen bei Versuchen, künstliche Wolken zu bilden, auf jene Idee, die dem Luftballon zu Grunde liegt. Am 5. Juni 1783 liessen sie den ersten aus Leinwand gefertigten und mit Papier überzogenen Luftballon von

35 Par. Fuss Durchmesser, den sie mit durch Verbrennen von Stroh und Watte erhitzter Luft gefüllt hatten, steigen. Einen zweiten liess Stephan Montgolfier zu Versailles steigen. Nach ihnen hat man die mit erwärmter Luft gefüllten Luftballons Montgolfieren genannt. Weil die Versuche, sie zu füllen, sehr oft dadurch missglückten, dass die Wände Feuer fingen, hat man diese Art der Füllung ganz aufgegeben.

Professor Charles in Paris füllte im August 1783 den ersten Luftballon mit Wasserstoffgas. Er erreichte eine Höhe von 3020 Fuss und fiel nach $^3/_4$ Stunden zerplatz herunter. Nach Charles nannte man die mit Wasserstoff gefüllten Luftballons Charlieren.

Wasserstoff ist 13mal leichter als atmosphärische Luft, es ist der leichteste Körper. Kein anderer eignet sich also besser zur Füllung der Luftballons. Je mehr das Gewicht des in gefirnisster Leinwand oder Seide eingeschlossenen Volumens Wasserstoff, sammt dem Gewichte der Leinwand oder Seide das Gewicht eines gleichen Volumen atmosphärischer Luft übertrifft, um so grösser ist die Steigkraft des Ballons. Aus Goldschlägerhäutchen oder sehr ausgedehnten Cautschouc lassen sich Luftballons anfertigen, die schon bei wenigen Zollen Durchmesser steigen. Würden die dazu gebrauchten Goldschlägerhäutchen z. B. 36 Gr., die eingeschlossenen (226) Kubikzoll Wasserstoffgas, wenn sie vollkommen rein und trocken sind, 5 Gran wiegen (in Wirklichkeit wiegen sie immer mehr), so wäre der Luftballon im Ganzen also 41 Gran schwer. Die verdrängten 226 Kubikzoll atmosphärischer Luft wiegen aber 67 Gran, folglich würde sich ein solcher Luftballon mit einer Steigkraft von 26 Gran erheben. Je grösser der Ballon wird, je mehr sich das leichtere Füllmittel im Verhältniss zu der Hülle mehrt, jemehr verschwindet das Gewicht dieser gegen das Gewicht des Gases, und um so grösser wird daher auch die Steigkraft. Man hat neuerdings Ballons bis zu 30 Fuss Durchmesser construirt. Ein Ballon von 20 Fuss Durchmesser fasst 4150 Kubibikfuss Wasserstoffgas und trägt ausser sich selbst noch mindestens 3000 Pfund.

Das zur Füllung erforderliche Wasserstoffgas erzeugt man aus Wasser, Schwefelsäure und Zink. Auch Kohlenwasserstoffgas benutzt man zur Füllung von Luftballons.

Die Construction eines Luftballons ist folgende: Mit dem Gase wird der Ballon B gefüllt und fest verschlossen. Das Material ist Leinwand oder Seide mit starken Schnüren übersponnen. An einem über den Ballon geworfenen Netz von starken Stricken hängt die Gondel G. Von dieser aus geht ein Seil nach der Spitze des Ballons und öffnet und schliesst nach Belieben eine dort befindliche Klappe behufs des Herauslassens des Gases. Das langsame Steigen vom Boden auf wird dadurch regulirt, dass man Ballast in die Gondel nimmt und diesen langsam auswirft und den Ballon dadurch immer leichter macht.

Fig. 120.

Der Luftballon wird so lange ohne praktischen Nutzen bleiben, so lange man, wie bis jetzt, ausser Stande ist, ihn horizontal zu lenken. Der Luftballon ist auf seiner Reise durch die Luft ganz von der Richtung der ihn erfassenden Luftströmung abhängig und eine solche Reise immer eine gefährliche Expedition. Es ist aber auch ein Zeugniss für die Kühnheit des Menschengeistes. Im Jahre 1782 unternahmen Pilatre de Rozier und

der Marquis d'Arlandes die erste Luftreise in einer Montgolfiere, darauf Charles mit Robert in einer Charliere. Seitdem sind sehr zahlreiche Luftfahrten unternommen worden. Es hat sich die schreckliche Gefahr der Luftschiffer durch wiederholte und beklagenswerthe Unglücksfälle bestätigt. Ausser de Rozier und Graf Zambeccari haben mehr als 10 Luftschiffer ihren Tod durch Herabstürzen oder Entzünden des Ballon gefunden.

Zweier Luftschifffahrten muss indess noch besonders gedacht werden, weil sie nur im Interesse der Wissenschaft unternommen worden sind und auch der Wissenschaft reichlich Nutzen gebracht haben. Blanchard, Gernerin, Robertson, Biot und Gay-Lussac unternahmen im August 1804 gemeinschaftlich eine Luftreise. Gay-Lussac darauf im September desselben Jahres allein eine zweite, in welcher er 22000 Fuss hoch stieg und damit, glücklicher als Daedalus, den höchsten Punkt erreichte, den je einer der Sterblichen erreicht hat.

Von dem Schall.

Steht man auf hohen Bergen oder im Wald oder Feld getrennt von dem Lärm der Städte und des gewerblichen Lebens allein und still in der lautlosen Natur, so wendet man sich bei dem kleinsten Geräusch plötzlich um, man hat etwas gehört.

Die Ursache der Wahrnehmung durch das Ohr bezeichnet man im Allgemeinen durch den Begriff Schall.

Da diese Ursachen ausserordentlich zahlreich sind, und die Wiedergabe der Wahrnehmung eben nur durch subjective Bezeichnungen möglich ist, so sind die Bezeichnungen für die verschiedenen Modificationen des Schalles in allen Sprachen ausserordentlich zahlreich. Klingen, Klappern, Stöhnen, Brüllen, Pfeiffen, Zischen, Pochen, Rauschen, Rollen, Knallen, Murren und eine Unzahl anderer Bezeichnungen sind dafür geschaffen worden, um die Art der Wahrnehmung, deren wir durch unser Ohr theilhaftig geworden sind, näher anzugeben.

Klang. Frägt man nach dem leitenden Gedanken für diese grosse Menge Bezeichnungen, so erfährt man, dass jeder Mensch bei der Wiedergabe der von ihm gemachten Wahrnehmung durch das Ohr zuerst darnach trachtet, den Schall nach der Mächtigkeit der Empfindung zu bezeichnen. Donnern, Brüllen etc. ist die Bezeichnung für eine viel mächtigere Empfindung als Zirpen, Säuseln etc. Die verschiedene Mächtigkeit oder der verschiedene Klang des Schalles lässt sich inzwischen nicht durch Worte, sondern nur durch die Wahrnehmung selbst wiedergeben.

Ton. Vergleichen wir einen Klang mit einem andern, wollen wir durch diese Vergleichung die Höhe oder Tiefe des Klanges bezeichnen, so gebrauchen wir dafür die Bezeichnung: Ton. Der Ton einer grossen Glocke ist anders als der Ton einer kleinen. Der Ton einer Bassstimme ist anders als der einer Diskantstimme. Jeder Ton daher muss auch zugleich Klang sein. Jeder Klang hat wohl eine bestimmte Tonhöhe, zum Tone wird er aber est, wenn diese seine Tonhöhe mit einer andern verglichen wird. Töne von bestimmter Höhe oder Tiefe nennt man musicalische Töne. Eine dem Ohre angenehme Reihenfolge von Tönen, welche in einer Geschwindigkeit sich folgen, in welcher wir ihrer durch das Ohr noch in klarer Weise theilhaftig werden, nennt man Melodie. Mehrere zu gleicher Zeit vorhandene Töne von einerlei Klang sind ein Accord. Eine Folge verschiedenen Klängen nennt man Harmonie.

Ein Schall, der für unsere Wahrnehmung fast augenblicklich vorüber geht, nennen wir einen Knall, z. B. den Knall eines Gewehres, Peitschenknall, den Knall eines springenden Champagnerkorkes etc. Behält ein Schall weder nach seinem Klang noch in seinem Ton etwas Gleichartiges, oder folgen sich Klänge und Töne in sehr rascher oder für unser Ohr nicht entwirrbarer Folge, so nennen wir das ein Geräusch, z. B. Rollen vieler Wagen, das Geräusch von Werkstätten etc.

Ursachen des Schalles. Bewegt man einen Hammer ganz langsam und vorsichtig nach einem Ambos hin, so wird die Berührung beider vor sich gehen können, ohne dass wir etwas davon durch das Ohr vernehmen. Lassen wir dagegen den Hammer wenn auch nur mit einer ganz geringen Geschwindigkeit auf den Ambos auffallen, so wird dadurch ein Klang erzeugt. Wenn also die Bewegung und Begegnung der Körper die Grundursache des Schalles ist und, abstract genommen, kein Körper sich bewegen kann, ohne nicht einen andern zu begegnen, daher auch jede Bewegung einen Klang erregen müsste, so gehört doch zu der Wahrnehmung dieses Klanges durch unser Gehör noch eine entsprechende Vermittlung. Wähle man statt Hammer und Ambos einen gespannten Metalldraht. Setzt man diesen in Bewegung, so müssten wir die Folge dieser Bewegung und Berührung mit der Luft auch hören. Dies ist aber nickt immer der Fall. Der Metalldraht sei so lang, dass er bewegt 4 mal in einer Sekunde sich hin und her schwinge. Diese Bewegung können wir zählen und dadurch sehen, aber wir hören sie nicht. Verkürzt man den Draht oder vergrössert seine Spannung, so dass er 12 — 16 mal in der Sekunde sich hin und her bewegt, so können wir die Bewegung noch sehen, nicht mehr zählen, aber auch nicht hören. Verkürzen wir den Draht so, dass er nur den vierten Theil seiner ursprünglichen Länge hat und setzen wir ihn in eine Bewegung, die ihn in der Sekunde 64 mal hin und her gehen macht, so sehen wir diese Bewegung nicht mehr, wir können sie auch nicht mehr zählen, aber wir vernehmen die Wirkung dieser Bewegung, die Wirkung der Begegnung des sich bewegenden Drahtes mit der Luft deutlich durch unser Gehör. Daraus geht hervor, dass nicht blos eine Bewegung der Körper und auch nicht blos eine Berührung zweier Körper zur Erzeugung des uns wahrnehmbaren Schalles erforderlich sind, sondern dass auch eine gewisse Geschwindigkeit der Bewegung eine gewisse Heftigkeit der Berührung erforderlich ist, um uns deren Wirkung durch das Ohr zum Bewusstsein zu führen.

Auch hiefür ist die Erklärung nicht fern. Bewegen wir ein Glöckchen unter dem Recipienten einer Luftpumpe, in welchem die Luft noch unverdünnt ist, so werden wir deutlich den Klang desselben vernehmen. Wird die Luft in dem Recipienten verdünnt, so wird der Klang des Glöckleins immer schwächer. In einem sehr verdünnten oder luftleeren Raume sehen wir die Bewegung des Glöckchens, aber wir hören dessen Klang nicht mehr.

Schallleiter. Daraus geht hervor, dass für die Wahrnehmung des Schalles eine Vermittlung zwischen der Begegnung der Körper und unserem Ohre erforderlich ist. Die Körper, die diese Vermittelung übernehmen, heissen Schallleiter. Gewöhnlich ist die Luft der Schallleiter. Aber auch feste Körper: Metalle oder flüssige Körper, Wasser etc. sind Schallleier. Diese Leiter vermitteln den Schall auf verschieden vollständige Art. Woher diese Verschiedenheit kommt, ist leicht einzusehen; in der Luft

verbreitet sich der Schall nach allen Seiten hin, kann also nach keiner Seite so stark sein, wie am Orte der Entstehung. Ausserdem liegt die Ursache in dem Widerstande des Mittels, d. h. in dem Widerstande, den der leitende Körper der Fortpflanzung des Schalles entgegensetzt. Wenn also Luft als Schallleiter zwischen uns und den sich begegnenden Körpern befindlich ist, so setzt auch die Luft dem durch die Bewegung und Begegnung zweier Körper entstandenen Schall einen gewissen Widerstand entgegen. Wir sehen z. B. im Walde die auf- und niederfallende Axt des Holzschlägers, aber wir hören, wenn wir sehr entfernt stehen, keinen Klang. Die Axt bewegt sich dem Holze entgegen, Axt und Holz begegnen sich, es entsteht ein Schall, die Luft um den Ort der Begegnung wird in Bewegung gesetzt, der Schall pflanzt sich fort, aber er wird, je weiter er gelangt, immer schwächer; je weiter der Schall gelangt, um so mehr überwiegt der Widerstand der Luft, und an unserem Standpunkte hat dieser Widerstand der Luft die schallende Wirkung der Berührung von Axt und Holz überwunden. Wäre dies nicht der Fall, so müsste ein Klang, der am Aequator erzeugt wird, noch an den Polen zu hören sein. Nähern wir uns aber dem Holzplatze, so kommen wir allmälig in den Bereich, in welchem der durch die Begegnung von Axt und Holz entstandene Klang den Widerstand der Luft noch überwindet und uns durch das in Bewegung gesetzte Trommelfell unseres Ohres zum Bewusstsein kommt.

Die Erscheinung würde sich wesentlich eben so verhalten, wenn wir statt der Luft einen Metalldraht an den Baum oder die Axt des Holzschlägers befestigten und an unser Ohr leiteten, nur wäre hier die gleichzeitige Mitwirkung der Luft nicht auszuschliessen.

Biot hat in Paris die Leitungsfähigkeit des Wassers für den Schall durch Versuche nachgewiesen, die er mit einem mehr als 3000 Fuss langem Rohre einer Wasserleitung unternahm. Am Ende dieses Rohres hörte man deutlich jedes am Anfang desselben leise gesprochene Wort, ja selbst den Gang einer Taschenuhr. Wenn die Wilden, deren sinnliche Beobachtungsgabe viel ausgebildeter ist als die der civilisirten Nationen, einen sehr fernen Tritt eines Thieres oder eines Menschen vernehmen wollen, so legen sie ihr Ohr an den Erdboden. Hier ist der Erdboden der bessere Schallleiter.

Der Schall aber entsteht in allen Fällen nur dann, wenn die Bewegung und Begegnung zweier Körper hinreichend mächtig war, um den Schallleiter, der zwischen unserem Ohre und dem Orte der Berührung jener Körper sich befindet, in eine unserem Ohre wahrnehmbare Bewegung zu setzen.

Schwingung der Körper. Die zitternde, hin und her gehende Bewegung, in welche elastische Körper durch entsprechende Beeinflussung gerathen, nennt man schwingende Bewegung, und jedes hin und her Bewegen eine Schwingung. Die Zahl der Schwingungen in einer Sekunde heisst die Schwingungszahl.

Schallwellen. Da die Art, in welcher sich die schwingende Bewegung eines Körpers einem andern, mit dem schwingenden in Berührung stehenden Körper mittheilt, der Wellenbewegung eines ruhenden Wasserspiegels vergleichbar ist, in dessen Mitte z. B. ein Stein herabfällt, so hat man jene schwingende Bewegung der Körper auch Wellenbewegung, und jeden Theil derselben, der unserem Ohre den Schall vermittelt, Schallwelle genannt.

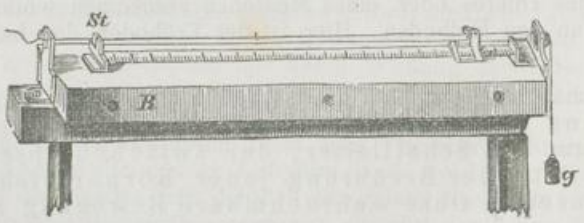
Bildung der Töne. Da der Schall im Allgemeinen durch die Berührung und spätere Schwingung der Körper erzeugt wird, so folgt daraus sehr nahe, dass zur Erzeugung und Fortpflanzung des Schalles Körper erforderlich sind, die der Schwingung fähig sind, d. h. elastische Körper. Die Saiten, Glocken, die Theile der Stimmgabel sind elastische Körper. Diese Körper tönen selbst. In andern Fällen, z. B. bei unserer Sprache oder bei den Blasinstrumenten tönt die Luft, die wir durch unsere Stimmorgane, oder bei dem Blasinsrumente durch die zitternde Bewegung unserer Lippen oder der Klappen des Instrumentes in Bewegung gesetzt haben.

Die Elastizität der Körper ist aber nirgends eine absolut vollkommene. Es schwingt nicht jeder Körper gleich, wenn auch die Macht der Begegnung mit einem andern Körper gleich ist. Um einen Klang hervorzubringen muss ein Körper rasch schwingen, um einen Ton hervorzubringen, muss ein Körper rasch in Schwingungen gebracht werden können, rasch schwingen und die Bewegung gleichmässig fortsetzen, wie z. B. Klaviersaiten, Stimmgabeln, Paukendecken, die atmosphärische Luft, etc.

Höhe und Tiefe der Töne. Lassen wir einen eingespannten Metalldraht 15 — 16 Schwingungen in einer Sekunde machen, so hören wir den Ton. Er ist sehr tief und für musikalische Zwecke noch nicht zu gebrauchen. Bei 32 Schwingungen ist er höher, bei 64 noch höher. Bei 30,000 Schwingungen ist er so schneidend hoch, dass er dann kaum auszuhalten ist. Die Höhe und Tiefe der Töne hängt mithin von der Anzahl der Schwingungen ab, die der schwingende Körper in einem gewissen Zeitraume macht. Je geringer die Anzahl ist um so tiefer, je grösser die Anzahl, um so höher ist der Ton.

Tonverhältnisse. Will man daher die Töne mit einander vergleichen, sie nach ihrer Höhe und Tiefe bestimmen, so hat man nur nöthig, die Schwingungszahlen des tönenden Körpers zu betrachten. Spannt man in Fig. 121 eine Saite auf einen hohlen aus Holz gefertigten Kasten, den Reso-

Fig. 121.



nanzboden R über einen beweglichen Steg St durch ein Gewicht g — das vorliegende Instrument nennt man Monochord — so kann man daran jenen Zusammenhang sehr bestimmt nachweisen. Je länger man die schwingende Saite macht, je geringer die Anzahl ihrer Schwingungen ist, um so tiefer ist der erzeugte Ton. Je kürzer die Saite, je rascher die Schwingungen sind um so höher ist der Ton. Hierauf beruht die Einrichtung des Klavieres, der Streichinstrumente, der Harfe, bei welchen die Saiten, der Orgel, bei welcher die Luft in den Orgelpfeifen tönt. Der tiefste Ton, den man auf der Orgel erzeugen kann, ist der Ton einer 16füssigen Orgelpfeife. In dieser macht die Luft 16 Schwingungen in der Secunde. Der höchste in der Musik gebrauchte Ton entsteht durch 8192 Schwingungen. Die Einrichtung der Orgelpfeifen, der Blasinstrumente, in

denen durch Klappen oder Schiebvorrichtungen die schwingende Luftsäule verlängert oder verkürzt werden kann, ist zum Zwecke der Erzeugung höherer und tieferer Töne geschehen.

Töne. Stehen zwei Töne nach den Schwingungszahlen ihrer Saiten in einem einfachen Verhältniss zu einander, welches sich durch Zahlen 1, 2, 3, 4, 5, 6 ausdrücken lässt, macht also z. B. eine Saite 96, die andere 128 Schwingungen, verhalten die Schwingungen sich wie 3 : 4, so macht sich dieses einfache Verhältniss auch in einem unserem Gehöre wohlthuenden Eindrücke geltend; wir sagen von solchen Tönen, sie bilden eine Consonanz (die Quarte). Liegen die Töne durch die Schwingungen ihrer Saiten ausserhalb dieses Verhältnisses der einfachen Zahlen, macht also z. B. eine Saite 128, die andere 144 Schwingungen, so bringen die erzeugten Töne nicht mehr diesen wohlthuenden Eindruck hervor; wir sagen von ihnen, sie bilden eine Dissonanz.

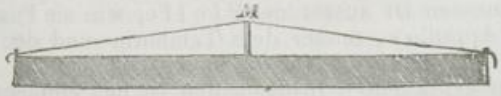
Wählt man einen Ton, der durch eine bestimmte Anzahl von Schwingungen, z. B. 48 erzeugt worden ist, heraus, so wird ein anderer Ton, der durch 96 Schwingungen erzeugt worden ist, doppelt so hoch sein; man sagt von dem zweiten Tone, er ist eine Octave höher. Macht die den Ton erzeugende Saite nur 24 Schwingungen, so wird der Ton nur halb so hoch sein, als der erste; man sagt, er ist eine Octave tiefer. Zwischen jedem Ton und seiner Octave liegen noch sechs andere Töne, deren Schwingungszahlen sich z. B. zwischen 24 und 48 verhalten wie 27, 30, 32, 36, 40, 45. Für alle Octaven findet dasselbe Verhältniss statt. Zwischen 48 und 96 ist es 54, 60, 64, 72, 80, 90. Den ersten Ton der Octave nennt man den Grundton, den doppelt so hohen die Octave. Die dazwischen liegenden Secund, Terz, Quart, Quint, Sext, Septim. Als Bezeichnung für die Töne in dieser natürlichen Reihenfolge hat man die Buchstaben C, D, E, F, G, A, H, C gewählt. Die Reihenfolge der Töne hiernach innerhalb einer Octave ist die Durtonleiter.

Grundton,	Secund,	Terz,	Quart,	Quint	Sext,	Septim,	Octav.
1	$^9/_8$	$^5/_4$	$^4/_3$	$^3/_2$	$^5/_3$	$^{15}/_8$	2
24,	27,	30,	32,	36,	40,	45,	48,
C,	D,	E,	F,	G,	A,	H,	C.

Der Grundton C bildet mit seiner Terz E, mit seiner Quint G und mit seiner Octav C eine Consonanz, mit allen zusammen einen Accord, mit der Septim eine Dissonanz.

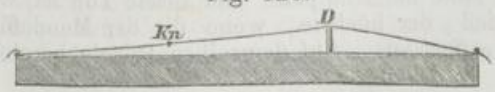
Chladni's Klangfiguren. Streicht man eine genau in ihrer Mitte

Fig. 122.



M unterstützte Saite auf der einen Hälfte, so schwingt auch die andere. Streicht man eine genau in dem Drittheil D der Länge unterstützte Seite

Fig. 123.

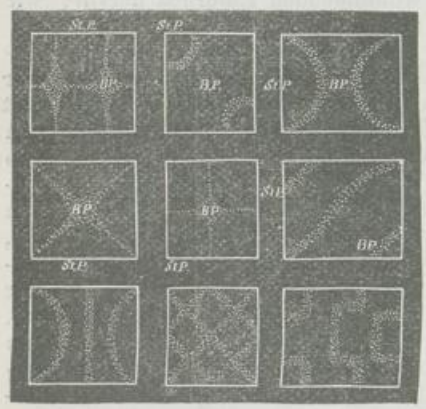


auf diesem Drittheil, so werden auch die zwei anderen Dritttheile der Saite schwingen. Legt man auf diese zwei Dritttheile Stückchen von Papier, so

fallen sie bei dem Sreichen herunter. Nur auf einem Punkte des langen Theiles der Saite ist dies nicht der Fall. An diesem einem Punkte schwingt die Saite nicht, auch fällt ein Stückchen Papier dort nicht herunter. Der Punkt liegt genau in der Mitte der zwei Dritttheile bei Kn (Fig. 123); man nennt diesen Punkt, an welchem die Schwingungen eines schwingenden Körpers unterbrochen werden, Knotenpunkt. Die Knotenpunkte kann man durch weitere Eintheilung der Saite vermehren.

Wählt man statt der Saite Tafeln von Glas Fig. 124, spannt dieselben an einem möglichst am Rande gelegenen Punkte in einen Schraubstock, so dass sie schwingen können, bestreut sie mit feinem trockenem Sande und streicht an einem Punkte derselben mit einem Violinbogen herab, so hört man einen Klang. Dabei geräth der Sand in zitternde Bewegung und sammelt sich an gewissen Stellen an, so dass darum ganz regelmässige Figuren entstehen, die immer dieselbe Form haben, sobald der erzeugte Klang dieselbe Tonhöhe hat. Die Punkte, wo sich der Sand häuft und in Ruhe kommt, sind die Knotenpunkte der Tafeln. Die Orte, wo die Platten befestigt waren, sind in Fig. 124 durch BP angegeben, und die Stellen, wo man die Platten gestrichen, sind mit StP bezeichnet. Durch verschiedene Unterstützungspunkte, die man der Platte gewährt, kann man die verschiedenartigst gestalteten Figuren erzeugen. Diese Figuren haben von ihrem Erfinder, von dem um die Lehre vom Schall viel verdienten Chladni, geboren 1756 in Wittenberg, die Bezeichnung Chladni'sche oder Klangfiguren erhalten.

Fig. 124.



Musikalische Instrumente. Der ergreifende tiefe Eindruck, den eine Verbindung von harmonischen Tönen durch das Ohr auf das innerste Wesen des Menschen übt, ist wahrscheinlich schon in den frühesten Epochen der Menschengeschichte wahrgenommen worden. Wo wir auch den Menschen antreffen, in den frühesten historischen Zeiten, finden wir ihn im Besitz von Instrumenten, die den Zweck haben, durch Erzeugung von Tönen, entweder zu erfreuen oder in Kampf und Streit zu rufen. Von den ganz alten Instrumenten ist ausser der Pfeife, wie sie Pan sich schnitzte, ausser der Leier Appollo's, ausser dem Tamburin und der Harfe wenig mehr bekannt.

Von unseren gebrauchten Instrumenten ist das einfachste das Waldhorn und die Trompete. Hier ist die Luftsäule an und für sich unveränderlich und wird nur durch stärkeres oder schwächeres Hineinblasen verändert. Bei der Posaune verlängert man die Luftsäule durch Ein- und Ausschieben. Die Flöte hat Klappen. Der tiefste Ton ist, wenn alle Klappen geschlossen sind, der höchste, wenn die der Mundöffnung zunächstliegende Klappe geöffnet ist. Auf demselben Princip beruht die Klapptrompete.

Bei der Klarinette, Oboe, dem Fagott wird die Luft durch ein am Munde angebrachtes Blättchen oder Mundstück in Schwingungen gesetzt und die Luftsäule durch Klappen und Oeffnungen verkürzt und verlängert.

Bei der Orgel werden die Töne in Röhren, den Orgelpfeifen, hervorgebracht. Zu jedem Ton gehört eine besondere Pfeife. Die Höhe und Tiefe der Töne hängt von der Länge der Pfeife d. h. von der Länge der darin schwingenden Luftsäule ab. Es giebt Zungen- und Lippenpfeifen. Bei den Lippenpfeifen tritt die Luft bei ihrem Hineinströmen durch eine schmale Ritze gegen zwei einander zugeneigte scharfe Kanten. Die Zungenpfeifen bestehen aus zwei Theilen, dem unteren oder dem Stiefel und dem obern oder der eigentlichen Röhre. Beide sind durch das Mundstück verbunden. Durch dieses geht eine hohle Röhre, in der seitwärts eine Rinne befindlich, an welcher eine elastische Zunge von Blech angebracht wird, die durch den Lufteintritt in Schwingung gesetzt und beliebig verkürzt werden kann. Soll eine bestimmte Pfeife zum Tönen gebracht werden, so muss der Windkanal des Werkes geöffnet werden, die durch einen Blasebalg verdichtete Luft strömt in den Kanal, aus dem Kanal in den Windkasten. Hierauf muss das Register — eine Reihe von Pfeifen, die denselben Charakter haben, und welche alle mit ihren Füssen in einem gemeinsamen Brette, der Parallele, stehen, und deren Oeffnungen durch einen Zug geschlossen und frei gemacht werden können, gezogen werden. Wird jetzt eine bestimmte Taste der Claviatur herabgedrückt, so wird dadurch ein Ventil einer bestimmten Pfeife geöffnet und die Luft tritt aus dem Windkasten in diese bestimmte Pfeife und bringt in dieser einen bestimmten Ton hervor.

Bei den Saiteninstrumenten werden die Töne durch die Schwingungen der Saiten hervorgebracht. Die Höhe und Tiefe der Töne hängt von der Länge der schwingenden Saiten ab. Diese Länge ist entweder eine bestimmte, wie bei der Harfe und dem Klavier oder sie wird durch den Druck der Finger verkürzt und verlängert, wie bei der Violine, Bratsche, Violloncell und dem Bass.

Verstärkt wird der Ton durch das Mitklingen einer elastischen Holzplatte, die bei dem Klavier durch den Resonanzboden, bei den übrigen Saiteninstrumenten durch einen hohlen Kasten aus dünnem Holze dargestellt ist.

Das menschliche Stimmorgan, unser wichtigstes Instrument, besteht aus den elastischen Stimmbändern und der Stimmritze. Die Luft tritt aus der Luftröhre durch diese ein und der Ton wird gebildet durch die Schwingungen der Stimmbänder. Die verschiedenen Töne werden durch das stärkere oder schwächere Anspannen der Stimmbänder erzeugt und in der Mundhöhle verändert.

Fortpflanzung des Schalles.

Bei der Fortpflanzung des Schalles hat man die Stärke und die Geschwindigkeit des Schalles zu unterscheiden. Verbreitet sich der Schall nach allen Richtungen gleichmässig, wie dies geschieht, wenn die Luft Schalleiter ist, so nimmt mit der Entfernung und durch den Widerstand des Mittels die Stärke des Schalles ab. Breitet sich der Schall nur in einer Richtung aus, z. B. in dem angegebenen Versuche Biots in der Wasserröhre, so pflanzt sich der Schall mit wenig durch den Widerstand des Mittels beeinträchtigter Stärke fort.

In einer Luft von bestimmter Dichte pflanzt sich der Schall mit weniger verminderter Stärke fort, wenn diese trocken und kalt, als wenn dieselbe warm ist. In den Nordpolgegenden hört man die menschliche Stimme, die sonst nur 7—800 Fuss zu hören ist, noch in der doppelten Entfernung.

In verdünnter Luft vermindert sich dagegen die Stärke des Schalles bedeutend. Auf hohen Bergen ist der Knall eines Gewehres nur ganz gering, und Gay-Lussac hat bei seiner Luftreise in sehr grosser Höhe die Stärke der menschlichen Stimme ausserordentlich verringert gefunden.

In festen oder in flüssigen Körpern pflanzt sich der Schall leichter und unverminderter fort. Hängt man an einen langen Messingdraht eine Uhr, und verbindet diesen mit dem Ohr, oder fasst ihn in die Zähne, so hört man den Gang der Uhr auf doppelt so grosse Entfernungen, als durch Vermittelung der Luft.

Stetoscopie. Diese Beobachtung hat zur Construction eines Instrumentes geführt, welches im Wesentlichen aus einer am Grunde bauchig erweiterten Röhre aus Holz und aus einer durchbohrten auf die Röhre passenden, von Horn oder Elfenbein gefertigten, Platte besteht. Dieses Instrument, das Stetoscop, hat in der neueren Medizin eine grosse Bedeutung erlangt, insofern es für den geübten Arzt durch eine vermehrte Leitung des Schalles genauen Aufschluss über die durch die Thätigkeit der menschlichen Organe im Innern des menschlichen Körpers hervorgebrachtem Klänge giebt. Aus der Vergleichung der Klänge im gesunden Organismus mit den in dem kranken Organismus erzeugten Klängen hat man durch lange Beobachtungen die Art und die Stärke dieser abnormen Zustände des menschlichen innern Organismus zu bestimmen versucht. Bei dem Gebrauch wird das bauchige Ende der Röhre auf den Körpertheil gedrückt, und das Ohr auf die tellerartige Platte gelegt. Den Gebrauch des Instrumentes nennt man Stetoscopie. Die Percussion oder das Percutiren geschieht durch Erzeugung eines Klanges, vermittelst Klopfen mit dem Finger auf die Höhlen des menschlichen Körpers und die Prüfung des dadurch erzeugten Klanges.

Bei dem Sprachrohr und den akustisch gebauten Kirchen wird der Schall durch die Construction der geschaffenen Wände verhindert, sich in anderer als der bestimmten Richtung auszubreiten.

Geschwindigkeit des Schalles. Wir sehen den Blitz viel eher, als wir das Rollen des Donners hören. Der Donner wird durch die in Schwingung gesetzten, durch den Blitz zerrissenen und zusammen prallenden Luftschichten erzeugt. Wir sehen in der Entfernung den Blitz des Schusses eher als wir den Knall vernehmen, die Bewegung einer Axt der Holzschläger eher, als wir den Klang der fallenden Axt hören. Dies ist der Beweis, dass der Schall sich nicht mit so grosser Geschwindigkeit fortpflanzt, als das Licht. Die mannigfachsten Versuche haben über diese Schnelligkeit genügende Aufschlüsse gegeben. Man hat z. B. bei Versuchen von v. Humboldt, Arago und von den Professoren Moll und v. Beck Kanonen in gewissen Entfernungen, entweder zu gleicher Zeit nach genau bestimmten Tertienuhren, oder an einzelnen ihrer Entfernungen nach genau gemessenen Orten abgefeuert und danach die Geschwindigkeit des Schalles berechnet. Es beträgt diese in einer Sekunde bei 0° R. 1022 par. oder 1068 preuss. Fuss, im Wasser 4830 Fuss, in Messing 11,000 Fuss.

Das Echo. Die durch die Luft fortgepflanzten Klänge werden durch einzelne Luftwellen getragen. Prallen diese Wellen an einen Körper, der ihnen Widerstand leistet z. B. eine Wandfläche, einen Baum, eine Felswand etc., so werden sie zurückgeworfenen und von dem Widerstande aus weiter fortgepflanzt. Ist der Anprall und dem zu Folge die von dem Widerstande ausgehende Fortpflanzung der Schallwellen stark genug um unser Ohr zu erreichen, so vermögen wir zuerst den Klang des tönenden Körpers z. B. unsere Stimme, den Knall eines Schusses etc. und dann den von dem Widerstande aus zurückgeworfenen Klang zu vernehmen. Das Wieder-

kehren eines Klanges nennt man Echo. Es hängt dasselbe von der entsprechenden Construction des Widerstandes und einer gewissen Entfernung ab. Man unterscheidet das mehrsilbige Echo, wobei mehrere Silben nacheinander von einem entfernten Widerstande zurückgeworfen werden, und das mehrfache Echo, bei welchem derselbe Ton von mehreren Widerständen, etwa Felswänden oder Gipfeln, vernehmbar zurückgeworfen wird.

Fig. 125.

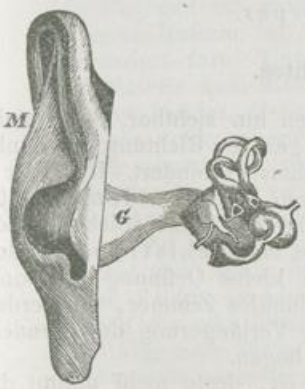


Fig. 126. 127. 128. 129.

Das Ohr. Alle Wahrnehmung des Schalles geschieht durch unser Ohr. Das menschliche Ohr (Fig. 125) besteht aus dem äusseren und inneren Ohr. Die Ohrmuschel M fängt die Schallwellen auf und leitet sie durch den Gehörgang G zu einem am Ende desselben befindlichen Häutchen, dem Trommelfell. Hinter dem Trommelfell liegt die Trommelhöhle. In dieser liegen mehrere Knöchelchen, die Gehörknöchelchen, denen man Namen gegeben hat, die einigermassen an die Form derselben erinnern. Steigbügel St Fig. 126, Hammer H Fig. 128, Ambos A Fig. 127. Das Labyrinth L Fig. 129 ist in den Schläfenknochen eingeschlossen und besteht aus gewundenen Höhlen, welche mit einer serösen Flüssigkeit ausgefüllt sind, in welcher sich in feinen zarten Verzweigungen der aus dem Gehirn kommende Gehörnerv ausbreitet. Die von Aussen kommenden Schallwellen werden durch die Ohrmuschel aufgefangen, gelangen durch den Gehörgang an das Trommelfell. Dieses wird durch die Schwingungen der Schallwellen selbst in Schwingung gesetzt. Die mit dem Trommelfell in Verbindung stehenden Gehörknöchelchen setzen diese Schwingungen fort und leiten dieselben zum Labyrinth. Auf dieselbe Weise theilen die Knochen der Kopfhöhle die Vibrationen, die sie erfahren den Schläfenknochen mit, in welchem das Labyrinth gelegen ist. Die dem Labyrinth entweder von Aussen durch Vermittelung des Trommelfelles und der Gehörknöchelchen, oder durch die Schläfenknochen zugeleiteten Schwingungen pflanzen sich auf die im Labyrinth befindliche darin eingeschlossene Flüssigkeit fort, berühren die darin vertheilten feinen Zweige der Gehörnerven und kommen uns dadurch zum Bewusstsein.

Vom Licht.

Begnügen wir uns mit der Thatsache des Vorhandenseins und mit dem Genusse des Lichtes. Die uns zu Gebote stehende Erklärung seiner Natur ist sehr dürftig. Einer Ansicht, der Emanations-Theorie nach, ist das Licht eine äusserst feine Materie, welche von dem leuchtenden Körper mit grosser Geschwindigkeit ausströmt. Einer anderen Ansicht, der Vibrations- oder Undulations-Theorie zufolge, entsteht das Licht dadurch, dass eine elastische Flüssigkeit, der Weltäther, von dem angenommen wird, dass er den Weltraum und alle Materie erfüllt, durch die leuchtenden Körper in Schwingungen gesetzt wird. Die Undulationstheorie ist die allgemein angenommene. Den Eindruck des Lichtes auf unser Empfinden erhalten wir durch das Auge. Durch dieses wird die Wirkung des Lichtes uns durch den aus

dem Gehirn in den Hintergrund des Auges einmündenden Sehnerven vermittelt.

Lichtquellen. Die hauptsächlichsten Lichtquellen sind: Sonne und Fixsterne, der Verbrennungsprozess, die Elektrizität. Unter den Lichtquellen ist das Sonnenlicht das stärkste. Ihm am nächsten steht das elektrische Licht, diesem folgt das Licht, das man durch heftiges Glühen von kohlensaurem Kalk im Knallgas erhält (Drummond'sches Licht).

Sonne, Fixsterne, glühende oder phosphorescirende Körper nennen wir selbstleuchtende Körper. Im Gegensatze zu diesen nennen wir alle anderen nicht leuchtende oder dunkle Körper.

Fortpflanzung des Lichtes.

Ein leuchtender Punkt ist nach allen Seiten hin sichtbar, wenn nicht zwischen unserem Auge und jenem Punkte in gerader Richtung ein dunkler Körper liegt, welcher den Durchgang des Lichtes verhindert. Die Fortpflanzung des Lichtes geschieht von dem leuchtenden Punkte aus nach allen Seiten in geraden Linien. Eine solche gerade Linie, in welcher sich das Licht fortpflanzt, heisst ein Lichtstrahl. Fallen die Lichtstrahlen des Sonnenlichtes durch eine kleine Oeffnung der sonst dicht geschlossenen Fensterläden in ein völlig dunkles Zimmer, so werden nur die Punkte der Stube erleuchtet, die in der Verlängerung der geraden, zwischen Sonne und Oeffnung gezogenen Linie liegen.

Je weiter der leuchtende Körper entfernt ist, desto mehr nimmt die Intensität der Erleuchtung ab, die er erzeugt, und zwar geschieht dies im umgekehrten Verhältniss der Quadrate der Entfernungen. Entfernt man sich von dem Lichte einer Lampe, so wird man sehr bald gewahr, dass die Leuchtkraft des Lampenlichtes sich verringert. Das Licht des Syrius, eines der hellsten Fixsterne erscheint uns 20 Billionen mal schwächer als das der Sonne. Da aber der Syrius 525481 mal weiter von der Erde entfernt ist, als die Sonne, so würde dessen Licht, wenn er in derselben Entfernung zu uns als die Sonne stände, 13 mal stärker leuchten, als das der Sonne.

Alle Körper stehen der Fortpflanzung des Lichtes entgegen und doch giebt es keinen einzigen Körper, der dies vollständig vermag. Nach der Vibrationstheorie pflanzen die Körper den Lichtstrahl dadurch fort, dass auch die zwischen ihren Atomen gelagerten Aethertheilchen in Schwingungen gerathen. Diese Schwingungen setzen sich durch die ganze Masse der Körper fort und treten, wenn die Schwingung mächtig genug ist, aus dem Körper wieder heraus. Der austretende Lichtstrahl ist aber immer schwächer als der eintretende. Die Ursache findet man darin, dass nicht sowohl bei dem Eintreten des Lichtstrahles ein Theil desselben von der Oberfläche des Körpers zurückgeworfen wird, sondern dass dieses Zurückwerfen auch im Innern der Körper bei den Schwingungen der zwischen den Atomen gelagerten Aetherwellen von den einzelnen materiellen Atomen fortgesetzt wird. Für das Verhalten der Körper zu der Fortpflanzung des Lichtes ergiebt sich also in den Körpern ein die Fortpflanzung begünstigendes Moment, das ist der zwischen den Atomen gelagerte Aether, der in Schwingungen geräth, und ein der Fortpflanzung des Lichtes ungünstiges Moment, das sind die materiellen Atome der Körper. Aus dem Verhältniss, in welchem diese Momente vorhanden sind, ergiebt sich die Stärke, in welcher der Körper das Licht fortpflanzt, und die Mächtigkeit, in welcher er demselben entgegentritt. Kein Körper ist ganz aus Materie gebildet; zwischen den Atomen jedes ist Aether gelagert, aber die Abstände der Atome in den Körpern sind sehr verschie-

den, eben so wie die dazwischen gelagerte Aethermenge. Je dichter die Atome liegen, um so mehr wird der Lichtstrahl Widerstand finden, aber dieser Widerstand ist nirgends vollständig. Auch die dichtesten Körper verlieren ihn, wenn man ihre Durchmesser auf das Aesserste verringert, oder die Stärke des Lichtstrahles erhöht. Gold ist z. B. einer der dichtesten Körper und scheinbar dem Durchgang der Lichtstrahlen vollkommen entgegen. Schlägt man aber Gold in sehr dünne Blättchen, so gehen die Lichtstrahlen doch hindurch. Bei andern Körpern steht dem Versuch die Unmöglichkeit entgegen, sie in dünne Flächen zu bringen.

Dagegen ist auch kein Körper ohne materielle Atome. Nur dort, wo keine Materie im leeren Raume vorhanden ist, pflanzt sich das Licht unverändert fort. Unsere verdünntesten Körper, die Luftarten, sind nicht ohne Materie und also auch nicht ohne Widerstand gegen die Fortpflanzung des Lichtes. Ueberall also in der Körperwelt ist Widerstand, nirgends ist er ein vollkommener. Wo wir diesen beobachten wären wir im Stande ihn zu beseitigen, wenn wir die Dicke der Körper verringern oder die Stärke des Lichtes vermehren. Ein gläsernes Gefäss mit Dinte gefüllt, erscheint uns als Vertreter des Widerstandes; füllen wir dasselbe Gefäss mit Wasser und tropfen einen Tropfen Dinten hinein, so werden wir den Widerstand nicht mehr bemerken. Das Wasser, oder helles weisses Glas in dünner Schicht erscheint uns des Widerstandes ganz zu entbehren. Betrachten wir sehr dicke Schichten Wasser, öffnen wir z. B. beim Untertauchen in grosser Tiefe die Augen und blicken nach Oben, so werden wir nur äusserst sparsam das Licht gewahren; eben so verhält sich auch das weisseste Glas, wenn man es auf den Glashütten in sehr dicken Schichten sieht.

Durchsichtige und undurchsichtige Körper. Im gewöhnlichen Leben nehmen wir indess auf dies Verhalten der Körper zu der Fortpflanzung des Lichtes nicht die entsprechende Rücksicht. Es hat das darin seinen Grund, dass wir einmal gewöhnt sind, das Verhalten der Körper nur bei einem bestimmten Stärkegrade des Lichtes, d. h. bei dem Sonnenlicht, zu betrachten und auch nicht die Gelegenheit haben, das Verhalten der Körper in ihren dünnsten Schichten, sondern in der Form und Dicke zu beobachten, wie sie gewöhnlich uns zu Händen sind. Dieserhalb bezeichnen wir Körper, die der Fortpflanzung des Lichtes keinen erheblichen Widerstand leisten, als durchsichtige Körper: Luft, Wasser, Glas etc. sind für uns durchsichtige Körper. Körper, welche dem Lichte entschieden Widerstand leisten, nennen wir undurchsichtige Körper. Metalle, Kohle, etc. sind für uns undurchsichtige Körper. Körper, die einen mittelmässigen Widerstand leisten, durchscheinende Körper, einige Salze, mehrere Glassorten etc. sind für uns durchscheinende Körper.

Den Vorgang des Widerstandes gegen die Fortpflanzung des Lichtes, das im Innern der Körper von den inneren materiellen Atomen derselben ausgehende Zurückwerfen der Lichtstrahlen bezeichnet man mit Absorption des Lichtes durch den Körper. Man sagt von den Körpern, die jenen Widerstand üben, sie absorbiren das Licht.

Dunkelheit. Schatten. Ein undurchsichtiger Körper, d. h. ein für einen Lichtstrahl von gewisser Stärke undurchdringlicher Körper absorbirt alle diejenigen auf seiner der Lichtquelle zugewendeten Fläche einfallenden Lichtstrahlen, die er nicht zurückwirft. Er gestattet keinem den Durchgang. Da sich das Licht nur in gleicher Linie fortpflanzt, so muss im Verhältniss zu der Ausdehnung des Körpers auf der der Lichtquelle abgewendeten Seite Mangel an Licht sein. Mangel an Licht bezeichnen wir durch den Begriff Dunkelheit. Eine Dunkelheit, als deren Oberfläche

wir das Dazwischentreten eines von uns bemerkten Körpers erkennen, nennen wir, zum Unterschiede von der Dunkelheit überhaupt, Schatten. Die Dunkelheit aber, als deren Ursache wir keinen Körper erkennen können z. B. die Dunkelheit des Abends, der Nacht hat aber auch, wie jede Dunkelheit, das Dazchwischentreten eines Körpers zur Ursache. Denn am Abend und in der Nacht ist nur die Erde der Körper, in deren Schatten wir uns befinden.

Sonnen- und Mondfinsternisse. Dunkelheiten, die wir an der Sonne oder dem Mond bemerken, die wir Sonnen- und Mondfinsternisse nennen, haben gleichfalls nur in dem Dazwischentreten eines Körpers ihren Grund. Tritt die Erde in den Schatten des Mondes, befindet sich also der Mond zwischen uns und unserer Lichtquelle, der Sonne, so verursacht dies Dazwischentreten einen Schatten, dem wir die Bezeichnung Sonnenfinsterniss geben. Befindet sich die Erde zwischen dem Mond und seiner Lichtquelle, entzieht also die Erde dem Monde das ihn erleuchtende Licht der Sonne, wirft die Erde auf die Mondscheibe einen Schatten, so nennen wir diesen Erdschatten Mondfinsterniss.

Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Lichtes.

Olaus Römer, ein dänischer Physiker, 1644 zu Kopenhagen geboren, hat zuerst die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Lichtes gemessen. Diese Schnelligkeit ist eine so ungeheure, dass alle Entfernungen auf der Erde für sie ganz verschwinden und sie nur messbar ist, wenn das Licht in den unendlichen Räumen des Weltraumes von Planet zu Planet sich bewegt. Wie unsere Erde einen Mond hat, so hat der Jupiter mehrere. Diese bewegen sich um den Jupiter wie der Mond um die Erde. Ihre Bewegung kann man deutlich durch den regelmässigen Ein- und Austritt derselben in und aus dem Schatten des Jupiter bemerken. Steht die Erde zwischen Jupiter und Sonne, so ist die Erde dem Jupiter genau um den Dnrchmesser ihrer Bahn um die Sonne näher, als wenn sie sich am entgegengesetzten Ende ihrer Bahn befindet, d. h. wenn die Sonne zwischen der Erde und dem Jupiter steht. Der Durchmesser der Bahn der Erde um die Sonne beträgt 40 Millionen Meilen. Um 40 Millionen Meilen ist also die Erde entfernter, wenn sie am weitesten vom Jupiter entfernt ist und hier auf ihrem entferntesten Punkte beobachtet man das Ein- und Austreten der Jupitertrabanten $16^1/_2$ Minute später als an dem 40 Millionen Meilen näher gelegenen Punkte. Der Unterschied liegt darin, dass das Licht, wenn die Erde auf dem entferntesten Punkte ist, 40 Millionen Meilen mehr, wenn die Erde auf dem dem Jupiter nächst gelegenen Punkte ist, 40 Millionen Meilen weniger zu durchlaufen hat. 40 Millionen Meilen in $16^1/_2$ Minute durchlaufen, giebt aber eine Schnelligkeit von 42000 Meilen in der Secunde, dies ist die Geschwindigkeit, in welcher sich das Licht fortpflanzt.

Zurückwerfung des Lichtes.

Die Lichtstrahlen, welche auf die Körper fallen, werden von diesen zum Theil durchgelassen, zum Theil im Innern absorbirt, zum Theil werden sie von den die äusserste Körperfläche bildenden Theilchen zurückgeworfen. Das Spielzeug der Kinder, die in einen Spiegel fallenden, zurückstrahlenden Lichtstrahlen der Sonne nach mannigfacher Richtung durch die Wendung des Spiegels zu leiten, ist das beste Beispiel.

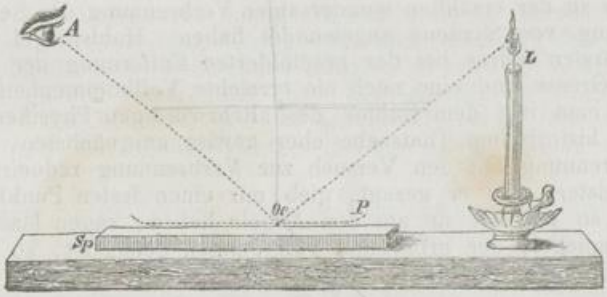
Spiegel. Nicht alle Körper werfen die Lichtstrahlen gleich stark zurück. Hierfür ist zuerst ein grosser Grad von Undurchsichtigkeit erfor-

derlich; denn durchsichtige Körper lassen zu grosse Menge Licht durch. Sodann ist erforderlich: eine gewisse Dichtigkeit, ein Mangel an Zwischenraum zwischen den materiellen Atomen und die möglichst grösste Ebenheit in der Lagerung der an der Oberfläche befindlichen Körpertheilchen.

Körper, welche diese Bedingungen am meisten erfüllen, welche das Licht am vollkommensten zurückwerfen, nennt man in physikalischer Beziehung, ohne Rücksicht auf das Material, aus welchem sie gefertigt sind: Spiegel. Die besten physikalischen Spiegel sind die Metallspiegel, doch oxydiren sie sich sehr leicht. Aus Glas fertigt man Spiegel dadurch, dass man Quecksilber, ein Metall von sehr starkem Metallglanz zwischen Zinnplatten und Glas in möglichst ebenem, vertheiltem Zustande anbringt und so durch Abwehr der Oxydation eine stets glänzende Oberfläche schafft. Spiegel aus Glas bilden bei genauen Beobachtungen doppelte Spiegel. Die Oberfläche des Glases wirft Lichtstrahlen zurück, und auch die unter dem Glase befindliche Metallfläche thut dies. Diese doppelte Spiegelung ist oft hemmend für genaue Versuche.

Planspiegel. Bedeckt man einen gewöhnlichen ebenen Spiegel Sp Fig. 130 (Planspiegel) mit einem Blättchen Papier P, in welches man eine

Fig. 130.



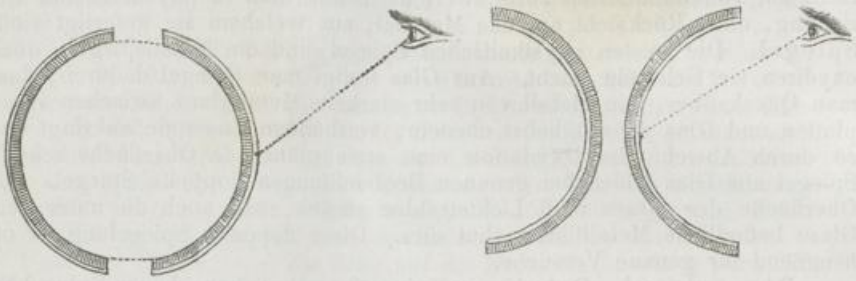
einzige feine Oeffnung Oe gemacht hat, stellt jenseits des Spiegels ein Licht L und richtet diesseits desselben das Auge A so lange auf die in dem Papier gemachte Oeffnung, bis man durch dieselbe das Licht in dem Spiegel sieht, so befindet man sich mit dem Auge in einer Lage, in welcher die vom Auge A nach der unter der Oeffnung Oe liegenden Spiegelfläche und von dieser nach der Lichte L gezogenen Linie A Oe und Oe L gleiche Winkel auf der Spiegelfläche bilden. Den Winkel, den der einfallende Lichtstrahl bildet, nennt man Einfallwinkel, den, welchen der zurückgeworfene Lichtstrahl bildet, Reflexionswinkel. Die von einem Punkte ausgehenden Lichtstrahlen werden daher, wenn sie auf einen ebenen Spiegel treffen, so zurückgeworfen, dass der Punkt, den sie nach ihren Ausgang aus dem Spiegel erreichen, eben so weit von dem zurückstrahlenden Spiegel liegt, als der leuchtende Punkt vor dem Spiegelpunkte ist. Man bezeichnet dies durch den Ausdruck regelmässige Zurückwerfung oder Spiegelung.

Zwei einander parallel gegenüber aufgestellte Planspiegel geben daher unendlich viele Bilder. Stellt man seine eigene Person zwischen dieselben, so hat man Gelegenheit, diesen wichtigen Gegenstand von allen Seiten zu beschauen.

Spiegel mit gekrümmter Oberfläche. Bekleidet man eine Glaskugel innen mit Spiegelmetall, wie solche sehr häufig in Gärten

als Zierde aufgestellt sind, und denkt sich diesen Kugelspiegel in zwei Hälften getheilt, so hat man zwei erhabene oder convexe Spiegel. Fig. 131. Bekleidet mit die Glaskugel statt auf ihrer inneren, auf ihrer

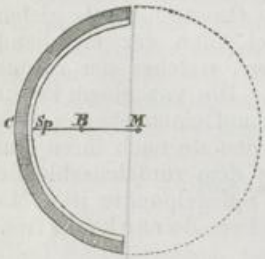
Fig. 131. Fig. 132.



äusseren Oberfläche mit Spiegelmetall und denkt sich dieselbe getheilt, so erkält man zwei concave oder Hohlspiegel. Fig. 132. Ausser aus Glas fertigt man Hohlspiegel aus Metall. Metallene Hohlspiegel muss auch Archimedes zu der erzählten wundersamen Verbrennung der Schiffe bei der Vertheidigung von Syracus angewendet haben. Hohlspiegel von solchem Erfolge müssten indess bei der geschilderten Entfernung der Schiffe eine ungeheure Grösse und eine noch nie erreichte Vollkommenheit gehabt haben. Und man tritt dem Ruhme des altehrwürdigen Physikers kaum zu nahe, der historischen Thatsache aber gewiss am nächsten, wenn man diese Verbrennung auf den Versuch zur Verbrennung reducirt, und den grossen Meister, wie er gesagt, gieb mir einen festen Punkt ausserhalb der Erde, so will ich sie aus den Angeln heben, sagen lässt: gieb mir einen Hohlspiegel, der gross und vollkommen genug ist, so will ich die Schiffe verbrennen.

Bei dem Hohlspiegel, den wir uns als einen Theil der Spiegelkugel denken, nennt man den Mittelpunkt der Kugel, von welcher der Hohlspiegel ein Theil ist, den geometrischen Mittelpunkt des Hohlspiegels. Die von diesem Punkte nach der Spiegelfläche gezogene Linie M Sp Fig. 133 ist der Halbmesser des Hohlspiegels. Der in der Mitte dieses Halbmessers liegende Punkt B, nach welchem alle ausser die von M aus auf den Hohlspiegel fallenden mit der optischen Axe parallel laufenden Lichtstrahlen zurückgeworfen werden, heisst der Focus oder Brennpunkt des Hohlspiegels. Die durch den Mittelpunkt M den Brennpunkt B nach dem Spiegel gezogene Linie ist die optische Axe und der Punkt C, wo diese Linie die äussere Oberfläche des Spiegels trifft, das optische Centrum des Hohlspiegels.

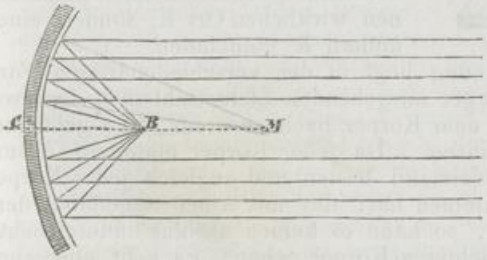
Fig. 133.



Hohlspiegel dienen dazu, um die Lichtstrahlen convergirend zu machen. Lichtstrahlen, die schon convergiren, werden durch Hohlspiegel noch convergirender. Parallele Lichtstrahlen werden durch Hohlspiegel convergirend. Selbst divergirende Lichtstrahlen können durch Hohlspiegel convergirend gemacht werden.

Strahlen, die durch den geometrischen Mittelpunkt des Hohlspiegels gehen, werden auf demselben Wege wieder zurückgeworfen. Strahlen, die mit der Axe des Hohlspiegels M C parallel auffallen, werden alle so zurückgeworfen, dass sie sich im Brennpunkte oder Focus B treffen. Fig. 134. Fallen daher die Strahlen der Sonne parallel mit der Axe M C in einen Hohlspiegel, so vereinigen sich alle in dem Brennpunkte B und bringen durch diese Vereinigung einen grossen Hitzegrad hervor. Dieser Hitzegrad wächst mit der Ausdehnung des Spiegels; denn um so grösser dieser ist, um so mehr Lichtstrahlen ist er im Stande, in einem Punkte zu vereinigen. Ausserdem wirkt natürlich auch die Vollkommenheit des Spiegels darauf ein. Es beruht hierauf die Anwendung der Brennspiegel. Bringt man andererseits in den Brennpunkt eines Hohlspiegels einen leuchtenden Körper, so wirft er in Strahlen, die mit der Axe parallel gehen, das Licht des leuchtenden Körpers zurück. Darauf beruht das Leuchten der auf Leuchtthürmen aufgestellten Leuchtfeuer. Innerhalb der Brennweite eines Hohlspiegels sieht man sein eigenes Bild vergrössert.

Fig. 134.



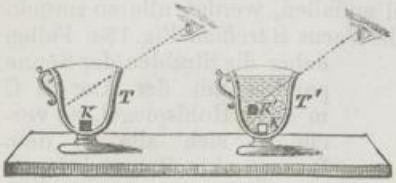
Erhabene Spiegel dienen dazu um die Lichtstrahlen divergirend zu machen, sie zu zerstreuen. Die Anwendung derselben ist sehr beschränkt. Die schon erwähnten Spiegelkugeln in den Gärten stellen erhabene Spiegel vor. Im erhabenen Spiegel sieht man sein eigenes Bild verkleinert.

Die Erscheinungen des Spiegels gehen auch in unendlich verschiedener Weise zwischen dem von der Sonne kommenden Lichte in Wechselwirkung mit den Körpern unserer Welt vor sich. Jeder Körper ist hier gewissermassen ein Spiegel. Der eine ist ein Hohlspiegel, der andere ein erhabener Spiegel. Beide Verrichtungen werden von dem Körper in ausserordentlich grossen Abstufungen erfüllt. Keiner ist ganz wirkungslos. Je mehr nun die Körper in ihren Gestalten und durch ihren Stoff von den Eigenschaften der Spiegel abweichen, um so mehr weichen auch ihre Verrichtungen von der regelmässigen Zurückwerfung und Spiegelung ab. Diejenigen Lichtstrahlen, welche Körper, welche mit Vertiefungen und Erhöhungen versehen sind, treffen, werden nach den verschiedenen Seiten zerstreut. Man begreift unter den Erscheinungen, die sich hierunter vereinigen, die unregelmässige Zurückwerfung. Eine solche Zerstreuung der Lichtstrahlen ist die Ursache der Tageshelle und die Ursache, dass, wo die Körper mit Licht umgeben sind, sie uns sichtbar sind. Auch die Morgen- und Abenddämmerung findet in der Zerstreuung der Lichtstrahlen ihre Erklärung. Keppler hat die grösste Höhe, in welcher die Luft noch im Stande ist, Lichtstrahlen zu zerstreuen, auf ungefähr 8 Meilen berechnet.

Brechung des Lichtes.

Legt man auf den Grund einer leeren Tasse T Fig. 135 einen Körper K und bringt das Auge A in die bezeichnete Richtung, so wird man

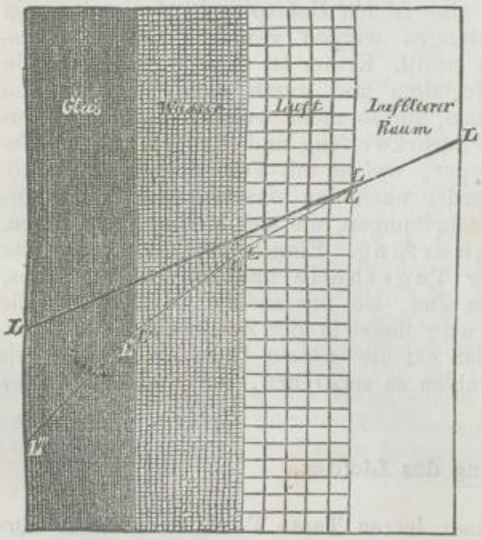
Fig. 135. Fig. 136.



den auf dem Grunde der Tasse ruhenden Körper K nicht sehen können. Lässt man die Tasse, den Körper und das Auge genau in derselben Lage und giesst nur Wasser in die Tasse, so wird man den Körper erblicken, er wird, wie in Fig. 136 bezeichnet, scheinbar nicht mehr seinen wirklichen Ort K, sondern einen andern K' einnehmen.

Der Grund dieser Erscheinung liegt in der verschiedenartigen Fortpflanzung, die die von dem Körper ausgehenden Lichtstrahlen in den zwei Mitteln, durch welche sie von dem Körper nach unserem Auge gelangen, dem Wasser und der Luft erfahren. Da jeder Körper materielle Atome besitzt, welche dem Lichte Widerstand leisten und zugleich jeder Körper Zwischenräume zwischen den Atomen hat, die mit Ather angefüllt, dem Lichte den Durchgang gestatten, so kann es keinen absolut undurchsichtigen, und keinen absolut durchsichtigen Körper geben. Es geht aber auch daraus hervor, dass das Verhalten der Körper gegen das Licht ein sehr verschiedenes werden muss. Diese Verschiedenheit ist vorhanden in den Abständen von sogenannten undurchsichtigen, bis zu den sogenannten durchsichtigen Körpern, also z. B. zwischen Gold, Tuch, Kohle, Holz, Glas, Wasser, Luft; sie ist aber auch vorhanden zwischen den von uns als durchsichtig bezeichneten Körpern, zwischen Glas, Wasser, Luft. Die durchsichtig genannten Körper sind nicht gleich durhsichtig, sie sind dies vielmehr weniger oder mehr in dem Verhältniss, als sie mehr oder weniger materielle Atome, oder was dasselbe ist, mehr oder weniger mit Welt-Aether gefüllte Zwischenräume haben. Wasser hat näher gelagerte materielle Atome als Luft, Wasser ist daher weniger durchsichtig als Luft. Wasser verhält sich mithin anders gegen die Lichtstrahlen, als Luft. Die im Wasser genäherten Atome gestatten den Durchgang des Lichtstrahles nicht so ungehindertals die Luft, er wird vielmehr von den genäherten Atomen zurückgeworfen, dies geschieht nicht in dem Maasse, wenn er durch die Luft geht. Die Richtung daher, die dem Lichtstrahle angewiesen wird, wenn er durch das Wasser gelangt, ist eine andere, als die, die er in der Luft verfolgt. In der Luft muss diese Richtung gleichfalls anders, wenn auch nur in geringem Maasse gedacht werden, als die Richtung der Lichtstrahlen im luftleeren Raume. Denkt man sich einen Lichtstrahl LL Fig. 137 durch verschiedenartig durchsichtige Schichten dringen, z. B. durch einen luftleeren Raum, durch die Luft, durch Wasser und durch Glas, so

Fig. 137.



wird er bei seinem Durchgange durch den luftleeren Raum gar nicht gehindert, in der Luft ausserordentlich wenig, im Wasser mehr und im Glase noch mehr gehindert. Dies giebt dem Wege des Lichtstrahles durch verschiedene Räume eine verschiedene Richtung. Tritt daher der Lichtstrahl aus einem Raume in den andern, so wird er von der ursprünglich verfolgten geraden Richtung, die hier LL sein würde, wenn alle 4 Räume luftleer wären, abgelenkt. Bei L′ in der Luft angelangt verfolgt er nun die Richtung L′L′ und setzt diese Richtung so lange gradlinig fort, als er sich in demselben Mittel bewegt. Tritt er bei L″ in ein anderes Mittel aus der Luft in das Wasser, so wird er von der innegehabten Richtung abgelenkt, er geht im Wasser in der Richtung L″L″ fort und verfolgt diese geradlinig. Trifft er nun auf einen Körper, der ihm noch mehr Widerstand leistet, z. E. Glas, so wird er von dem innegehabten Wege nochmals abgelenkt, er geht jetzt in der Richtung L‴L‴ fort und verfolgt dieselbe solange, als er sich in demselben Mittel fortbewegt. In der entgegengesetzten Richtung wird er abgelenkt, wenn er denselben Weg zurück macht, wenn er aus Glas in Wasser, aus dem Wasser in die Luft tritt. Dies letztere ist nun auch in Fig. 136 der Fall. Die Lichtstrahlen, die von dem auf dem Grunde der Tasse ruhenden Körper im Wasser ausgehen, werden, wenn sie auf die Oberfläche des Wassers gelangen von ihrer Richtung abgelenkt, und nur durch diese veränderte Richtung erreichen sie unser Auge, der Körper wird uns sichtbar. Es ist dies nicht, wenn der Raum zwischen unserem Auge und dem Körper, wie in Fig. 135 nur mit Luft gefüllt, und er würde es auch nicht sein, wenn der ganze Raum zwischen unserem Auge und dem Körper mit Wasser gefüllt wäre.

Diese Ablenkung, welche der Lichtstrahl bei seinem Durchgange durch verschiedene Mittel erfährt, nennt man die Brechung der Lichtstrahlen. Den Winkel, welcher die Grösse dieser Ablenkung bezeichnet, nennt man den Brechungswinkel.

Strahlenbrechung durch die Luft. Wie jeder andere Körper so äussert auch die Luft ihre Eigenschaft als Körper dadurch, dass sie die Strahlen des durch sie durchgehenden Lichtes von ihrem Wege ablenkt. Die Lichtstrahlen mithin, die unserer Erde von den Gestirnen kommen, werden, indem sie 8 — 10 Meilen entfernt von der Oberfläche der Erde, aus dem nur mit Weltäther gefüllten Weltraume in die Atmosphäre unserer Erde treten, von ihrer absolut geradlinigen Richtung abgeleitet. Unser Auge versetzt diese in die Richtung, in welcher die Strahlen in das Auge fallen und wir sehen daher sämmtliche Gestirne, ausgenommen die senkrecht über uns befindlichen, höher am Himmel, als sie es wirklich sind.

Die Dichte der Luftschichte nimmt nach der Erdoberfläche hin zu. Die Ablenkung der Lichtstrahlen durch die Luft ist also auch um so grösser, als sich die Lichtstrahlen durch dichte Luftschichten bewegen müssen. Darin liegt der Grund, dass uns der Mond und die Sonne bei ihrem Auf- und Niedergange, unmittelbar über unserem Horizonte, also in der weitesten Schicht dichter Luft am grössten erscheinen. Diese Strahlenbrechung durch die Luft ist auch die Veranlassung, dass wir die Sonne früh eher, Abends länger an dem Horizonte sehen, als sie in der That dort befindlich ist. Bei uns beträgt die Zeit, während welcher wir dies beobachten, etwa 8 Minuten. An den Polen aber wird dadurch der Tag um einen halben Monat verlängert.

Wenn auf grossen Ebenen der Erdoberfläche, auf dem Meere oder in den weiteren Sandflächen der Wüste, die über derselben ruhig gelagerte Luft-

schichten sehr bedeutend erhitzt, also sehr verdünnt werden, und durch äussere aus der Atmosphäre kommende Einflüsse in diese heissen dünnen Luftschichten sich Ströme oder Schichten kalter, also dichterer Luft drängen, so werden die Lichtstrahlen, welche durch diese verschieden dichte Luftschichten gehen, auch verschieden gebrochen. Die Gegenstände, von denen die Lichtstrahlen kommen, werden im Bilde gehoben, über die wirkliche Lage gebracht, und dies ist der Grund, weswegen man in solchen Fällen auch Gegenstände sieht, welche vermöge ihrer Entfernung, und vermöge der Rundung der Erdoberfläche dem Auge sonst entzogen sind. Die Fata morgana der Wüste, die Luftbilder an den Seeküsten und auf der See, beruhen hierauf. Auch die Luftspiegelungen des verkehrten Bildes von Gegenständen, an sehr heissen Tagen und auf grossen Flächen haben darin ihren Grund, dass sehr schräg auffallende Strahlen aus den dichteren Luftschichten in die sehr dünnen nicht übergehen können, von diesen gespiegelt werden und dem Auge ein umgekehrtes Bild erscheint. Befinden wir uns mit dem Auge über der erhitzten Luftschicht, so spiegeln sich die über derselben befindlichen Gegenstände nach unten. Ist die wärmere Schicht oben, dann müssen wir uns in der kälteren Schicht befinden und die auf der Erde befindlichen Gegenstände spiegeln sich nach oben, sie erscheinen verkehrt in der Luft.

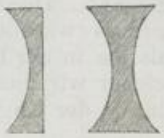
Strahlenbrechung durch Glas. Grosse Wichtigkeit hat für uns die Brechung der Lichtstrahlen, die durch das Glas hervorgebracht wird.

Die Erfindung des Glases, welche bis in die ältesten Zeiten der Phönicier und Aegypter hinaufreicht, hat ihren grössten wissenschaftlichen Werth durch die Anwendung des Glases zu physikalischen Instrumenten erhalten. Besondere zu diesem Zwecke bereitete Glasssorten das Crown- und Flintglas und das böhmische Glas gehören zu den durchsichtigsten Körpern. Nächstdem sind die anderweitigen Eigenschaften, die Unveränderlichkeit desselben an der Luft, die leichte Bearbeitung der Form, alle geeignet, das Glas in dieser Beziehung unersetzlich zu machen. Man kann daher behaupten, dass wenn die Erfindung des Glases nicht gemacht worden wäre, wir über die wichtigsten physikalischen Erscheinungen noch im Unklaren wären.

Lichtstrahlen, die aus der Luft in das Glas übergehen, werden dadurch, dass das Glas weniger durchsichtig ist, als die Luft, gebrochen. Liegen die Glasflächen und die Luftflächen, durch welche die Lichtstrahlen gehen, parallel, wie z. B. bei unseren Fensterscheiben, und sind diese Glasflächen sehr dünn, so werden wir diese Ablenkung der Lichtstrahlen kaum gewahr.

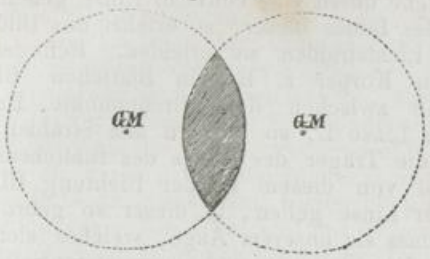
Fig. 138. 139.

Fig. 140. 141.



Glaslinsen. Anders verhält es sich indess, wenn die Flächen des Glases nicht parallel sind. Solche Glaskörper, deren Flächen aus Kugelsegmenten gebildet sind, hat man der Aehnlichkeit wegen Linsen, Glaslinsen genannt. Linsen, die auf einer Seite convex sind, heissen convexe Fig. 138, die auf beiden Seiten concav sind, heissen biconvexe Fig. 139; Linsen, die auf einer Seite concav sind, heissen concave Linsen Fig. 140 solche, die auf beiden Seiten concav sind, biconcave Linsen Fig. 141.

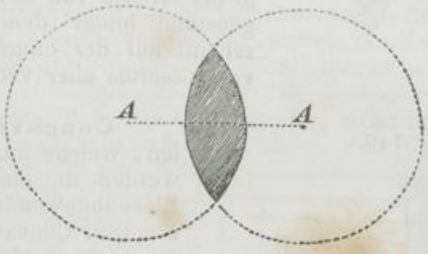
Fig. 142.



Die Mittelpunkte der Kugeln, von denen die Begrenzungsflächen der Linsen die Segmente sind, sind die geometrischen Mittelpunkte G. M. Fig. 142. Der Mittelpunkt zwischen den beiden Grenzflächen der Linse selbst der optische Mittelpunkt OM Fig. 143. Die gerade Linie, welche die geometrischen Mittelpunkte der beiden Kreise, von denen die Begrenzungsflächen der Linse Segmente sind, verbindet, ist die Axe der Linse A. A Fig. 144.

Fig. 143.

Fig. 144.



Convexe Linsen. Ein Lichtstrahl, der, in der Richtung der Axe, auf eine convexe Linse fällt, geht, ohne eine Ablenkung zu erfahren, hindurch. Fig. 145. Alle andern Strahlen werden bei ihrem Durchgang von ihrer Richtung ab- und der Axe der Linse zugelenkt. Fig. 146.

Fig. 145.

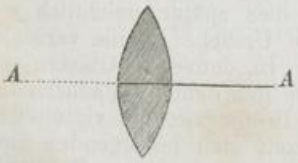
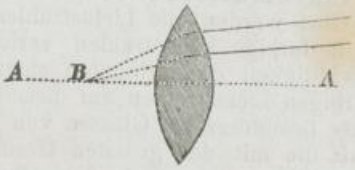


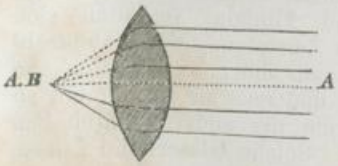
Fig. 146.



Convexe Linsen machen daher die einfallenden Strahlen convergent. Sie machen convergirende Strahlen noch convergirender, parallele Strahlen convergirend und divergirende Strahlen convengirend parallel oder weniger divergirend.

Alle Strahlen, die über oder unter der Axe der Linse, mit der Axe parallel auffallen, vereinigen sich nach ihrem Durchgange alle in einem, auf der Axe A liegenden Punkte dem Brennpunkte der Linse B Fig. 147. Hierdurch erhalten convexe Linsen die Fähigkeit Lichtstrahlen zu sammeln, daher Sammellinsen oder Sammelgläser. Da die Lichtstrahlen immer auch von Wärmestrahlen begleitet sind, so entsteht in dem Punkte B., an welchem sich die Lichtstrahlen vereinigen, auch eine Vereinigung von Wärmestrahlen,

Fig. 147.



eine erhöhte Temperatur. Darin findet die Anwendung convexer Linsen als Brenngläser ihre Erklärung.

Kommen die Lichtstrahlen, welche durch eine convexe Linse gehen, von Körpern, sind sie die Träger des Bildes dieser, so erfährt das Bild ganz dieselbe Veränderung als die Lichtstrahlen sie erleiden. Befindet sich ein Körper z. B. ein Blättchen Bl Fig. 148 zwischen dem Brennpunkte Br und der Linse L, so werden alle Strahlen, welche die Träger des Bildes des Blättchens sind und von diesem in der Richtung BL nach der Linse gehen, in dieser so gebrochen, dass sie unserem Auge, welches sich auf der, dem Blättchen entgegengesetzten Seite bei A befindet, von Bl′ zu kommen scheinen. Das Bild des Blättchens erscheint uns daher in der Grösse von Bl′. Befindet sich der Gegenstand hinter dem Brennpunkte, so erscheint auf der entgegengesetzten Seite ein vergrössertes aber verkehrtes Bild.

Fig. 148.

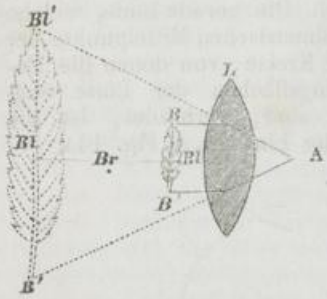
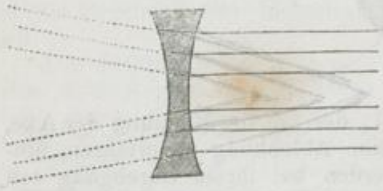


Fig. 149.



Concave Linsen. Lichtstrahlen, welche auf concave Linsen fallen, werden in einer von der Axe der Linse abgewendeten Richtung gebrochen Fig. 149. Concave Linsen machen daher die Lichtstrahlen divergirend. Divergirende Lichtstrahlen werden noch divergirender, parallele Lichtstrahlen werden divergirend und convergirende Lichtstrahlen parallel oder weniger convergirend.

Achromatische Gläser und Linsen. Bei dem Durchgange durch Glas werden die Lichtstrahlen, wie dies später ersichtlich werden wird, in farbige Lichtstrahlen zerlegt. Die Ursache ist die verschiedene Geschwindigkeit der farbigen Lichtstrahlen. In convexen Gläsern werden alle farbigen Lichtstrahlen auf dieselbe Weise gebrochen. Dadurch kommt es, dass besonders bei Gläsern von grosser Brennweite die violetten Strahlen, als die mit der grössten Geschwindigkeit sich bewegenden Strahlen eher vereinigt werden, als die rothen, welche die geringste Geschwindigkeit haben. Daher kommen auch z. B. die prächtigen Farben, welche man in den geschliffenen Gläsern der Kronleuchter sieht und der farbige, grösstentheils violette Reif, den man bei vielen optischen Instrumenten an der Grenzfläche der Linsen sieht. Dieser farbige Rand ist eines der grössten Hindernisse für genaue Beobachtungen und das Vermeiden desselben eine der grössten Schwierigkeiten besonders bei der Anfertigung von Microscopen. Durch künstliche Zusammenstellung der aus zwei verschiedenen Sorten Glas, Crown- und Flintglas, gefertigten Linsen ist man dahin gelangt, jene Uebelstände zu vermeiden. Crown- und Flintglas verhalten sich nämlich bei der durch sie bewirkten farbigen Zerstreuung der Lichtstrahlen einander entgegengesetzt. Construirt man aus ihnen zwei Linsen, in welchen die Farbenzerstreuung gleich gross ist und setzt sie zusammen, so wird durch die Farbenzerstreuung der einen, die der andern aufgehoben und die Lichtstrahlen gehen unzerstreut durch. Solche Gläser und Linsen nennt man achromatische Gläser oder Linsen.

Optische Instrumente.

Auf die Strahlenbrechung durch Glaslinsen gründen sich die wichtigsten optischen Instrumente.

Die Lupe. Das einfachste derselben die Lupe ist eine blosse convexe Glaslinse von ungefähr $^1/_2$ Zoll Durchmesser. Indem die Lupe dem Gegenstande so weit genähert ist, dass der Körper, wie das Blättchen in Fig. 148 zwischen dem Brennpunkte und der Linse liegt, entsteht davon ein vergrössertes Bild. Ausserdem besteht die Wirkung der Lupe darin, dass sie durch das Sammeln der Lichtstrahlen mehr Licht von dem Gegenstande in das Auge leitet. Lupen üben höchstens eine 8—10malige Vergrösserung aus. Ein Glaskugel mit Wasser gefüllt verrichtet auch die Dienste einer Lupe. In Holland sind die Lupen zuerst fabricirt und angewendet worden. Leuvenhock hat im 17. Jahrhundert dieselben schon in sehr vollkommener Weise gehandhabt.

Mikroskop. Setzt man zwei convexe Linsen so mit einander in Verbindung, dass die Brennpunkte beider fast zusammenfallen, so entsteht daraus das Mikroskop. Das Mikroskop hat im Allgemeinen den Zweck der Lupe, Gegenstände grösser und heller erscheinen zu lassen. Aber es erfüllt denselben weit vollkommener. Bei dem Mikroskop ist die dem Objecte, d. i. dem Gegenstande, welchen man betrachten will, zugewendete Linse, das Objectivglas Ob Fig. 150 oder Objectiv. Das hierdurch aufgenommene Bild wird durch die zweite dem Auge nahe Linse betrachtet. Diese Linse heisst das Ocularglas Oc. Gewöhnlich befindet sich zwischen Objectiv und Ocularglas, noch eine dritte Linse das Collectivglas Col. Da es erforderlich ist, dass das Blättchen Bl stark erleuchtet werde, so ist unterhalb des Objectes ein Hohlspiegel angebracht, welcher die auf ihn fallenden Lichtstrahlen auf dem Objecte vereinigt. Die Wirkung des Mikroskopes besteht darin, dass das Object Bl, das sich in der Nähe der Linse Ob befindet in einem gewissen Abstande z. B. in Bl' ein vergrössertes und verkehrtes Bild giebt. Dieses Bild wird durch die Linse Oc, wie durch eine Lupe in Fig. 146. betrachtet und erfährt dadurch, dass das erzeugte schon vergrösserte Bild, in dem Verfolg der Richtung aa aa oberhalb Ob gesehen wird, eine nochmalige Vergrösserung. Das Collectivglas Col hat die Bestimmung die von dem Objecte kommenden convergirenden Strahlen noch früher zu vereinigen und dadurch die durch die Zerstreuung der Lichtstrahlen entstehenden Farbenränder des Bildes zu verhindern.

Fig. 150.

Gewöhnlich vergrössern die Mikroskope einen Gegenstand 3—500mal. Der Vergrösserung entgegen steht die mit der wachsenden Vergrösserung sich vermindernde Deutlichkeit des Bildes. Je stärker nehmlich die Vergrösserung sein soll, um so convexer müssen die Linsen gestaltet sein. Die nicht absolute Undurchsichtigkeit derselben wird daher immer eine Grenze für die Vergrösserung abgeben. Die stärkste Vergrösserung, welche man durch das Mikroskop erhalten hat, und bei welcher das Bild deutlich zu sehen gewesen, ist eine 1200malige Vergrösserung.

Um die Vergrösserung zu messen, bedient man sich des Mikro-

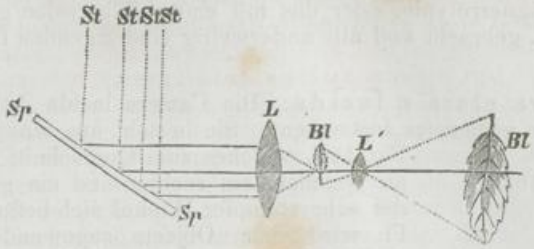
meters. Jedes Mikroskop ist mit einem Diaphragma versehen. Das Diaphragma engt das Gesichtsfeld des Ocularglases ein; es besteht gewöhnlich aus Metallblättchen die mit einem schwarzen Pigmente überzogen sind. Dies Einengen des Gesichtsfeldes ist darum erforderlich, weil jedes Bild dem Auge am Rande dunkler erscheint. Man ist durch das Ocularglas nur im Stande, einen gewissen Theil des Bildes deutlich zu sehen. Dieser Theil richtet sich nach der Dicke der Ocularlinse. Je dicker diese ist, einen um so kleineren Theil des Bildes kann man nur deutlich sehen. Alle Randstrahlen nun, die nichts zur Deutlichkeit beitragen, sind dem Sehen nur hinderlich. Man hält sie dadurch ab, dass man auf dem Ocularglase vermittelst eines Metallringes nur den Theil frei lässt, durch welchen man ein deutliches Bild erhält. Dieser schwarze Metallring ist das Diaphragma.

Das Mikrometer besteht aus einem durch sehr feine Striche getheilten Glasplättchen. Man legt es auf das Diaphragma und betrachtet durch dasselbe den Gegenstand dessen Grösse man wissen will. Auf dem Micrometer ist ein Millimeter in 100 gleiche Theile getheilt. In dieser Theilung betrachtet man den Gegenstand, durch das Mikroskop mit dem einen Auge, während man dem andern freien Auge in der deutlichen Sehweite einen in Centimeter getheilten Maassstab gegenüber hält. Letzteren kann man so befestigen, dass man die Theilung im Mikroskope und die auf dem Maassstabe über einander oder neben einander zu sehen glaubt. Gehen 80 Theilstriche im Mikroskope auf zwei des Centimeter-Maassstabes, so sieht man also 80 Theile des Mikrometer, so gross wie 2 Theile des Centimeter-Maassstabes, oder man hat den $\frac{80}{100}$ Theil eines Millimeter so gross gesehen wie 2 Centimeter. Es ist dabei die Vergrösserung $= \frac{2 \times 10 \times 100}{80}$ eine 25fache oder mit andern Worten, man hat durch das Mikroskop einen Gegenstand 25 mal grösser gesehen als in der deutlichen Sehweite mit blossem Auge.

Das Fernrohr. Dieselbe Einrichtung wie das Mikroskop, hat das astronomische oder Kepplersche Fernrohr. Es besteht aus einem convexen, achromatischen Objectivglas und einem convexen Ocularglas. Durch das erste wird ein verkehrtes Bild erzeugt, welches durch das Ocularglas, wie durch eine Lupe gesehen und vergrössert wird. Dass durch das astronomische Fernrohr die Gegenstande verkehrt gesehen werden, ist um der Gegenstände willen, die man betrachtet, der Anwendung dieser Instrumente nicht hinderlich. Dagegen stört dies bei Betrachtung der auf der Erde befindlichen Gegenstände. Man hat zu diesem Behufe das Erdfernrohr mit der Einrichtung der Zugperspective. In dem Erdfernrohr verbindet man gewöhnlich mit den zwei Linsen des astronomischen Fernrohrs noch eine convexe Linse, welche das verkehrte Bild noch einmal umkehrt und betrachtet man daher das nun aufrechte Bild durch das Ocularglas.

Das Sonnenmikroskop besteht aus einem Spiegel, Sp Fig. 151, welcher so angebracht ist, dass die darauf fallenden Sonnenstrahlen St zurückgestrahlt werden und parallel mit der Axe weiter gehen. Sie gelangen so

Fig. 151.



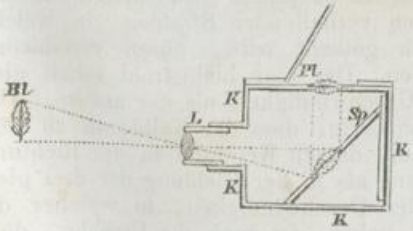
zu der convexen Linse L und werden hier convergirend. Dadurch wird der Raum hinter dieser Linse sehr stark erleuchtet. Bringt man einen Gegenstand, in Fig. 151 das Blättchen Bl hinter die Linse, so ist auch der Gegenstand sehr hell erleuchtet. Die Lichtstrahlen, welche von diesem Gegenstande ausgehen, fallen in die Objectivlinse L', welche gewöhnlich aus mehreren achromatischen Linsen zusammengesetzt ist und geben in einiger Entfernung ein verkehrtes vergrössertes Bild Bl,

Auf dieselbe Weise wendet man statt Sonnenlicht das Drummond'sche, durch Glühen von kohlensaurem Kalk im Knallgebläse erhaltene, oder das electrische Licht an. Das erstere ist auch unter dem Namen Hydro-Oxygengasmikroskop bekannt. Das Sonnenmikroskop hat Lieberkühn, ein Berliner Arzt 1738 erfunden.

Zauberlaterne. Von ganz gleicher Construction ist auch die Zauberlaterne. Die Erleuchtung der Gegenstände geschieht innerhalb eines geschlossenen Kastens durch ein Lampenlicht, hinter welchem sich ein Spiegel befindet, welcher das Licht auf den Gegenstand zurückstrahlt. Die Lichtstrahlen, welche von diesem Gegenstande ausgehen, werden durch eine dahinter befindliche convexe Linse gebrochen und geben so an der Wand ein vergrössertes verkehrtes Bild. Die Vergrösserung kann hier indess nur eine geringe sein, weil die Erleuchtung schwach ist. Deswegen wählt man nur geringe convexe Linsen aus. Die Zauberlaterne soll Roger Baco 1252 erfunden haben.

Camera obscura. Die Camera obscura beruht gleichfalls auf der Erzeugung eines physischen Bildes durch eine convexe Linse.

Fig. 152.



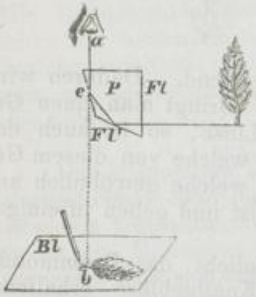
In einem dunkeln Kasten K Fig. 152, in dessen Vorderwand sich eine convexe Linse L befindet, ist dieser Linse gegenüber ein Spiegel Sp angebracht, der an der Hinterwand in einem Winkel von 45° lehnt. Die Lichtstrahlen, die von dem vor der Linse befindlichen Objecte Bl ausgehen, werden durch die Linse gebrochen, das verkehrte Bild des Objectes erscheint im Spiegel und wird von diesem auf eine an der oberen Wand befindliche Platte von mattem Glase Pl reflectirt.

Derartige Instrumente dienen zur Aufnahme von Gegenden. Das Bild derselben erscheint auf der Glasplatte und kann auf dieser nachgezeichnet werden. Ausgedehnte Verwendung findet die Camera obscura gegenwärtig bei der Anfertigung von Lichtbildern. Soll sie hierzu benutzt werden,

so wird die Glasplatte herausgehoben und an ihrer Stelle die jodirte Silberplatte, Daguerrotypie, oder das mit einem Silbersalze getränkte Papier, Photographie, gebracht und alle anderweitig eindringenden Lichtstrahlen abgehalten.

Camera clara s. lucida. Die Camera lucida ist ein zum Nachzeichnen sehr geeignetes Instrument. Sie besteht aus einem Glasprisma P, Fig. 153, welches zum Querschnitt ein Viereck hat, an welchem ein rechter und ein gegenüber liegender sehr stumpfer Winkel sich befinden. Die Fläche Fl wird dem Objecte zugewendet. Ein Lichtstrahl, der in sehr spitzem Winkel auf die Hinterfläche Fl′ fällt, wird reflectirt. Eine zweite Reflexion erleidet er in e und kommt in der Richtung ea in das Auge. In der Richtung ab liegt das Papier, auf welchem der Gegenstand nachgezeichnet werden soll. Ist die Prisma-Fläche in dieser Richtung, bis auf einen sehr kleinen Theil offen, so kann man mit der Spitze des Bleistifts Bl auf dem Papier sehr genau dem Umrisse des Bildes folgen.

Fig. 153.



Polarisation des Lichtes.

Polarisirtes Licht entsteht auf mancherlei Arten. Hier kann nur das Nächstliegende erwähnt werden. Stoffe die kein zu grosses Brechungsvermögen der Lichtstrahlen besitzen, z. B. Kalkspath, einige Salze, Bergkrystall, auch Glas, Bernstein, Zuckerlösung etc. zeigen, gegen die Lichtstrahlen ein eigenthümliches Verhalten. Lässt man auf ein Prisma von Kalkspath (Doppelspath), dessen Brechungskante mit der Hauptaxe parallel steht, einen hellen Lichtstrahl fallen, so treten aus dem Prisma zwei Lichtstrahlen aus, von denen der erstere stärker gebrochen wird als der andere. Lässt man sie unter einem Winkel von 34° auf eine Glasplatte fallen, so wird der erstere zurückgeworfen. Der andere wird unter demselben Neigungswinkel von derselben Glasplatte nicht zurückgeworfen, sondern geht durch dieselbe. Offenbar verhalten sich diese beiden Strahlen verschieden. Da die Brechung der Lichtstrahlen eine Folge der verschiedenen Geschwindigkeit der Lichtstrahlen ist, so nimmt man an, dass die beiden sich verschieden verhaltenden Strahlen, in welche ein Lichtstrahl durch den Kalkspath getheilt wird, durch verschieden schnelle Schwingungen erzeugt werden. Der eine Lichtstrahl erhält also durch den Kalkspath eine grössere Geschwindigkeit als der andere. Die Erklärung der Erscheinung findet man darin, dass der Kalkspath zu dem rhomboëdrischen Krystallsysteme gehört dessen Krystalle in der Richtung der Hautpaxe andere Elasticität haben, als in der Richtung der drei gleichen Axen. Die Verschiedenheit der Geschwindigkeit, in welcher die Lichtstrahlen durch den Doppelspath gehen, ist auch die Ursache, dass man durch einen solchen Krystall die darunter befindlichen Gegenstände doppelt sieht. Aber nicht blos der Kalkspath besitzt diese Eigenschaft das Licht zu polarisiren. Dies Vermögen kommt nach den neusten Beobachtungen fast allen durchsichtigen Körpern zu. Glas verhält sich unter gewissen Umständen ganz so wie Kalkspath, nur ist der Winkel, in welchen das polarisirte Licht auseinander geht spitzer als beim Kalkspath. Der allgemeine Unterschied zwischen polarisirtem und gewöhnlichen Licht, besteht

darin, dass ein gewöhnlicher Lichtstrahl nach allen Seiten hin, dieselben Eigenschaften besitzt, z. B. von einem Spiegel stets reflectirt wird, während ein polarisirter Lichtstrahl nicht nach allen Seiten diese Beziehungen zeigt. Das Eigenthümliche dieser Abweichung von den Eigenschaften des gewöhnlichen Lichtes hat den Namen Polarisation erhalten und Strahlen, welche diese Eigenthümlichkeit zeigen, die Bezeichnung polarisirte Strahlen.

Diese Erscheinungen sind ausserordentlich zahlreich. Besonders erwähnenswerth sind die Wirkungen der Zuckerlösungen. Auf der Eigenschaft des Zuckers in seinen klaren Lösungen, im Verhältniss zu seiner Menge das Licht zu polarisiren, beruhen die Polarisationsapparate, deren man sich bei Zuckersiedereien zur Bestimmung des Zuckergehaltes in Lösungen bedient.

Einige Körper haben die Eigenschaft die Polarisationsebene von der Linken zur Rechten zu drehen. Dextrin hat hiervon seinen Namen erhalten.

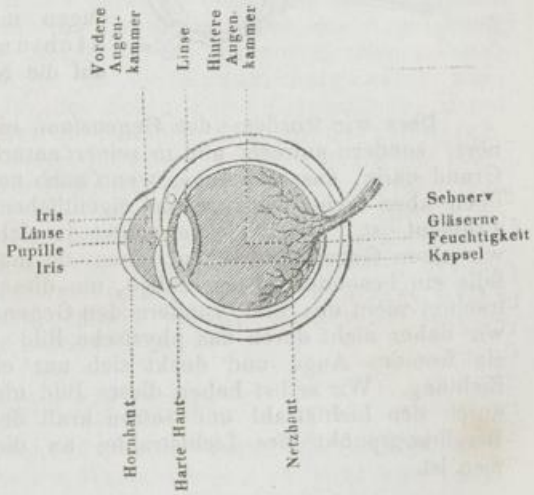
Das Sehen.

Sichtbar wird uns ein Gegenstand, wenn derselbe nicht zu klein, nicht zu fern, genügend erleuchtet ist und wir, mit dem Willen den Gegenstand zu sehen, unser Sehorgan auf denselben richten.

Das Auge. Das menschliche Auge Fig. 154, 155 ist ein kugelförmiges, aus mehreren Häuten gebildetes, mit durchsichtigen Flüssigkeiten gefülltes und mit einem besondern Sehnerv ausgerüstetes Organ. Die äusserste Umhüllung des Augapfels, Fig. 155, welcher in der Augenhöhle liegt, bildet die harte Haut. In dem nach vorn gerichteten Theile wird sie gewölbter und durchsichtig, und heisst hier Hornhaut.

Fig. 154.

Fig. 155.

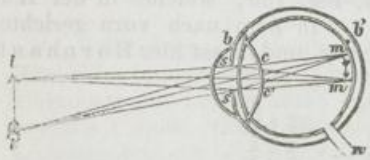


Der innere Raum des Augapfels ist durch die Krystalllinse und durch die Häute, in welche dieselbe eingeschlossen ist, in zwei Abtheilungen, die vordere und die hintere Augenkammer getheilt. Die Linse selbst besteht aus durchsichtigen zarten Häutchen und ist in einer Kapsel eingeschlossen. Die vordere Augenkammer, der gewölbte Raum zwischen der Linse und der Hornhaut ist mit der wässrigen Feuchtigkeit angefüllt. Nach der Linse zu wird dieser Raum durch die farbige oder

Regenbogenhaut oder Iris begrenzt. Diese schliesst sich indess nicht ganz, sondern besitzt in der Mitte eine kreisrunde Oeffnung, welche schwarz erscheint. Diese Oeffnung bildet die Pupille. Die hintere Augenkammer wird umgrenzt von der Aderhaut eine innere mit dunklem Pigmente bekleidete Haut. An dem hinteren Theile des Augapfels tritt der Sehnerv, aus dem Gehirn kommend, in das Auge. Er verbreitet sich in einem netzartigen Geflecht auf der inneren Fläche der Aderhaut. Seine netzartige Verbreitung heisst Netzhaut oder Retina. In der Mitte des ausgebreiteten Sehnerv ist ein dunkler Fleck (Simmering'scher Fleck), dessen Zweck noch nicht genügend erklärt ist. Den Raum der hinteren Augenkammer füllt eine durchsichtige, gallertartige Flüssigkeit, die gläserne Feuchtigkeit aus.

Das Sehen. Die auf die convexe Hornhaut fallenden Lichtstrahlen, welche die Träger des Bildes ll sind, das gesehen wird, werden bei ihrem Durchgang durch die convexe Hornhaut bei b Fig. 156 abgelenkt. So gelangen sie durch die Pupille zur Linse. Von dieser werden sie bei s und c gebrochen, fallen, ein verkehrtes Bild mm darstellend, durch die durchsichtige Glasfeuchtigkeit auf die im Innern des Auges ausgebreitete Netzhaut. Unsere Seele nimmt durch den Sehnerv den Akt wahr, und so gelangt die Thatsache des Vorhandenseins jenes Gegenstandes zum Bewusstsein.

Fig. 156.



Durch die Brechung, welche die Lichtstrahlen bei ihrem Durchgange durch die Hornhaut und Linse bei b, s, c erleiden, fällt das Bild des Gegenstandes, nach unseren physikalischen Gesetzen und nach Beobachtungen, die man an Thieraugen machen kann, in verkehrter Richtung und verkleinert bei mm auf die Netzhaut.

Dass wir trozdem den Gegenstand nicht verkehrt und nicht verkleinert, sondern aufrecht und in seiner natürlichen Grösse sehen, hat seinen Grund darin, dass das Auge, wenn auch nach seiner äusseren Construction, doch aber nicht nach seinen eigentlichen Funktionen ein optisches Instrument ist. Die Seele betrachtet ja nicht das Bild auf der Retina, wie wir einen Gegenstand sehen, denn sie müsste in solchem Falle ja gleichfalls ein besonderes Auge haben, um dieses Bild zu sehen. Die Seele betrachtet nicht das Bild, sondern den Gegenstand. Die Vorstellung erlangen wir daher nicht durch das physische Bild auf der Retina, dies sieht nur ein fremdes Auge und denkt sich nur eine fremde Seele in verkehrter Richtung. Wir selbst haben dieses Bild nicht. Wir erhalten den Eindruck durch den Lichtstrahl und setzen kraft des Vermögens unserer Seele den Berührungspunkt des Lichtstrahles an die Stelle, von der er gekommen ist.

Sehen mit beiden Augen. Wir sehen mit beiden Augen einen Gegenstand darum nur einfach, weil die in die Augen tretenden Nervenstränge sich bei ihrem Austritt aus dem Auge vereinigen, und daher die zu gleicher Zeit auf die Netzhaut fallenden Bilder eines Gegenstandes, nur einen gemeinschaftlichen Träger haben. Auch zwei oder mehrere Gegenstände sehen wir immer mit beiden Augen. Immer fällt auf jede Netzhaut dasselbe Bild, aber wir sehen mit jedem Auge den Gegenstand von verschiedener Richtung, mehr um den Gegenstand herum. Hierdurch erlangt das Bild erst Umrisse

und wird die körperliche Vorstellung der Gegenstände erzeugt. Darin liegt auch die Erklärung des Stereoskops.

Sehweite. Hält man sich ein Buch unmittelbar an das Auge, so wird das Bestreben die Buchstaben zu sehen ohne Erfolg sein. Rückt man ganz allmälig das Buch vom Auge ab, so gelangt man damit zu einem Punkte, wo man die Buchstaben am deutlichsten sieht. Rückt man das Buch noch weiter, so nimmt die Deutlichkeit des Sehens wieder ab. Die Entfernung des Gegenstandes von dem Auge, bei welcher dieser am deutlichsten gesehen wird, nennt man die Sehweite. Sie beträgt bei guten Augen etwa 9 Zoll.

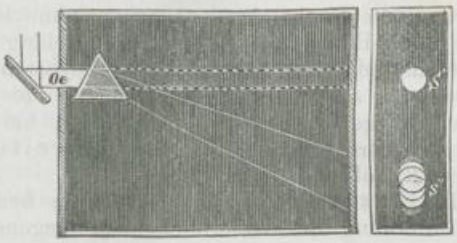
Accomodations-Vermögen. Das Auge besitzt das Vermögen, sich nach der Entfernung der zu erblickenden Gegenstände einzurichten. Die Axe des Auges wird je nach der Entfernung dieser verlängert oder verkürzt, so dass das Bild der Gegenstände in möglichster Deutlichkeit auf die Netzhaut fällt, und den grössten Eindruck hervorbringt. Dies Vermögen nennt man Accomodations-Vermögen.

Kurzsichtigkeit und Fernsichtigkeit. Die Beschäftigungen des Menschen haben auf die Thätigkeit des Accomodationsvermögens seiner Augen grossen Einfluss. Personen, die sich viel oder nur im Freien bewegen, Jäger, Wilde etc., die dadurch Gelegenheit haben, ihre Augen immer auf entfernte Gegenstände zu richten und das Accomodationsvermögen in Uebung zu erhalten, bilden dieses sehr aus, und sehen entfernte Gegenstände sehr deutlich. Andere Personen dagegen, die genöthigt sind nur kleine Gegenstände zu betrachten, die diese möglichst deutlich zu sehen haben, z. B. Kupferstecher, Graveure etc. verlieren die Accomodationsfähigkeit mehr und mehr. Gegenstände, die in der gewöhnlichen Sehweite sich befinden, bringen bei ihnen kein deutliches Bild mehr hervor. Die Lichtstrahlen, die davon durch das Auge gehen, fallen nicht mehr genau auf die Netzhaut, sondern vor dieselbe. Dieser Mangel an Accomodationsvermögen ist die Kurzsichtigkeit. Mangel an Accomodationsfähigkeit für das Sehen naher Gegenstände, deren Bild dann nicht auf, sondern über die Netzhaut fällt, ist die Fernsichtigkeit. Diese findet sich besonders im Alter ein. Zur Abhülfe für beide Uebel dienen die Brillen. Die Brillengläser sollen im Verein mit dem Auge bewirken, dass das Bild genau auf die Netzhaut fällt. Hieraus ergiebt sich die für kurzsichtige und fernsichtige Augen erforderliche Construction der Brillengläser. Kurzsichtige Augen bedürfen Gläser, welche die Convergenz der Lichtstrahlen vermindern. Bei weitsichtigen Augen müssen die Strahlen convergenter gemacht werden. Brillen hat man in Italien schon im 13. Jahrhundert benutzt.

Zerstreuung des Lichtes.

Homogenes und gemischtes Licht. Fallen die Sonnenstrahlen auf eine mit Wasser gefüllte weisse Wasserflasche, so sieht man hinter derselben eine schöne farbige Erscheinung. Dieselbe Erscheinung kann man noch genauer auf folgende Art beobachten. Eine Anzahl Lichtstrahlen, die durch eine enge Oeffnung in einen dunklen Raum auf eine weisse Fläche fallen, erzeugen auf derselben ein rundes weisses Sonnenbild. Hält man aber wie in Fig. 157 ein glässernes Prisma so vor die Oeffnung, dass die eine Kante desselben, die Brechungskante, nach unten gekehrt ist und die einfallenden Strahlen durch das Prisma gehen müssen, so ist die Erscheinung wesentlich anders. Das Bild erscheint nicht mehr auf derselben Stelle als es vordem gewesen; es ist auch nicht mehr kreisrund, sondern länglich. Das

Fig. 157.



auffallendste aber ist, dass es nicht mehr weiss, sondern farbig und zwar aus sieben deutlich verschiedenartig gefärbten Schichten besteht. Zunächst dem früheren Sonnenbilde ist das farbige Sonnenbild roth, dann pomeranzenfarben, dann gelb, dann grün, dann lichtblau, dann dunkelblau, endlich violett gefärbt. Aendert man die Stellung des Prisma, so dass die Brechungskante nach oben geht, so erscheint das farbige Sonnenbild unter dem ursprünglichen weissen Sonnenbilde. Dann nimmt auch die rothe nicht den untersten, sondern den obersten, wiederum dem früheren weissen Sonnenbilde am nächsten gelegenen Platz ein. Dieses farbige Sonnenbild ist zuerst von Newton wissenschaftlich beobachtet und erklärt worden; man nennt es daher Newton's Farbenspectrum. Das Sonnenlicht, das unserem Auge weiss erscheint, ist also in sieben Farben zerlegbar. Diese einzelnen farbigen Lichtstrahlen lassen sich besonders ableiten und trennen, aber sie lassen sich nicht weiter zerlegen, und wir nennen sie deswegen auch homogene Lichtstrahlen, oder homogenes Licht, das weisse Sonnenlicht aber gemischtes Licht.

Sammelt man die Strahlen, welche gebrochen durch ein Prisma das farbige Sonnenbild gegeben haben, in einer Sammellinse, so erhält man dadurch wieder ein rein weisses Bild. Färbt man eine Scheibe von Papier mit den genannten sieben Farben genau in der Aufeinanderfolge wie sie in dem farbigen Sonnenbild sich ausdrücken und bewegt dann diese Scheibe sehr rasch, so erscheint sie weiss. Aendert man absichtlich die Anordnung der Farbenreihe, oder lässt eine Farbe aus, so erhält man diese Erscheinung nicht. Dieselben Versuche hat man unmittelbar mit dem Strahlen des farbigen Sonnenbildes gemacht. Lässt man diese durch eine hinter der Auffallfläche befindliche Oeffnung sämmtlich wieder zusammenfallen, so erhält man weisses Licht. Lässt man nur einige durchfallen, die anderen nicht, so erhält man kein weisses Licht, sondern das aus den durchgelassenen Farben bestehende Sonnenbild ist farbig. Man hat hieraus geschlossen, dass das weisse Sonnenlicht aus unendich vielen Strahlen der farbigen Lichtstrahlen zusammengesetzt ist.

Dass diese verschiedenartig gefärbten Strahlen unserem Auge weiss erscheinen, erklären wir in derselben Weise, wie die Erscheinung, dass die siebenfarbig gefärbte Papierscheibe, wenn sie rasch bewegt wird, weiss erscheint. Auch die Lichtstrahlen bewegen sich oder erzeugen eine wellenförmige Bewegung im Weltäther. Wie aus der Kenntniss der Schnelligkeit der Bewegung des Sonnenlichtes erhellt, ist diese Bewegung eine kaum fassbar schnelle. Die ungeheuer schnell sich bewegenden farbigen Lichtwellen

bringen daher dieselbe Erscheinung hervor, wie die sich drehende Farbenscheibe.

Dass anderer Seits die Farben der einzelnen Strahlen nach Brechung durch das Prisma in dem Newton'schen Farbenspectrum isolirt erscheinen, hat darin seinen Grund, dass die Lichtwellen der einzelnen gefärbten Lichtstrahlen eine verschiedene Geschwindigkeit und dieserhalb auch ein verschiedenes Brechungsvermögen haben. Die Lichtwellen des rothen Lichtes haben die geringste Geschwindigkeit, die Lichtwellen des violetten Lichtes die grösste Geschwindigkeit. Diese ist fast doppelt so gross wie jene. Die violetten Lichtstrahlen werden am stärksten, die rothen Lichtstrahlen am schwächsten, die übrigen farbigen Lichtstrahlen immer in derselben Reihenfolge gebrochen, wie sie stets wiederkehrend das Farbenspectrum bezeichnet. Dies verschiedene Brechungsvermögen offenbart sich durch das Prisma. Die violetten Strahlen werden von der ursprünglichen Richtung des weissen Lichtes stets am weitesten abgelenkt, das Bild der rothen Lichtstrahlen liegt dem ursprünglichen Bilde des weissen Lichtes immer am nächsten.

Die Auflösung des weissen Lichtes in die farbigen Lichtstrahlen hat die grösste Aehnlichkeit mit der Entstehung der Töne. Das weisse Sonnenlicht, entstanden durch das rasche Ineinanderbewegen der siebenfach gefärbten Lichtstrahlen, ist dem Geräusche zu vergleichen, welches entsteht, wenn Töne in rascherer Aufeinanderfolge, als wir sie deutlich hören können, unser Ohr treffen. Die einzelnen farbigen Lichtstrahlen erscheinen durch eine bestimmte Anzahl von Lichtwellen, wie die einzelnen Töne durch eine bestimmte Anzahl von Schallwellen. Hohe Töne werden durch eine grössere Anzahl von Schwingungen, tiefe Töne durch eine geringere Anzahl von Schwingungen erzeugt. Das rothe Licht wird durch eine geringere Anzahl von Schwingungen, das violette durch eine grössere Anzahl erzeugt. Das rothe Licht ist daher den tiefen, das violette den hohen Tönen vergleichbar. Hinsichtlich der Anzahl der Schwingungen, denen die Töne und denen die farbigen Lichtstrahlen ihre Entstehung verdanken, ist aber ein ausserordentlich bedeutender Unterschied. Der tiefste musicalische Ton entsteht durch 16 Schwingungen einer 16füssigen Luftsäule der Orgelpfeife in der Secunde, der höchste Ton durch ungefähr 8000 Schwingungen. Das rothe Licht entsteht durch 420 Billionen, das violette durch 740 Billionen Schwingungen in der Secunde. Auf Roth folgt durch Zunahme der Schwingungszahlen Orange, Gelb, Grün, Blau, Dunkelblau, Violett.

Regenbogen. Eine der prächtigsten Naturerscheinungen, der Regenbogen, beruht auf derselben Ursache, wie das Erscheinen des Newton'schen Farbenbildes und des Farbenbildes hinter der Wasserflasche. Dieselbe Erscheinung kann man beobachten, wenn man ganz früh an einem hellen sonnigen Sommermorgen die an den feinen Blättchen der Gräser hängenden Thautropfen betrachtet. Jeder einzelne giebt auch ein solches Farbenbild wie das Prisma. Die Umgebung, in welcher wir ihn betrachten, hat aber hierauf Einfluss. Wir sehen nicht das siebenfarbige Bild, sondern gewöhnlich nur eine Farbe vorherrschend. Dieselbe Brechung erleiden die Lichtstrahlen durch die fallenden Regentropfen. Damit wir dieselben beobachten können, muss sich unser Auge in der Richtung befinden, in welcher die Lichtstrahlen aus der brechenden Wassertropfenmenge austreten. Daraus folgt, dass wir den Regenbogen immer nur des Abends oder des Morgens sehen, weil nur an diesen Tagesstunden die tief stehende Sonne uns ein Bild liefern kann, welches in der entsprechenden Richtung unserer Augen liegt. Die Sonne darf sich nicht über 42 Grad über den Horizont erhoben haben. Wir erblicken den Regenbogen des Abends nur in der östli-

chen, des Morgens in der westlichen Himmelsgegend. Wir müssen, um ihn zu sehen, unser Gesicht in die Richtung der von der Sonne kommenden Lichtstrahlen, unser Auge also in die der Sonne entgegengesetzten Richtung bringen. Jeder Regenbogen bildet einen ungeheuren Kreis. Unser Horizont ist aber von der Erde begrenzt, deswegen sehen wir, je nachdem die Sonne höher oder tiefer steht, nur kleinere oder grössere Abschnitte dieses Kreises. Auch über Wasserfällen sieht man, wenn das Auge sich in einer bestimmten Richtung befindet, Theile eines Regenbogens.

Morgen- und Abendröthe. Die rothe oder rothgelbe Färbung der Wolkenschichten und hochgelegene Gegenstände der Erde, das Alpenglühen, hat seinen Grund in der verschiedenen Brechung, welche die farbigen Sonnenstrahlen durch die feinen Wassertheilchen des entstehenden oder sich zerstreuenden Nebels erfahren.

Die Farben. So wie durchsichtige Körper, das Glasprisma, der Wassertropfen oder der Brillant ihre Wirkung auf die einzelnen farbigen Lichtstrahlen üben, sie trennen und siebenfarbige Bilder geben, so äussern auch die undurchsichtigen Körper Einfluss auf die einzelnen farbigen Lichtstrahlen. Wir haben beobachtet, dass die verschiedenen Grade der Undurchsichtigkeit der Körper von dem Verhalten der in diesen befindlichen körperlichen Atome und den dazwischen gelagerten, mit Weltäther gefüllten Räumen abhängig sind. Aus diesem Verhalten der Körper, aus der Beschaffenheit dieser körperlichen Atome ergiebt sich der verschiedene Grad der Durchsichtigkeit der Körper. Die Körper haben dadurch einen verschiedenen Grad der Absorptionsfähigkeit für das Licht. Diese Absorptionsfähigkeit ist nun nicht blos auf das weisse Licht gerichtet, denn das weisse Sonnenlicht ist ja nur eine, sich unserem Auge aus der Wellenbewegung der siebenfarbigen Lichtstrahlen bietende Erscheinung, sondern das Verhalten der körperlichen Atome gegen das Licht, das Absorptionsvermögen der Körper für die Lichtstrahlen ist auch auf die farbigen Lichtstrahlen selbst gerichtet. Die Körper haben für die verschieden gefärbten Lichtstrahlen verschiedene Absorptionsfähigkeit. Körper, deren Absorptionsfähigkeit gleich gross für alle farbigen Lichtstrahlen ist, absorbiren diese stark und gleichmässig und erscheinen dadurch, aus Mangel an Licht, dunkel oder schwarz. Körper, deren Absorptionsfähigkeit sehr gering, aber gleichmässig gering für alle farbigen Lichtstrahlen ist, absorbiren diese gleichmässig aber schwach, sie strahlen den grössten Theil der farbigen Lichtstrahlen so wieder von sich, wie diese auf sie gefallen sind und erscheinen daher hell, oder wie wir sagen weiss. Andere Körper absorbiren die farbigen Lichtstrahlen nicht gleichmässig, sie absorbiren nur bestimmte farbige Strahlen und werfen die andern zurück. Körper mithin, welche 6 von den sieben Farben absorbiren und die siebente zurückstrahlen erscheinen unserem Auge in letzterer Farbe. Ein rother Körper absorbirt alle farbigen Lichtstrahlen bis auf die rothen, diese wirft er zurück und erscheint daher roth. Ein blauer Körper absorbirt alle farbigen Strahlen bis auf die blau gefärbten, diese wirft er zurück und erscheint uns daher blau u. s. w. Dies Verhalten gegen die einzelnen Farben ist nicht gleich hervortretend. Es macht sich das Absorptionsvermögen in verschiedenem Grade geltend. Aus dem sich daraus ergebenden Verhältnisse der zurückgestrahlten farbigen Lichtstrahlen ergeben sich dann auch die verschiedenen Nüançirungen in den Farben.

Da kein Körper absolut durchsichtig ist, so kann auch kein Körper ohne Farbe sein. Diese Farbe aber ist immer von der Mächtigkeit der Schichten, von dem Grade der Vertheilung, in denen uns seine Atome

sichtbar werden, abhängig. Die Luft, der durchsichtigste Körper, erscheint blau, wenn wir sie in grossen Schichten sehen. Deswegen erscheint auch der Himmel oder entfernte Berge unserm Auge blau. Wäre die Luft vollkommen durchsichtig oder könnten wir durch eine 7 Meilen hohe Luftschicht in den Weltraum sehen, so müsste der Himmel uns vollkommen schwarz erscheinen. Gay-Lussac hat auf seiner Luftfahrt den Himmel dunkelblau gesehen. Aus demselben Grunde erscheint auch das Meer uns blau, zuweilen grün. Das Leuchten des Meeres kommt von der Phosphorescenz kleiner gallertartiger Weichthiere, die im Meere in ungeheurer Anzahl leben nnd ein ähnliches Licht verbreiten, wie unsere Johanniswürmchen. Das durchsichtigste farblose Glas erscheint in grossen Massen grün. Zinnober hat in derben Massen eine metallartig grau-braune Farbe. Noch auffallender zeigt dies Schwefelantimon. In derben Massen ist es grauschwarz, sehr fein vertheilt durch Fällung aus seiner Lösung zeigt es eine hell rothgelbe Farbe.

Merkwürdig ist, dass manche Menschen durch eigenthümliche Gesichtsfehler verhindert werden, die Farben richtig zu unterscheiden. In den meisten derartigen Fällen ist es die rothe Farbe, von denen solche missbildete Augen keine Vorstellung möglich machen. Der Begriff roth ist dann für diese Menschen nicht vorhanden. Rothe Körper erscheinen ihnen wie grüne. Sie können z. B. die Früchte der Erdbeeren von den Blättern nur durch die Form unterscheiden, haben keinen Begriff von dem Morgenroth und der Abendröthe, Strontianfeuer leuchtet ihnen grün etc. Kinder unterscheiden zwar die Farben, aber sie lernen die richtige Bezeichnung derselben, blau, roth, gelb etc. erst durch vielfache Wiederholung.

Chemische Wirkung des Lichtes.

Alle organischen Wesen, wir selbst, die Thiere und Pflanzen haben für ihre Entwickelung und die dieselbe begleitenden Lebenserscheinungen das Licht nöthig. Die meisten Thiere, welche längere Zeit ohne Licht leben, verkümmern; Pflanzen, die kürzere Zeit ohne Licht gelassen werden, hören auf zu vegetiren. Das Licht übt einen chemischen Einfluss. Dieser offenbart sich ebenso in den Lebenserscheinungen der organisirten Wesen, als in den Erscheinungen der Umwandlung, die anorganische Körper erleiden, auf eine ausserordentlich mannigfaltige Weise. In den Bereich der Lebenserscheinungen der organisirten Wesen greift das Licht durch die Begünstigung der Wechselwirkungen, die die ausgeschiedenen und aufgenommennn Stoffe erleiden, ein. Unsere Ausdünstung, Haut, Haar, Augenfarbe, die Farbe der Thiere, der Stoff- und Farbenwechsel der Blüthen, Blätter, Früchte der Pflanzen hat seine bedingende Ursache in dem Lichte. Dieser chemische Einfluss des Lichtes äussert sich auch auf anorganische Körper. Manche dieser sind ausserordentlich empfindlich, z. B. einige Metalloxyde und deren Verbindungen. Unter diesen besonders die Silbersalze. Die Verfertigung der Lichtbilder beruht darauf, dass die Silbersalze durch die Einwirkung des Lichtes in ausserordentlich kurzer Zeit eine Veränderung erleiden. Die Verbindungen des Silbers werden durch das Licht reduzirt. Metallisches Silber wird ausgeschieden und die Stellen, wo dies geschieht erscheinen schwarz.

Darauf beruht die Anfertigung der Lichtbilder. Bei den Daguerre'schen Bildern wird eine Silberplatte in Joddämpfe gehalten. Dadurch bildet sich auf ihrer Oberfläche eine Schicht Jodsilber, welches dann in der Camera obscura durch die von dem aufzunehmenden Gegenstande kommenden Lichtstrahlen verändert wird. Bei den Photographien verwendet

man statt der Silberplatte Papier, welches durch Tränken mit der Lösung eines Silbersalzes empfindlich gemacht worden ist. Bei der Pannotypie ist die irritabele Fläche auf Wachsleinwand bereitet.

Die erste Anwendung der Lichtstrahlen zur Erzeugung von Bildern ist von Daguerre 1826 in Paris gemacht worden, hat aber erst seit 1836 praktisch begonnen und ist seit dieser Zeit ausserordentlich verbreitet worden.

Wärme.

Wärme und Kälte sind als Begriffe jedem bekannt. Wir leiten sie von Empfindungen her, die unser Körper vermöge seines Gefühlvermögens erhält. Die Ursache der Wärme sucht man in dem Vorhandensein einer feinen, elastischen, unwägbaren Materie, dem Wärmestoffe, der mit den Körpern Verbindungen eingeht. Das Eindringen des Wärmestoffes in unsere Körper bringt das Gefühl der Wärme und dessen Schwinden das Gefühl der Kälte hervor.

Wärmequellen. Wärme entwickelt sich aus mehrfachen Quellen. Die Hauptwärmequelle für uns Erdbewohner ist die Sonne. Eine andere dauernde Wärmequelle ist die der Erde innewohnende Wärme. Wärme wird auch erzeugt bei der Verbrennung und bei vielen andern chemischen Erscheinungen sowie durch die Electrizität. Endlich wird noch Wärme erzeugt durch den Lebensprocess der organischen Wesen.

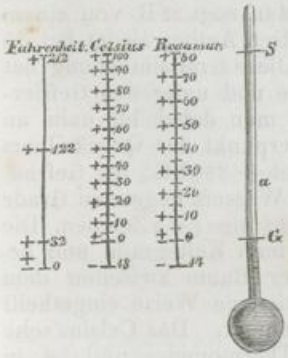
Gebundene oder latente Wärme. Führt man einem Körper aus irgend einer der genannten Quellen entbundene Wärme zu, so kann er nach seinem Vermögen davon in sich aufnehmen ohne seine Temperatur dadurch zu erhöhen. Diese aufgenommene durch das Gefühl nicht wahrnehmbare Wärme nennt man gebundene oder latente Wärme. Führt man z. B. einem Stück Eis dadurch Wärme zu, dass man es in einem Gefässe durch eine Spiritusflamme erwärmt, so wird das Eis ziemlich lange Wärme aufnehmen, ohne etwas davon abzugeben, man kann sich davon dadurch überzeugen, dass das abgeflossene Wasser ebenso kalt ist, als das Eis selbst. Das Aufnehmen von Wärme dauert bei dem Eise so lange fort bis alles Eis geschmolzen ist. Diese Menge Wärme nun, die in das Wasser übergegangen und durch das Gefühl nicht wahrnehmbar ist, welche das Wasser behält so lange es Wasser bleibt und erst wieder abgiebt, wenn es Eis wird, ist die latente oder gebundene Wärme.

Freie Wärme. Erhitzt man einen Körper über sein Vermögen Wärme zu binden, so giebt er diese Wärme wieder an seine Umgebung ab. Diese abgegebene Wärme nennt man freie Wärme. Erhitzt man z. B. die Wände eines gefüllten Dampfkessels, so wird vorerst das Kupfer von der ihm zuströmenden Wärme so viel binden, als es vermag, wird ihm mehr zugeführt, so wird es dieses Mehr, die freie Wärme, an das innen befindliche Wasser abgeben.

Volumenveränderung der Körper durch die Wärme. Die Wärme, die ein Körper an sich bindet, verliert dadurch jeden weiteren Einfluss auf den Körper. Freie Wärme aber bewirkt gewisse stetige Veränderungen an demselben. Freie Wärme vergrössert das Volumen der Körper, mit denen sie in Berührung kommt. Eine Metallkugel, z. B. die kalt leicht durch einen Metallring fällt, nimmt durch das Erhitzen ein so viel grösseres Volumen ein, dass sie auf dem Metallringe liegen bleibt. Wenn man das Standgefäss von Aether im kalten Keller mit Aether bis an den äussersten Rand voll füllt, so wird der, durch die Stubenwärme der Officin sich ausdehnende Aether den Propfen abwerfen.

Thermometer. Man hat gefunden, dass die Zunahme des Volumens, die ein Körper unter dem Einfluss der freien Wärme erfährt, in gleichem Verhältniss zu der Menge der auf ihn wirkenden freien Wärme steht. Daraus folgt sehr einfach, dass, wenn man im Stande ist, die Ausdehnung zu messen, die ein Körper erleidet, man darin auch zugleich das Mittel hat, die Menge der freien Wärme — gewöhnlich Temperatur genannt — zu bestimmen. Auf die Messung der Ausdehnung, welche das Quecksilbermetall, unter dem Einfluss der freien Wärme erleidet, gründet sich das Thermometer.

Fig. 158.



Das Thermometer Fig. 158 besteht aus einer sehr engen und völlig gleich weiten Glasröhre, an deren unterem Ende eine Glaskugel angeblasen und deren obere Oeffnung zugeschmolzen ist. Kugel und Röhre sind zum Theil mit Quecksilber gefüllt. Behufs der Anfertigung füllt man Kugel und Röhre mit Quecksilber bis ungefähr in die Mitte der Röhre. bei a. Nachdem man aus der Röhre durch Erhitzen über einer Weingeistlampe alle Luft ausgetrieben hat, schmilzt man die obere Oeffnung der Röhre zu. Bringt man nun die so gefüllte Glasröhre in schmelzendes Eis, so wird das Quecksilber durch die Verringerung seines Volumens einen geringeren Raum einnehmen. Bemerkt man sich diesen Punkt und wiederholt den Versuch, so wird man finden, dass das Quecksilber ganz genau immer wieder auf denselben Punkt fällt, sofern man es in diese oder eine andere Mischung von Schnee oder Eis mit Wasser bringt. Die Ursache davon liegt darin, dass das Wasser, indem es aus dem Eise entsteht, eine gewisse Menge Wärme in sich aufnimmt. Solange daher Eis oder Schnee in der Mischung ist und schmilzt, und alle zuströmende Wärme absorbirt, kann daher die Mischung selbst keine höhere Temperatur erhalten. Dieserhalb hat das Quecksilber in der Röhre stets eine gleichmässige Ausdehnung und die Oberfläche des Quecksilbers erscheint stets ganz genau auf derselben Stelle. Man bezeichnet diesen Punkt als Eis- oder Gefrierpunkt. Auf umstehender Fig. ist es G. Wasser, das ein wenig unter diesem Punkt erkaltet, gefriert.

Eine andere, ebenso unveränderliche Grenze der Ausdehnung des Quecksilbers erhält man in der Siedehitze des Wassers; sofern die Oberfläche des kochenden Wassers unter einem gewissen unveränderlichen Luftdrucke steht. Der Grund davon ist leicht einzusehen. Das Kochen des Wassers besteht darin, dass durch die zuströmende freie Wärme Wasser zu Wasserdampf umgewandelt wird. Diese am Boden des Gefässes sich entwickelnden Wasserdämpfe müssen, um auf die Oberfläche des kochenden Wassers zu gelangen, nicht nur den Druck der Wassersäule durchbrechen, sondern auch den Druck der ganzen Luftsäule überwinden, die auf der Wasserfläche lastet. Je grösser dieser Druck ist, je heisser müssen auch die Wasserdämpfe sein, um vermöge der dann erhaltenen Spannkraft den erforderlichen Gegendruck zu üben. Wenn man also den vorliegenden Versuch in einem tiefen Schachte machen, damit also die Luftsäule vergrössern würde, so müssten die Dämpfe heisser, auf einem hohen Berge weniger heiss, bei einem bestimmten Luftdrucke aber immer gleich heiss sein. In Folge dessen bestimmt man den Siedepunkt des Wassers bei einem Luftdrucke, der genau dem Drucke einer

Quecksilbersäule von 28 Zoll das Gleichgewicht hält, oder, was dasselbe ist, bei einem Luftdrucke, bei dem das Barometer genau 28 Zoll angiebt. Bei einem solchen Luftdrucke bringt man das Thermometer in eine blecherne Hülse, durch welche dasselbe ganz umgeben ist und lässt in dieser Hülse Wasser so lange kochen bis der gesammte Apparat und das Thermometer gleichmässig erwärmt sind. Gleich bei dem Beginn der Berührung mit dem heissen Wasser hat sich das Quecksilber in der Röhre ausgedehnt. Diese Ausdehnung hat zugenommen, bis sie bei dem Kochen des Wassers und der gleichmässigen Erwärmung der Röhre genau auf einem Punkte stehen geblieben ist, von welchem sie, so lange das Kochen dauert, nicht abweicht. Diesen Punkt hat man den Siedepunkt S Fig. 158 genannt.

DieTemperatur giebt man nach Graden an. Man sagt z. B. von einem mässig durchwärmten Zimmer, es hat 16 Grad. Der Aether siedet bei 35 Grad etc. Grade bezeichnet man mit ° Zeichen. Diese Gradeintheilung hat man aber über den Siedepunkt des Wassers hinaus und unter den Gefrierpunkt des Wassers hinab fortgesetzt. Hinauf ist man dabei bis nahe an den Siedepunkt und hinab bis nahe an den Gefrierpunkt des Quecksilbers gegangen. Der Siedpunkt des Quecksilbers liegt bei + 360° C., der Gefrierpunkt bei — 40°. Die über dem Gefrierpunkte des Wassers liegenden Grade nennt man Wärmegrade und bezeichnet sie mit einem plus (+) Zeichen. Die unter dem Gefrierpunkte liegenden Grade nennt man Kältegrade und bezeichnet sie mit einem minus (—) Zeichen. Der Raum zwischen dem Gefrierpunkte und dem Siedepunkte ist auf verschiedene Weise eingetheilt worden. Celsius hat denselben in 100 Grade eingetheilt. Das Celsius'sche Thermometer heisst daher auch das Centesimal-Thermometer und ist in Frankreich und zum grösseren Theile auch in Deutschland das Gebräuchlichste. Eine Bezeichung der Temperaturangabe durch C., z. B. + 15° C., oder auch ohne weitere Angabe, z. B. + 16° — 13° ist immer die Celsius'sche. Eine andere Eintheiluug stammt von Reaumur. Nach dieser ist der Raum zwischen Gefrier- oder Nullpunkt und Siedepunkt in 80 Grade eingetheilt. Die Temperaturangabe nach Reaumur bezeichnet man mit einem R., z. B. + 25° R. — 13° R.

Fahrenheit hat den Raum zwischen Gefrierpunkt und Siedepunkt des Wassers in 180 Grade getheilt, aber so, dass der Siedepunkt des Wassers 212°, der Gefrierpunkt 32° zeigt. Es fällt daher bei dieser Eintheilung der Gefrierpunkt und Nullpunkt nicht zusammen. Dem 0° Fahrenheit entsprechen — 18° C. und — 14° R.; + 32° F = 0° C. und 0° R; 212° F = + 100° C. u. + 80° R. Das Fahrenheitsche Thermometer ist wenig mehr in Gebrauch.

Hat man Celsius'sche Temperaturgrade, z. B. + 25° C. in Reaumur'sche umzuwandeln, so ergiebt sich dies durch $\frac{80 \cdot 25}{100} = 20°$ R. Umgekehrt 20° R. zu Celsius'schen ergeben, $\frac{20 \cdot 100}{80} = 25°$ C.; oder 4° R. sind gleich 5° C.

Zur Feststellung sehr hoher Kältegrade bedient man sich des Weingeistthermometers. Quecksilber erstarrt bei 40° C., und zeigt schon bei Temperaturen, die dieser nahe kommen, Unregelmässigkeiten in der Zusammenziehung. Weingeist dagegen friert erst bei sehr starker Kälte, zeigt aber bei seiner Ausdehnung und Zusammenziehung nicht die Regelmässigkeit des Quecksilbers.

Einige wissenswerthe Temperaturangaben.

Gefrierpunkt des Weingeistes	— 90° C.
Gefrierpunkt des Quecksilbers	— 40° C.
Strenge Winterkälte	— 12—20° C.
Gewöhnliche Winterkälte	— 6—12° C.
Gefrierpunkt des Wassers	∓ 0° C.
Grösste Dichte des Wassers bei	+ 4° C.
Zimmerwärme	+ 20° C.
Gewöhnliche Sommerwärme	+ 20—25° C.
Blutwärme des Menschen	+ 37° C.
Siedepunkt des Aethers	+ 35° C.
Schmelzpunkt des Wachses	+ 68° C.
Entzündung des Phosphpors	+ 75° C.
Siedepunkt des Weingeistes	+ 78° C.
Siedepunkt des Wassers	+ 100° C.
Schmelzpunkt des Schwefels	+ 108° C.
„ „ Bleis	+ 322° C.
Siedepunkt der Schwefelsäure	+ 326° C.
„ des Quecksilbers	+ 360° C.
Schmelzpunkt des Silbers	+ 1000° C.
„ „ Gusseisens	+ 1200° C.
„ „ Goldes	+ 1250° C.
„ „ Stabeisens	+ 1500—1600° C.

Pyrometer. Temperatur-Grade, wie einige der angegebenen, z. B. den Schmelzpunkt des Gusseisens, wäre man ausser Stande mit dem Quecksilberthermometer zu messen. Man hat zu diesem Zweck die Ausdehnung fester Metalle oder der Thone benutzt, welche diese in der Hitze erleiden. Ein solches Instrument nennt man einen Pyrometer. Er besteht gewöhnlich aus einer Metallstange, welche den zu erhitzenden Körper darstellt. Diese ist gewöhnlich aus Eisen. Durch die Hitze wird sie ausgedehnt, bewegt dadurch einen Zeiger auf einer Scale, und giebt darauf die Temperaturgrade an. Andere Pyrometer sind aus Platin oder auch wie die Wedgewoodschen aus feuerfestem Thon.

Mittheilung der Wärme durch Strahlung und Leitung. Hält man zwischen eine Gas- oder andere Flamme und ein Thermometer eine Glasplatte, so wird man lange bevor die Glasplatte sich erwärmt, das Thermometer steigen sehen. Nach und nach erwärmt sich auch die Glasplatte, und zwar an der der Flamme zugekehrten Seite allmälig von Theilchen zu Theilchen und erscheint die Erwärmung im Verhältniss zu der Stärke der Glasplatte erst spät auf der Rückseite derselben. Hieraus ergiebt sich, dass sich die Wärme in doppelter Weise verbreitet, durch Strahlung, wie im ersten Falle, wobei sie die zwischenliegenden Körper nur unmerklich erwärmt, und dann durch Mittheilung, wobei sie sich von Theilchen zu Theilchen des Körpers fortpflanzt und diesen so durchdringt, dass er gleichfalls Wärme ausstrahlt.

Die strahlende Wärme befolgt bei ihrer Verbreitung gleiche Gesetze wie das Licht. Wenn man einen sehr heissen aber nicht glühenden Körper, mit einem Schirm aus Pappe bedeckt, der an einigen Stellen durchlöchert ist, den gefrorenen Fenstern nähert, so werden nur jene Stellen des Fensters aufthauen, die, wenn der Körper leuchtend wäre, von ihm beleuchtet werden würden, oder die in grader Linie mit ihm liegen. Strahlende Wärme pflanzt sich wie das Licht nur in grader Linie fort.

Auch in Bezug auf die Wirkung, gleicht die strahlende Wärme dem

Lichte. Ein Körper, auf den die Strahlen der Sonne schräg, also in stumpfem Winkel fallen, giebt einen grossen Theil des Lichtes wieder ab, daher das Strahlen der Fenster am Morgen und Abend; die Körper selbst werden in dem Verhältniss, als sie Licht abgeben, weniger erleuchtet. Eben so ist dies mit der Strahlung der Wärme der Fall. Je schiefer die Strahlen der Wärme auf einen Körper fallen, je mehr giebt der Körper davon wieder ab, je geringer wird er selbst erwärmt. Daher kommt es auch, dass die strahlende Wärme, die von der Sonne ausgeht und unsere Erde erwärmt, dies um so wirksamer thut, je senkrechter die Wärmestrahlen auffallen. Die Verschiedenheit der Wärmegrade der Erdzonen, die Abnahme derselben gegen die Pole, die Zunahme gegen den Aequator, die Zu- und Abnahme der Jahrestemperatur in den verschiedenen Monaten, die Zu- und Abnahme in den verschiedenen Tageszeiten, hat nur darin ihren Grund. Durch die Bewegung der Erde um die Sonne treffen die von dieser ausgehenden Wärmestrahlen das eine Halbjahr die eine Hälfte unserer Erde das andere Halbjahr die andere Hälfte unserer Erde in mehr senkrechter Richtung. Daraus erklärt sich Sommer und Winter in den mittleren Zonen, die hohe Temperatur der Aequatorial- und die niedrige der Polar-Gegenden. In dem für unsere Erdhälfte günstigen Halbjahr vom 21. März bis zum 21. October fallen die Wärmestrahlen gegen Ende des Juni am 21. am meisten in rechtem Winkel auf. Die grössere Hitze des Juli und die grösste Tageshitze zwischen 12 und 1 Uhr hat darin ihre Ursache, dass die grössere Wärme erst durch die längere Andauer der Strahlung erzeugt wird. Aus derselben Ursache erklärt sich die Ab- und Zunahme der Tagestemperatur. Die Umdrehung der Erde um sich selbst hat zur Folge, dass nacheinander nur die der Sonne zugekehrte Erdtheilhälfte erleuchtet wird. Zu allen Jahreszeiten fallen des Morgens und des Abends auch die Wärmestrahlen in schiefer Richtung auf die Erde. Diese Richtung ist um so schiefer je näher die Sonne dem Horizonte, um so senkrechter je ferner sie demselben ist. Des Mittags um 12 Uhr ist die Richtung jeden Tages am senkrechtesten und des Mittags am 21. Juni am senkrechtsten im ganzen Jahre.

Von diesen Ursachen hängt im Allgemeinen die Temperatur und das Klima der Länder ab. Um die mittlere Temperatur eines Ortes kennen zu lernen, beobachtet man jahrelang die Temperatur der Luft zu verschiedenen Tageszeiten. Gewöhnlich geschieht dies viermal. Von diesen vier Beobachtungen berechnet man die mittlere Temperatur eines Tages. Die mittlere Temperatur aller Tage eines Monates giebt die mittlere Temperatur eines Monats, die mittlere Temperatur aller 12 Monate die mittlere Temperatur eines Jahres, und die mittlere Temperatur vieler Jahre giebt die mittlere Temperatur eines Ortes. Diese wird nun nicht blos allein von der mehr südlichen oder nördlichen Lage, sondern auch von der unmittelbaren Umgebung z. B. von der Nähe des Meeres, grosser Sandflächen, hoher Berge, von der Höhe des Ortes selbst über dem Meere etc. bedingt.

Mittlere Temperatur einiger Orte.

	Max.-Temp.	Min.-Temp.	Mittl. Temp.
Apenrade	+ 26° C.	— 19° C.	+ 6° C.
Arnstadt	+ 34°	— 28°	+ 9°
Berlin	+ 35°	— 29°	+ 9°
Braunsberg	+ 29°	— 17°	+ 7°
Breslau	+ 32°	— 35°	+ 8°
Danzig	—	—	+ 6°
Düsseldorf	—	—	+ 10°
Frankfurt a. M.	+ 37°	— 18°	+ 9°

	Max.-Temp.	Min.-Temp.	Mittl. Temp.
Göttingen	—	—	+ 8°
Halle	+ 35°	— 21°	+ 9°
Hamburg	+ 36°	— 29°	+ 8°
Heidelberg	+ 36°	— 26°	+ 10°
Jena	—	—	+ 8°
Karlsruhe	+ 36°	— 26°	+ 10°
Königsberg	—	—	+ 6°
Leipzig	+ 38°	— 30°	+ 9°
Mannheim	+ 34°	— 23°	+ 10°
München	+ 35°	— 26°	+ 11°
Prag	+ 35°	— 27°	+ 9°
Regensburg	+ 36°	— 30°	+ 8°
Stuttgart	+ 34°	— 18°	+ 10°
Trier	—	—	+ 9°
Tübingen	—	—	+ 8°
Wien	+ 36°	— 20°	+ 10°
London	+ 34°	— 10°	+ 9°
Paris	+ 38°	— 23°	+ 10°
Petersburg	+ 33°	— 49°	+ 2°
Rom	+ 34°	— 5°	+ 15°
Pondichery	—	—	+ 29°
Melville	+ 15°	— 48°	— 18°.

Die Geschwindigkeit der Wärmestrahlung ist sehr gross. Sie kommt der des Lichtes fast gleich. Die Geschwindigkeit der Strahlung erfolgt wie die des Lichtes nach unabänderlichen Gesetzen. Das Vorhandensein dieser kann man sehr gut beobachten, wenn man ein empfindliches Thermometer in gewissen Abständen von 1, 2, 3, 4 etc. Fuss von einem glühenden Körper beobachtet, die Temperaturzunahme verhält sich umgekehrt, wie die Quadrate dieser Entfernungen.

Ausstrahlungsvermögen der Körper. Beobachtet man die Ausstrahlung bei verschiedenen Körpern, die bis zu einem gleich hohen Temperaturgrade erwärmt worden sind, so findet man, dass der eine die Wärme rascher abgiebt, als der andere. Es ist das Ausstrahlungsvermögen der Körper nicht gleich. Dies verschiedene Ausstrahlungsvermögen hat seinen Grund in der verschiedenen Dichtigkeit und in der verschiedenen Gestaltung der Oberflächen der Körper. Ein und derselbe Körper strahlt die Wärme verschieden aus, je nachdem seine Oberfläche glatt und eben, oder eckig, kantig, uneben ist. Ein Metallwürfel, dessen Wände eine verschiedene Oberfläche haben, von denen die eine glatt geschliffen, die zweite rauh, die dritte mit einer schwarzen Farbe überzogen ist, strahlt, wenn er erhitzt wird, auf der glatten Fläche am wenigsten, auf der rauhen mehr, auf der schwarz getünchten am meisten Wärme aus.

Absorptionsvermögen der Körper. Diejenigen Körper, welche die Wärme an ihre Umgebung rasch ausstrahlen, nehmen auch ebenso leicht Wärme auf. Auch dies Vermögen besitzen die Körper also in verschiedenem Grade, man sagt, die Körper besitzen ein verschiedenes Absorptionsvermögen für die Wärme. Es hat dies dieselbe Ursache, als das verschiedene Ausstrahlungsvermögen. Es hängt, wie dieses, in Beziehung auf verschiedene Körper, von der Constitution der Massentheile derselben ab. Das Absorptionsvermögen ist aber auch für ein und denselben Körper verschieden. Bringt man 3 Metallwürfel von ganz gleichem Stoff, von denen der

eine eine glatte, der andere eine rauhe, der dritte eine schwarz getünchte Oberfläche hat, in gleich weite Entfernung von ein und derselben Wärmequelle, so wird der Körper mit schwarz getünchter Oberfläche am raschesten, der Körper mit rauher Oberfläche weniger rasch, und am langsamsten der Körper mit glatter Oberfläche Wärme absorbiren.

Wärmestrahlung der Erde. Aus dem verschiedenen Ausstrahlungs- und Absorptionsvermögen der Körper erklären sich sehr wichtige Erscheinungen. Eine der nächst liegenden ist, dass die Körper vermöge ihres verschiedenen Grades von Ausstrahlungs- und Absorptionsvermögen fortwährend in gegenseitiger Mittheilung und Ausgleichung der in ihnen befindlichen Wärmemenge begriffen sind, und wenn sie in einem gewissen Raume eingeschlossen sind, allmälig ein und dieselbe Temperatur annehmen. Aus dem verschiedenen Absorptionsvermögen erklären sich auch eine grosse Menge der Temperatur und Witterungs-Erscheinungen unserer Erde. Die Erde wird den Tag über durch die Wärmestrahlen der Sonne erwärmt. Die Erde absorbirt die Wärme. Kommt nun der Abend und die Nacht, so strahlt die Erde von der absorbirten Wärme wieder aus; sie giebt Wärme an ihre Umgebung, d. i. die Luft, ab. Die Luft besitzt aber nicht immer dasselbe Absorptionsvermögen für die Wärme. Stehen Wolken am Himmel, so ist das Absorptionsvermögen weit geringer, als wenn ein solches Hinderniss nicht vorhanden, wenn klarer heiterer Himmel ist. In sternhellen Nächten strahlt die Erde am meisten, bei trübem, bedecktem Himmel am wenigsten Wärme aus. Die Kühle der Nächte, die Morgenfrische, Thau, Reif und eine grosse Menge von Wärme- und Witterungsverschiedenheiten hängen von der Wärmestrahlung der Erde ab.

Wärmeleitung. Wenn uns an recht kalten Tagen die Wärme des Stubenofens, welche er uns durch Strahlung mittheilt, nicht genügt, um unsere erstarrten Hände zu erwärmen, so legen wir dieselben wohl einmal unmittelbar an den Ofen. Ausser der mittelbaren Mittheilung der Wärme durch Strahlung, giebt es noch eine unmittelbare Mittheilung der Wärme, durch unmittelbare Berührung der Körper. Von dieser letzten Mittheilung der Wärme, die von einem Massentheilchen des Körpers auf das andern übergeht, sagen wir, sie erfolgt durch Leitung. Bringt man Körper von Metall, Glas, Holz von demselben Umrisse mit ein und derselben Wärmequelle in unmittelbare Berührung, so beobachtet man eine sehr verschieden rasche Erwärmung dieser Körper. Der metallene Stab wird am raschesten erwärmt, der Stab von Holz in viel langsamerem Grade. Man schliesst daraus, dass die Körper ein verschiedenes Vermögen haben, die Wärme von einem Massentheilchen auf das andere zu übertragen. Nach diesem verschiedenen Leitungsvermögen theilt man die Körper in gute und schlechte Wärmeleiter. Körper, welche an einer Stelle erwärmt die Wärme schnell allen ihren andern Theilen mittheilen, heissen gute Wärmeleiter. Alle Metalle sind besonders gute Wärmeleiter. Schlechte Wärmeleiter sind solche, welche an einem Theile erwärmt die Wärme nur sehr langsam auf ihre andern Theile übertragen. Luft, Wolle, Holz, Stroh, Schnee sind schlechte Wärmeleiter. Andere Körper leiten die Wärme mittelmässig, Porzellan, Steine, Steingut, Glas etc.

Diese Verschiedenheit des Wärmeleitungsvermögens der Körper findet im gewerblichen Leben, in unseren Gewohnheiten etc., die ausgebreiteste Anwendung. Im Allgemeinen dienen gute Wärmeleiter dazu, um die Wärme leicht abzuführen und leicht zuzuführen; schlechte Wärmeleiter aber haben den Zweck Wärme zusammenzuhalten und Wärme abzuhalten. Eiserne Oefen wendet man an, um die Hitze der

glühenden Kohlen von diesen leicht abzuführen und der Stube mitzutheilen. In metallenen Gefässen kocht das Wasser am raschesten. Metallene Gegenstände fühlen sich kalt an, weil sie unserer Hand Wärme entziehen. Wir bekleiden uns im Winter mit schlechten Wärmeleitern, mit Tuch, Pelzwerk, um die Wärme zusammenzuhalten. Je dichter diese sind, je mehr erfüllen sie ihren Zweck. Die zwischen diesen und dem Körper befindliche Luft unterstützt sie in dem Zurückhalten der Körperwärme. Die Anwendung von Gummischuhen, Betten, Handschuhen etc. erklärt sich hieraus. Würde Schnee die Saaten nicht bedecken, so würden sie häufiger erfrieren. Brunnen, die von der Kälte leiden würden, umwickelt man mit Stroh. Eis, das für den Gebrauch im Sommer bestimmt ist, bewahrt man in tiefen Kellern und bedeckt es mit Stroh. Doppelthüren, Doppelfenster schützen durch die schlechte Leitungsfähigkeit der zwischen ihnen eingeschlossenen Luft. Auch die Natur ist für die Geschöpfe, die hohe Kälte- oder Wärmegrade zu ertragen haben, versorglich gewesen, sie hat dem Eisbären sein Fell, dem Wallfisch seine Specklage, den Schlangen, Felisarte die ihnen zuträgliche glatte Haut gegeben.

Die Erde ist ein schlechter Wärmeleiter. Wäre dies nicht, so würde sie rascher erkalten, als dies für die Lebensprozesse der organischen Welt dienlich ist. Ausser der Wärme nämlich, welche die Erde durch die Wärmestrahlen der Sonne empfängt, besitzt die Erde eigene ihr zugehörige Wärme, die Erdwärme. Steigt man in das Innere der Erde hinab, so nimmt die Temperatur zu. Das Thermometer steigt bei je 100 Fuss Tiefe um 1°. Würde man 100 × 100 Fuss in der Erde herabsteigen können, so würde man an einem Punkt ankommen, wo das Wasser kocht. Darauf beruht die Wahrnehmung, dass in tiefen Kellern es im Winter wärmer ist, als im Freien. Im Sommer dagegen ist dies umgekehrt, die Wärme der Erdoberfläche theilt sich nur langsam nach innen zu mit. Bis in sehr tiefe Keller geschieht dies fast gar nicht. Diese, z. B. die Felsenkeller der bayrischen Bierbrauer haben deswegen Sommer und Winter eine fast gar nicht verschiedene Temperatur. Im Sommer ist in ihnen die Temperatur weit niedriger und im Winter höher als die der Atmosphäre.

Specifische Wärme.

Vermischt man 1 Pfund Wasser, das bis zu 100° C. erwärmt ist, und 1 Pfund Wasser, das 0° Temperatur hat, mit einander, so wird das Gemisch eine Temperatur von + 50° haben. Ganz ebenso verhalten sich alle Mischungen derselben Flüssigkeit. Die Ausgleichung der Temperatur in gleichen Flüssigkeiten wird immer so erfolgen, dass die erhaltene Temperatur das Mittel aus den früheren ist. Anders verhält es sich aber, wenn man die Ausgleichung der Temperatur verschiedener Körper beobachtet. Wird z. B. 1 Pfund Quecksilber von 0° R. und ein Pfund Wasser von + 34° R. zusammengemischt, so ist die Temperatur des Gemisches nicht + 17° R., sondern sie ist + 33° R. Mischt man nun 1 Pfund Quecksilber von + 34° R. und 1 Pfund Wasser von 0° R. zusammen, so ist die Temperatur des erhaltenen Gemisches wiederum nicht + 17° R., sondern sie ist + 1° R. Im ersteren Falle hat 1 Pfund Wasser nur 1° R. Wärme abgegeben, um 1 Pfund Quecksilber um 33° R. höher zu erwärmen; während im zweiten Falle + 33° R. Wärme nur im Stande waren die Temperatur von 1 Pfund Wasser um + 1° R. zu erhöhen. Dieselbe Menge Wärmestoff mithin, die nöthig war, eine gewisse Menge Quecksilber um 33° zu erhöhen, hat dieselbe Menge Wasser nur um 1° R. erhöht. Diese Verschiedenheit in der Ausgleichung der Temperaturen findet nun nicht blos bei Wasser

und Quecksilber, sondern auch bei allen anderen Körpern statt. Die Menge Wärmestoff, welche die verschiedenen Körper bedürfen, um eine gewisse Temperatur-Erhöhung zu erlangen, nennt man specifische Wärme und die Eigenschaft der Körper für die Erlangung dieser Temperatur einer gewissen, grösseren oder kleineren Menge Wärmestoffes zu bedürfen, die Wärme-Capacität der Körper.

Calorimeter. Führt man dem Eise Wärme zu, so schmilzt es. Die Menge des erhaltenen Wassers steht im Verhältniss zu der zugeführten Wärme. In dem abschmelzenden Wasser hat man daher ein Mittel die verschiedenen Mengen der specifischen Wärme der einzelnen Körper zu bestimmen. Denn so wie Quecksilber sich zum Wasser verhält, verhält es sich auch zum Eise. Ein Pfund Quecksilber auf + 34° R. erwärmt, mit 1 Pfund Wasser von + 0° R. gemischt, giebt diesem + 33° R. ab, und erwärmt das Wasser um + 1°. Diese Temperaturzunahme kann man durch das Thermometer erkennen. Wendet man nun Eis statt Wasser an, so wird die Abgabe der Wärmemenge des Quecksilbers den Erfolg haben eine gewisse Menge Eis in Wasser zu verwandeln. Ebenso wird sich Wasser verhalten, wenn man es mit dem Eise mischt. 1 Pfund Wasser von 0° R. hat aber 33mal mehr Wärme nöthig als 1 Pfund Quecksilber von 0° R., um auf + 33° R. erwärmt zu werden. 1 Pfund Wasser von + 33° R. wird also auch 33mal mehr Wärme abgeben, als 1 Pfund Quecksilber von + 33° R. 1 Pfund Wasser von + 33° R. wird mithin auch 33mal mehr Eis schmelzen, als 1 Pfund Quecksilber von + 33° R. Man besitzt hierin also ein Mittel um die verschiedenen Mengen specifischer Wärme und verschiedener Wärme-Capazität der Körper zu bestimmen. Darauf gründet sich das von La Place zuerst angewendete Calorimeter. Das Calorimeter besteht aus einem doppelten Gefäss aus Metallblech. In den inneren Theil wird der zu prüfende Körper gelegt. Der Zwischenraum zwischen der innern und äussern Wand des Gefässes ist mit Eis gefüllt. Das durch die Abgabe des Körpers abgeschmolzene Wasser fliesst durch einen Hahn ab, und aus seiner Menge wird die Wärmecapazität der geprüften Körper bestimmt. Das Wasser hat unter allen festen und flüssigen Körper die grösste specifische Wärme, auch eine grössere als die meisten Gase, Wasserstoff ausgenommen. Bei der Vergleichung der verschiedenen Wärmecapazität der Körper hat man die Wärmecapazität des Wassers zur Einheit angenommen. Wenn man daher die specifische Wärme der Körper in bestimmten Grössen ausdrückt, so zeigt die gebrauchte Zahl an, in welchem Verhältniss zu der specifischen Wärme des Wassers Wärme erforderlich ist, um die Temperatur des Körpers um einen Grad zu erhöhen.

Veränderung des Aggregatzustandes. Wasserdampf, tropfbar flüssiges Wasser und Schnee haben dieselbe chemische Zusammensetzung. Es ist derselbe Körper in verschiedenen Aggregatzuständen. Für das Vorhandensein dieser verschiedenen Aggregatzustände ein und desselben Körpers muss nothwendigerweise ein bestimmter Grund vorhanden sein. Bringt man Eis in ein metallenes Gefäss, das bis auf 30° erwärmt worden ist, so wird aus Eis Wasser, das Gefäss aber hat dadurch Verlust an Wärme erlitten. Die Wärme aus dem Gefäss ist auf das Wasser übergegangen. Bringt man das entstandene Wasser in ein sehr hoch erhitztes Gefäss, so wird aus dem tropfbar flüssigen Wasser, Wasserdampf, das Gefäss aber wird gleichfalls abgekühlt, es erleidet gleichfalls einen Verlust an Wärme. Die Wärme aus dem Gefäss ist in den Wasserdampf übergegangen. Beide Erscheinungen, der Uebergang des Eises zu Wasser, und

der Uebergang des tropfbar flüssigen Wassers in Wasserdampf, oder der Uebergang fester Körper in den flüssigen und flüssiger in den dampfförmigen Aggregatzustand ist nur durch die Aufnahme von Wärmestoff erfolgt. Wenn man den erhaltenen Wasserdampf in ein kaltes Gefäss leitet, so wird aus dem Wasserdampf wieder Wasser, das Gefäss wird aber erwärmt, die in dem Wasserdampfe enthaltene Wärme ist in das Gefäss übergegangen. Bringt man das erhaltene Wasser in ein metallenes Gefäss, welches bis auf — 10° erkältet ist, so wird das Wasser zu Eis, das Gefäss aber wird nach und nach jemehr Wasser zu Eis geworden, erwärmt, die im Wasser vorhandene Wärme ist auf das Gefäss übergegangen. Beide Erscheinungen, der Uebergang des Wasserdampfes zu tropfbar flüssigem Wasser und der Uebergang tropfbar flüssigen Wassers zu Eis, oder der Uebergang luftförmiger Körper zu tropfbar flüssigen und der Uebergang tropfbar flüssiger zu festen Körpern erfolgt durch Abgabe von Wärme. Die Ursache des verschiedenen Aggregatzustandes der Körper ist das in ihnen vorhandene verschiedene Verhältniss der Wärmemenge.

Füllt man ein Gefäss mit Schnee und beobachtet während des Aufthauens des Schnees ein hineinreichendes Thermometer, so wird man finden, dass das Thermometer, so lange noch etwas Schnee in dem Wasser ist, auf dem Gefrierpunkte bleibt, auch wenn man das Aufthauen dadurch bewirkt hat, dass man das Gefäss an das Feuer stellt, und so demselben grosse Mengen Wärme zuführt. Die Temperatur des Wassers steigt erst dann über 0°, wenn der Schnee geschmolzen ist. Von da ab erfolgt das Steigen in dem Verhältniss als dem Wasser Wärme zugeführt wird. Kommt das Wasser endlich in das Kochen, so beobachtet man, dass das Thermometer wiederum eine unveränderliche Temperatur anzeigt; es steigt dasselbe nicht, so lange Wasser unter dem gleichen Luftdrucke kocht. An den Uebergangspunkten aus einem Aggregatzustand in den andern ist die Temperatur für jeden einzelnen Körper eine bestimmte, und ändert sich während dieses Ueberganges nicht.

Schmelzpunkt. Alle festen Körper, welche durch die Zuführung der Wärme nicht zersetzt, sondern in den flüssigen Zustand übergeführt werden, werden bei einer gewissen Temperatur flüssig. Diese Temperatur dauert so lange, als die festen Körper im Begriff sind flüssig zu werden. Den Uebergang der festen Körper in den flüssigen Zustand nennt man Schmelzen, und den Temperaturgrad, bei welchem dies erfolgt, den Schmelzpunkt.

Die Schmelzpunkte von	Stabeisen	1500 — 1600	Grad
„	Gusseisen	1050 — 1200	„
„	Gold	1250	„
„	Silber	1000	„
„	Zink	360	„
„	Blei	334	„
„	Wismuth	256	„
„	Schwefel	109	„
„	Wachs	61	„
„	Essigsäure	45	„
„	Eis	0	„
„	Quecksilber	—39	„

Erstarren flüssiger Körper. Flüssige Körper sind als solche zu betrachten, die eine grosse Menge Wärme in sich aufgenommen haben. Gehen flüssige Körper in den starren Zustand über, so wird die in ihnen

vorhandene Wärme frei. Salzlösungen auf dem Punkte, wo das in ihnen gelöste Salz beginnt heraus zu krystallisiren, erwärmen sich daher. Dieses Erwärmen geht unter dem Zusammentreffen günstiger Umstände, z. B. bei Tartarus ammoniacatus zuweilen bis zum Aufwallen der Lösung.

Gefrieren des Wassers. Einen grossartigen Vorgang des Uebergehens eines flüssigen Körpers in einen festen beobachten wir in dem Erstarren der Oberfläche des Wassers und der atmosphärischen Feuchtigkeit. Durch die grössere Entfernung von der Sonne empfangen wir im Winter weniger Wärme. Die abnehmende Temperatur stellt sich allmälig ein. Sie wirkt auch auf das Wasser, welches allmälig erkaltet. Indem es sich hierdurch zusammenzieht, wird es dichter. Diese Verdichtung des Wassers durch die abnehmende Temperatur geht so lange vor sich bis es + 4° erreicht hat. Wasser von + 4° C. hat seine grösste Dichtigkeit erreicht. Von + 4° an noch weiter erkaltet dehnt sich das Wasser wieder aus. Bei 0° C. hat es dieselbe Dichtigkeit als bei + 8° C. Dieses unerklärte Abweichen von den Gesetzen, die wir an allen andern Körpern hinsichtlich ihrer Ausdehnung und Zusammenziehung beobachten, ist nichts destoweniger für die organischen Wesen der gemässigten und kalten Zone eine Nothwendigkeit, ohne deren Statthaben sie nicht bestehen könnten; sie ist die Veranlassung, dass die Wässer nicht bis auf den Boden ausfrieren. Durch die Abnahme der Lufttemperatur werden die Wässer in den oberen Schichten zuerst abgekühlt, sie erreichen daher dort zuerst + 4° und dadurch den Zustand grösster Dichtigkeit. Haben sie diesen erreicht, so sinken sie vermöge ihrer grösseren Schwere zu Boden, und wärmere Schichten treten von dem Grunde der Gewässer an diese Stelle. Endlich hat die ganze Wassermasse eine Temperatur von + 4°. Nun werden die obersten Schichten weiter erkaltet, sie dehnen sich aus, erstarren endlich bei 0° zu Eiskrystallen, die sich nach und nach an einander legen, und eine Eisdecke bilden. Wasser von 0° erleidet aber durch das Gefrieren zu Eis nochmals eine Ausdehnung. Das Zersprengen der stärksten Gefässe, in denen Wasser gefriert, ist ein Beispiel hiervon. Eis ist weniger dicht, also auch leichter als Wasser von 0°, es bleibt also auf dem Wasser schwimmen. Eis ist aber auch ein schlechter Wärmeleiter, schützt mithin im Verhältniss zu seiner Dicke, das unter ihm befindliche Wasser vor weiterer Abkühlung. Auch bei der stärksten Winterkälte bleibt daher auf dem Grunde der Seen, Flüsse, Teiche Wasser von einer Temperatur von + 4° und das Eis auf ihm kann auch bei der andauernsten Kälte nicht eine gewisse Dicke seiner Lage überschreiten. Nur seichte Gewässer können ausfrieren. Grundeis bildet sich durch starke Ausstrahlung von Wärme sehr klarer Wässer. —

Sublimation. Viele feste Körper gehen, wenn sie durch Wärme chemisch unverändert in Dämpfe verwandelt worden sind, aus der Dampfform wieder in den festen Aggregatzustand über. Solche Körper sind z. B. mehrere Verbindungen des Quecksilbers, vornehmlich viele Chlorverbindungen, der Salmiak und Salze des Ammoniaks, mehrere Metalle, Kalium, Natrium, Zink, Cadmium etc. Möglicherweise haben alle Metalle diese Eigenschaft, nur werden dazu ungeheuer hohe Temperaturgrade und geeignete Vorrichtungen zur Vermeidung der Oxydation gehören. Auch mehrere organische Verbindungen lassen sich unzersetzt in Dampfform bringen, und scheiden sich aus dieser in fester Gestalt wieder ab, z. B. Camphor, Benzoesäure, Bernsteinsäure etc. Den Vorgang der Verdampfung fester Körper und des Verdichtens derselben durch Abkühlung in passenden Gefässen begreift man unter der Bezeichnung **Sublimation**.

Krystallisation. Erfolgt der Uebergang eines Körpers aus seinem flüssigen Aggregatzustande in den eines festen Körpers in regelmässiger Gestalt, so nennt man diesen Vorgang Krystallisation.

Sieden. Siedepunkt. Die Wärme wird flüssigen Körpern gewöhnlich von Aussen durch die Wärme der Gefässe, in denen sich die Flüssigkeiten befinden, mitgetheilt. Die Wände dieser werden zu solchem Zwecke erwärmt. Die Wärme der Gefässwände theilt sich allmälig den unteren Schichten der Flüssigkeit mit. Diese werden dadurch ausgedehnt, daher leichter, sie steigen an die Oberfläche und kältere und dichtere treten an die Stelle. Auch diese werden erwärmt und gehen dann denselben Weg. Dieses Auf- und Absteigen der Flüssigkeiten dauert so lange bis die am Boden befindlichen Schichten eine Temperatur erhalten haben, in welcher sie ihren luftförmigen Aggregatzustand annehmen. Dies geschieht in Form von kleinen Dampfbläschen. Die so gebildeten Dampfbläschen sind um vieles verdünnter als die Flüssigkeit in der sie entstehen, sie sind daher viel leichter und steigen deshalb in die Höhe. Um dies aber erreichen zu können, müssen sie den Druck der Flüssigkeitssäule, die auf ihnen lastet, überwinden. Ausser der Flüssigkeitssäule lastet auch der Druck der Luftsäule, die wiederum auf die Oberfläche der Flüssigkeitssäule drückt, auf ihnen. Sie müssen daher einen gewissen Grad von Elasticität besitzen. Diesen Grad von Elasticität erhalten sie aber durch einen gewissen Grad von aufgenommer Wärme. Haben sie diesen erreicht, so steigen sie in die Höhe. Treffen sie auf diesem Wege Flüssigkeitsschichten, die ihnen Wärme entziehen, so verlieren sie dadurch auch diese Elastizität und werden von dem Drucke der Luft und der Flüssigkeitssäule wieder verdichtet. Man kann dies deutlich beobachten, wenn man in einem gläsernen Gefässe Wasser erwärmt. Durch das Verdichten der Dämpfe zu Flüssigkeiten, und das dadurch erzeugte Zusammenschlagen der Flüssigkeiten entsteht ein eigenthümliches Geräusch. Hat nun durch weiter fortgesetztes Zuführen von Wärme die ganze Flüssigkeitssäule eine Temperatur, welche den entstandenen Dämpfen keine Wärme mehr entzieht, so behalten die Dämpfe ihre Elasticität bei und durchsteigen die ganze Höhe der Flüssigkeitssäule und treten an die Oberfläche. In dem Verhältniss nun, in welchem durch die Wände der Gefässe der Flüssigkeit Wärme zugeführt wird, wird die tropfbare Flüssigkeit in Dämpfe verwandelt. Da alle zugeführte Wärme hierzu verwendet wird, so kann, so lange tropfbare Flüssigkeit vorhanden ist, die Temperatur derselben auch niemals höher steigen. Den Vorgang der Umwandlung tropfbarer Flüssigkeit in luftförmige nennt man Kochen oder Sieden, luftförmige Flüssigkeiten, Dämpfe und den Temperaturgrad, bei welchem dies stattfindet den Siedepunkt oder Kochpunkt.

Der Siedepunkt der Flüssigkeiten ist sehr verschieden. Bei normalem Luftdrucke von 28 Zoll Barometerhöhe siedet Wasser bei 100°, Quecksilber bei 360°, fette Oele zwischen 250 und 320°, ätherische Oele ändern ihre Zusammensetzung durch das Sieden, und nehmen einen steigenden Siedepunkt an, eben so Salzlösungen nach dem Verhältniss der darin gelösten Salzmengen. Der Siedepunkt des Alcohols ist 78°, der des Aethers 36°. Schweflige Säure siedet schon bei — 10° und Kohlensäure, welche man durch rasche Erkältung flüssig und fest erhalten kann, hat einen noch viel niedrigeren Siedepunkt. Flüssigkeiten mit niedrigem Siedepunkte nennt man flüchtige Körper.

Destillation. Viele Flüssigkeiten werden dadurch, dass man sie bis zu ihrem Kochpunkte erhitzt, unzersetzt verflüchtigt. Entzieht man

den Dämpfen dieser Flüssigkeiten in passenden Vorrichtungen, die ihnen inwohnende Wärme, vermöge deren sie die Dampfform angenommen haben, so nehmen sie wieder den flüssigen Aggregatzustand an. Dadurch ist man im Stande, derartige Flüssigkeiten von unflüchtigen Körpern, oder auch leicht sich verflüchtigende von schwerer sich verflüchtigenden Flüssigkeiten zu trennen. Die Reihenfolge von Operationen, durch welche dies geschieht, nennt man Destillation.

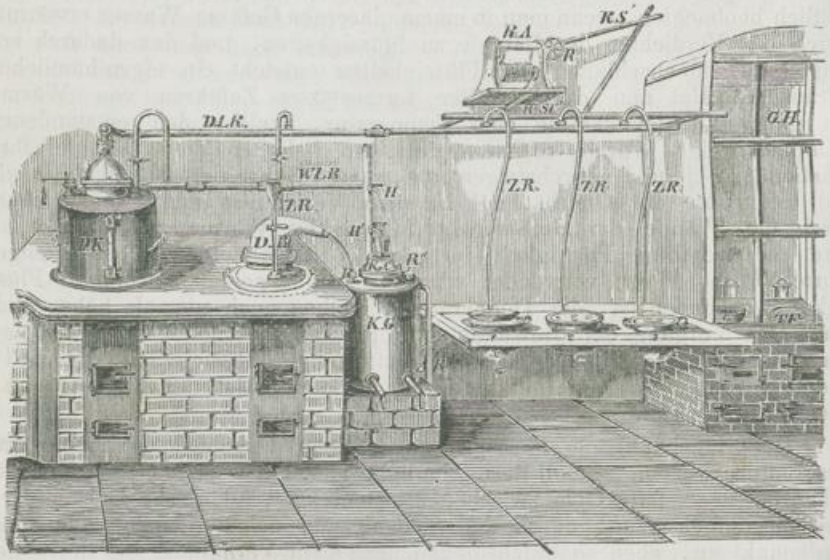
Die Destillation ist eine in chemischen und pharmaceutischen Laboratorien sehr häufig vorkommende Operation. Die Gefässe, deren man sich hierzu bedient, sind nach der zu destillirenden Menge, nach den näheren Eigenschaften der Flüssigkeiten, der erforderlichen Temperatur etc. sehr verschieden. Im Allgemeinen bestehen sie aus: 1) dem Gefäss, in welchem die Flüssigkeiten erhitzt werden, 2) dem Apparate, wodurch die Abkühlung der Dämpfe hervorgebracht wird und 3) dem Gefässe, in welchem das Destillat aufgefangen wird.

Zur Destillation grösserer Flüssigkeitsmengen bedient man sich kupferner Destillationsgefässe, der sogenannten Destillirblasen.

In der Technik finden derartige Destillirblasen bei der Branntweinbrennerei Anwendung.

In den pharmaceutischen Laboratorien haben sie gewöhnlich die Gestalt von DBl in Fig. 159.

Fig. 159.



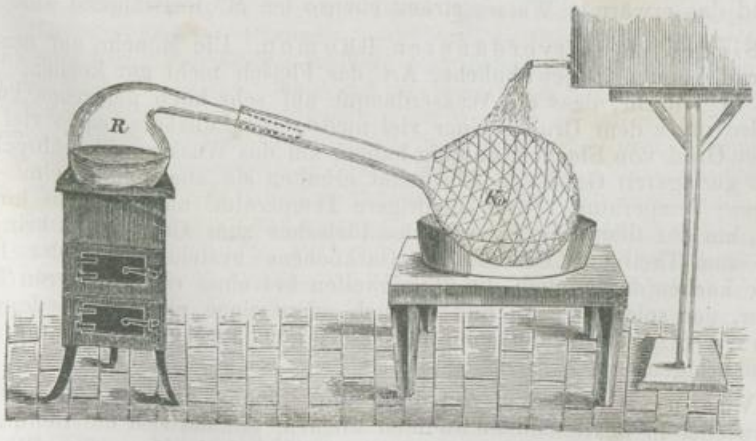
Sie stehen auf einem Heerdofen. Die Verdampfung kann veranlasst werden durch Erhitzung der Blase, durch unmittelbare Feuerung oder durch Hineinleiten von gespanntem Dampfe durch das Dampfrohr DLR. Der Helm wird durch Schrauben auf die Destillirblase befestigt und an jenen das Rohr R angeschraubt. Das Material für denHelm und das Rohr R ist Zinn.

Für Destillirblasen, woselbst die Erzeugung der Dämpfe in grossen Mengen geschieht, daher fortdauernd viel Wärme entzogen werden muss, ist auch ein entsprechender Kühlapparat nothwendig. In Branntweinbrennereien, auch wohl noch in pharmaceutischen Laboratorien bedient man sich zu diesem Zwecke gewundener Röhren, Schlangenröhre, die man fortdauernd durch fliessendes kaltes Wasser abkühlt. Die Dämpfe treten in die Schlangenröhre, geben ihre Wärme an die Wände derselben ab und fliessen, zu Flüssigkeiten verdichtet, aus der unteren Mündung heraus. Den Metallwänden der Kühlröhren entzieht aber wiederum das sie umgebende Wasser die Wärme, welches als warmes Wasser abfliesst und an dessen Stelle von Neuem kaltes Wasser zuströmt.

In neueren Einrichtungen ersetzt man die Schlangenkühlröhren durch Kühlcylinder KC Fig. 159. Dieselben sind in pharmaceutischen Laboratorien aus Zinn und bestehen eigentlich aus zwei in einander steckenden Cylindern, die in ein kupfernes Kühlgefäss K.G. gestellt sind. Der äussere geschlossene Cylinder ist mit dem Helm der Destillirblase in Verbindung. In diesen Cylinder treten die Dämpfe ein. Unmittelbar in diesem steckt ein innen offener Cylinder. In diesen fliesst fortdauernd kaltes Wasser aus Hahn H'. Oberhalb befindet sich dieser innere Cylinder durch ein Rohr mit dem Kühlfass in Verbindung, so dass das in denselben fliessende Wasser, wenn es diese obere Oeffnung erreicht, in das Kühlgefäss K.G. strömt. Ausserdem fliesst aber auch durch Hahn H kaltes Wasser unmittelbar in das Kühlgefäss. Auf diese Weise befinden sich die in den äusseren Cylinder getretenen Dämpfe von Innen und von Aussen mit kaltem Wasser umgeben. Sie geben daher ihre Wärme rasch an die Wände der Cylinder ab und treten als Flüssigkeiten durch das Ausflussrohr in die untergestellten Vorlagen. Das erwärmte Wasser des Kühlgefässes befindet sich oben, das kältere unten. Erreichen die wärmeren Schichten Wasser das Ausflussrohr AR, so fliessen sie ab.

Aus derartigen Destillirblasen werden in den pharmaceutischen Laboratorien alle destillirten Wasser, weingeistige Flüssigkeiten, ätherische Oele u. s. w. destillirt.

Fig. 160.

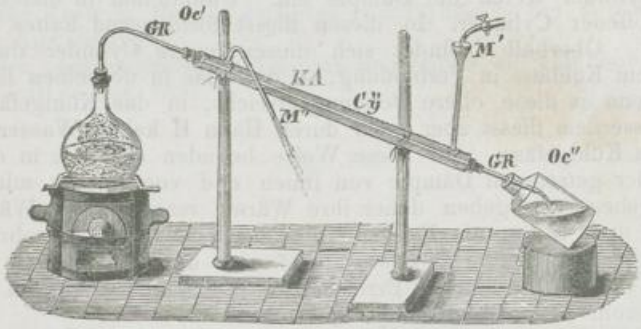


Für Flüssigkeiten, welche entweder ihrer Menge nach zu gering sind, oder die Metalle angreifen, oder eine sehr hohe Temperatur zu ihrer Verflüchtigung bedürten, wählt man Glasgefässe zur Destillation. Retorten unp Kolben finden dann ihre Anwendung. Die Retorte wird entweder durch Dampf oder über freiem Feuer, über Spiritus-, Gasflammen, oder auch auf dem Windofen oder endlich im Chlorcaliumbade oder Sandbade in Capellenöfen erhitzt.

Der Kolben ist sehr häufig Kühlgefäss und Vorlage zugleich wie in Fig. 160.

In vielen Fällen bedient man sich mit gutem Erfolge eines besonderen Kühlapparates KA Fig. 161. Er besteht aus einem hohlen metallenen Cylinder Cy, in welchem der ganzen Länge nach das Glasrohr GR eingeschlossen ist. Letzteres ragt an beiden Enden aus dem hohlen Cylinder heraus. An der oberen Oeffnung O′ wird es mit der Retorte verbunden, aus der unteren Oeffnung O″ fliessen die verdichteten Flüssigkeiten ab.

Fig. 161.



In den hohlen Cylinder selbst fliesst bei M′ fortdauernd kaltes Wasser und das erwärmte Wasser strömt ebenso bei M″ fortwährend ab.

Sieden in luftverdünnten Räumen. Die Mönche auf dem St. Bernhard können in gewöhnlicher Art das Fleisch nicht gar kochen. Der Grund liegt darin, dass die Wasserdämpfe auf sehr hoch gelegenen Punkten, also unter dem Drucke einer viel niedrigeren Luftsäule, einen viel geringeren Grad von Elasticität nöthig haben, um das Wasser zu durchbrechen. Diesen geringeren Grad von Elasticität erhalten sie auch durch eine viel geringere Temperatur. Diese niedrigere Temperatur aber ist nicht hinreichend, um das thierische Eiweiss des Fleisches zum Gerinnen zu bringen, worin zum Theil der Process des Garkochens besteht. Unter der Luftpumpe kochen darum auch die Flüssigkeiten bei einer viel niedrigeren Temperatur, und solche, die an und für sich schon einen niedrigen Siedepunkt haben, z. B. Aether kann man darin bei gewöhnlicher Temperatur zum Sieden bringen.

Vacuum-Pfannen. Auf die Wahrnehmung, dass die Flüssigkeiten weit rascher in luftverdünnten Räumen kochen, gründet sich die Benützung der Vacuum-Pfannen zum Verdampfen der Zuckerlösungen. Die Va-

cuum-Pfannen, die übrigens in neuster Zeit durch die neue amerikanische Methode schon wieder verdrängt worden, sind halbkugelförmige, geschlossene, aus Kupfer geschlagene Kessel, in denen durch Verdichten der Wasserdämpfe ein luftverdünnter Raum geschaffen und durch Saugpumpen erhalten wird.

Pulshammer. In einem hohlen glässernen Gefäss, welches durch Kochen von Wasser ganz mit Wasserdampf angefüllt und plötzlich zugeschmolzen wird, so dass durch die dann stattfindende Abkühlung, und die Verdichtung der Wasserdämpfe ein sehr luftverdünnter Raum entsteht, kocht das darin befindliche Wasser schon durch die Wärme der Hand.

Verdunstung der Flüssigkeiten. Stellt man Gefässe mit Flüssigkeiten, Aether, Weingeist, Wasser, bei einer Temperatur, die unter dem Siedepunkte jener ist, offen hin, so beobachtet man, dass sich dieselben verringern; die Flüssigkeiten nehmen Dampfform an, auch bei Temperaturen, welche unter dem Siedepunkte derselben liegen. Den Uebergang der tropfbaren Flüssigkeiten in luftförmige, welcher unter dem Siedepunkte dieser stattfindet, nennt man Verdunstung.

Verdunstungskälte. Ein Tropfen Aether, der auf der Hand verdunstet, erzeugt das Gefühl von Kälte. Die Erklärung liegt darin, dass der Aether die zu seiner Verdampfung erforderliche Wärme unserer Hand entzieht.

Umwickelt man die Kugel eines Thermometers mit einem dünnen Gewebe, befeuchtet dies mit Aether und lässt diesen verdampfen, so zeigt das Thermometer sehr bedeutende Temperaturerniedrigungen. In diesem Falle hat der Aether, die zur Verdampfung erforderliche Temperatur der Glaskugel und dem Quecksilber entzogen. Man hat den durch die Verdunstung des Aethers sich erzeugenden Mangel an Wärme dazu benutzt, um Eis zu fabriziren. Die Kohlensäure lässt sich durch hohen Druck comprimiren; sie bildet in solchem Zustand eine der flüchtigsten Flüssigkeiten, die wir kennen. Lässt man nun flüssige Kohlensäure frei an der Luft verdunsten, so ist der Vorgang der Verdunstung so energisch, dass dadurch den Gefässen und der noch vorhandenen unverdunsteten Kohlensäure eine so grosse Menge Wärme entzogen wird, daher eine so grosse Kälte erzeugt wird, dass diese flüchtigste der Flüssigkeiten erstarrt.

Die porösen Thonflaschen, die man in Spanien Alkarazzas nennt, die das Wasser durchsickern lassen, durch das Verdunsten desselben auf der Oberfläche Kälte erzeugen und dem zu Folge die innen befindliche Flüssigkeit kühl halten, erklären sich hieraus. In Ostindien bereitet man auf diese Weise Eis. Man legt in den klaren Nächten, die der Ausstrahlung der Wärme und Verdunstung des Wassers so günstig sind, flache, thönerne Gefässe auf Lagen von Stroh in Erdgruben. Durch Verdunstung des Wassers wird denselben so viel Wärme entzogen, dass sie des Morgens sämmtlich mit einer dünnen Schicht Eis überzogen sind.

Das Kochen findet in der ganzen Masse der Flüssigkeit, das Verdunsten nur auf der Oberfläche statt. Das Kochen tritt nur bei einer gewissen Temperatur ein, das Verdunsten der Flüssigkeit findet bei jeder Temperatur statt. Dieserhalb müssen die Flüssigkeiten, welche sich unzersetzt in Dampfform umwandeln können, abgeschlossen sein. Zu solchem Zweck dienen Korke, Stöpsel, Spunde. Auch feste Körper verdunsten z. B. Eis, Schnee, Camphor, kohlensaurer Ammoniak etc.

Dass die Verdunstung bei jeder Temperatur stattfindet, hat man sich aus dem Umstande zu erklären, dass der Druck der atmosphärischen Luft,

der ein so grosses Hinderniss für das Kochen ist, bei der Verdunstung nicht in Rechnung kommt. Denn bei dem Kochen drückt die Luft auf die Oberfläche des Wassers. Dieser Druck wird durch die Flüssigkeit getragen und von dieser auf die Dämpfe geübt. Die Verdunstung erfolgt aber von der Oberfläche der Flüssigkeit und auf die entstandenen Dämpfe übt die atmosphärische Luft keinen Druck aus. Gase drücken nur auf gleichartige Gase. Atmosphärische Luft drückt nur auf atmosphärische Luft. Auf den Wasserdampf drückt nur Wasserdampf, auf Aetherdampf nur Aetherdampf. Die Bildung der Wasserdämpfe erfährt daher nur sehr geringen Widerstand.

Verdunstung des Wassers. Wichtig sind für den Menschen ganz besonders die Erscheinungen, welche die Verdunstung des Wassers bietet. Auf der Oberfläche der Meere, Seen, Ströme und Flüsse, wie von der feuchten Erdoberfläche verdunsten unausgesetzt grosse Mengen von Wasser. Dieser Wasserdampf mischt sich der atmosphärischen Luft bei. Da die dafür erforderlichen Bedingungen überall erfüllt sind, so befindet sich zu jeder Zeit in der atmosphärischen Luft auch Wasserdampf. Die Menge dieses ist sehr verschieden, sie hängt davon ab, in welchem Verhältniss der Uebergang des Wasserdampfes in die atmosphärische Luft oder die Ausscheidung flüssigen oder festen Wassers aus derselben begünstigt worden ist.

Der Uebergang von Wasser in die atmosphärische Luft durch Verdunstung ist um so grösser, je höher die Lufttemperatur und je geringer die in der Luft schon anwesende Menge des Wasserdampfes ist.

Die Verdunstung wird daher auch bei gleicher Temperatur nicht immer gleich gross sein. Sie wird grösser sein, wenn wenig Wasserdampf in der Atmosphäre ist, geringer, wenn viel darin ist. Andererseits wird bei gleich grosser Wassermenge in der Atmosphäre die Verdunstung grösser bei höherer Temperatur als bei niedriger sein. Im Sommer verdunstet daher Wasser rascher als im Winter. Bei derselben Temperatur rascher an windigen Tagen.

Da die Verdunstung nur an der Oberfläche stattfindet, so wird sie auch um so mehr erfolgen, je grösser die Oberfläche ist. In flachen Gefässen verdunsten daher die Flüssigkeiten leichter als in hohen. Wäsche, Heu etc. breitet man aus, um sie zu trocknen.

Ist den herrschenden Umständen zufolge die grösste Menge Wasserdampf in die Atmosphäre übergegangen, so bezeichnet man diesen Zustand dadurch, dass man sagt, die Luft ist mit Wasserdampf gesättigt. Ein solcher Zustand der Atmosphäre wird auch unserem Athmungs- und Ausdunstungs-Vorgange fühlbar. Die Ausdunstung unseres Körpers selbst verringert sich; wir sagen dann, die Luft ist schwül, drückend.

Die Ausscheidung der in die Luft übergegangenen Wassermengen erfolgt, wenn entweder die Luftschichten oder die Körper der Erdoberfläche, welche in dem unmittelbaren Bereich der mit Wasserdampf angefüllten Luft sich befinden, niedrigere Temperaturgrade annehmen

Werden die mit Wasserdampf gesättigten Luftschichten durch Strömungen kälterer Luft abgekühlt, so erfolgt eine Ausscheidung des Wasserdampfes in der Atmosphäre. Erhalten dagegen die Gegenstände der Erdoberfläche eine niedrigere Temperatur als die mit Wasserdampf gesättigten Luftschichten, so verlieren die den Gegenständen zunächst gelegenen Luftschichten den in ihnen enthaltenen Wasserdampf. In ersterer Beziehung

sind die atmosphärischen Niederschläge überhaupt zu erwähnen. Das Beschlagen kalter Gegenstände, welche in warme, bewohnte Zimmer gebracht werden, das Beschlagen und Gefrieren der Fensterscheiben an kalten Tagen, das Feuchtwerden der Pflastersteine bei plötzlich eintretenden wärmeren Lufttemperaturen, das Glatteis etc., gehören in die zweite Categorie.

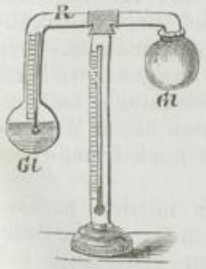
Wassergehalt der Luft.

Zur Bestimmung des Wassergehaltes der Luft bedient man sich mehrfacher Instrumente. Eine grosse Menge organischer Körper, die aus zarten Membranen oder Schichten bestehen, die das Wasser leicht aufnehmen, — man nennt solche Körper hygroscopische — verlieren durch die Aufnahme von Wasser ihre Spannkraft. Feuchte Haare, Darmsaiten etc. sind in viel geringerem Grade elastisch als trockene. In solcher Luft, die viel Wasserdampf enthält, werden aber dergleichen Gegenstände feucht, geben daher auch durch die Abnahme ihrer Elastizität relativ die Menge der in der Luft befindlichen Feuchtigkeit an.

Solche Feuchtigkeitsmesser — Hygrometer — fertigt man aus Elfenbein, Spähnen, Haaren, Darmsaiten etc., windet sie spiralförmig und lässt ihr Ende vermittelst eines Weisers auf einer Scale gehen. In Gebirgsdörfern wendet man als Hygrometer oder Wetterprophet eine Pflanze (Carlina acaulis) an, die man zu diesem Behufe an das Dach hängt.

Bestimmter giebt das Daniell'sche Hygrometer den Wassergehalt der Atmosphäre an. Das Daniell'sche Hygrometer Fig. 162 besteht aus einer zweifach gebogenen Glasröhre Gl R, an welche zwei Glaskugeln Gl Gl angeblasen sind. In einer befindet sich ein Thermometer und ist die Kugel halb mit Aether gefüllt. Die andere Kugel ist mit einem dünnen Baumwollen-Gewebe umhüllt. Die Glasröhre ist auf einem Gestell befestigt, in dessen Fusse ein Thermometer befestigt ist, welches die Lufttemperatur angiebt. Glasröhre und Glaskugel sind luftleer, sie enthalten nichts als Aetherdampf und die Kugel Gl flüssigen Aether. Giesst man auf die umhüllte Kugel Aether und verdunstet dieser auf dem Gewebe, so entsteht in der Glaskugel bedeutende Kälte, der darin befindliche Aetherdampf wird verdichtet. Diese Verdichtung hat die Bildung eines sehr verdünnten Raumes in der Röhre und der anderen Kugel zur Folge. Hierdurch wird der in der Kugel befindliche Aether veranlasst, zu verdampfen. Zum Behufe seiner Verdunstung hat er Wärme nöthig, diese entzieht er dem noch unverdunsteten Aether und der unverhüllten Glaskugel und kühlt dadurch beide sehr stark ab. Diese Abkühlung theilt sich auch der die Kugel aussen umgebenden Atmosphäre mit, der darin befindliche Wasserdampf verliert seine Elastizität und das Wasser setzt sich in kleinen Tröpfchen an die Glaskugel an. Den Punkt, wo dies geschieht, nennt man den Thaupunkt. Das Thermometer in der Kugel giebt die Temperatur an, wo dies geschah. Je höher die Temperatur ist, bei welcher der Thaupunkt eintrat, um so mehr war die Luft mit Wasserdampf angefüllt; je niedriger die Tempratur sein musste, um den Thaupunkt zu erzeugen, um so weniger Wasserdampf war in der Atmosphäre. Um den Wasserdampf quantitativ zu bestimmen, beobachtet man auf dem Thermometer in der Kugel auch den Temperaturgrad, bei welchem das Bethauen der Kugel aufhört. Dies tritt ein, nachdem aller

Fig. 162.



Aether auf dem Baumwollen-Gewebe der umhüllten Kugel verdunstet ist. Das Mittel beider Temperaturen giebt den mittleren Thaupunkt. In einer Atmosphäre, in welcher der Thaupunkt bei — 20° stattfindet, sind in jedem Kubikmètre Luft nur 1,5 grmm. Wasser enthalten; tritt der Thaupunkt bei 0° ein, so enthält ein Kubikmètre 5,4 grmm. Wasser, ein Thaupunkt, der bei + 15° eintritt, zeigt 13,0 grmm. Wasser im Kubikmètre Luft an. Je näher die Temperatur, bei welcher der Thaupunkt eintritt, der der Luft kommt, um so gesättigter ist die Atmosphäre mit Wasserdampf.

Die atmosphärischen Niederschläge.

Nebel. Die Luft, die wir ausathmen, ist mit Wasser gesättigt, denn Wasser und Kohlensäure sind die Producte, die durch den Umsatz des kohlenwasserstoffhaltigen Blutes in den Lungen erzeugt werden. Athmen wir im warmen Zimmer oder an warmen Sommertagen, so sehen wir nichts von dem Wasserdampfe der ausgeathmeten Luft. Ist dagegen die äussere Temperatur eine niedrige, so wird der ausgeathmeten Luft Wärme entzogen, der darin enthaltene Wasserdampf verliert seine Spannkraft, er verdichtet sich und erscheint als sehr feine Dunstbläschen dem Auge sichtbar. Diese Dunstbläschen sind ausserordentlich kleine Bläschen durchsichtigen Wasserdampfes, umgeben mit einer Schicht ausgeschiedenen flüssigen Wassers. Wo die Gelegenheit zur Bildung solcher Dunstbläschen in grossem Maasse verhanden ist, da finden sich dieselben in grösseren Massen zusammen und einen sich nach dem Grade der Abkühlung des Wasserdampfes zu einer mehr oder minder undurchsichtigen in der Luft hängenden Masse. Es ist dies der Nebel. Nebel entsteht durch Verdampfung der auf der Oberfläche der Erde, auf Wässern, Teichen, Flüssen, Sümpfen, Aeckern befindlichen oder in Städten erzeugten Wassermengen und durch Abkühlung derselben in den der Erde nächstgelegenen Luftschichten. Der Nebel entsteht daher vorzugsweise des Abends oder des Morgens, weil am Morgen die nächstgelegenen Luftschichten durch Wärmestrahlung kalt geworden sind und am Abend die nahegelegenen Luftschichten durch Wärmestrahlung kalt werden. Moorrauch sind Nebel, denen noch fremde riechende Gase beigemischt sind.

Wolken. Finden die entstehenden Wasserdämpfe in den nächstgelegenen Luftschichten keine Verdichtung, so verbreiten sie sich, wie Gase in der Atmosphäre. Diese Verbreitung nach Oben geht auch bei dem Wasserdampf gegen das Gesetz der Schwere vor sich. Die unsichtbaren Wasserdämpfe steigen so hoch als sie in den Luftschichten die Wärme, die sie zu ihrem Bestehen als Dämpfe nöthig haben, nicht verlieren. Diese Höhe ist verschieden. Eine gewisse Höhe können sie nicht überschreiten, denn die Luft wird in dem Maasse, als sie nach oben dünner wird, auch durchsichtiger, und in demselben Maasse, wie schon oben erwähnt, auch kälter. Erreichen nun die Wasserdämpfe eine Luftschicht, die kalt genug ist, um ihnen Wärme zu entziehen, so geht hoch oben derselbe Vorgang vor, als mit dem Hauch des Mundes in kalter Luft, oder bei Entstehung des Nebels, es scheiden sich die feinen Dunstbläschen aus und einen sich zu mehr oder minder durchsichtigen und mächtigen Massen. Es sind dies die Wolken. Das Schweben der Dunstbläschen in der Luft hat man sich zu erklären, wie das Schweben von kleinen schweren Pulvertheilchen im Wasser. Schüttelt man fein vertheilte Metalloxyde, z. B. Bleiweiss etc. die viel schwerer sind als Wasser mit diesem, so wird man finden, dass auf der Oberfläche des Wassers Bleiweisstheilchen schwimmend bleiben. Diese werden gehalten durch Luftbläschen,

welche sie umgeben. Gleicherweise ist dies mit den Dunstbläschen der Fall. Ausgeschiedenes, tropfbar flüssiges Wasser umgiebt in ihnen Wasserdampf, vielleicht auch atmosphärische Luft. Beide zusammen halten sich schwebend.

Nach den Gestalten, in denen die Wolken erscheinen, nach ihrer Häufung, ihren Massen und ihrer Erdnähe hat man sie verschieden benannt: Schichtwolken, Haufenwolken, Federwolken etc.

Regen. Erfahren die Dunstbläschen eine noch weitere Abkühlung, wird also auch der in ihnen eingeschlossene elastische Wasserdampf noch weiter seiner Wärme und Elastizität beraubt, so verwandelt sich aller Wasserdampf in tropfbar flüssiges Wasser. Dies geht in Form von ausserordentlich feinen Wassertröpfchen vor sich. Ist aber einmal aus dem Dunstbläschen ein Wassertröpfchen entstanden, so senkt sich dieses stets vermöge seiner grösseren Schwere zur Erde. Befindet man sich auf hohen Bergen in dem Bereich einer solchen Ausscheidung, so wird man ganz nass, ohne dass man die Wassertröpfchen vermöge der Kleinheit, in welcher sie sich ausscheiden, sieht. Zuweilen geschieht dies auch in tiefer gelegenen Gegenden, wenn, wie man sich ausdrückt der Nebel fällt. Findet nun diese Ausscheidung hoch in der Luft in dichten Wolkenschichten statt, so einen sich diese fallenden Wassertröpfchen zu grösseren Wassertropfen und fallen als Regen auf die Erde. Stehen die Wolken niedrig, und sind dann die Wolkenschichten nicht sehr tief, so sind die Regentropfen klein. Sind die Wolken, aus denen sie fallen von grösserer Ausdehnung, so giebt es einen Landregen. Werden die sehr warme Luft und die in sie aufgenommenen Wasserdämpfe rasch in grosse Höhe geführt, und erfolgt dort die Abkühlung plötzlich, so findet auch der Uebergang aus Wasserdampf in Dunstbläschen und in Wassertropfen sehr plötzlich statt. Durch die dadurch erzeugte Reibung der rasch gebildeten Wassertropfen mit den Luftschichten entwickeln sich zugleich grosse Mengen von Elektrizität, die sich, während die Wassertropfen zur Erde fallen, sichtbar durch Blitze oder unsichtbar ausgleichen; es giebt dann einen Gewitterregen. In den Aequatorialgegenden findet dies in der Regenzeit täglich statt.

Schnee. Erfahren die Wassertropfen bei ihrem Durchgange durch sehr kalte Luftschichten eine Wärmeentziehung, die gross genug ist, um das tropfbar flüssige Wasser zu Eis zu verwandeln, so werden sie starr und kommen in fester Gestalt als Schnee zur Erde. Schon im Herbst sind die Regentropfen fast immer kleiner als im Sommer. Dagegen haben wir im Herbst öfter Regen. Die Ursache liegt in der Abnahme der Lufttemperatur. Die Wasserdämpfe verlieren dann leichter ihre Wärme und Elastizität, die Wolkenschichten bilden sich grösstentheils niedriger, die Regentropfen sind kleiner. Noch mehr ist dies im Winter der Fall. Im Winter ist die in der Luft befindliche Wassermenge nie so gross, als im Herbst oder Sommer. Die niedrigere Temperatur veranlasst viel eher eine Ausscheidung. Daher ist im Winter der Wasserdampf viel vertheilter, die Ausscheidung, wenn sie erfolgt, findet in den allerkleinsten Wassertheilchen statt. Diese erstarren dann und bilden Krystalle. Sehr viele ausserordentlich feine Eiskrystalle vereinen sich dann zu einer Schneeflocke.

Hagel, Graupeln. Gefriert dagegen der gebildete Wassertropfen so rasch durch die ganze Masse, dass eine Eiskrystallisation nicht möglich ist, so fällt er in runder Gestalt als amorphes Eisstück zu Boden. Graupeln. Man kann Wasser unter gewissen Umständen, besonders bei Vermeidung jeder Bewegung, tief unter den Gefrierpunkt er-

kälten, ohne dass es erstarrt. Wird es in diesem Umstand nur wenig bewegt, so erfolgt die Erstarrung ganz plötzlich. In einen ähnlichen Zustand kommen zuweilen durch starke Wärmestrahlung an heissen windstillen Tagen auch sehr hoch gelegene bewegungslose Wolkenschichten. Fallen durch solche Wolkenschichten gefrorene Wassertropfen, Graupeln, die sich über denselben gebildet haben, so geht in der hierdurch in Bewegung gesetzten Wolkenschicht die Eisbildung ganz plötzlich vor sich. Das Eis setzt sich in concentrischen Ringen um den gefrornen Wassertropfen als feinen Kern, ganz so wie aus sehr concentrirten Salzlösungen die krystallinischen Salzkrusten um einen hineingefallenen Gegenstand. Diese Eisstücke fallen zur Erde, wir nennen sie Hagel. Gewöhnlich haben sie eine rundliche, aber nicht kugelrunde Gestalt. Man sieht in ihnen Eisringe um einen Kern gelagert. Die Grösse ist verschieden, oft sind sie von Haselnussgrösse, zuweilen in der Grösse von Tauben- und Hühnereiern. Manchmal noch grösser, sehr selten in der Gestalt von unförmlichen Eisstücken.

Thau, Reif. In den heissen Tagen des Sommers wird die Erde durch die dann am meisten senkrecht auffallenden Wärmestrahlen stark erwärmt. Die Erdoberfläche erhält eine hohe Temperatur. Diese kann man sehr deutlich beobachten, wenn man mit blossen Füssen am hohen Mittag eines hellen Sommertages im Sande geht. Durch solche Temperatur werden die Eier des Strausses, des Krokodiles und der Schildkröte ausgebrütet. Folgt einem sonnigen Tage eine sternhelle klare Nacht, so strahlt der Erdboden mächtig Wärme aus. Man kann dies beobachten, wenn man das Thermometer in den Brennpunkt eines Hohlspiegels bringt, oder wenn man die blossen Füsse auf denselben Sand setzt, wie des Mittags vorher.

Durch diese Ausstrahlung von Wärme wird die Erde und alle auf derselben befindlichen Gegenstände in dem Maasse erkaltet, als diese Gegenstände ein geringes oder grosses Wärmeausstrahlungsvermögen besitzen. Holz, Gräser besitzen ein viel grösseres Strahlungsvermögen als Metalle, werden daher auch viel stärker erkaltet. Diese Erkaltung geht, wenn die Luft unbewegt ist, auch auf die den Gegenständen zunächst gelegenen Luftschichten über. Durch diese Erkaltung verliert der in den Luftschichten vorhandene Wasserdampf seine Wärme, er wird zu einem Wassertröpfchen und erscheint in dieser Gestalt an den Halmen der Gräser, auf dem Holz u. s. w. Wir nennen dies Thau.

Ist die Erkaltung der Erdoberfläche und der auf ihr befindlichen Gegenstände so stark, dass diese sich ausscheidenden Wassertheilchen erstarren und als feine Eiskrystalle die Gegenstände bedecken, so nennen wir sie Reif.

Gletscher, ewiger Schnee, Schneegrenze. Werden durch Winde die mit Wasserdampf gesättigten Luftschichten an die hohen Berggegenden, die durch allnächtlich starke Ausstrahlung in den verdünnten Luftschichten sehr erkaltet worden sind, geführt, so erstarren die in dem warmen Luftstrome fortgeführten Wasserdämpfe und legen sich an jenen kalten Erdflächen ganz so an, wie sich in den niedern Gegenden Glatteis aus der warmen Luftschicht auf dem kalten Erdboden bildet. Dadurch, dass in jenen Berggegenden monatelang dieselben Winde herrschen, dass sie die aus den warmen Gebirgsthälern oder den tiefen warmen Ebenen stetig aufsteigenden, sehr mit Wasserdämpfen gesättigten Luftschichten immer in derselben Richtung an jene Berglehnen führen und

diese Berglehnen eben so stetig die ihnen während des Tages zugekommene Wärme des Nachts wieder ausstrahlen, ist eine fortwährende Quelle der Eisbildung vorhanden. Hierdurch erhalten denn auch die gebildeten Eismassen eine erstaunliche, oft nach Meilen zu messende Ausdehnung. Diese Eismassen nennt man Gletscher. Berühmt sind die Rhonegletscher.

Alle Alpengletscher aber werden an Mächtigkeit und Ausdehnung durch die Himalaya-Gletscher (Melum-Gletscher $2^1/_2$ Meile lang) übertroffen, welche die Gebrüder Schlagintweit schildern.

Wie in den verdünnten Luftschichten, so herrscht auch auf den Berggipfeln, welche in dieselben hineinreichen, stete Kälte. Dies macht nicht nur, dass in dem Maasse als die Berge höher werden, die Menge der organischen Wesen auf denselben geringer wird, diese Wesen, je nach der Höhe, in welcher sie sich aufhalten, eine demgemässe Organisation erhalten und endlich in höchster Höhe ganz verschwinden, sondern dass auch in jenen Höhen fast stetig eine Temperatur herrscht, die das Wasser zu Eis, die Wasserdunstbläschen zu Schnee umwandelt. Dies ist die Region des ewigen Schnees.

In der kalten Jahreszeit sinkt Schnee und Eis weiter hinab, in der warmen Jahreszeit rückt das organische Leben weiter hinauf. Die Grenze zwischen beiden, die auch im höchsten Sommer nicht überschritten wird, heisst die Schneegrenze. Diese Grenze ist nicht überall gleich. In den nordischen Gebirgsgegenden ist sie tiefer als in denen der gemässigten Zone, in den warmen Zonen höher als in den gemässigten. In den Anden und dem Himalaya sind Gegenden noch bewohnt, und erzeugen und ernähren Pflanzen und Thiere, die nach ihrer absoluten Höhe über dem Meeresspiegel in den Alpen schon weit über die ewige Schneegrenze reichen würden.

Von der Verwendung des Wasserdampfes.

Die Dämpfe sind hinsichtlich des Druckes, den sie ausüben, und der Ausdehnung, die sie durch die Wärme erleiden, demselben Gesetze unterworfen, wie die Gase.

Erhitzt man Wasser in einem von der Luft abgeschlossenen Raume, so wird dieser Raum um so später mit Dämpfen gesättigt, es wird um so mehr Wasser in Dampfform annehmen, je stärker dieser Raum erhitzt wird. Dadurch, dass die Dämpfe von der Luft abgeschlossen, also verhindert sind, sich zu verbreiten und ihr Bestreben sich auszudehnen durch die hohe Temperatur sehr untertützt wird, wird die Spannkraft und Dichtigkeit derselben eine viel grössere, als sie dies bei der Bildung derselben an der freien Luft wäre. In dem Verhältniss aber, wie ihre Dichtigkeit und Spannkraft wächst, wird auch der Druck, den sie auf die Wände des Raumes ausüben, ein grösserer.

Papin's Topf. Bleibt in dem erhitzten, von der Luft abgeschlossenen Raume das Wasser mit den Dämpfen in Berührung, so üben die sich ausdehnenden Dämpfe einen zunehmenden Druck, nicht blos auf die Wände der Gefässe, sondern auch auf die Oberfläche des Wassers. Durch fortgesetzte Erhitzung des unter diesem Druck befindlichen Wassers wird der

Siedepunkt dieses Wassers aus derselben Ursache erhöht, aus welcher er bei Abnahme des Luftdruckes z. B. unter der Luftpumpe oder in den Vacuumpfannen, oder auf hohen Bergen erniedrigt wird.

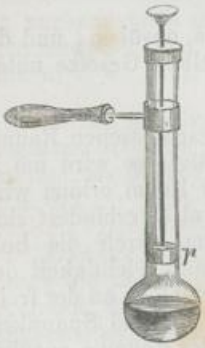
Wenn man Wasser, um es in luftverdünntem Raume zum Kochen zu bringen, in geringerem Grade zu erwärmen nöthig hatte als bei dem gewöhnlichen Luftdrucke, so muss man Wasser, das unter dem Druck gespannter Dämpfe steht, um es zum Kochen zu bringen, viel stärker erhitzen, als es unter gewöhnlichem Luftdruck nöthig ist. Darauf gründet sich der Papin'sche Topf Fig. 163. Der Papin'sche Topf besteht aus einem gusseisernen Kessel a b c d mit starken Wänden, auf welche durch Schrauben ein genau passender Deckel m aufgeschraubt ist. In dem Deckel ist ein Ventil, dem man durch ein mit einem Hebelarm in Verbindung stehendes Gewicht eine beliebige Schliesskraft geben kann. Dadurch ist man auch im Stande, die sich bildenden Dämpfe nur bis zu einem gewissen Grade der Spannkraft gelangen zu lassen; überschreiten sie diesen, so öffnen sie das Ventil und verringern durch Ausströmen in die Luft bis zu einem gewissen Grade ihre Spannkraft, bis sie wiederum durch die Schliesskraft des Ventiles überwunden werden. Der Papin'sche Topf wird vielfach dort in Anwendung gezogen, wo man durch höher als auf 100° erhitztes Wasser wirken will. —

Fig. 163.

Dampfmaschine.

Wählt man sich einen ebenen, mit einem Kolben versehenen Cylinder r Fig. 164, füllt eine geringe Menge Wasser in denselben und erhitzt dann den Cylinder über einer Weingeistlampe, so wird der innen befindliche Kolben sich bald erheben. Kühlt man darauf den Cylinder am Boden ab, so wird sich der Kolben und die Stange senken. Der Grund liegt darin, dass durch das Erhitzen des Wassers in dem Cylinder sich Dämpfe bilden. Diese Dämpfe aber, indem sie von der äussern Luft abgeschlossen sind und weiter erhitzt, also dichter werden, auf die Wände des Cylinders und auf den Kolben einen Druck ausüben. Dieser Druck treibt den Kolben in die Höhe. Wird dann der Cylinder in Wasser abgekühlt, so wird auch den innen befindlichen Dämpfen Wärme entzogen, sie verlieren ihre Elastizität, und verdichten sich zu tropfbar flüssigem Wasser. Durch diese Verdichtung wird in dem Raume, den die Dämpfe ausfüllten, ein luftverdünnter Raum erzeugt, die äussere Luft ist dichter als die innere und übt auf den Kolben, welcher sie von der innern Luft des Cylinders abhält, einen Druck aus. Dieser Druck treibt den Kolben hernieder. Hierauf gründen sich die Dampfmaschinen.

Fig. 164.



Wenig Erfindungen aller Jahrhunderte der Menschengeschichte haben einen solchen Einfluss auf die Entwickelung der menschlichen Gesellschaft

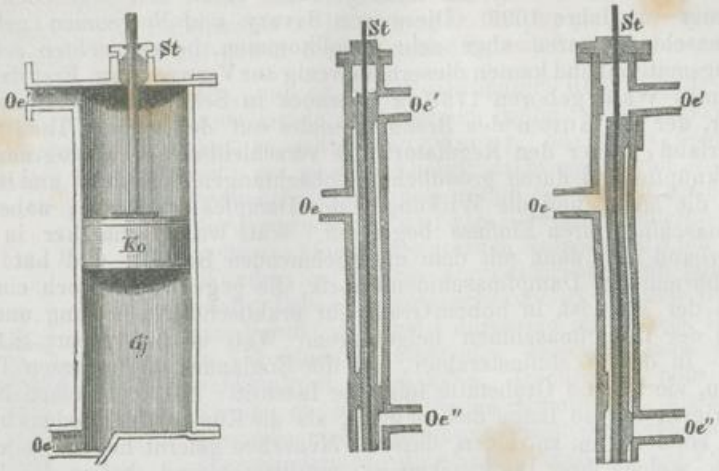
geübt, als die Erfindung der Dampfmaschinen. Die erste Verwendung des Wasserdampfes als bewegende Kraft geschah durch den englischen Capitän Savary im Jahre 1699. Diese von Savary und Newcomen gebauten Dampfmaschinen waren aber sehr unvollkommen, beanspruchten sehr viel Feuerungsmaterial und kamen dieserhalb wenig zur Verwendung. Erst dadurch, dass James Watt, geboren 1736 in Greenock in Schottland, 1765 den Condensator, der die Kosten des Brennmateriales auf den vierten Theil verringerte, erfand, ferner den Regulator, das verschiebbare Parallelogramm damit verknüpfte und durch gründliche Beobachtungen, Versuche und Berechnungen die Macht und die Wirkungen des Dampfes offenbarte, haben die Dampfmaschinen ihren Einfluss begonnen. Watt war Mechaniker in London, verband sich dann mit dem unternehmenden Boulton und hat durch die Etablirung der Dampfmaschinen-Fabrik, die gegenwärtig noch eine der grössten der Welt ist, in hohem Grade zur praktischen Ausführung und Verbreitung der Dampfmaschinen beigetragen. Watt ist hochgeehrt 1819 gestorben. In der Westminsterabtei, wo die Engländer ihre grossen Todten begraben, ziert seine Grabstätte folgende Inschrift: Nicht um einen Namen zu verewigen, der so lange dauern muss, als die Künste des Friedens bleiben werden, sondern um zu zeigen, dass die Menschen gelernt haben, diejenigen zu ehren, welche ihrer Dankbarkeit am würdigsten sind, haben der König, die Minister, viele Edle und andere Bürger dieses Reiches dieses Denkmal James Watt zu Ehren errichtet, welcher die Kraft eines originellen Genies, frühzeitig in wissenschaftlichen Untersuchungen geübt, auf die Verbesserung der Dampfmaschinen anwendend, die Hülfsquellen seines Landes vergrösserte, die Kraft der Menschen vermehrte, sich auf einen ausgezeichneten Platz erhob, unter den berühmtesten Gelehrten und den wahren Wohlthätern der Welt.“ — Die Verwendung des Dampfes zur Schifffahrt ist zuerst von dem Amerikaner Fulton 1807 praktisch ausgeführt worden. —

Die Haupttheile der Dampfmaschine sind: der Dampfkessel; der Dampfcylinder mit dem Kolben, der Condensator und das Schieberventil.

Der Dampfkessel, d. h. das Gefäss, in welchem der Dampf erzeugt wird, besteht aus einem metallenen Gefässe, welches den sich bildenden Wasserdämpfen möglichst grosse Metallflächen bietet. Als Material wählt man dazu Gusseisen oder Schmiedeeisen in Form von gewalzten und durch Nieten zusammengesetzten Eisenplatten. Die Form ist die eines Cylinders. Zur Erzeugung der gespannten Dämpfe ist ein hoher Hitzegrad, ein energisches Verbrennen erforderlich, daher die hohen Schornsteine an den Dampfmaschinen. Der Dampfkessel liegt in Fabriken, Werkstätten etc. immer in einem von den Dampfmaschinen gesonderten Raume, dem sogenannten Kesselhause.

Bei den Lokomotiven besteht er aus einem, innerhalb der Lokomotive befindlichen Metallkessel, in welchem das Wasser durch viele Metallröhren, durch welche die Hitze der Feuerung strömt, zu Dampf verwandelt wird.

Fig. 165. 166. 167.



Cylinder und Kolben. Der Dampfkessel steht durch ein starkes Verbindungsrohr mit einem Cylinder Cy Fig. 165 in Verbindung. In diesem ist ein Kolben Ko befindlich, der, durch eine Stopfbüchse St gehend, sich luftdicht im Cylinder auf und nieder bewegt. An dem oberen und unteren Ende des Cylinders sind zwei Oeffnungen Oe' und Oe''. Vermittelst dieser Oeffnungen steht der Cylinder mit dem Dampfkessel in Verbindung. Die im Dampfkessel erzeugten gespannten Dämpfe können sowohl durch die Oeffnung Oe' als durch die Oeffnung Oe'' in den Cylinder treten.

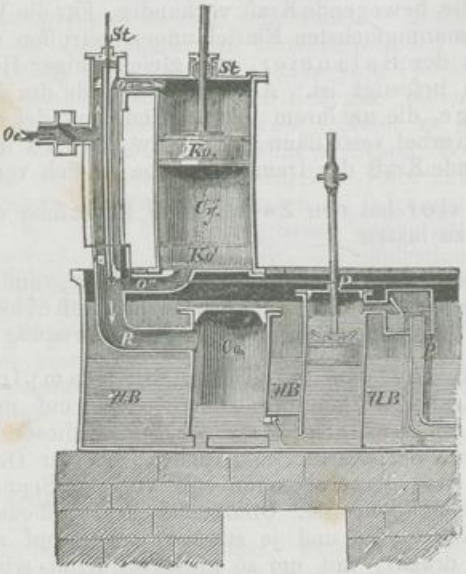
Schieberventil. Damit dies geschehen könne, ist zwischen dem Cylinder und dem Dampfkessel eine sinnreiche und einfache Vorrichtung angebracht, das Schieberventil. Das Schieberventil Fig. 166, 167 besteht aus einer hohlen, cylinderförmigen, starken Röhre, welche durch die Oeffnung Oe mit dem Dampfkessel, durch die Oeffnungen Oe'' und O' mit dem Cylinder in Verbindung gesetzt werden kann. Durch die Oeffnung Oe tritt der Dampf in diese Röhre.

Die Bewegung eines an seinem unteren und oberen Ende erweiterten Stabes St schliesst bald die Oeffnung Oe' bald die Oeffnung Oe''. Je nachdem dies geschieht, tritt der Dampf in Fig. 166 durch die geöffnete Oeffnung Oe' oben in den Cylinder, während im anderen Falle in Fig. 167 der Dampf durch die Oeffnung Oe'' in den Cylinder tritt. Die Bewegung des Stabes wird durch die Maschine selbst regulirt und ist eine abgemessene, gleichmässig abwechselnde.

Condensator. Haben die Dämpfe im Damptkessel die nöthige Spannung erreicht, was man durch den an allen Dampfkesseln angebrachten Manometer erkennt, so wird die Verbindung zwischen dem Schieberventil und dem Dampfkessel hergestellt. Angenommen, diese befinde sich in der Stellung von Fig. 166. Der Dampf strömt daher durch die Oeffnung Oe' von oben in den Cylinder und drückt mit grosser Kraft den Kolben (Ko) von Oben nach Unten. Beim ersten Herabgehen des Kolbens ist in dem unter ihm befindlichen Raume Luft, bei dem späteren Herabgehen ist aber in dem Raume Dampf befindlich. Es ist natürlich, dass dieser in dem unteren Raume befindliche Dampf dem Herabgehen des Kolbens ein Hinderniss

sein würde, wenn er keinen Ausweg hätte. Zu diesem Zweck ist eine Vorrichtung getroffen, dass dieser Dampf, wenn der Kolben von Oben nach Unten geht, unten eine Oeffnung findet, wo er heraus kann. Eben so findet er oben eine Oeffnung, wenn der Kolben von Unten nach Oben bewegt wird. Troz dem aber würde dieser vorhandene Dampf die Bewegung des Kolbens in dem Cylinder hindern. Die Erfindung des Condensators hebt dieses Hinderniss ganz auf. Mit dem Dampf-Cylinder nämlich steht ein zweiter Cylinder, in welchem stets kaltes Wasser fliesst, in Verbindung. Die-

Fig. 168.



ser Cylinder Co Fig. 168 ist der Condensator. Sein Zweck ist leicht ersichtlich. Wird der Kolben von Oben nach Unten bewegt, so strömt der in dem Kolben befindliche und gepresste Dampf durch die sich aufschliessende Oeffnung Oe″ in das Rohr R und aus diesem in den Condensator Co. Der Condensator steht in einem Wasserbehältniss W B, in welches von Aussen stets kaltes Wasser strömt, während das warme Wasser aus dem Condensator durch die Pumpe P heraus gehoben wird, und durch das Rohr R′ abfliesst. In den Condensator tritt also der aus dem Cylinder kommende Dampf. Er wird darin durch Berührung mit den kalten Wänden augenblicklich abgekühlt und zu Wasser verdichtet. Dadurch erfolgt aber eben sowohl in dem Condensator als in dem Rohre R, als endlich in dem untern Raume des Cylinders Cy ein verdünnter Raum, und der durch den Dampf von Oben nach Unten gedrückte Kolben findet keinen Widerstand zu überwinden. Ist der Kolben auf dem Grunde in der durch Ko′ angedeutete Lage angekommen, so hat sich zugleich die Oeffnung Oe″ des Schieberventiles ganz geöffnet, während die Oeffnung Oe′ sich geschlossen hat. Der Dampf aus dem Dampfkessel tritt also erhitzt von Unten in den Cylinder und drängt den Kolben von Unten nach Oben. Während dies geschieht, tritt aber auch wieder der über dem Kolben be-

findliche Dampf durch die bei Oe′ sich öffnende Verbindung in das Rohr R und durch dieses in den Condensator, wird hier verdichtet und nun über dem Kolben ein verdünnter Raum geschaffen, in welchem der Bewegung des Kolbens von Unten nach Oben kein Hinderniss im Wege steht. Oben angekommen, findet der Kolben die Oeffnung Oe′ wieder geöffnet und so treibt der abwechselnd, oben und unten eintretende gespannte Dampf den Kolben auf und nieder, während zu gleicher Zeit dieses Auf- und Niedergehen dadurch unterstützt wird, dass der auf der entgegengesetzten Seite von dem einströmenden Dampfe befindliche Dampf durch den Condensator verdichtet wird.

Mechanik der Dampfmaschinen. Mit dem Auf- und Niedergehen des Kolbens ist die bewegende Kraft vorhanden. Für die Verwendung in der Technik sind die mannigfachsten Einrichtungen getroffen worden. Darunter ist hervorzuheben der Balancier, ein gleicharmiger Hebel, an welchem die Kolbenstange befestigt ist. Am anderen Ende der Balancierstange ist die Triebstange, die an ihrem unteren Ende mit der Kurbel in Verbindung steht. Die Kurbel setzt dann das Schwungrad in Bewegung, welches die bewegende Kraft der Dampfmaschine in sich vereinigt.

Der Regulator hat den Zweck, nach Bedürfniss mehr oder weniger Dampf eintreten zu lassen.

Bei den Locomotiven sind zwei Cylinder, auf jeder Seite einer. Den Balancier ersetzt hier die excentrische Scheibe, welche mit der Kolbenstange in Verbindung, das Mittelrad in Bewegung setzt.

Maassstab für die Wirkung der Dampfmaschinen. Da die bewegende Kraft der Dampfmaschinen in dem auf- und niedergehenden Kolben liegt, so ist ersichtlich, dass die Stärke dieser bewegenden Kraft abhängen wird von der Stärke des Druckes, den der Dampf auf den Kolben ausübt oder, was dasselbe sagen will, von der Spannung des Dampfes und von der Ausdehnung der Oberfläche des Kolbens. Je grösser die Oberfläche des Kolbens ist und je stärker der Dampf auf jeden Quadratzoll des Kolbens drückt, mit um so grösserer Kraft wird der Kolben auf und nieder bewegt werden. Als Maassstab für diesen Druck hat man den Druck der Atmosphäre gewählt. Man sagt, eine Maschine übt den Druck von 2 3, 4, X Atmosphären, d. h. der Druck, den der Dampf auf die Oberfläche des Kolbens übt, ist 2, 3, 4. X mal so gross als der Druck, den eine Luftsäule von der Höhe der ganzen Atmosphäre auf dieselbe Oberfläche üben würde. Dieser Druck beträgt z. B. bei einer Maschine von 3 Atmosphären auf den Quadratmeter Kolbenoberfläche 6000 Pfund.

Niederdruck- und Hochdruck-Maschinen. Durch die verschiedene Spannkraft der Dämpfe und durch die verschiedene Ausdehnung der Oberfläche der Kolben sind die Mittel gegeben, die erforderliche Wirkung der Maschinen zu erzeugen. Maschinen, bei denen der Dampf eine geringe Spannung hat, welche mithin auch auf den Quadratzoll der Oberfläche des Kolbens nur einen niederen Druck ausüben, heissen Niederdruck-Maschinen. Niederdruck-Maschinen können nichtsdestoweniger eine grosse Wirkung üben, nur muss in solchem Falle die Oberfläche des Kolbens damit im Verhältnisse stehen.

Maschinen, deren Dämpfe grosse Spannung haben, einen hohen Druck auf die Quadratzolle der Kolbenoberfläche üben, heissen Hochdruck-

maschinen. Die Locomotiven sind Hochdruckmaschinen. Hochdruckmaschinen bedürfen einer Einrichtung, vermöge deren man durch sehr starke Erhitzung den Dämpfen grosse Spannung geben kann. Dies ist der Fall bei den Locomotiven, bei welchen ein System von hohlen eisernen Röhren, welche durch die Dampfkessel gehen das Wasser erhitzen. Bei Hochdruckmaschinen, bei denen man Dämpfe von grosser Spannung benutzt, kann man den Condensator entbehren. Statt dass der Dampf in den Condensator tritt, tritt er bei den Locomotiven in die Luft. Man verliert in solchem Falle von der wirkenden Dampfkraft eine Atmosphäre. Eine Locomotive deren Maschine mit 10 Atmosphären arbeitet, wird immer eine Atmosphärenkraft erforderlich haben, um den Druck der eingetretenen Luft aufzuheben und also nur mit 9 Atmosphären wirken. Bei den Locomotiven ist indessen Raumersparniss eine sehr wichtige Bedingung.

Wenn man die Leistungen der Dampfmaschinen mit Pferdekräften vergleicht, so versteht man darunter, dass eine Pferdekraft einer Kraft gleich sei, die im Stande ist, in jeder Sekunde einen Widerstand von 70—75 Kilogrammes auf die Länge von 1 Meter zu überwinden oder 28,800 Pfund in der Minute auf 1 Preuss. Fuss zu heben. Welchen Einfluss die Dampfmaschinen auf die Vermehrung der Mittel zur Entwickelung der menschlichen Gesellschaft üben, lernt man am besten an folgendem Beispiel. Herodot erzählt, dass bei dem Bau der grossen aegyptischen Pyramide — dem grössten Bauwerke der alten Welt — hunderttausende von Menchen 20 Jahre lang beschäftigt gewesen sind. Die Pyramide besteht aus Kalkstein; ihr Inhalt beträgt ungefähr 118000 Zollcentner. Um dies Gewicht auf 120 rh. Fuss dem Schwerpunkte der Pyramide zu heben, worin die Hauptthätigkeit jener Hunderttausende bestand, dürfte man heut nur unter dem Kessel zweckmässig eingerichteter Dampfmaschinen 15000 Scheffel Kohlen verbrennen und könnte das Arbeitsquantum in einer Woche leisten.

Wärme durch Verdichtung, Reibung und chemische Verbindungen.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass ein geschickter Schmied durch anhaltendes und heftiges Hämmern einen Nagel glühend machen kann. Hiervon ist nicht allein die Reibung, die das Eisen erleidet, die Ursache, sondern auch das Dichterwerden des Eisens. Die Wärmecapacität der Körper nimmt ab, in dem Maasse, als sie dichter werden. Gehämmerte Metalle haben eine geringere Wärmecapacität als gegossene, weil jene dichter sind, als diese. Ein Körper, der in einen dichteren Zustand übergeführt wird, muss stets Wärme abgeben. So werden Vegetabilien, Heu, Wurzeln etc. erwärmt, wenn sie mit Wasser in Berührung kommen und dieses von den feinen Gefässen derselben absorbirt wird.

Dieselben Gesetze befolgen die Gase. Ein Gas, welches sich ausdehnen kann, nimmt an Wärmecapacität zu. Wird das Gas verdichtet, so nimmt die Wärmecapacität desselben ab. Verdichtet man also Gasarten, so wird Wärme frei. Diese Menge der frei werdenden Wärme ist sehr bedeutend.

Das pneumatische Feuerzeug beruht darauf. Es besteht aus einem Metall- oder starken Glasrohre, in welches genau ein Stempel von Metall passt. In einer unten befindlichen Höhlung dieses Stempels wird ein Stück Feuerschwamm angebracht. Presst man nun mit Hülfe dieses Stempels atmosphärische Luft auf den fünften Theil ihres Volumens zusammens, so wird dadurch so viel Wärme frei, dass das Stück Feuerschwamm entzündet wird.

Eisbildung durch rasche Ausdehnung der Luft. Comprimirt man durch eine starke Compressionspumpe Luft in einem starken Metallgefäss z. B. einer Bombenkugel, kühlt die sich erhitzende Kugel ab, und lässt dann die comprimirte Luft rasch ausströmen, sich rasch ausdehnen, so wird sie, da sie zu ihrer Ausdehnung Wärme bedarf, diese Wärme der Kugel entziehen und dieselbe auf eine erstaunlich niedrige Temperatur abkühlen. Man kann auf diese Weise das Quecksilber zum Gefrieren bringen. Umgiebt man die Kugel mit einer Flüssigkeit, die nicht erstarrt, Salzlauge, Aether, Alcohol, so werden auch diese abgekühlt und geschieht dieses in hohlen Gefässen, in denen Wasser befindlich ist, so gefriert dies augenblicklich.

Wärme durch Reibung. Die Ureinwohner Südamerikas setzen dadurch trocknes Gras in Flamme, dass sie mit grosser Ausdauer und Fertigkeit ein spitzes Holzstück von hartem Holze rasch in einer in weichem Holze angebrachten Vertiefung drehen. Die Reibung, auch wenn sie nicht mit einer Verdichtung der Körper verbunden ist, ist eine Quelle der Wärme. Wir reiben die Hände, um sie zu erwärmen, die durch Reibung entstandene Wärme entzündet den Phosphor der Reibbölzchen. Wagenaxen, die nicht geschmiert sind, entzünden sich durch Reibung.

Wärmeerzeugung durch chemische Verbindungen. Eine der wichtigsten und reichsten Wärmequellen ist die chemische Verbindung. Durch die chemische Verbindung werden zuweilen ausserordentlich hohe Temperaturgrade erzeugt, wie z. B. bei der Oxydation des Phosphors, des Kaliums, des Wasserstoffes etc.

Im Allgemeinen gilt für die durch chemische Verbindungen entstandenen Wärmeerscheinungen das Gesetz, dass die entstehende Verbindung eine geringere Wärmecapacität hat als die Stoffe, aus denen sie entstanden ist. Dies ist in den meisten Verbindungen der Fall. Wenn man z. B. Wasser und gebrannten Kalk zusammenbringt, so entsteht dadurch eine neue chemische Verbindung Kalkhydrat. Diese neue Verbindung hat eine viel niedrigere Wärmecapazität als Wasser und gebrannter Kalk, bei der Bildung wird also viel Wärme frei. Schwefelsäure und Wasser erhitzen sich aus demselben Grunde. Ebenso erhitzen sich Schwefelsäure und chlorsaures Kali, wobei die Erhitzung so heftig ist, dass Schwefel sich entzündet (chemisches Feuerzeug). Eine derartige Erwärmung erfolgt bei den meisten chemischen Verbindungen.

Kältemischungen. Die Kältemischungen beruhen darauf, dass ein fester Körper, ohne eine chemische Verbindung mit dem Wasser einzugehen aus dem festen in den flüssigen, also in einen Zustand übergeht, in welchem er Wärme zu binden genöthigt ist. Diese für den flüssigen Zustand nothwendige Wärme nimmt der Körper aus dem Lösungsmittel und erkältet dasselbe. Durch geeignete Mischungen kann man eine so niedrige Temperatur erzeugen, dass man Quecksilber zum Erstarren bringen kann. Solche Mischungen sind z. B. Mischungen aus Chlorammonium oder Chlorcalcium mit Schnee; Glaubersalz, Schnee und Chlorwasserstoffsäure etc.

Verbrennung. Am energischsten sind die Wärmeerscheinungen bei Verbindungen die zwischen Stoffen von grosser chemischen Verwandtschaft vor sich gehen. Unter den Stoffen zeichnet sich der Sauerstoff durch seine grosse Verwandtschaft zu einer Menge anderer Stoffe aus. Bei jeder Oxydation entsteht Wärme. Diese Wärmeentstehung steigert sich zuweilen in hohem Grade. Eine Oxydation, bei welcher die Wärmeent-

wicklung so bedeutend ist, dass dabei eine Lichterscheinung stattfindet, nennt man Verbrennung, die Körper, bei denen dieselbe stattfindet brennbare Körper. Die meisten brennbaren Körper bedürfen für diesen Process der Verbrennung einer höheren Temperatur, sie müssen angezündet werden. Die dafür erforderliche Temperatur ist sehr verschieden. Kalium z. B. entzündet sich auch auf Eis, Phosphor entzündet sich bei 37°, Holz bei 350°, Platin verbrennt erst im heftigsten Knallgebläse. Ist ein Körper angezündet, d. h. auf die Temperatur gebracht, bei welcher seine Oxydation von Statten geht und ist Sauerstoff oder atmosphärische Luft genug vorhanden, so geht seine Verbrennung weiter vor sich, sofern die Temperatur nicht unter den Anzündungspunkt fällt.

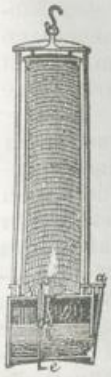
Die Flamme entsteht dadurch, dass der verbrennende Körper vor der Verbrennung in brennbare Gase zerlegt wird. So werden alle organischen Körper, Holz, Kohle, Wachs, Talg, Oel etc. in brennbare Kohlenwasserstoffe zerlegt; die entzündeten Gase verursachen die Flamme. Die Producte der Verbrennung der Kohlenwasserstoffe sind Kohlensäure und Wasser. Körper, die bei ihrer Verbrennung nicht in flüchtige, brennbare Gase verwandelt werden, glühen. Rothglühhitze tritt ein zwischen 500—600°, Weissglühhitze über 1000° C..

Fig. 169.

Das Licht der Flamme erzeugt sich auf den Berührungsflächen zwischen dem Sauerstoff und den brennbaren Gasen. Die Flamme Fig. 169 besteht aus 3 Theilen: 1) aus dem dunkeln, unmittelbar um den brennenden Docht entwickelten, zugespitzten Gaskerne a, 2) aus der darauf folgenden, mit glühenden Kohlentheilchen angefüllten, dunkelroth leuchtenden Gasflammenschicht c, und 3) aus dem hellleuchtenden weissen äusseren Flammenhülle dd bb.

Der Rauch besteht aus unverbrannten Kohlentheilchen.

Fig. 170.



Die Davy'sche Sicherheitslampe Fig. 170 besteht aus einer gewöhnlichen Lampe abe, um welche in einiger Entfernung ringsum ein feines Drahtnetz gezogen ist. Sie hat den Zweck den Bergmann gegen die Entzündung der Grubengase, der sogenannten schlagenden Wetter, eines Kohlenwasserstoffgases, das sich in tiefen Schachten erzeugt, leicht entzündbar ist und die heftigsten Explosionen hervorbringt, zu schützen. Die Wirkung der Davy'schen Lampe besteht darin, dass die Gase, die im Innern des Drahtnetzes verbrennen durch das Netz so abgekühlt werden, diesem so viel Wärme abgeben, dass sie sich nach Aussen nicht zu entzünden vermögen.

Luftzug, Schornstein, Gebläse. Die bei der Verbrennung erzeugte Temperatur wird um so höher je rascher die Verbrennung stattfindet. Die Raschheit der Verbrennung steigert sich mit der Menge des zugeführten Sauerstoffes. Die atmosphärische Luft muss bei den meisten Verbrennungsprocessen den erforderlichen Sauerstoff hergeben. Es ist daher

nöthig, dass dem glühenden oder brennenden Körper fortwährend Luft zugeführt wird. Mangelt diese, so erlischt er. Der Luftzug wird bei den Oefen, erzeugt durch die Schornsteine. Die warme Luft des Schornsteines ist leichter, sie steigt in die Höhe, an ihre Stelle tritt die unter dem Feuerheerde befindliche kalte Luft, welcher hierzu kein anderer Weg bleibt, als der durch die Roste und die glühenden Kohlen. Je stärker die Luft im Schornstein erwärmt ist, um so leichter ist sie, um so rascher steigt sie in die Höhe, um so rascher folgt ihr die äussere kalte und um so stärker ist der Luftzug. Dieselbe Wirkung haben sehr hohe Schornsteine. Je höher die leichtere Luft ungehindert von der äusseren steigen kam, um so rascher thut sie dies und um so rascher muss ihr die vor dem Heerde befindliche Luft folgen. Zu starker Zug löscht den glühenden oder brennenden Körper aus, z. B. Wind das Wachslicht oder die Lampenflamme.

Reicht der Zug eines Schornsteines zur Erzeugung einer sehr hohen Temperatur nicht aus, z. B. bei dem Eisenschmelzungsprozess, so wendet man zu diesem Behufe das Gebläse an. Durch Blasevorrichtungen wird Luft, gewöhnlich erhitzte Luft in den Feuerherd geblasen. Man erzeugt hierdurch einen ausserordentlich hohen Hitzegrad. Eine derartige Anwendung bilden auch die Blasebälge der Schmiede. Das Knallgebläse giebt die höchsten Temperaturgrade. Es ist wesentlich eine Verbrennung von Wasserstoff, welchen man aus Gasometern durch eine feine Spitze ausströmen lässt und in einer Atmosphäre von Sauerstoff verbrennt. Im Knallgebläse kann man mit Leichtigkeit Platin schmelzen.

Magnetismus.

Von den magnetischen Körpern und ihren Wirkungen.

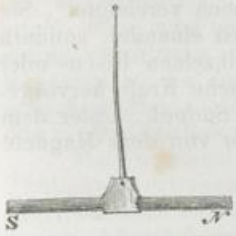
Natürliche Magnete. In Schweden auch anderwärts findet man ein Eisenerz (Eisenoxydoxydul), das sich durch die merkwürdigen Einflüsse auszeichnet, die es auf metallisches Eisen und auch auf metallisches Nickel ausübt. Kleine Theilchen metallischen Eisens werden von solchem Eisenerze angezogen und bleiben an dessen Oberfläche hängen. Diese Eigenschaft des Erzes war schon im Alter bekannt Sie nannten letzteres *λίθος Μαγνήτης* oder *Μαγνήσιον*. Wir folgen den Alten und nennen es mineralogisch: Magneteisen, Magneteisenstein, physikalisch: natürliche Magnete.

Magnetische Körper. Alle Körper, die diesem natürlichen Einflusse des Magnetes unterworfen sind, die von dem Magnete angezogen werden, können durch Berührung oder durch Streichen mit dem Magnet selbst magnetisch werden. Man nennt diese Körper magnetische Körper.

Künstliche Magnete. Zu der Uebertragung der magnetischen Kräfte eignet sich besonders Stahl. Um aus einem Stück Stahl einen Magneten zu machen, streicht man ihn der Länge nach immer in derselben Richtung mit dem Magneten. Der Stahl wird dadurch ein künstlicher Magnet. Als solcher besitzt er in jeder Beziehung die Eigenschaften des natürlichen Magneten. Ja, man schafft künstliche Magnete, die rücksichtlich der Stärke ihrer Wirkungen die natürlichen bei weitem übertreffen. Weiches Eisen oder auch wenig gehärteter Stahl verlieren die magnetische Kraft sehr bald, während sie harter Stahl für immer behält. Hat man einen künstlichen Magneten, so kann man mit diesem viele neue künstliche Magnete schaffen.

Die Pole und Mittellinie des Magneten. Beobachtet man die Wirkungen eines Magneten, z. B. indem man ihn ganz in Eisenfeile bettet und dann herauszieht, so bemerkt man, dass die ihm innewohnende Kraft besonders an einzelnen Stellen thätig ist. An diesen Stellen hängen die Eisenfeile zu dichteren Bündeln und Bärten gehäuft, während sie von diesen abwärts immer mehr abnehmen. Diese Stellen der grössten Thätigkeit hat man die Pole des Magneten genannt. Man hat diese Bezeichnung und auch die folgende von den Erdpolen und dem Aequator abgeleitet. Die Linie nämlich, welche die Pole eines Magneten verbindet, wo die Aeusserung der magnetischen Kraft am geringsten ist, nennt man die Mittellinie des Magneten. Die künstlichen Magnete haben immer zwei Pole. Kein Magnet hat weniger als zwei Pole. Natürliche Magnete haben deren bisweilen mehrere.

Fig. 171.



Nord- und Südpol. Hängt man einen Magneten in seinem Schwerpunkte auf, oder unterstützt ihn, so dass er sich ohne erhebliche Reibung wenden kann Fig. 171, so nimmt er stets eine bestimmte Lage an. Einer seiner Pole, und zwar immer derselbe, wendet sich nach Norden, der andere beharrlich nach Süden. Man hat daher den nach Norden zeigenden Pol den Nordpol, den nach Süden weisenden den Südpol genannt.

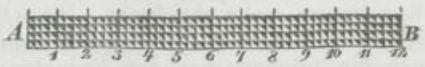
Zwei verschiedene magnetische Kräfte. Nähert man dem Nordpol eines Magneten den Südpol eines anderen, so findet man, dass sie sich schon von weiter Entfernung lebhaft anziehen. Nähert man aber dem Norpol eines Magneten den Nordpol eines andern, so stossen sie sich ebenso lebhaft ab. Dies berechtigt zu dem Schlusse, dass in jedem Magnete zwei selbständige, verschiedene, magnetische Kräfte vorhanden sind. Gleichnamige magnetische Kräfte stossen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an.

Polarität. Die Aeusserungen der magnetischen Kräfte, die Richtung nach Nord und Süd, das Abstossen gleichnamiger und Anziehen ungleichnamiger Kräfte in dem Magneten bezeichnet man mit dem Begriff seiner Polarität.

Vertheilung der magnetischen Kräfte. Man versucht es die magnetischen Erscheinungen zu erklären. Eine Stahl- oder Eisennadel wird schon, nicht sowohl blos durch unmittelbare Berührung, sondern auch schon durch blosses Nähern eines Magneten selbst magnetisch. Sie erhält einen Nord- und Südpol und zeigt auch gegen Stahl, Eisen und andere Magnete ganz die Erscheinungen und Wirkungen der Polarität. Die Stahlnadel behält die magnetischen Eigenschaften, auch wenn sie dann ausser Bereich des Magneten gelangt. Auf diese Weise sind magnetische Kräfte hervorgerufen worden, ganz ohne Berührung der Träger derselben. Die Erklärung dafür, wie für die magnetischen Erscheinungen überhaupt, sucht man darin, dass man in den magnetischen Körpern zwei verschiedene, feine, unwägbare Materien voraussetzt, welche entgegengesetzte Kräfte besitzen. Diese entgegengesetzten Kräfte bezeichnet man mit Nordpol- und Südpol-Magnetismus. In den magnetischen Körpern, die noch nicht Magnete geworden sind, wie z. B. Stahl und Eisen sind diese Materien in verbundenem Zustande. In jedem kleinsten Stahl- und Eisentheilchen ist Nord- und Südmagnetismus vorhanden, doch so dass sie ihren Einfluss gegen sich selbst gerichtet, sich gegenseitig angezogen haben. Dadurch sind aber auch

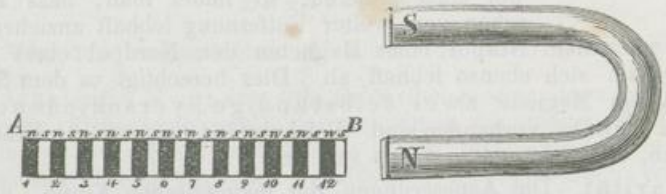
ihre Wirkungen nach Aussen aufgehoben. Stellt AB der Fig. 172 einen Stahl- oder Eisenstab und in demselben die 12 Abschnitte die kleinsten Theil-

Fig. 172.



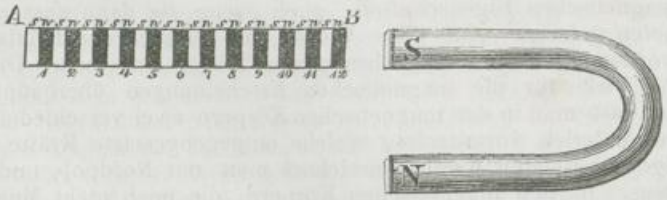
chen des Stahles oder Eisens (Moleküle) vor, so sind in jedem dieser Theilchen, die beiden magnetischen Materien, die hier durch schwarze und weisse Dreiecke bezeichnet sind, in ausserordentlicher Feinheit, die noch über die Feinheit der Eisen- oder Stahl-Moleküle hinausgeht mit einander verbunden. Ihre Thätigkeit ist nur gegen sich gerichtet, nach Aussen wirkungslos. Gelangt nun aber dieser Stahl- oder Eisenstab unter den Einfluss eines Magneten, so werden die gebundenen magnetischen Materien getrennt. Die magnetische Kraft des Magneten ist weit stärker, als die Kraft der magnetischen Fluida, welche sie unter sich vereinigte. Sie werden gezwungen ihre Wirkungen nicht mehr gegen einander sondern gegen den Magneten zu richten. Es wird in jedem einzelnen Eisen- oder Stahltheilchen eine besondere Nord- und Südmagnetische Kraft hervorgerufen. Jedes Eisentheilchen erhält einen Nord- und Südpol. Unter dem Einfluss des Magneten ordnen sich diese nach der ihnen von dem Magnete

Fig. 173.



zugewiesenen Richtung. Ist z. B. der Nordpol des Magneten jenem Stabe genähert und bezeichnet wir den Nordpolmagnetismus mit schwarzer, den Südpolmagnetismus mit weisser Farbe, so erhalten die magnetischen Fluida die Anordnung von Fig. 173. In jedem einzelnen Theilchen richtet sich gegen den Nordpol des Magneten der Südpolmagnetismus der Eisentheilchen. Ist dagegen der Südpol des Magneten dem Eisen- oder Stahlstab genähert, so erhalten die magnetischen Materien die entgegengesetzte Rich

Fig. 174.



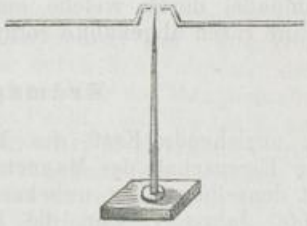
tung Fig. 174. Die vorher in den kleinsten Eisen- oder Stahltheilchen verbundenen magnetischen Materien sind nun selbständig geworden, getheilt oder vertheilt; von der Erscheinung selbst spricht man als von der Vertheilung der magnetischen Materien.

Coercitivkraft. War der magnetische Körper in Fig. 168 ein Eisenstab, so bemerkt man die erwähnte Erscheinung, sobald man denselben nur in die Nähe des Magneten gebracht hat, augenblicklich. Eine Stahlnadel setzt diesem Beherrschen einigen Widerstand entgegen. Eine Stahlnadel zeigt die Erscheinungen nicht so rasch als eine Eisennadel. Man nimmt nun in dem Stahl eine gewisse Kraft an, die denselben zu solchem Widerstande befähigt. Bringt man die Eisennadel ausser Bereich des Einflusses des Magneten, so hören in derselben die durch die Vertheilung hervorgerufenen magnetischen Kräfte auf. Es fallen dieselben wieder ihrem gebundenen Zustande anheim, wie er früher in derselben vorhanden gewesen und in Fig. 172 versinnbildlicht ist. War aber eine Stahlnadel so lange unter dem Einfluss des Magneten, dass der Widerstand derselben überwunden, sie selbst magnetische Erscheinungen zeigte, und man entfernt sie von dem Magneten, so bleibt die Stahlnadel magnetisch und die magnetischen Fluida verharren in der Ordnung, in welcher sie durch den Magneten zur Thätigkeit erweckt worden sind. Nord- und Südpol bleiben an den Stellen, an welchen sie durch den Magneten hervorgerufen worden sind. Zerbricht man eine solche Stahlnadel in zwei oder mehrere Stücke, so sind sämmtliche Stücke wiederum Magnete und auch in diesen einzelnen kleinen Magneten ist die durch den Magneten hervorgerufene Vertheilung der magnetischen Fluida dieselbe. Man bezeichnet diese Eigenschaft des Stahles durch eine besondere Kraft: die Coercitivkraft.

Magnetnadel. Diese Eigenschaft des Stahles, die in ihm zur Thätigkeit erweckten magnetischen Kräfte auch zu behalten, fortan alle Eigenschaften der natürlichen Magnete zu haben, benutzt man zur Anfertigung künstlicher Magnete. Dem Stahl kann man durch verschiedene Handhabung ganz verschiedene Grade der Härtung geben. Der härteste Stahl hat gewöhnlich auch die grösste Coercitivkraft. Den aus Stahl gefertigten Magneten kann man jede erforderliche Gestalt geben. Die Form, in welcher der Magnet den Menschen die wichtigsten Dienste geleistet hat, ist die der Magnetnadel. Der Magnetnadel giebt man gemeiniglich die in der Fig. 175. 176, abgebildete Gestalt. In der Mitte hat sie ein Achathütchen, vermittelst dessen sie auf einer feinen Stahlspitze ruht.

Fig. 175.

Fig. 176.



Bereitung künstlicher Magnete. Um vermittelst eines vorhandenen Magneten ein Stück Stahl zu einem Magneten zu machen, setzt man den Magnet in der Mitte des Stahlstabes auf und streicht denselben mit demselben Pole von der Mitte nach dem einen Ende immer in derselben Richtung. Darauf setzt man den entgegengesetzten Pol des Magneten wieder in der Mitte des Stahlstabes auf und streicht denselben in der entgegengesetzten Richtung. Jede Hälfte des neuen Magneten erhält den entgegengesetzten Magnetismus von dem, mit welchem er bestrichen worden ist. Man nennt diese Darstellungsweise künstlicher Magnete den einfachen Strich. Setzt man einen Magneten in Hufeisenform mit beiden Polen in

der Mitte des Stahlstabes auf und streicht denselben nach beiden Richtungen hin und zurück, und hebt den Magneten dann von der Mitte wieder ab, so nennt man dies den Doppelstrich. In diesem Falle hat der neue Magnet seine Pole entgegengesetzt von den Polen des Magneten, mit welchem er erzeugt worden ist.

Armirung des Magneten. Ein Magnet, welcher längere Zeit nicht in Thätigkeit ist, verliert seine magnetische Kraft allmälig. Um dies zu verhindern, legt man an die beiden Pole des Magneten ein Stück Eisen. Fig. 177, an dieses hängt man Gewichte, die der Kraft des Magnetes entsprechend sind, und vermehrt diese allmälig. Dadurch wird der Magnet immer stärker. Durch beharrliche und sorgfältige Anwendung solcher Gewichtsvermehrung soll Newton einen Magneten von 3 Gran dahin gebracht haben, dass er ein Gewicht von mehr als 700 Gran getragen hat. In dem berühmten Taylor'schen Museum ist ein Magnet der mehr als zwei Centner trägt.

Fig. 177.

Eisen wird auch magnetisch durch mannigfache andere Einflüsse Schon durch längeres Verharren in verticaler Richtung, namentlich in der Richtung des Erdmagnetismus werden Eisenstücke magnetisch, so z. B. die Anker und Bankeisen in den Holzgestellen der Dachstühle. Auch durch Reibung wird Eisen magnetisch; es sind z. B. Drahtzüge, Feilen, Raspeln, Schraubstöcke meistens magnetisch. Auch durch Licht, Electrizität, hohe Wärmegrade, wird Stahl magnetisch. Eine im violetten Licht des Newtonschen Farbenspectrums aufgehängte Stahlnadel wird magnetisch. Eine Stahlnadel durch welche ein electrischer Strom geht, wird magnetisch. Eine rasch abgekühlte rothglühende Stahlnadel wird magnetisch.

Erdmagnetismus.

Die anziehende Kraft des Magneten war den Alten bekannt. Die wichtigste Eigenschaft des Magneten die Annahme einer bestimmten Richtung, ist denselben aber unbekannt gewesen. Nur die Chinesen haben schon 1000 Jahre v. Chr. die Magnetnadel als Wegweiser durch die weiten Ebenen des Tartarei benutzt und den Compass 300 J. v. Chr. zur Beschiffung des chinesischen Meeres benutzt. In Europa ist die Eigenschaft des Magneten erst im 12. Jahrhundert bekannt geworden.

Eine vollkommen wagerecht hängende Stahlnadel, die in jeder beliebigen, nach den verschiedenen Himmelsgegenden gerichteten Lage verbleibt, nimmt, wenn sie magnetisch geworden ist:

1) eine bestimmte der Erdaxe entsprechende Lage von Süden nach Norden an, und

2) weicht von ihrer wagerechten Lage ab.

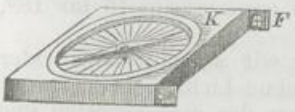
Beide Erscheinungen, die an verschiedenen Punkten der Erde verschieden sind, an demselben Punkte der Erde sich aber mit mathematischer Genauigkeit wiederholen, beruhen darauf, dass die Erde eine magnetische Wirkung ausübt, dass die Erde ein Magnet ist, der seinen Nordpol nach Süden und seinen Südpol nach Norden gerichtet hat. Man nennt daher auch diese mächtige magnetische

Kraft, Erdmagnetismus. Die magnetischen Pole der Erde fallen mit den Erdpolen nicht genau zusammen. James Ross, der berühmte Nordpolreisende, hat die beiden Magnetpole der Erde aufgesucht. Den nördlichen Magnetpol hat er gefunden, dem südlichen konnte er nicht so nahe kommen. Da die magnetischen Pole nicht mit den Erdpolen zusammenfallen, so muss auch der magnetische Aequator von dem Erdäquator abweichen.

Declination. Eine frei schwebende Magnetnadel richtet, wie oben gesagt, ihre Pole nach Nord und Süd. Da aber der Erdmagnetismus die Ursache dieser Richtung ist, so erfolgt dieselbe nicht in der Richtung der Erdpole, sondern in der Richtung der magnetischen Pole der Erde. Es fällt daher auch der Erdmeridian, die Linie, welche man sich durch die beiden Erdpole über die Erde gezogen denkt, nicht mit dem magnetischen Meridian, der Linie, die man sich in der Richtung der Magnetnadel durch die magnetischen Pole der Erde über die Erde gezogen denkt, zusammen. Der Erdmeridian und der magnetische Meridian schneiden sich. Die Abweichung der Magnetnadel von der Richtung der Erdpole nennt man Declination, und der Winkel, der durch das Schneiden des magnetischen und des tellurischen Meridianes entsteht, den Declinationswinkel.

Auf den Berührungspunkten der magnetischen und tellurischen Meridiane giebt es eine Linie ohne Abweichung.

Fig. 178.



Die Declinationsboussole besteht aus einen Kästchen K Fig. 178, in welchem innerhalb einer kreisrunden Oeffnung ein getheilter Kreis angebracht ist, innerhalb dessen eine Magnetnadel frei auf einer in der Mitte befindlichen Spitze ruht. An der Seite des Kästchens ist ein Fadenkreuz F angebracht. Diesem gegenüber in einer Metallplatte ist eine Oeffnung. Die Linie, welche die Oeffnung und den Mittelpunkt des Fadenkreuzes F verbindet, ist parallel mit der Linie, welche durch den Nullpunkt der Kreiseintheilung und durch die Spitze geht, auf welcher die Mangnetnadel ruht. Richtet man nun das Fadenkreuz so auf einen Punkt, dass die Linie, zwischen der Oeffnung und dem Fadenkreuz in dem tellurischen Meridian eines Ortes liegt, so giebt die Magnetnadel die Richtung des magnetischen Meridians auf der Kreiseintheilung und dadurch an, wie viel die Abweichung des magnetischen von dem tellurischen Meridian an diesem Orte beträgt, oder wie gross die Declination des Ortes ist. Ist nun die Abweichung der Mangnetnadel für einen Ort bekannt, so kann man mit Hülfe derselben, auch den Erdmeridan finden. Dies macht die Declinationsboussole wichtig. Man hat durch vielfache Beobachtungen, welche ganz besonders durch Alexander von Humboldt angeregt worden sind, die Declination der meisten Orte und Gegenden der Erde festgestellt. Hiernach hat man Karten gefertigt, die diese genau bezeichnen, und in ihnen besitzt man die Mittel, sich mit Hülfe des Kompasses auf dem Lande und dem Meere über die Lage des Ortes, an welchem man sich befindet und über die Richtung des Weges genau zu orientiren.

Erst diese Kenntniss ist auf dem weiten Ocean der nie irrende Wegweiser für die Schiffe geworden.

Die Anwendung der Declinationsboussole beim Feldmessen, beruht darauf, dass bei Orten, welche nahe liegen, die Declination nahe zu gleich ist, dass also an diesen Orten Magnetnadeln parallel s' hen.

Inclination. Die Abweichung der Magnetnade von der horizonta-

len Lage nennt man Inclination, und den Winkel, der dadurch entsteht den Inclinationswinkel. Je näher man einem der beiden magnetischen Pole der Erde kommt, um so stärker wird die Neigung der Magnetnadel und um so grösser der Inclinationswinkel, und zwar zeigt nach dem magnetischen Nordpol der Südpol der Magnetnadel, nach dem Südpol der Nordpol der Magnetnadel. James Ross fand am Nordpol die Lage der Magnetnadel ganz vertikal und den Inclinationswinkel also 90°.

Je stärker die Inclination ist, um so mächtiger der Erdmagnetismus wirkt, um so rascher gelangt die Magnetnadel in die ihr vom Erdmagnetismus angewiesene Lage, wenn sie sich frei bewegen kann. Dies offenbart sich durch verschieden rasche Schwingungen, welche die Magnetnadel bei dieser Veränderung ihrer Lage macht. Je näher die Magnetnadel den magnetischen Polen kommt, um so rascher werden die Schwingungen.

Die Declination und Inclination der Magnetnadel sind Veränderungen unterworfen. Die Ursache derselben, d. h. die Ursache der Veränderungen in den Wirkungen des Erdmagnetismus sind nicht bekannt. Schon der magnetische Aequator ist kein Kreis, sondern eine vielfach hin und her gekrümmte Linie. Vor dem Jahr 1660 war die Declination in Europa östlich, gegenwärtig ist sie westlich, doch aber im Abnehmen nach der östlichen Richtung begriffen. Die Schwankungen in der Inclination und Declination erstrecken sich aber nicht blos auf so grosse Zeiträume, sondern sie sind auch in den verschiedenen Jahres- und Tageszeiten verschieden. Am frühen Morgen ist die Declination am kleinsten, zwischen 12 und 1 Uhr am grössten. Im Winter ist die Declination kleiner als im Sommer. Für Deutschland beträgt die Declination gegenwärtig 15 bis 18°, die Inclination 65 bis 70°.

Das Nordlicht. Die Erscheinungen, die wir an künstlichen oder natürlichen Magneten beobachten, gehen ganz ohne Lichterscheinung vor sich. Trotz dem ist es wahrscheinlich, dass eines der grossartigsten und prächtigsten Licht- und Farbenerscheinungen — das Nordlicht — seine Ursache in dem Verhalten des Erdmagnetismus finden dürfte. Dem Erscheinen des Nordlichtes geht immer ein Schwanken der Magnetnadeln voran. Es tritt immer an jenen Orten an den Horizont, wo wir die magnetischen Pole zu suchen haben, nahe den Polen, vornemlich am Nordpol. In den mittleren Zonen sehen wir davon nur die mehr oder weniger hellrothe Färbung des Horizontes. Aber in den höchsten Breitegraden soll das Anschauen eines Nordlichtes zu den wunderbarsten Erscheinungeu gehören, die der Schöpfer dem Sterblichen vorbehalten hat. Ein dunkler halbkugelförmiger Grund des Horizontes wird von einem allmälig heller werdenden Saume umgrenzt. Dieser Saum wird lichter und lichter. Endlich schiessen aus dem Berührungspunkte auf der ganzen halbkugelförmigen Fläche des Saumes Strahlen empor gegen den Himmel. Diese Strahlen leuchten in den herrlichsten Farben, werden immer höher und prächtiger, bis endlich der Himmel bis zur Hälfte mit einem wunderbar prächtigen Farben- und Strahlenmeere überdeckt ist.

Electrizität.

Viele Körper können in einen eigenthümlichen, vorübergehenden Zustand gerathen, in welchem sie dem Magnete ähnliche, anziehende und abstossende Kräfte zeigen, deren Aeusserungen unter gewissen Bedingungen mit Licht und Wärmeentwickelungen verbunden sind. Reibt man z. B.

harzartige Körper auf Tuch oder Wolle, so werden dieselben in jenen Zustand versetzt. Sie ziehen dann leichte Körperchen, Papierstückchen, Hollundermarkkügelchen etc. an, theilen diesen dies Vermögen mit und stossen dieselben dann ab. Dasselbe thut Glas, Schwefel, Bernstein. Man hat beobachtet, dass sämmtliche Körper, wenn auch nicht in so auffallender Art wie die genannten Körper, in jenen Zustand versetzt werden können.

Die Ursache dieses Zustandes hat man dem Vorhandensein einer feinen elastischen Materie zugeschrieben, welche die Körper begleitet, in ihnen sich entwickelt, aber von ihnen getrennt nicht dargestellt werden kann. Diese Materie hat man, weil sie zuerst an dem Bernstein (Elektron) beobachtet worden ist, Elektrizität genannt.

Elektrizitätsquellen. Elektrizität wird hervorgerufen:
durch Reibung der Körper gegen einander, Reibungselektrizität;
durch Berührung heterogener Körper, Berührungselektrizität (Galvanismus);

in Folge von chemischen Veränderungen der Körper, Elektrochemismus;
einige Thiere besitzen das Vermögen Elektrizität zu erzeugen.

Vom Magnetismus unterscheidet sich die Elektrizität dadurch, dass sie erst hervorgerufen werden muss, dass sie in allen Körpern erzeugt werden kann und auch auf alle Körper wirkt, dass sie die angezogenen Körper wieder abstösst, und dass die Erscheinungen derselben oft von Licht- und Wärmeerscheinungen begleitet sind.

Harz- und Glaselektrizität. Man kann sich sehr bald überzeugen, dass die elektrische Materie, welche man in verschiedenen Körpern erzeugt, nicht ein und dieselbe ist. Es zeigt viel mehr die in einem Körper, z. B. im Glase erzeugte Elektrizität Erscheinungen, die sie in einen gewissen Gegensatz zu der in andern Körpern, z. B. in Harz erzeugten Elektrizität bringen. Theilt man z. B. zwei an Coconseidenfaden aufgehängten Hollundermarkkügelchen Fig. 179, die in einer Glasstange erzeugte Elektrizität mit Fig. 180, so werden sie dann, nachdem sie diese in sich aufgenommen haben, nicht nur von den Glasstäben abgestossen Fig. 181, sondern sie stossen sich auch selbst ab, Fig. 182. Nähert man nun den beiden sich abstossenden

Fig. 179.

Fig. 180.

Fig. 181.

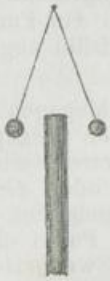


Fig. 182.

Kügelchen eine geriebene Harzstange, so weichen sie nicht auseinander, sondern werden sehr energisch von der Harzstange angezogen. Nach der Berührung mit der Harzstange sind sie ganz ohne Wirkung auf einander,

sie sind ausser Besitz von elektrischen Eigenschaften. Lässt man sie nun länger in Berührung mit der Harzstange, so werden sie auch von dieser in einen Zustand versetzt, in welchem sie nicht nur von der Harzstange abgestossen werden, sondern sich auch gegenseitig abstossen, von einer geriebenen Glasstange dagegen eben so heftig angezogen werden, wie sie es vordem von der Harzstange wurden. Hieraus sieht man, dass die in der Glasstange erzeugte Elektrizität von der in dem Harze erzeugten verschieden ist. Weil man früher die im Harze erzeugte Elektrizität für einen Mangel, die im Glase erzeugte aber für einen Ueberschuss an Elektrizität hielt, so hatte man die Harzelektrizität, Minuselelektrizität, die Glaselektrizität, Pluselektrizität oder negative und positive Elektrizität genannt und diese Bezeichnung auch, nachdem man sich von diesem Irrthum überzeugt hatte, doch beibehalten.

Für diese beiden Elektrizitäten herrscht das aus obigem Versuche hervorgehende Gesetz: Gleichnamige Elektrizitäten stossen sich ab, ungleichartige Elektrizitäten ziehen sich an.

Leiter und Nichtleiter der Elektrizität. Ein Hollundermarkkügelchen, welches an einem seidenen Faden aufgehängt ist und mit einer geriebenen Glas- oder Harzstange in Berührung kommt, wird von dieser angezogen und wenn es von der ihm mitgetheilten Elektrizität genügend gestätigt ist, abgestossen. Hängt man nun das Kügelchen statt an einem seidenen, an einem sehr feinen Metallfaden auf, so findet man, dass dasselbe zwar angezogen, aber nicht abgestossen wird, dass also das Kügelchen nicht mit Elektrizität gesättigt wird. Diese ganz entgegengesetzte Erscheinung hängt augenscheinlich nur von dem Material des Fadens ab. Der Unterschied in der Wirkung der Seide und des Metalles liegt aber darin, dass die Seide die Elektrizität des Kügelchens nicht aufnimmt, der Metallfaden aber alle in das Hollundermarkkügelchen übergegangene Elektrizität aufnimmt nnd weiter führt. Von der Seide und allen den Körpern, die sich ihr ähnlich verhalten, wie Glas, Harz etc. sagt man, sie leiten die Elektrizität nicht, sie sind Nichtleiter der Elektrizität. Von den Metallen aber und allen Körpern, die sich ihnen ähnlich verhalten, z. B. Flüssigkeiten, feuchter Luft, dem menschlichen Körper etc. sagt man, sie leiten die Elektrizität, sie sind Leiter der Elektrizität.

Die Elektrizitätsleiter besitzen die Fähigkeit, die ihnen mitgetheilte oder die in ihnen erzeugte Elektrizität schnell von einem Theilchen ihrer Oberfläche auf das andere zu übertragen. Die Elektrizität also, die ihnen auf einem Punkte mitgetheilt wird, wird sogleich über ihre ganze Oberfläche verbreitet. Wird ein Punkt ihrer Oberfläche in eine Lage gebracht, worin er seine Elektrizität abgeben kann, so giebt sie auch die ganze Oberfläche ab.

Die Nichtleiter hingegen besitzen diese Fähigkeit, die Elektrizität von Theilchen zu Theilchen fortzupflanzen, nicht. Elektrizität, die ihnen mitgetheilt oder in ihnen erregt wird, behalten sie in dem Punkte, auf welchem sie ihnen mitgetheilt oder erregt worden ist. Wird ein Punkt ihrer Oberfläche in eine Lage gebracht, worin er seine Elektrizität abgeben kann, so giebt nur dieser eine Punkt die Elektrizität ab, während die andern Punkte der Oberfläche, auch wenn sie mit Elektrizität angefüllt sind, diese behalten. Nichtleiter dienen daher dazu, die in einem Körper erregte oder ihm mitgetheilte Elektrizität vor der Abgabe zu wahren.

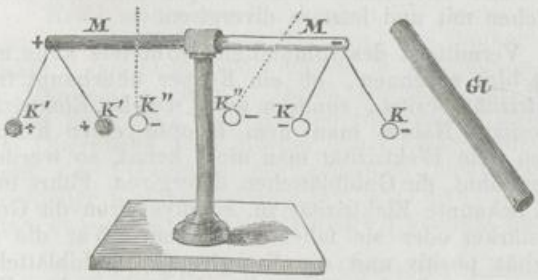
Isoliren. Diese Art der Verwendung der Nichtleiter, die den Zweck hat, die in einem Körper erzeugte oder ihm mitgetheilte Elektrizität zu be-

wahren, ihn von der Abgabe der Elektrizität zu schützen, nennt man isoliren und die so geschützten Körper isolirte Körper. Man isolirt ein Hollundermarkkügelchen durch Aufhängen an einem Seidenfaden, eine Metallkugel durch gläserne oder harzene Unterlagen. Ein Schemel auf Glasunterlage heisst Isolirschemel.

Elektromotore. Aus der Eigenscbaft der Nichtleiter, die in ihnen erzeugte Elektrizität nicht abzugeben, sondern sie auf den Punkten, auf denen sie in ihnen erregt worden ist, zu behalten, ergiebt sich auch, dass die Nichtleiter besonders dazu geeignet sind, zur Erzeugung der Elektrizität zu dienen. Körper, die besonders dazu dienen, wie z. B. Glas, Harz nennt man Elektrizitätserzeuger, Electromotore.

Vertheilung der Elektrizität. Freie und gebundene Elektrizität. Gleichwie man annimmt, dass die magnetische Kraft in dem Stahl nicht durch das Streichen vermittelst eines Magnetes sich erzeugt, sondern nur wach gerufen und vertheilt worden ist, so nimmt man auch an, dass die Elektrizität nicht erzeugt wird, sondern in den Körpern schon vorhanden gewesen ist. Zwei Paar Korkkügelchen K, K′ hänge man, je ein Paar an das Ende eines isolirten Metallstabes M. Nähert man dem Metallstab einen geriebenen Glasstab Gl, so werden auf beiden Enden des Metallstabes die Korkkügelchen aus einander weichen, als ein Zeichen, dass sie und der Metallslab elektrisch geworden sind. Entfernt man den Glasstab,so fallen die Kügelchen wieder zusammen, und Metallstab und Kügelchen sind unelektrisch. Nähert man nun, während der Glasstab in der in Fig. 183 bezeichneten Lage ist, auf beiden Seiten den auseinander gewichenen Korkkügelchen ein mit negativer Elektrizität geladenenes und isolirtes Korkkügelchen K″, so wird dies von dem Korkkügelchen K′ lebhaft angezogen, von dem Korkkügelchen K dagegen abgestossen werden. Dies ist der Beweis dafür, dass auf der dem Glasstabe zunächst liegenden Seite die negative Elektrizität, auf der dem Glasstabe entgegengesetzten Seite des Metallstabes aber positive Elektrizität entstanden ist. In der Mitte des Metallstabes ist wenig Elektrizität wahrzunehmen.

Fig. 183.

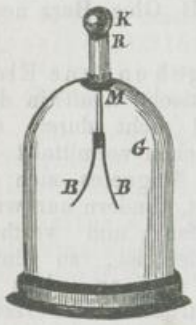


Durch den Glasstab Gl ist also der unlektrische Metallstab M in einen elektrischen Zustand versetzt worden, in welchem sich die beiden Elektrizitäten geschieden haben. Dieser elektrische Zustand hört auf, wenn der Glasstab entfernt wird. Man folgert hieraus, dass durch den elektrischen Glasstab die in dem Metallstabe vorhandene Elektrizität wach gerufen werde. Man bezeichnet den elektrischen Zustand des Metallstabes bei Annäherung des Glasstabes mit freier Elektrizität, den Zustand des Metallstabes nach Abwendung des Glastabes mit gebundener Elektrizität. Den Vorgang der Scheidung der gebundenen Elektrizität in freie positive und negative Elektrizität bezeichnet man mit Vertheilung der Elektrizität. Eine Vertheilung der Elektrizität ist die Grundlage der meisten Elektrizitäts-Aeusserungen, sie entsteht jedesmal, wenn wir einen elektrischen Körper in Beziehung nahe zu seiner

Umgebung bringen, wenn elektrische Körper einander genähert werden und in ihr findet man die Erklärung für die meisten elektrischen Erscheinungen.

Elektrometer. Um geringe freie Elektrizität aufzufinden, bedient man sich eines Paares isolirter Hollundermarkkügelchen, die man auch das einfache Elektrometer nennt. Zur Entdeckung sehr geringer Mengen freier Elektrizität wendet man das Goldblattelektrometer an.

Fig. 184.



Das Goldblattelektrometer besteht aus einer Glasglocke G Fig 182, an welche ein Glasrohr R, das in einen Metallknopf K endigt, befestigt ist. Im Innern ist ein Messingdraht M mit dem Knopfe in Verbindung, und an dem Drahte sind zwei Goldblättchen BB befestigt. Bringt man den zu untersuchenden Körper mit dem Knopfe in Berührung, so theilt sich seine Elektrizität dem Knopfe und den Goldblättchen mit und letztere divergiren.

Vermittelst des Goldblattelektrometers kann man nicht blos erkennen, ob ein Körper überhaupt freie Elektrizität besitzt, sondern auch welche Elektrizität er besitzt. Nähert man dem Knopfe einen Körper, dessen freie Elektrizität man nicht kennt, so werden, wie erwähnt, die Goldblättchen divergiren. Führt man in dieser Lage dem Knopfe bekannte Elektrizität zu, so divergiren die Goldblättchen entweder noch stärker oder sie fallen zusammen. War die zugeführte bekannte Elektrizität positiv und die divergirenden Goldblättchen divergirten dadurch mehr, so war die freie Elektrizität des untersuchten Körpers ebenfalls positive Elektrizität, fallen dagegen bei Zuleitung von positiver Elektrizität die Goldblättchen zusammen, so war die Elektrizität des untersuchten Körpers negativ.

Um ganz geringe Mengen freier Elektrizität aufzufinden, bringt man mit dem Goldblattelektrometer noch einen Verdichtungsapparat für die Elektrizität, den Condensator, in Verbindung. Man schraubt auf den Elektrometer statt des Knopfes einen metallenen Teller Fig. 185, der an seiner oberen Fläche mit einer dünnen Harzschicht überzogen ist, und setzt eine diesem Teller gleiche, durch eine Glashandhabe isolirte Metallplatte darauf. Dieser Apparat ist der Condensator. Um die Wirkung des Condensators zu veranlassen, berührt man die Basis von unten mit der Hand, setzt den Deckel oder Collector auf und bringt mit demselben den zu prüfenden Körper in Verbindung. Nach einiger Zeit nimmt man die Hand von der Basis weg und hebt dann auch den Deckel von derselben ab. Die Goldblättchen werden nun auseinander gehen. So lange die Platte durch die Hand mit der Erde und der zu prüfende Körper durch den Deckel mit der Platte in Berührung war, theilt sich die Elektrizität des Körpers dem Deckel mit und wirkt vertheilend auf die Platte. Die entgegengesetzte Elektrizität sammelte sich an der Oberfläche, die gleichnamige wird durch die Hand in die Erde geführt. Die Harzschicht hindert die Vereinigung zwischen der Elektrizität des Deckels und der der Platte, diese beiden Elektrizitäten bleiben in Spannung, wie bei der Leydner Flasche. Es kann also immer von Neuem Elek-

Fig. 185.

trizität aufgenommen werden, sie wird immer von Neuem gebunden. Nach dem Aufheben des Deckels wird die in Spannuug gehaltene Elektrizität der Platte frei und äussert ihre Wirkung auf die Goldblättchen.

Elektrizität durch Reibung.

Schon die Alten kannten die Eigenschaft des Bernsteins durch Reiben in einen Zustand zu gelangen, in welchen er kleine Körperchen anzieht. Otto von Guerike beobachtete dasselbe an einer Schwefelkugel und bemerkte auch die später abstossende Kraft derselben. Seine Versuche liessen ihn noch mehrere derartige Körper auffinden. Zum Unterschiede von jenen Körpern, die durch Reiben keine anziehende und abstossende Kraft erlangten, nannte man Bernstein, Schwefel, Harze etc. elektrische Körper, während man Metalle unelektrische Körper nannte. Später hat man gefunden, dass die Bezeichnung insofern nicht richtig ist, als jeder Körper in einen elektrischen Zustand versetzt werden kann.

Reibt man einen Harzkuchen mit einem wollenen Lappen, so bemerkt man ein eigenthümliches Knistern. Im Dunkeln bemerkt man, dass dies Knistern mit Lichterscheinungsn in Verbindung steht. Glas wird gerieben im Dunkeln leuchtend. Durch Isolirung des Harzkuchens oder des Glasstabes kann man diese Lichterscheinungen steigern. Bringt man dann an die Oberfläche jener Körper einen Elektrizitätsleiter, z. B. unsere Hand, so geht der Uebergang der gehäuften elektrischen Materie auf diese unter deutlicher Lichterscheinung vor sich, man sieht deutlich einen Funken, den man den elektrischen Funken genannt hat.

Elektrophor. Der Elektrophor besteht aus einem Harzkuchen H, Fig. 186, der in eine, aus Metall gefertigte, oder durch Stanniol leitend gemachte, hölzerne Form F gegossen ist. Eine gute und billige Harzmasse fertigt man sich aus 8 Theilen Colophonium, unter welches mit Hülfe von 1 Theil venetianischem Terpentin 1 Theil Schellak geschmolzen wird. Nach dem Hineingiessen in die Form muss die Oberfläche des Kuchens möglichst geglättet werden. Auf diesen Harzkuchen passt ein Deckel D. Derselbe ist entweder aus Metall oder aus Holz mit Stanniol überdeckt und entweder durch Seidenschnüre oder durch einen Glasstab isolirt. Der Elektrophor wird dadurch in Wirksamkeit gesetzt, dass man den Harzkuchen entweder mit einem Fuchsschwanze peitscht oder vermittelst eines wollenen Lappens reibt. Hierdurch erhält die Oberfläche des Kuchens Elektrizität. Und zwar entwickelt sich auf derselben negative Elektrizität. Die Elektrizität des Kuchens wirkt durch Vertheilung auf den mit der Oberfläche des Kuchens in Berührung gesetzten Deckel. Setzt man den Deckel auf den Kuchen und lässt ihn auf demselben, so wirkt die Elektrizität der Oberfläche des Kuchens so auf den Deckel, wie der Glasstab in Fig. 183 auf den Metallstab. Die Oberfläche des Kuchens hat negative Elektrizität, auf der den Kuchen berührenden Fläche des Deckels entsteht somit freie positive auf der entgegengesetzten, nach oben gekehrten Fläche des Deckels aber freie negative Elektrizität. Hebt man den Deckel auf, so hört der

Fig. 186.

Einfluss der Elektrizität des Kuchens auf, die beiden in dem Deckel entstandenen freien Elektrizitäten kehren in ihren gebundenen Zustand zurück und der Deckel selbst zeigt nicht die geringste elektrische Eigenschaft.

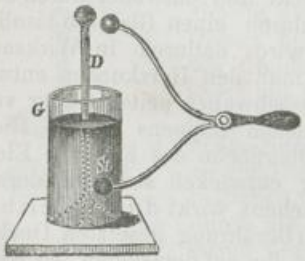
Berührt man den Deckel, wenn er auf dem Kuchen liegt, auf seiner Oberfläche durch einen Leiter z. B. mit dem Finger, so erhält man einen Funken, hebt man den Deckel dann auf und berührt ihn nochmals, so erhält man nochmals einen elektrischen Funken. Während der Lage des Deckels auf dem Kuchen ist auf der dem Kuchen zugekehrten Oberfläche des Deckels freie positive Elektrizität, auf der entgegengesetzten Oberfläche des Deckels negative Elektrizität entstanden. Durch die Berührung des Deckels während seiner Lage auf dem Kuchen entzieht man demselben die freie negative Elektrizität; hebt man ihn nun auf, so besitzt er nur freie positive Elektrizität, die er berührt von sich giebt. Man erhält daher durch den Elektrophor beide Elektrizitäten.

Derselbe Einfluss der Vertheilung, der auf dem Deckel beobachtet wird, wirkt auch auf die Form des Elektrophors. Auf der oberen Seite des Kuchens ist negative, auf der unteren Seite positive Elektrizität. Diese wirkt durch Vertheilung so auf die Form, dass auf der inneren Fläche der Form negative, auf der äusseren positive Elektrizität entsteht. Diese freie positive Elektrizität wird durch die leitende Form stets abgeleitet. Die negative Elektrizität der Form bleibt mit der positiven Elektrizität der Unterfläche des Kuchens in steter Wechselwirkung und es ist dadurch die Möglichkeit gegeben, dass die negative Elektrizität der Oberfläche des Kuchens in ihrem freien Zustande verharrt. Dies geschieht durch längere Zeit. Nach Wochen noch erhält man durch Berührung des Kuchens eine elektrische Wirkung. Aus diesem Grunde hat der Elektrophor seinen Namen Elektrizitätsträger erhalten.

Man hat auch den Elektrophor mit einem Wasserstoffentwicklungsapparate so in Verbindung gesetzt, dass der sich entladende Funke das ausströmende Wasserstoffgas entzündet; elektrisches Feuerzeug. Es ist dasselbe indess nicht verlässlich.

Leidner oder Kleist'sche Flasche. Ein gewöhnlicher Glashafen G Fig. 187 wird in- und auswendig mit Stanniol so überzogen, dass der obere Rand des Hafens mehrere Zoll hoch frei bleibt. Mit der inneren Stanniolfläche St steht ein starker Metalldraht D, der in einen Knopf endigt, in Verbindung.

Fig. 187.



Der Zweck der Leidner Flasche besteht darin, dass man freie Elektrizität vermittelst derselben anhäufen kann. Es geschieht dies gleichfalls durch Vertheilung. Theilt man dem Knopfe durch den Deckel des Elektrophores positive Elektrizität mit, so erhält die ganze innere Stanniolfläche gleichfalls positive Elektrizität. Diese wirkt durch die Glasfläche hindurch vertheilend auf die äussere Stanniolfläche. In dieser äusseren Stanniolfläche wird negative und positive Elektrizität frei. Die negative Elektrizität erscheint auf der dem Glase zugewendeten, die positive auf der dem Glase entgegengesetzten Fläche der äusseren Stanniolbelegung. Die positive Elektrizi-

tät der äussern Belegung wird dauernd dem Tische, durch den Tisch dem Erdboden mitgetheilt. Die negative Elektrizität der äussern Belegung bleibt dagegen in freiem Zustande, aber in Gleichgewicht und in Spannung mit der positiven Elektrizität des Knopfes und der inneren Stanniolfläche. Je mehr dieser inneren Stanniolfläche positive Elektrizität mitgetheilt wird, um so grösser wird die Menge der in der äusseren Stanniolfläche hervorgerufenen negativen Elektrizität. Hieraus erklärt sich, dass der Knopf immer von Neuem Funken aus dem Elektrophor aufnehmen kann. Diese in Spannung befindlichen entgegengesetzten Elektrizitäten der inneren und äusseren Stanniolfläche trachten nun daran, sich zu verbinden; durch das Glas werden sie daran verhindert. Verbindet man nun durch einen leitenden Körper die äussere und innere Stanniolfläche, so geschieht die Verbindung durch diesen Körper hindurch und zwar im Verhältniss zu der Ladung der Flasche mit mehr oder minderer Stärke und Lichterscheinung. Berührt man mit der einen Hand die äussere Stanniolfläche, mit der andern Hand den Knopf, so ist die Verbindung hergestellt. Unser Körper stellt den Leiter vor und die Vereinigung der entgegengesetzten Elektrizitäten erfolgt durch unsern Körper hindurch mit einer eigenthümlichen Erschütterung unseres Nervensystemes, dem man die Bezeichnung elektrischer Schlag gegeben hat. Will man den Schlag vermeiden, so bedient man sich des Ausladers, welcher eine isolirte Handhabe besitzt, durch welche zwei Metallknöpfe und Drähte verbunden sind Fig. 184.

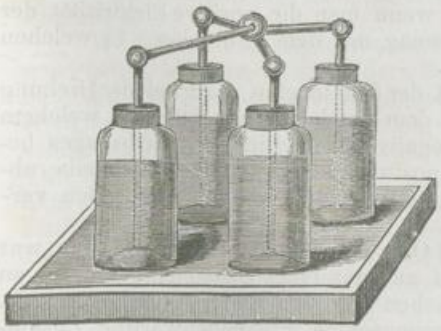
Es ist erklärlich, dass wenn ein menschlicher Körper einen solchen Leiter darstellt, dies auch mehrere thun werden. Auf 2, 3, 10, 20 Menschen, die sich die Hände reichen, und von denen der erste den Knopf, der letzte die äussere Stanniolfläche berührt, hat die Ausgleichung dieselbe Wirkung, wie auf einen. *Nollet* leitete den Schlag in Gegenwart des Königs durch 180 *Gardisten*.

Die Leidner Flasche ist fast zu gleicher Zeit (1745) von dem Domdechant v. Kleist in Camin in Pommern und von Cunäus in Leiden entdeckt worden.

Die Erklärung der Wirkung der Leidner Flasche hat Franklin gegeben.

Elektrische Batterie. Bei sehr starker Ladung einer Leidner Flasche wird die Spannung der beiden Elektrizitäten der äusseren und inneren Stanniolfläche zuweilen so bedeutend, dass die Vereinigung über den Rand der Flasche geschieht, oder auch das Glas durchbohrt wird. Um nun grosse Mengen Elektrizität anzuhäufen, vereinigt man mehrere Flaschen so, dass sowohl die inneren Stanniolflächen derselben durch einen gemeinschaftlichen Knopf, als die äussern durch eine leitende Unterlage verbunden sind. Eine solche Vereinigung mehrerer Leidner Flaschen nennt man eine elektrische Batterie Fig. 188. Ihre Wirkung kann furchtbar gesteigert werden durch die Menge der Flaschen und die Stärke der

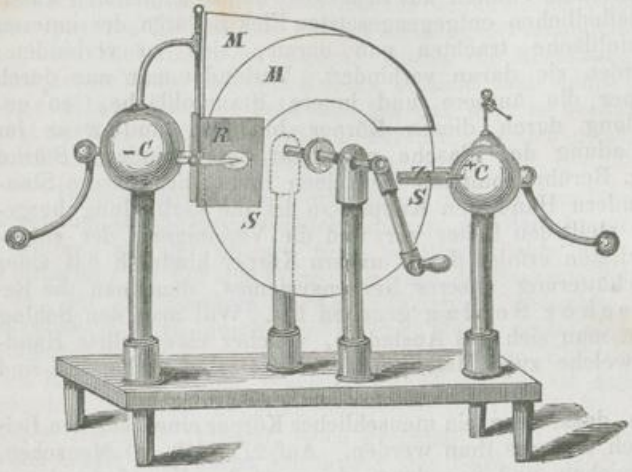
Fig. 188.



Ladung. Man ist im Stande, zollange Funken daraus zu ziehen und Thiere zu tödten, Wasser zu zerlegen etc.

Elektrisirmaschine. Die Elektrisirmaschine besteht in ihren wesentlichen Theilen aus einem Körper, welcher gerieben wird, aus dem reibenden Körper und dem Elektrizitätsleiter.

Fig. 189.



Der geriebene Körper ist gewöhnlich eine Scheibe von Glas Fig. 189 SS, die durch eine Kurbel in Bewegung gesetzt werden kann. Der reibende Körper, das Reibzeug R, besteht aus zwei ledernen Kissen, die mit Fett und Quecksilberamalgam bestrichen sind und durch Federn von beiden Seiten an die Scheibe gedrückt werden. Der Conductor C ist eine hohle polirte Metallkugel, welche mit metallenen Armen den Zuleitern Z versehen und durch Glasfüsse isolirt ist. Gewöhnlich sind zwei Conductoren vorhanden, einer für die in der Glasscheibe erzeugte positive Elecktrizität der Conductor + C, und einer für die in dem Reibzeuge entstehende negative Elektrizität der Conductor — C. Um das Zerstreuen der Elektrizität zu vermeiden, überdeckt man die Scheibe noch mit einem Mantel aus Wachstaffent M.

Setzt man die Scheibe durch die Kurbel in Bewegung, so entsteht durch die Reibung an dem Reibzeuge auf der Oberfläche der Glasscheibe positive, in dem Reibzeuge negative Elektrizität. Diese so entstehenden entgegengesetzten Elektrizitäten würden sich in dem Maasse als sie entstehen, auch wieder binden, wenn man nicht eine der frei werdenden Elektrizitäten ableitete. Dieserhalb verbindet man, wenn man die positive Elektrizität der Glasscheibe auffangen will, das Reibzeug mit dem Erdboden, in welchen die negative Elektrizität entweicht.

Die erzeugte positive Elektrizität der Glasscheibe wird bei der Drehung von den Zuleitern aufgenommen und dem Conductor zugeführt, in welchem sie sich ansammelt. Will man die negative Elektrizität des Reibzeuges benutzen, so muss man umgekehrt die positive Elektrizität der Glasscheibe ableiten, zu welchem Zweck man den Conductor + C mit dem Erdboden verbindet.

Die erste Elektrisirmaschine hat Otto von Guerike construirt. Sie war sehr unvollkommen, denn sie bestand nur aus einer Schwefelkugel, die an einer Drechslerbank gedreht und zwischen ledernen Kissen gerieben wurde. Nach und nach erst hat die Elektrisirmaschine ihre gegenwärtige Zusammenstellung erhalten. In neuester Zeit hat Armstrong Dampfelektrisir-

maschinen construirt, in welchen sich Wasserdampf an Holz oder Metall reibt.

Die Wirkung der Elektrisirmaschine besteht im Wesentlichen in der Erzeugung grösserer Mengen von Elektrizität. Die Erklärung dafür ergiebt sich aus der grossen geriebenen Fläche und der Stärke der Reibung. Natürlich sind auch die elektrischen Erscheinungen, die man dabei beobachtet, mächtiger. Bei der Umdrehung im Dunkeln sieht man um Reibzeug und Conductor einen leuchtenden Ring, aus welchem häufige helle Funken aufsprühen, welche ein knisterndes Geräusch verursachen. Man bemerkt deutlich den eigenthümlichen Geruch nach Ozon. Leitet man den Funken des Conductors in die Hand, so empfindet man durch das Ueberspringen des Funkens schon einen ziemliche Erschütterung. Auf der Zunge erregt der Funke einen eigenthümlichen Geschmack. Steht man auf dem Isolirschemel mit dem Conductor in Verbindung, so wird der menschliche Körper gleichfalls zum Conductor, die Haare sträuben sich, denn sie werden zu Elektrometern und stossen sich ab; allen Theile des Körpers kann man dann Funken entziehen. Die Lichtenbergischen Figuren entstehen dadurch, dass man einen elektrischen Funken auf eine Harzplatte schlagen lässt, die mit Pulver von Mennige oder Schwefelblumen bestreut ist. Die negative Elektrizität drückt sich als ein Kreis, die positive als ein strahlenförmiger Stern aus. Auch die Farbe des elektrischen Funkens kann man beobachten, dieselbe ist hell weiss im lufterfüllten Raume, röthlichgelb im luftleeren Raume. Der elektrische Funke entzündet Aether, Knallsilber, Schiesspulver, Knallgas u. s. w. Mannigfache Spielereien, z. B. das elektrische Flugrad, das elektrische Glockenspiel, der Korkkugeltanz erklären sich von selbst.

Die Elektrisirmaschine wird zur Ladung der Kleist'schen Flasche benutzt.

Luftelektrizität. Wie Elektrizität frei wird, wenn Wasserdampf sich an Holz oder Metall reibt, so wird auch Elektrizität hervorgerufen, wenn Wasserdampf sich an Wasserdampf reibt. Dies geht ununterbrochen in der atmosphärischen Luft vor sich. Dieselbe enthält zu allen Jahres- und Tageszeiten Wasserdampf. Verliert derselbe Wärme, so tritt er in Form von Dunstbläschen als sichtbarer Wasserdampf auf; bei noch grösserer Abgabe von Wärme geht die Verdichtung der Dunstbläschen zu Wassertröpfchen vor sich. Je nach der Menge und Näherung dieser Dunstbläschen und Wassertröpfchen findet durch dieselben eine gegenseitige Reibung statt, durch welche stetig Elektrizität hervorgerufen wird. Diese Elektrizität wird durch die Wasserdämpfe der Atmosphäre aufgenommen und verbreitet sich in dieser. Es ist dies die Ursache, dass die Luft stets Elektrizität enthält und dass sie abwechselnd grössere und kleinere Menge enthält.

Wird durch anhaltende Wärme viel Wasserdampf in die Atmosphäre aufgenommen, welchen Zustand derselben wir durch schwül, drückend bezeichnen, und erfahren die oberen Regionen plötzliche Abkühlung, so werden grosse Mengen Wasserdampf ausgeschieden, es bilden sich rasch dichte Massen ausgeschiedener mit Elektrizität geschwängerter Dunstbläschen, die Gewitterwolken. Von ihrer Dichte haben diese die dunkle Farbe und die scharfen Umrisse, von dem elektrischen Leuchten die gelben Ränder. In dieser dichten zusammengehäuften Dunstbläschenmasse ist die Reibung derselben unter sich sehr bedeutend, die hervorgerufene Elektrizitätsmenge sehr gross, und auf enge Räume beschränkt. Die angehäufte Elektrizität entladet sich endlich in mächtigen Funken, von Wolke zu Wolke, oder von Wolke zur Erde. Der oft meilenlange Funke ist der Blitz, das Zusammenschlagen der vom Blitze durchbrochenen Luftschichten, das verstärkte Knistern des elektrischen Funkens, ist der Don-

ner, und die ganze Erscheinung der in der Luft hervorgerufenen Elektrizität das Gewitter. Wie bei allen elektrischen Erscheinungen geht auch dem Gewitter die Vertheilung voran und begleitet dasselbe durch alle Stadien. Die Elektrizität einer Wolke wirkt vertheilend auf die Elektrizität der andern, ebenso auf die der Erde. Dadurch werden entgegengesetzte Elektrizitäten einander gegenüber in Spannung gesetzt, die Ausgleichung erfolgt dann dort, wo der beste Leiter vorhanden ist. Diese Ausgleichung geschieht fast immer von Wolke zu Wolke, ungleich seltener von Wolke zur Erde. Auf seinem Weg durch die Luft treibt der Blitz mit Macht die Luft vor sich her, verdichtet sie und springt dann, wenn diese Verdichtung bis auf einen gewissen Grad zu stark geworden ist, von seinem Weg in dünnere Luftschichten über, die er neuerdings verdichtet und wiederum abspringt, wenn sie zu stark verdichtet sind. Darauf beruht der Zickzack-Weg des Blitzes. Trifft der Blitz auf seinem Wege nach der Erde gute Leiter, so geht die Ausgleichung, vorausgesetzt dass der Leiter dem Blitze Körpermasse genug bietet, um die ganze mächtige elektrische Ladung aufzunehmen und abzuleiten, ohne Hinderniss von Statten. Darauf gründen sich die Blitzableiter von Franklin 1750 angeregt. Es sind Metallstangen, die sich über das Dach der Gebäude erheben, in eine feine Spitze auslaufen und in den feuchten Erdboden geleitet werden. Befinden sich auf dem Wege des Blitzes nach der Erde, dort wo er dieselbe erreicht, Einschlagen des Blitzes, Nichtleiter und Leiter, so durchbricht, entzündet, zertrümmert er jene, sucht auf seinem Wege zur Erde einen Leiter, theilt sich in vielfache Zweige und übt oft die furchtbarsten und merkwürdigsten Zerstörungen aus. Der Weg, den der Blitz auf nackten Felskegeln nimmt, bezeichnet eine durch Schmelzung entstandene Schramme des härtesten Gesteines; im Sande bilden sich durch Schmelzung dieses die Blitzröhren. Ueberaus selten werden Menschen vom Blitze erschlagen. Alle Vorsichtsmassregeln — die ausgenommen, dass man sich während eines Gewitters, das sich in unmittelbare Nähe entladet, nicht unter einen einzeln stehenden Baum zu stellen hat — sind überflüssig und nur die Eingebung engherziger Furcht und Besorgniss für das liebe Leben. Das Wetterleuchten ist eine allmälige weniger energische Ausgleichung der Elektrizität der Wolken.

Die Aehnlichkeit zwischen den elektrischen Funken und dem Blitze ist schon sehr früh bemerkt, entschieden indess erst von Franklin dadurch worden, dass er einen Drachen an dem ein isolirter Schlüssel hing, in eine Gewitterwolke aufsteigen liess. Romas verflocht darauf Draht in die Schnur des Drachens und erhielt Funken aus der Schnur, die 10 Fuss lang waren. Bei ähnlichen Versuchen wurde Richmann in Petersburg, der die mit Draht durchflochtene Schnur eines in einer Gewitterwolke stehenden Drachens in seine Stube geleitet hatte, durch einen aus derselben sich entladenden elektrischen Feuerstrom erschlagen.

Dass man den Blitz eher sieht, als den Donner hört, rührt davon her, dass die Geschwindigkeit des Lichtes weit grösser ist, als die des Schalles.

Die Fortpflanzung der Elektrizität geschieht noch schneller, als die Fortpflanzung des Lichtes, man hat die Geschwindigkeit der Elektrizität $1^1/_2$mal so gross angenommen, als die Geschwindigkeit des Lichtes oder 62000 Meilen in der Sekunde.

Elektrizität durch Berührung.

Nichtleiter werden durch Reibung elektrisch, Leiter durch Berührung. Lässt man isolirte Metallscheiben, die eine von Zink, die andere von Kupfer auf ihren grössten Flächen sich berühren, so zeigen sie nach ihrer Trennung die Zinkplatte positive die Kupferplatte negative Elektrizität. Durch Versuche

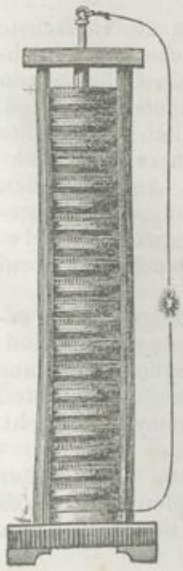
hat man gefunden, dass die meisten Körper sich so zusammenstellen lassen, dass durch Berührung jeder vorangehende positiv, jeder nachfolgende negativ elektrisch wird. Zink steht darin zuerst, dann folgen Blei, Zinn, Eisen, Kupfer, Silber, Gold etc. In Berührung mit Zink daher werden alle bezeichneten Körper negativ, mit Blei werden negativ Zinn, Eisen, Kupfer, Silber, Gold etc., mit Zinn werden negativ Eisen, Kupfer, Silber, Gold etc. etc. Diese Reihenfolge der Körper nennt man ihre Spannungsreihe.

Elektromotore. Die Erklärung des Erscheinens freier Elektrizität durch Berührung sucht man darin, dass man annimmt, die in dem Körper im gebundenen Zutande befindlichen Elektrizitäten werden durch die Berührung getrennt. Die Ursache, dass diese Trennung erfolge, und zwar aus der Berührung der verschiedenen Körper in verschiedenem Grade, schreibt man einer besonderen Kraft, der elektromotorischen Kraft, zu und nennt die Körper, die sie besitzen Elektromotore. Zink ist der stärkste Elektromotor.

Die Entdeckung dieser in ihren Folgen auf die Technik und Wissenschaft sehr einflussreichen Erscheinung ist durch den Einfluss geschehen, den so hervorgerufene Elektrizität auf den animalischen Organismus ausübt.

Legt man ein Stück Zinkblech unter die Zunge, ein Stück Kupferblech über die Zunge und neigt dann die Bleche so gegen einander, dass sie sich berühren, so erhält man in dem Augenblicke der Berührung den eigenthümlichen Geschmack, der durch die Elektrizität hervorgerufen wird. Mit Hülfe sehr empfindlicher Elektrometer kann man die entstandene Elektrizität nachweisen. Berührt man mit einem silbernen Gegenstande den Gaumen, mit einem eisernen vorsichtig den Augapfel und lässt Silber und Eisen sich an den entgegengesetzten Enden berühren, so sieht man im Augenblicke der Berührung einen Lichtschein. Aloys Galvani, Arzt zu Bologna, beobachtete 1789, dass Frösche, an denen er die Wirkungen der Luftelektrizität prüfen wollte, und die er an dem eisernen Gitter des Balkones an Kupferdrähten aufgehängt hatte, dann zuckten, wenn ihre feuchten Leiber in Berührung mit den Eisenstäben des Gitters kamen. Das Vorhandensein freier Elektrizität hat Volta dadurch nachgewiesen, dass er eine Kupferplatte und eine Zinkplatte zusammenlöthete und dann in der Zinkplatte positive in der Kupferplatte negative Elektrizität nachweisen konnte.

Fig. 190.



Einfache Kette. Eine Zink- und eine Kupferplatte in Verbindung gesetzt, nennt man eine einfache oder Volta'sche Kette. Offen ist die Kette, wenn Kupfer und Zink unverbunden, geschlossen, wenn sie durch einen Leiter verbunden sind.

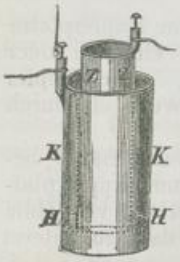
Volta'sche Säule. Die Volta'sche Säule besteht aus einer Vereinigung vieler Zink- und Kupferplatten. Fig. 190. Diese sind auf einer Unterlage von Holz zwischen drei Glasstäben so geschichtet, dass zu unterst eine Kupferplatte darauf eine Zinkplatte sodann Scheiben von Pappe, Tuch, Filz etc., die angefeuchtet worden sind, zu liegen kommen. In derselben Reihenfolge fügt man 30 bis 40 Plattenpaare übereinander. Gewöhnlich sind Kupfer- und Zinkplatten aneinander gelöthet. Geschlossen nach Oben wird die Säule durch eine Zinkplatte. An der obersten Zinkplatte erscheint die positive Elektrizität, sie wird daher zum positiven Pol, die unterste Kupferplatte dagegen durch das

Erscheinen der negativen Elektrizität zum negativen Pol der Säule. Mit diesen Platten sind Metalldrähte in Verbindung, welche als Pole bezeichnet werden. Berühren sich diese beiden Pole der Säule, so gleichen sich die entgegengesetsten Elektrizitäten aus, man bemerkt kein äusserliches Zeichen einer elektrischen Erscheinung und bezeichnet diesen Zustand der steten Ausgleichung damit, dass man sagt, die Säule ist geschlossen. Dass eine solche Ausgleichung vor sich geht, kann man dadurch beweisen, dass man die Schliessung der Drähte nicht vollkommen geschehen lässt, die Säule ist dann offen. In solchem Falle wird man, wie in Fig. 190 einen Funken als Beweis dieser Ausgleichung erscheinen und denselben bei starken Säulen als einen dauernden Lichtstrom zwischen den Polen leuchten sehen. Der steten Ausgleichung der Elektrizität muss aber eine stete Erzeugung vorangehen. Und diese findet in der That statt. Durch die ganze Säule hindurch, in jedem einzelnen Plattenpaare und in allen zusammen wird stets von Neuem Elektrizität entwickelt. Die positive Elektrizität jedes einzelnen Plattenpaares, erscheint in der Zinkplatte, die negative in der Kupferplatte; da die Plattenpaare alle in derselben Richtung liegen, so entsteht durch die ganze Säule ein doppelter Strom. Die positive Elektrizität strömt nach Oben, die negative nach Unten, die Leiter vermitteln die Strömung, und so treten an den Polen die entgegengesetzten Elektrizitäten als die Summe der aus Berührung sämmtlicher Platten sich ergebenden Elektrizitätsmengen auf. Die Wirkung der Säulen wird daher um so kräftiger je grösser die Anzahl der Plattenpaare und deren Berührungsflächen sind.

Ketten von veränderlicher und constanter Wirkung. Mehrfache Uebelstände, welche die Volta'sche Säule in der bezeichneten Zusammenstellung zeigt, namentlich die durch die chemische Wirkung des elektrischen Stromes erzeugte baldige Unwirksamkeit derselben haben die Construirung besserer elektrischer Apparate zur Folge gehabt, deren man sich jetzt ausschliesslich bedient. Man hat Apparate mit veränderlicher elektrischer Wirkung und mit constanter Wirkung construirt.

Zu den ersten gehört die einfache oder Volta'sche Kette, der man sehr passende Gestaltungen gegeben hat.

Fig. 191.



Trogapparat. Man hat demselben die vielfachste Form gegeben. Fig. 191 stellt die einfache Kette in ihrer angewendetsten Form vor. K ist ein Cylinder von Kupferblech. Dieser ist mit einer verdünnten Säure gefüllt. In die Säure hineinreicht eine cylindrisch gerollte Zinkplatte oder ein Zinkcylinder Z. Innen ruht der Zinkcylinder auf einem Schuhe von Holz HH. An den Enden der Zink- und Kupferplatte sind die Leitungsdrähte angelöthet. Eine solche Kette nennt man auch wohl ein Element, eine Vereinigung mehrere in entsprechender Form Volta'sche Batterie.

Zu constanten Ketten sind zwei flüssige Leiter erforderlich, welche durch poröse Scheidewände getrennt sind.

Die Bunsen'sche Kette besteht aus einem Kohlencylinder, der aus dichter Coakskohle gefertigt ist und in einem mit Salpetersäure gefüllten Glase steht und einem Zinkcylinder, welcher in einem Thoncylinder steht. In dem Thoncylinder ist Salpetersäure.

Die Grove'sche Kette ist aus Zink und Platina, durch einen Thoncylinder getrennt, die Daniell'sche aus einem Kupfercylinder, einem Zinkstreifen oder Cylinder, der amalgamirt ist und in einem Thoncylinder steht, zusammengestellt.

Bei der Daniell'schen Kette ist der Thoncylinder mit verdünnter Schwefelsäure, der Kupfercylinder mit einer gesättigten Auflösung von schwefelsaurem Kupferoxyd gefüllt.

Die Grove'sche Kette übt die beste Wirkung. Nur muss die dazu verwendete Salpetersäure frei von Chlor sein, weil sonst das Platin gelöst wird. Die Bunsen'sche Kette ist wohlfeiler und wirkt auch kräftig, sie wird am meisten verwendet. Nöthig ist, dass die Leitungsdrähte vollkommen blank, ohne Metalloxydschicht, sind.

Die Zamboni'sche oder trockne Säule besteht aus abwechselnden Lagen von unächtem Gold- und Silberpapier, welche jede für sich auf der Papierseite an einander geklebt und in derselben Reihenfolge über einander geschichtet, zwischen Glasstäben gepresst und an ihren Polen mit Leitungsdrähten versehen sind. Säulen von 1000 doppelten Lagen geben schon deutliche elektrische Erscheinungen.

Ohm's Gesetz. Die Wirkungen der zusammengesetzten Ketten sind stärker, als die der einfachen, die elektrischen Erscheinungen sind bei ihnen mächtiger. Durch vielfache Versuche hat Ohm nachgewiesen: dass die Wirkung einer Kette der Zahl ihrer Glieder und der elektromotorischen Kraft derselben entspricht, sodann dass der Widerstand der elektrischen Ströme in der Kette selbst und in den Leitungsdrähten verhältnissmässig um so stärker ist, je kleiner der Strom, und um so geringer, je stärker der Strom ist.

Licht- und Wärmeerscheinungen der Berührungselektrizität. Die Wirkungen der durch Berührung hervorgerufenen Elektrizität, welche man von ihrem ersten Beobachter auch Galvanismus nennt, sind im Wesentlichen die der Reibungselektrizität, nur sind dieselben energischer und constanter.

Zwischen den Schliessungsdrähten einer starken Volta'schen Säule werden Metalldrähte bald glühend, ja man kann Platina schmelzen. Bringt man zwischen die Ausgleichungsdrähte zweier starker galvanischer Ströme einen von dichter Kohle geformten Cylinder, so wird derselbe glühend und zwar so hell und leuchtend, dass das erzeugte Licht — elektrisches Licht — dem Sonnenlichte an Lichtintensität am nächsten steht.

Wirkung der Berührungselektrizität auf den menschlichen Körper. Rotations- und Inductionsapparate. Verbindet man die beiden Pole der Säule durch den menschlichen Körper so erfolgt die Ausgleichung der Ströme durch diesen. Man empfindet eine heftige Erschütterung. Diese wiederholt sich, wenn der Körper wieder aus dieser Verbindung heraustritt. Unser Nervensystem wird sowohl durch den Eintritt als durch den Austritt der elektrischen Strömung in eine eigenthümliche Erregung versetzt, die sich durch eine zuckende schmerzliche Erschütterung äussert. Es ist dies die Folge der elektrischen Strömung, welche die im menschlichen Körper vorhandene Elektrizität durch den eingeführten elektrischen Strom erleidet. Die Erzeugung eines Gegenstromes durch die Einführung eines elektrischen Stromes nennt man Induction. Man hat die Erregung eines elektrischen Gegenstromes in dem menschlichen Körper durch die Einführung eines elektrischen Stromes zu medizinischen Zwecken benutzt. Hierzu verwendet man besondere Apparate, früher die Rotations-Apparate, jetzt die Inductions-Apparate. Diese Anwendung zu Heilzwecken ist indess erst gegenwärtig in Begriff, sich als wirklich wissenschaftlicher Zweig der Medizin zu gestalten und ein erschöpfendes Urtheil über deren Werth noch nicht möglich.

Chemische Wirkung der Berührungselektrizität. Elektrolyse. Sehr energisch sind die Einflüsse, welche die Berührungselektri-

zität in Rücksicht auf chemische Zersetzungen äussert. Der galvanische Strom hat das Bestreben, jede chemische Verbindung, die er auf seinem Wege findet, zu zerlegen. Mit Hülfe von starken galvanischen Säulen zerlegt man sehr leicht Wasser; man hat in ihnen das Mittel gefunden, die sonst ausserordentlich schwer zu reduzirenden Oxyde der Alkalien, alkalischen Erden in die ihnen zu Grunde liegenden Metalle und Sauerstoff zu zerlegen. Der Sauerstoff erscheint dabei immer am positiven, das Metall am negativen Pole.

Auf derselben Wirkung beruht die Galvanoplastik. Es dient hierzu gewöhnlich die Daniell'sche Kette. Metallverbindungen werden durch die elektrische Strömung zerlegt, das Metall wird regulinisch ausgeschieden. Die ausserordentlich feinen Theilchen des ausgeschiedenen regulinischen Metalles setzen sich auf die mit der Lösung in Berührung stehenden, aus leitenden Stoffen bestehenden Gegenstände ab und überziehen dieselben mit einer Metallschicht. Auf diese Weise übergoldet, übersilbert, überkupfert etc. man Gegenstände in beliebiger Stärke. Für die Verkupferung wendet man schwefelsaures Kupferoxyd, für die Versilberung und Vergoldung die Lösung der Gold- und Silberverbindungen in Cyankalium an.

Aus der chemischen Zersetzung, welche durch die elektrischen Ströme erzeugt wird, erklärt sich auch die baldige Unwirksamkeit der Volta'schen Säule. Der Sauerstoff des Wassers der feuchten Pappe geht an das Zink und bildet hier Zinkoxyd. Der Wasserstoff des Wassers dagegen geht an das Kupfer und bildet an demselben bald einen mehr oder weniger vollkommen dichten Ueberzug. Hierdurch wird die Wirkung der Säule sehr geschwächt. Aus dieser Beobachtung hat man eine sehr nützliche Anwendung gezogen. Um das Holz vor der Einwirkung des Meerwassers zu schützen, belegt man den Boden der Seeschiffe mit Kupferblech. Dieses wird durch die stete Einwirkung des Meerwassers aber sehr bald oxydirt und unbrauchbar. Um das Kupfer zu schützen, hat man Zinkstäbchen, die nur den hundertsten Theil der Oberfläche des Kupfers betragen, auf dieses gelöthet. Aller Sauerstoff, der sich durch die dadurch geschaffene Kette aus dem Wasser bildet, geht dann an das Zink und das Kupfer wird vor Oxydation geschützt.

Die chemischen Verbindungen, welche durch die Einwirkung des elektrischen Stromes zerlegt werden, nennt man Electrolyten, den Vorgang der Zerlegung Elektrolyse. Die Pole nennt man während des Vorganges Elektroden, den einen Anode, den entgegengesetzten Kathode. Die neuen Bestandtheile, in welche die Verbindungen zerlegt werden, heissen Jonen. Anion erscheint an der Anode, Kation an der Kathode. Bei Zerlegung einer bestimmten Verbindung erscheint ein und derselbe Bestandtheil immer an der Anode, der andere immer an der Kathode. Man nimmt daher an, dass die Atome aller Körper mit Elektrizität begabt sind, und zwar muss in solchem Falle derjenige Körper, der sich am positiven Pole (Anode) sammelt, negative, derjenige, der sich am negativen Pole (Kathode) sammelt, positive Elektrizität besitzen. Man theilt daher die Körper in elektronegative und in elektropositive Körper ein. Wendet man die obigen Bezeichnungen auf den Vorgang der Wasserzerlegung an, so ist der Vorgang selbst die Elektrolyse, das Wasser der Elektrolyt, die beiden Pole, an denen die Zersetzung geschieht, die Elektroden, der positive Pol die Anode, der negative Pol die Kathode. Sauerstoff und Wasserstoff sind die Jonen, Sauerstoff ist Anion, Wasserstoff ist Kation, Sauerstoff der elektronegative, Wasserstoff der elektropositive Körper.

Das Gesetz der elektrolytischen Action. Durch sehr genaue Versuche hat man nachgewiesen, dass bei sorgfältigen Vorrichtungen 9 Theile Wasser genau in 1 Theil Wasserstoff und 8 Theile Sauerstoff zerlegt werden. Zugleich hat man gefunden, dass jede Zinkplatte, welche

die Zersetzung bewirkte, einen Gewichtsverlust von 32,3 Theilen Zink erlitten hat. Diese Zahl gibt aber das Atomengewicht des Zinks an. Während durch die Wirksamkeit der Säule das Wasser zerlegt wird und der Sauerstoff sich mit dem Zink zu Zinkoxyd verbindet, so scheint durch die Oxydation von 32,3 Theilen Zink, wozu 8 Theile Sauerstoff erforderlich sind, in jedem Plattenpaare so viel Elektrizität in Strom gesetzt zu werden, als nöthig ist, um 9 Theile Wasser zu zerlegen. Je wirksamer eine Säule ist, um so mehr muss sich der Zinkverlust der Platten diesem Verhältniss nähern. Wie Zink, Sauerstoff und Wasserstoff verhalten sich aber alle übrigen Körper: die Gewichtsmengen der durch gleichstarke Ströme ausgeschiedenen Körper verhalten sich wie die Atomengewichte derselben. Dies Gesetz ist das Gesetz der festen electrolytischen Action.

Die chemischen Verbindungen werden durch den Einfluss der elektrischen Strömung zerlegt. Es wird aber auch durch die Zerlegung während des Vorganges Elektrizität frei. Man hat durch die genauesten Versuche nachgewiesen, dass bei jeder chemischen Verbindung z. B. bei der Verbindung einer Base mit einer Säure, bei der Oxydation eines Metalles, auch bei der Verbrennung Elektrizität frei wird. Die ungeheure Ausdehnung und Wechselwirkung, in welche der Sauerstoff mit den Stoffen der Erdoberfläche und den organischen Wesen tritt, der grosse dauernde Hergang des Stoffwechsels, welchen wir auf unserer Erdenwelt beobachteten, hat daher die Entbindung von grossen Massen Elektrizität im Gefolge.

Elektrizität durch die Thätigkeit thierischer Organe. Es ist anzunehmen, dass auch mit dem Bereiche der Funktionen des animalischen Organismus die Elektrizität, sowohl durch den innerhalb desselben vorgehenden Stoffwechsel, als durch die Thätigkeit der einzelnen Organe in der innigsten Berührung steht. Die Versuche, die man mit frisch getödteten Thieren, in England sogar mit eben durch des Henkers Hand entseelten menschlichen Leichnamen gemacht und welche letztere man durch die Einwirkung starker elektrischer Ströme zu grausigen krampfhaften Zuckungen und Bewegungen ihrer Organe gebracht hat, haben die Menschen verleitet, anzunehmen, dass das Leben selbst sich nur aus einem Zusammenwirken elektrischer Kräfte ergebe. Es ist dies aber eine Thorheit, eine Verirrung, die sowie die engherzige, materialistische Auffassung der Dinge, welcher sie entspringt, nicht genug verpönt werden kann. Indem wir leben, werden wir nie ergründen können, was Leben ist.

Auffallend unterschieden von den übrigen Thieren sind einige wenige elektrische Fische organisirt, in welchen sich ein Organ vorfindet, das dieselben zur willkürlichen Erzeugung grosser Mengen freier Elektrizität befähigt. Dieses Organ hat die grösste Aehnlichkeit mit einer zusammengesetzten Kette, es besteht aus einer grossen Menge zellenartiger Abtheilungen, welche willkürlich in Thätigkeit gesetzt werden können. Berührt man einen Zitterrochen, Zitteraal, Zitterwels und noch einige andere Fische, so erhält man einen starken Schlag. Derselbe wiederholt sich, obwohl schwächer bei öfteren Berührungen. Es scheint, dass diese Thiere die in ihnen befindlichen elektrischen Ströme nicht blos zu ihrem Schutze vor ihren Feinden, sondern auch zur Tödtung der ihnen zur Nahrung dienenden Geschöpfe benützen.

Elektromagnetische Erscheinungen.

Man hatte vielfach beobachtet, dass die Einwirkungen starker elektrischer Ströme auf Magnete einen eigenthümlichen Einfluss üben, dass

Magnetnadeln dadurch aus ihrer Richtung gebracht, ja dass dieselben z. B. auf Schiffen, in welche der Blitz geschlagen, die Eigenschaft, nach einer bestimmten Richtung zu zeigen, ganz einbüssten. Inzwischen war man über die Wirkung sowohl, als über die Ursache im Unklaren. Oerstedt, Professor in Kopenhagen hat zuerst die Art dieses Einflusses bestimmt nachgewiesen.

Nur elektrische Ströme und Elektrizität, die sich in Spannung befinden, üben Einfluss auf die magnetischen Kräfte. Nähert man dem Schliessungsdrahte einer elektrischen Kette, während der elektrische Strom hindurchgeht, eine Magnetnadel, so wird dieselbe von ihrer Richtung abgelenkt.

Eine Magnetnadel, welche sich innerhalb eines quadratisch gebogenen, mit den Polen einer einfachen Volta'schen Kette in Verbindung gesetzten Drahtes befindet, dessen Ebene in die Ebene des magnetischen Meridians fällt, wird so abgelenkt, dass das Südende der Nadel nach der Seite hin abirrt, von welcher aus betrachtet der Strom die Nadel in gleicher Richtung umkreist, in welcher sich der Zeiger einer Uhr bewegt.

Eine Stahlnadel, die einige Zeit von einem starken elektrischen Strome durchströmt wird, wird zum Magneten.

Weiches Eisen wird, so lange es unter dem Einflusse eines elektrischen Stromes steht, zu einem Magneten. Umwindet man ein Stück weiches Eisen E Fig. 192 mit einem isolirten, mit Seide umsponnenen Kupferdaht K K und setzt denselben mit dem Schliessungs-

Fig. 192.

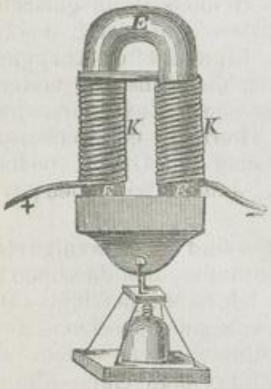
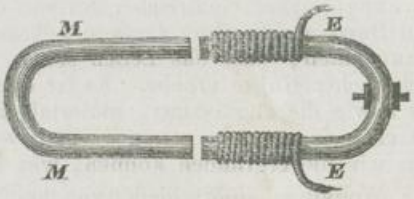


Fig. 193.



drahte einer Volta'schen Säule in Verbindung, so wird das Eisen magnetisch.

Man hat auf diese Weise Magnete construirt, die mit Leichtigkeit mehrere Centner tragen.

Unterbricht man die Verbindung des Kupferdrahtes, so hört die magnetische Eigenschaft des Eisens auf.

Eisen, welches durch den Einfluss elektrischer Ströme magnetische Eigenschaft angenommen hat, nennt man elektromagnetisch oder einen Elektromagneten.

Rotationsversuch. Lässt man gegen einen befestigten, Uförmig gebogenen, mit isolirtem Kupferdraht umwundenen nicht magnetischen Eisenstab E Fig. 190, einen Magneten M, sich möglichst rasch um seine Axe drehen, so dass dessen Pole sich abwechselnd den Enden des Eisens nähern, so wird durch die Bewegung des Magneten in dem Kupferdrahte ein elektrischer Strom erregt.

Man ersieht hieraus, in wie enger Beziehung dese beiden Strömungen stehen. Durch den elektrischen Strom wird die Magnetnadel von ihrer Richtung abgelenkt, eine Stahlnadel dagegen erhält durch den elektrischen Strom die bestimmte Richtung der Magnetnadel und behält diese Eigenschaft bei, Eisen wird unter dem Einfluss des elektrischen Stromes zum Magneten; anderer Seits wird durch einen magnetischen Strom Elektrizität hervorgerufen. Man nennt diese Erscheinungen elektromagnetische Erscheinungen und die Wechselwirkungen der elektrischen und magnetischen Strömungen, welcher sie entspringen, mit dem Gesammtnamen Elektromagnetismus.

Telegraph. Die Verwendung des Elektromagnetismus ist in mannigfacher Weise versucht worden, aber bis jetzt nur in einer Richtung von wirklich erheblichem und grossartigem Erfolge begleitet worden. Diese Richtung ist die Verwendung elektromagnetischer Wirkungen zum Behufe des Telegraphirens.

Ein Stück mit isolirtem Kupferdrahte umwundenes Eisen, das mit dem Leitungsdrahte einer galvanischen Kette in Verbindung steht, wird magnetisch, so lange diese Verbindung dauert, es hört augenblicklich auf, magnetisch zu sein, so bald diese Verbindung aufgehoben wird. Durch die abwechselnde Schliessung und Aufhebung dieser Verbindung ist man daher im Stande, einen Elektromagneten zu schaffen und ihn zu vermögen, dass er ein, in seiner Nähe befindliches Stück Eisen anzieht und abstösst, je nachdem er mit dem elektrischen Strome in Verbindung ist oder nicht. Dadurch, dass man es in der Gewalt hat, die Abstossung und Anziehung des Eisenstückes durch den Elektromagneten zu bewirken, ist man Herr über eine davon abhängende Bewegung. Diese Bewegung hat man durch die entsprechenden mechanischen Vorrichtungen auf einen Zeiger übertragen, der sich auf einer Scheibe, auf der die Buchstaben unsereres Alphabetes verzeichnet sind, in bestimmten Absätzen bewegt. Dieser Absätze sind so viele, als unser Alphabet Buchstaben besitzt. Die Absätze und die Buchstaben stehen in Uebereinstimmung. Jede Bewegung des Zeigers um einen Absatz führt den Zeiger auf den folgenden Buchstaben. Steht der Zeiger auf A, und bewegt sich 14 Absätze weiter, so steht er auf P, bewegt er sich um 23 Absätze weiter, so steht er auf O, um 5 Absätze und steht er auf T, weitere 13 Bewegungen führen ihn auf H, 21 neue Bewegungen auf E, fünf Bewegungen auf K, 19 Bewegungen auf E und damit würde das Wort Apotheke telegraphirt worden sein.

Die Schnelligkeit des elektrischen Stromes macht dabei theoretisch alle Entfernungen verschwinden. Reicht von dem Orte, wo sich die Volta'sche Batterie aufgestellt findet, der telegraphirende Draht zu einem auf dem entgegengesetzten Ende der Erde befindlichen Punkte, so würde die Nachricht dorthin, wenn dabei nur die absolute Geschwindigkeit des elektrischen Stromes in Rechnung käme, in einem verschwindenden Zeittheilchen gelangen. Befände sich die Batterie auf der Erde und der leitende Draht reichte zur Sonne, so würde unter derselben Bedingung die Nachricht dorthin in noch nicht 5 Minuten gelangen.

Der Zeigertelegraph, wie er in Deutschland noch auf einzelnen Bahnen im Gebrauch ist, besteht aus einem hufeisenförmigen Elektromagneten. Mit

diesem ist ein eiserner Anker, der um einen Punkt beweglich ist, in Verbindung. Der Anker wird durch eine elastische Feder von dem Elektromagneten in geringer Entfernung gehalten. Ist die Kette geschlossen, so wird der Anker von dem Elektromagneten stärker angezogen, als die Spannkraft der Feder ist. Wird die Kette geöffnet, hört das Eisen also auf, magnetisch zu sein, so erhält die Federkraft der Feder das Uebergewicht und zieht den Anker wieder von dem Eisen zurück. Ferner ist vorhanden ein Stab. Der Stab hat die Bestimmung die Kette zu öffnen, wenn der Anker angezogen und sie zu schliessen, wenn der Anker durch die Feder abgegezogen wird. Sodann greift der Stab in die Zähne eines Rades, welches so viel Speichen hat, als unser Alphabet Buchstaben, und das er bei seiner Bewegung umdreht Endlich ist noch erforderlich der Zeigerapparat. An der verlängerten Axe des Rades ist ein Weiser befestigt, der sich auf einer Scheibe bewegt, auf welcher sich die Buchstaben des Alphabetes verzeichnet finden.

Durch die Schliessung der Kette wird das Eisen magnetisch, zieht den Anker an und bewegt den Stab so, dass die Kette geöffnet wird. Ist die Kette geöffnet, so hört das Eisen auf, magnetisch zu sein, der Anker wird durch die Feder zurückgezogen. Durch das Zurückziehen kommt aber zugleich der Stab in die Lage, dass er die Kette schliesst. Durch die geschehene Schliessung wird das Eisen wieder magnetisch, wieder zieht es den Anker an, wieder bewegt sich der Stab, wieder wird die Kette geöffnet. Die Oeffnung der Kette giebt wieder der Spannkraft der Feder die Oberhand. Die Feder zieht den Anker wieder zurück, dadurch bewegt sich der Stab und schliesst die Kette wieder.

Durch das wechselnde Schliessen und Oeffnen der Kette wird also abwechselnd das Eisen zum Elektromagneten und hört auf, Elektromagnet zu sein. Gleichlaufend damit wird der Anker angezogen und dann wieder abgezogen. Durch die dadurch entstehende Bewegung wird der Stab gleichfalls bewegt. Jede Bewegung des Stabes bewegt das Rad um eine Speiche weiter. Jede Bewegung des Rades um eine Speiche weiter rückt den Weiser um einen Buchstaben weiter.

Ein derartiger Apparat ist auf jeder Station aufgestellt und das abwechselnde Anziehen und Abstossen findet auf der nächsten Station eben so statt, wie auf der ersten. Das Eisen auf der nächsten Station wird durch den Leitungsdraht und zwar in derselben Reihenfolge magnetisch, denn es wird die Kette in derselben Folge geschlossen und geöffnet. Dadurch macht der Stab auf der zweiten Station genau die Bewegungen, wie auf der ersten, das Rad der zweiten Station genau dieselben Umdrehungen des Rades auf der ersten Station, also weist auch der Weiser der zweiten Station genau auf die Buchstaben, auf welche der Weiser der ersten Station weist. Die Batterie hat man sich aufgestellt auf der ersten Station zu denken. Von jeder Batterie gehen zum Behufe der Rückleitung Drähte und Metallplatten in den feuchten Erdboden.

Die leitende Verbindung wird durch einen Draht vermittelt, der durch die Luft von Station zu Station reicht und so eingerichtet ist, dass man von Endpunkt zu Endpunkt der Telegraphenlinie, von dem Endpunkt der Telegraphenlinie zu jeder Station und von jeder Station zur nächsten Station telegraphiren kann.

D r u c k t e l e g r a p h von Morse. Der Unterschied zwischen dem Zeigertelegraphen und dem Drucktelegraphen liegt darin, dass bei dem Morse'schen Drucktelegraphen durch die abwechselnde Bewegung des Ankers, der in einem Messinghebel steckt an dessen Ende ein Stahlstift

angebracht ist, dieser Stahlstift abwechselnd gegen einen Papierstreif gedrückt wird. Dieses Papier geht über eine Rinne und wird durch ein Räderwerk, welches durch ein Gewicht getrieben wird, gleichmässig rasch über die Rinne bewegt. Wird nun für einen Augenblick die Kette geschlossen, so hat dies einen Eindruck des Stiftes auf das Papier zur Folge, es entsteht ein Punkt. Dauert die Schliessung der Kette ein wenig länger, so wird der Stift längere Zeit auf das Papier gedrückt. Da das Papier sich bewegt, so entsteht dadurch ein Strich. Aus Punkten und Strichen hat man nun das für den Morse'schen Drucktelegraphen benützte Alphabet zusammengesetzt.

· —	bedeutet	A	· — · · ·	bedeutet	O
— · · ·	„	B	· · · · ·	„	P
— · — ·	„	C	— — · —	„	Q
— · ·	„	D	· — ·	„	R
·	„	E	· · ·	„	S
· — · ·	„	F	—	„	T
— — ·	„	G	· · —	„	U
· · · ·	„	H	· · · —	„	V
· ·	„	I	· — —	„	W
— · —	„	K	· · — · · ·	„	X
· — · ·	„	L	— — · · ·	„	Y
— —	„	M	· — — · ·	„	Z
— ·	„	N			

Auch für die Interpunktionen hat man ähnliche Zusammenstellungen.

Geöffnet und geschlossen wird der Apparat durch einen Hebel mit Handgriff, den sogenannten Schlüssel, wodurch willkürlich die Verbindung hergestellt und unterbrochen werden kann. Sind die Schlüssel auf sämmtlichen Stationen in Ruhe, so kann keine elektromagnetische Wirkung erfolgen, da die Verbindung nicht hergestellt ist. Durch das Niederdrücken des Schlüssels erreicht der zweite Hebelarm desselben durch einen an demselben befindlichen metallenen Bügel einen Messingkegel, die Leitung ist hergestellt und die Wirkung offenbart sich auf der folgenden Station.

Soll telegraphirt werden, so drückt der Telegraphist der Station, von der aus die Nachricht abgehen soll, wiederholt auf den Schlüssel. Dadurch wird eine wiederholte Schliessung und Unterbrechung des Stromes auf der andern Station erzeugt. Diese wiederholte Schliessung und Unterbrechung hat ein wiederholtes An- und Abziehen des Ankers zur Folge, wodurch ein Geräusch erzeugt wird. Das Geräusch ist das Zeichen, dass eine telegraphische Nachricht vorbereitet wird. Von der Station, wo das Geräusch vernommen wird, antwortet nun der Telegraphist nach der Station, von der das Geräusch erzeugt worden ist auf ähnliche Weise, um anzudeuten, dass er das Geräusch gehört und zur Empfangnahme der Nachricht bereit und der Apparat im Gange ist. Nun erfolgt von der ersten Station die nach Maassgabe der zu befördernden Nachricht nöthige systematische Erzeugung von Punkten und Strichen durch die entsprechende Schliessung und Oeffnung des Apparates. Ist der Inhalt der Depesche gegeben, so folgt ein Zeichen dafür, dass sie beendigt ist. Dies Zeichen besteht in einer bestimmten Reihe von Punkten. Ist dies Zeichen gegeben, so telegraphirt die zweite Station, dass der Inhalt verstanden worden ist und dann werden durch den Schlüssel die Apparate wieder ausser Verbindung gesetzt.

Die Verbindung zwischen den Stationen geschieht durch einfache Kupferdrähte, die in gewissen Zwischenräumen auf Stangen in isolirter Lage befestigt sind. Die Leitungsdrähte für die telegraphischen Linien, welche die Verbindung der durch Meere getrennten Länder herstellen sollen und also auf den Boden des Meeres versenkt werden müssen, bestehen aus mächtigen Metalltauen. Diese werden gebildet zuerst von in einander gewundenen, durch Guttapercha isolirten 5 bis 7 Kupferdrähten. Ueber diesem Kupfertau, dem eigentlichen Leitungsdrahte, liegt eine Lage von Manilahanf, über der Manilahanflage eine aus starkem Eisendraht dicht geflochtene Decke und diese Decke ist nochmals mit einem Pflanzenfaserstoff, der mit Steinkohlentheer und Cautschouck getränkt ist, geschützt. So war das Tau hergerichtet, das bestimmt war, einen der grossartigsten Gedanken des 19. Jahrhunderts, die telegraphische Verbindung Amerika's mit Europa zu verwirklichen.

Es ist bekannt, dass der Erfolg weit hinter den gehegten Erwartungen zurückgeblieben ist.