



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Handbuch der Physik zur Selbstbelehrung für jedermann

Spiller, Philipp

Berlin, 1865

Zweite Abtheilung. Von den physikalischen Kräften insbesondere.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-75469](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-75469)

Zweite Abtheilung.

Von den physikalischen Kräften insbesondere.

Physikalische Kräfte sind solche, welche nur die Zustände der Körper, nicht aber ihr Wesen und ihre innerste Natur zu verändern im Stande sind. Die letzteren gehören in die Chemie und beziehen sich nur auf die Atome der Körper, die ersteren lassen uns die Einflüsse der Atomgruppen oder Molekel und der Gruppen von Molekeln oder der Körper erkennen. Die Untersuchungen der neueren Zeit haben aber die früher so schroffe Scheidewand zwischen Chemie und Physik mehr und mehr beseitigt, so daß es gegenwärtig nicht mehr möglich ist, gewisse Zweige der Physik genauer kennen zu lernen, ohne wenigstens einigermaßen in das Gebiet der Chemie überzugreifen, wovon wir hier freilich einen möglichst sparsamen Gebrauch machen wollen, theils weil es Werke gibt, die in leicht faßlicher Darstellung die Hauptlehren der Chemie entwickeln, theils weil wir uns nicht allzuweit vom Zwecke dieses Werkes entfernen dürfen.

Wir können bei den physikalischen Kräften uns auf zwei beschränken, die in manchen Beziehungen sich sogar auf einander zurückführen lassen, nämlich auf das Beharrungsvermögen und die allgemeine Stoffanziehung.

Erster Abschnitt.

Das Beharrungs-Vermögen.

Ruhe und Bewegung.

Der Stoff kann aus sich selbst an sich weder Bewegung erzeugen, noch sie vernichten und wir können als durchgreifenden Grundsatz sofort an die Spitze setzen: jeder Körper als Ganzes will in dem Zustande, in welchen er sich gerade befindet, in alle Ewigkeit bleiben; d. h. ein ruhender Körper will in Ruhe bleiben, ein bewegter aber in Bewegung mit derselben stets sich gleichbleibenden Kraft. Jeder

Körper widerstrebt der Veränderung seines Zustandes, und es ist eine gewisse Kraft nothwendig, um ihn in den neuen Zustand zu versetzen; also besitzt er selbst, er mag in Ruhe oder in Bewegung sein, eine Kraft, die der äußerlich auf ihn angewendeten entgegenwirkt.

Es gibt keine Erscheinung, welche diesen Betrachtungen widerspräche und wenn die Bewegungen irdischer Körper, welche ihnen durch eine momentan wirkende Kraft ertheilt worden ist, allmählig aufhören, so läßt sich dies stets aus dem Entgegenwirken einer neuen Kraft erklären, wie z. B. wenn eine auf ebenem Boden hingeworfene Kugel allmählig zur Ruhe kommt. Wir wollen nun beide Fälle des obigen Gesetzes einzeln an einer Reihe von Beispielen betrachten.

Liegt ein Gegenstand ruhig an einem Orte, so muß man eine Kraft anwenden, die seinem Widerstreben gegen die Bewegung entgegen wirkt, und er kann nur allmählig zu der Geschwindigkeit gebracht werden, deren die angewendete Kraft fähig ist. Ein Pferd z. B. gibt dem Wagen nicht sofort die seiner Kraft entsprechende Bewegung, sondern erst nach und nach. — Wenn bei einem langen Eisenbahnzuge die Lokomotive mit den vorderen Wagen plötzlich zu kräftig anzieht, so reißen sich die letzten noch stehenden oder viel langsamer fahrenden Wagen trotz der stärksten Verbindungsketten ab, weil sie in ihrem alten Zustande mit einer um so größeren Kraft verharren, je gewichtiger sie sind. — Das Räderwerk einer Maschine, z. B. einer Wind-, Wasser- oder Dampf- mühle geräth nicht sofort in die der Triebkraft entsprechende Bewegung, sondern erst allmählig. — Diese Verspätung in der Mittheilung der Bewegung ist es auch, weshalb eine Kugel, welche man durch eine Glasscheibe geschossen hat, nur ein so großes Loch gemacht hat, daß sie durchfliegen konnte, ohne die Umgebung des Glases zu zertrümmern, wie es unfehlbar bei einem langsamen Schlage mit der Kugel geschehen würde. — Liegt auf dem Halse einer Flasche ein glattes Kartenblatt, auf ihm lothrecht über der Mündung des Halses ein kleines Geldstück, so kann man durch einen horizontal und schnell ausgeführten Schlag das Kartenblatt wegschnellen und das Geldstück fällt in die Flasche. — Wenn die Maurer mit dem Hammer auf die Ziegelsteine, die sie in der einen Hand halten, so kräftige Schläge ausüben, daß dadurch die Steine getheilt und bearbeitet werden, so fühlen sie nur eine geringe Erschütterung. Es ist also auch nichts so sehr Erstaunliches, wenn Leute auf einem Ambos, den sie liegend auf der Brust tragen, stark hämmern lassen; wenn nur die Schläge in recht kurzer Zeit ausgeführt werden und der Hammer immer schnell zurück bewegt wird. — Ziehen Pferde einen ruhenden Wagen plötzlich an, so fährt der Darinsitzende nach rückwärts, weil er an dem Orte bleiben will, an welchem er war. — Ist ein oben offenes Gefäß mit Flüssigkeit erfüllt, so fließt sie über, wenn man das Gefäß schnell seitwärts zieht. — Hängt an einer Feder ein Tropfen Dinte, so fällt er ab, wenn man die Feder rasch aufwärts bewegt. —

Wenn man Bäume mit reifem Obste schüttelt, so fällt es ab, weil es der Bewegung der Aeste nicht oder zu langsam folgt und sich von ihnen abreißt. — Der von einem Geschosse auf einem Baume getödtete Vogel wird nicht mit fortgerissen, sondern fällt lothrecht zur Erde. — Felsen werden gesprengt, wenn in das Bohrloch, in welchem ganz unten der explodirende Körper (das Pulver) sich befindet, Sand, wenn auch ziemlich lose, gethan wird; weil die Ausdehnung des sich entwickelnden Gases schneller erfolgt, als daß sich die Bewegung der untersten Sandtheile den nach oben folgenden mittheilen könnte. — Man darf daher bei Schießgewehren vor dem Loschießen in den Lauf Sand oder Schnee nicht gelangen lassen. — Sind glatte Scheibchen (auch Kartenblätter) aufeinander geschichtet, so kann man durch einen schnellen und geschickten Schlag mittelst eines glatten schmalen Gegenstandes eines aus der Mitte heraus schlagen, ohne daß die anderen auseinander fallen.

Aus allen diesen Betrachtungen ergibt sich, daß ein ruhender Körper durch eine auf ihn einwirkende Kraft nicht sofort und augenblicklich die der Kraft entsprechende Bewegung annimmt, sondern daß es dazu einer, wenn auch nur kurzen Zeit bedarf. So wie bei einem einzelnen bestimmten Körper die Bewegung sich von Theilchen zu Theilchen mittheilt, so ist es auch bei einander berührenden, wobei die vermehrte Menge der Berührungspunkte, also die vermehrte Reibung auch die Mittheilung der Bewegung befördert. Wir würden, indem wir auf einem Schiffe stehen, beim Abfahren desselben nicht mitfahren, wenn die Bewegung uns durch die Reibung an unseren Fußsohlen nicht mitgetheilt würde. Nach geschעהer Mittheilung haben die Körper, wenn sie auch nicht ein ungetrenntes Ganzes bilden, doch dieselbe Geschwindigkeit. Dies ist u. a. besonders wichtig bei den Schrapnelgeschossen, denn die im Hauptgeschosse eingeschlossenen Flintenkugeln haben die Geschwindigkeit des ersteren und bekommen dazu noch die bei der Explosion ihnen besonders ertheilte, so daß die Wirkung sehr zerstörend sein kann.

Eben so ist es mit dem anderen Falle des Beharrungsgesetzes. Stößt ein fahrender Kahn, in welchem man steht, plötzlich ans Ufer oder einen anderen Gegenstand, so fährt man selbst noch vorwärts, weil man die frühere Bewegung beibehalten will. — Eben so ist es, wenn ein Eisenbahnzug beim Fahren plötzlich auf ein festes Hinderniß stößt. Je größer die Geschwindigkeit des Zuges ist, desto größer ist auch die Gefahr für die Darinsitzenden, weil die Kraft, mit welcher die Körper sich bewegen, ein Produkt aus ihrer Masse und Geschwindigkeit ist. Nicht nur die Menschen, sondern auch der Zug selbst ist dieser Gefahr ausgesetzt. — Hört bei einem in Bewegung begriffenen Zuge auf horizontaler Bahn die Wirksamkeit der Lokomotive plötzlich auf, so bleibt der Zug doch nicht stehen, sondern wird sich um so weiter vorwärts bewegen, je massiger er und je größer seine Geschwindigkeit ist. — Ein Pferd ist um so weniger im Stande, den von ihm gezogenen Wagen anzuhalten,

je größer die Geschwindigkeit und die Masse des Wagens war. — Das Räderwerk von Maschinen, z. B. einer Mahlmühle, bleibt nicht sofort stehen, wenn auch die bewegende Kraft zu wirken aufhört. — Ein Reiter fällt leicht ab, wenn das Pferd rasch einen Seitensprung macht oder stehen bleibt. — Bewegt man eine Feder, woran ein Tropfen Dinte hängt, schnell nach unten und hält in dieser Bewegung plötzlich inne, so fällt der Tropfen ab, weil er die angefangene Bewegung fortsetzen will. — Ist der Holm eines Hammers, einer Art oder eines ähnlichen Instrumentes lose geworden, so kann man ihn befestigen entweder durch umgekehrtes Aufstampfen auf einen harten Gegenstand, durch welchen seine, aber nicht des losen Eisenstückes Bewegung plötzlich gehemmt wird, oder dadurch, daß man auf ihn mit einem Hammer schlägt, während man ihn in der Luft hält, wobei das Eisenstück an seinem Orte bleiben will und der Holm somit tiefer in dasselbe eindringt. — Hat man eine angespannte Seite seitwärts gezogen und dann losgelassen, so bleibt sie auf dem Rückwege in ihrer ursprünglichen Ruhelage nicht stehen, sondern geht nach dem Beharrungsgesetze darüber hinaus. Ebenso ist es, wenn das Pendel einer Uhr die tiefste Stelle der Schwingung erreicht hat. — Ist ein Nagel mit seinem Kopfe an einen Hammer geklebt, so dringt er durch einen Schlag des Hammers tiefer ein, als sonst durch mehre gleich starke Schläge. — Um die Gefahr beim Herabspringen von einem schnell fahrenden Wagen möglichst zu vermindern, muß man seitwärts möglichst in der früheren Bewegungsrichtung springen und nicht auf dem Erdboden stehen zu bleiben suchen, sondern sofort möglichst rasch nach vorwärts laufen, um die alte Geschwindigkeit anfänglich noch beizubehalten, und nicht durch das vorwärts treibende Beharrungsvermögen umgerissen zu werden, was geschehen würde, wenn man mit den Füßen feststände. Ist man genöthigt hinten abzuspringen, so muß es wenigstens rückwärts geschehen, so daß man das Gesicht nach der Richtung hält, in welcher der Wagen sich bewegt, dem man noch etwas nachlaufen kann.

Lösen sich von einem bewegten Körper Theile ab, so behalten sie nach der Ablösung die Geschwindigkeit und Bewegungsrichtung des Punktes, von welchem sie sich abgelöst haben. Hat der Körper eine drehende Bewegung, wie wenn sich ein Rad um seine Aze bewegt; so geht der abgelöste Theil in der Berührungslinie des betreffenden Punktes der Kreisbahn fort, wie es u. a. geschieht, wenn Schmutz von Rädern abspritzt.

Aber wenn auch das Ablösen von Theilen gehindert ist, so liegt doch in jedem Theilchen das Bestreben immerfort in der Richtung der Tangente sich weiter zu bewegen, sich also von der Drehungsaxe zu entfernen und von ihr zu fliehen. Die Kraft, mit welcher dieses geschieht, heißt die Fliehkraft und sie ist im graden Verhältnisse abhängig von der Geschwindigkeit und der Masse des Theiles. Ist das Produkt aus Masse und Geschwindigkeit groß, so ist auch das Bestreben zu fliehen

und somit auch die Bewegung gleichmäßig zu erhalten dem entsprechend groß. Will man daher bei Maschinen, deren einzelne Theile eine ungleichmäßige Bewegung zu veranlassen geeignet sind, eine recht gleichmäßige und auch anhaltend wirksame erhalten; so bringt man sogenannte Schwungräder an, welche einen größeren Durchmesser und an ihrem Umfange, wo die größte Geschwindigkeit bei der Drehung stattfindet, eine größere Masse besitzen.

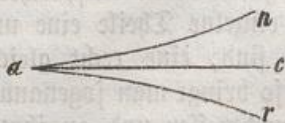
Einen wichtigen und interessanten Fall des Beharrungsgesetzes bietet ein Versuch dar, welchen man in sehr tiefen Schächten von Bergwerken angestellt hat. Zuerst läßt man von einem sehr genau bestimmten Punkte der Erdoberfläche ein kegelförmiges Loth mit einer feinen Spitze in den Schacht hinab und bemerkt sich genau den Punkt, in welchem es bei absoluter Ruhe unten am Boden desselben eintrifft. Sodann läßt man genau von demselben oberen Punkte aus eine Metallkugel herabfallen und dann bemerkt man, daß sie mit ihrer Mitte nicht den bezeichneten unteren Punkt trifft, sondern einen von ihm aus nach Osten gelegenen. Aus dieser Beobachtung muß man schließen, daß die Erde eine Umdrehung von Westen nach Osten besitzt; denn die Kugel kann nur dann nach Osten abweichen, wenn sie von Punkten herabkommt, die eine größere Geschwindigkeit nach Osten haben, als die unteren, zu denen sie gelangt. In der That kommt den oberen Punkten eine größere Geschwindigkeit zu, als den unteren, weil jene weiter von der Drehungsaxe entfernt sind, als diese.

Elastizität.

Die Körper wollen nicht bloß als Ganzes ihren Zustand beibehalten, sondern auch ihre einzelnen Theile widerstreben einer Veränderung ihrer Lage und einem Entfernen von ihr. Wenn man einen graden Rohrstock mit den beiden Händen an den Enden fasset und ihn gewaltsam krümmt, so kommen die Körperteile an der inneren Seite der Krümmung einander näher, an der äußeren aber entfernen sie sich von einander. Dieser unnatürlichen Lage der Theile widerstrebt der Körper und sie kehren von selbst in die ursprüngliche zurück, wenn der Zwang aufgehört hat. Dasselbe geschieht, wenn man eine angespannte Saite nach der einen Seite gezogen und dann losgelassen hat.

Die Rückkehr der Theilchen und des ganzen Körpers in die alte Lage geschieht aber nicht bloß durch einen einfachen Rückweg, sondern durch eine Reihe von Schwingungen, deren Weite immer mehr kleiner wird. Es ist wegen späterer Betrachtungen sehr wichtig, den Vorgang etwas genauer zu untersuchen.

Es sei ac (Fig. 25) z. B. eine in a eingeklemmte Stricknadel, sie werde mit dem Finger in die Lage an gebracht und dann losgelassen; so geht sie, weil jedes Theilchen fortwährend in die alte Lage zurück



(Fig. 26.)

will, mit beschleunigter Geschwindigkeit in die ursprüngliche ac zurück, bleibt daselbst aber nicht stehen, sondern muß nach dem Beharrungsvermögen weiter fortgehen. Dies geschieht mit verzögerter Geschwindigkeit, wieder weil jedes Theilchen fortwährend in die alte Lage will, wobei aber jetzt die beiden Kräfte gegen einander wirken, während sie in dem ersten Theile der Bahn mit einander wirkten.

Nach dem Gesetze der Erhaltung der Kraft müßte jeder Punkt der Nadel ebenso weit diesseits der Gleichgewichts-Lage kommen, als er beim Loslassen jenseits war; aber der zweite Theil des Weges ist etwas kleiner, als der erste, theils wegen des äußeren Widerstandes der Luft, theils wegen der inneren Verschiebung und Reibung der Theilchen an einander.

Der Rückweg der Nadel aus der Lage ar nach ac geschieht wieder mit beschleunigter, von da nach a aber mit verzögerter Geschwindigkeit und einiger Verkürzung der Bahn.

Nun hat die Nadel, nachdem sie von a aus hin, und bis a wieder zurück sich bewegt hat, eine Schwingung oder einen Stoß vollendet.

Jede Schwingung besteht aus zwei Haupttheilen: Hinweg und Rückweg und aus vier einzelnen Theilen, von denen der erste und dritte mit beschleunigter, der zweite und vierte mit verzögerter Geschwindigkeit zurückgelegt wird. Es ist also die Bewegung nach der Gleichgewichtslage hin eine beschleunigte, die von ihr fort aber eine verzögerte.

Hängt man an einen Gummischlauch ein Gewicht, so wird dieses die Theilchen des Schlauches etwas auseinander ziehen, bis Gleichgewicht eingetreten ist. Zieht man nun das Gewicht noch etwas abwärts und läßt es los, so wird sich der Schlauch wieder verkürzen und das Gewicht anziehen, was ebenfalls mit Schwingungen verbunden ist.

Ist der Schlauch mit dem Gewichte wieder zur Ruhe gekommen und man dreht das Gewicht und zugleich den Schlauch um seine Ase und läßt los, so kehrt der Schlauch ebenfalls durch Schwingungen in seine frühere Lage zurück und der beim Drehen sich äußernde Widerstand steht in gleichem Verhältnisse mit dem Drehungswinkel. Wird ein Draht in gleicher Weise angebracht und um seine Ase gedreht, so kehrt er mit einer der gedrehten Kraft verhältnißmäßigen Geschwindigkeit durch eine Reihe von Schwingungen in seine alte Lage zurück.

Wenn Wasser in einem Metallzylinder einem nur unbedeutenden Drucke ausgesetzt wird, so verändert es sein Volumen nicht merklich; wenn aber der Druck bedeutend wird, so verkleinert sich der von ihm eingenommene Raum etwas; aber es nimmt, wenn die drückende Kraft aufhört, wieder seinen alten Raum ein, oder seine Theilchen treten wieder in ihre alte Lage zurück, in welcher sie bleiben wollen; das Wasser ist also, wie auch die anderen tropfbaren Flüssigkeiten, elastisch. Wenn

der Druck auf das Wasser 100mal größer ist, als der gewöhnliche Atmosphärendruck, oder wenn wir uns das Wasser im Meere in einer Tiefe von 3000 englischen Fuß denken, so wird es um 0,0047 seines ursprünglichen Raumes zusammengedrückt. Die Größe der Volumenverminderung des Wassers steht mit dem wirkenden Drucke in gleichem Verhältnisse und daher vermindert das Gewicht einer Atmosphäre den Raum des Wassers um 0,000047 oder fast um $\frac{1}{20000}$.

Diese Eigenschaft des Wassers ist in der Technik von ungeheurem Nutzen namentlich bei den hydraulischen Pressen, den wirksamsten aller Maschinen und wenn auch hier durch den ungeheuren Druck des Wassers die Metallzylinder Risse bekommen, so ist dies mit keinen Explosionen verbunden, weil das Wasser, ohne sich merklich auszudehnen, ruhig herausströmt und die Gefäßtheile nicht fortschleudert.

Ist eine thierische Blase, welche mit Luft erfüllt ist, gut verschlossen und drückt man sie irgendwie ein; so nimmt die Luft in der Blase wieder den alten Raum ein, wenn die drückende Kraft aufhört. Die Luft widerstrebt ebenso, wie das Wasser, der Verminderung des Volumens und sie sucht sich wieder auszudehnen und wieder den alten Raum einzunehmen, wenn die zwingende Kraft zu wirken aufhört, wie auch der Rohrstab seine alte Gestalt herstellte.

Außer diesen und anderen Körpern, welche der Veränderung ihrer Form und ihres Volumens nicht nur widerstreben, sondern beide von selbst wieder herstellen, weil ihre Theile in der ursprünglichen Lage und Entfernung verharren wollen, gibt es noch andere, welche entweder diese Formveränderungen erdulden, wie z. B. ein Körper aus weichem Thone, oder sich bleibend zertheilen wie ein Körper aus gebranntem Thone, ohne daß eine weitere Veränderung der Lage ihrer Theile einträte. Die ersteren Körper heißen elastische, die letzteren unelastische und die Ursache für die Erscheinung an jenen die Elastizität oder Spannkraft.

Wir können also sagen, daß ein Körper elastisch ist, wenn durch Pressen oder Ausdehnen, durch Biegen oder Drehen, durch Stoßen oder überhaupt durch eine die Form des Ganzen verändernde Kraft, die einzelnen von einander nicht getrennten Theile desselben gewaltsam aus ihrer natürlichen Lage gebracht worden sind, und wenn sie nach dem Aufhören dieser äußeren Einwirkung von selbst durch eine Reihe von Schwingungen in ihre ursprüngliche Lage zurückkehren, so daß der Körper seine ursprüngliche Form und sein Volumen wieder erlangt.

Man kann der rückwirkenden Kraft der Elastizität noch verschiedene Benennungen geben, jenachdem die Formveränderung bewirkt worden ist: hat man einen Körper gedrückt, so heißt sie expansive (ausdehnende) Elastizität; hat man ihn ausgedehnt, attraktive (anziehende); hat man ihn gedreht, Torsionselastizität (Drehungselastizität).

Wäre ein Körper vollkommen elastisch, so würde keine noch so

bedeutende Kraft im Stande sein die Lage seiner Theile auf die Dauer zu verändern. Bei den meisten Körpern aber gibt es eine bestimmte Gränze, die Elastizitätsgränze, bis zu welcher sie zwar vollkommen elastisch sind, wie Drähte und Stäbe von Metall, welche man durch Spannung ohne Aenderung ihrer Elastizität verlängert; über welche hinaus aber die geringste Vermehrung der angewendeten Kraft den Zusammenhang der Theilchen stört; es findet ein Zerdriicken, Zerreißen, Zerbrechen, Zerdrehen, ein Zerstoßen statt. Es kommt hierbei durchaus nicht auf den sonstigen Grad der Festigkeit an; denn obwohl z. B. die absolute Festigkeit eines Eisendrahtes nur 1,7mal größer ist, als die eines Drahtes von Messing mit gleichen Abmessungen; so leistet doch der Eisendraht einen 3,3mal größeren Drehungswiderstand, oder hat eine 3mal größere Torsionsfestigkeit, als der Messingdraht. Wird die Drehung zu weit fortgesetzt, so werden die Theilchen auch im Innern auseinander gerissen.

Wenn Drähte von verschiedenen Metallen bei ihrer Anfertigung auch durch dieselbe Oeffnung gezogen worden sind, so haben sie doch nicht einerlei Dicke, sondern werden zufolge des Grades ihrer Elastizität noch wochenlang nach dem Ziehen in verschiedenem Maße dicker.

Einen höheren Grad von Elastizität besitzen Darmseiten, Sehnen von Thieren, Haare, zusammengedrehte Pflanzenfasern, Stahlstreifen, Stahlstäbe, Glasfäden, Holzstäbe (wie sie zu Armbrüsten, von den Wilden zu Bogen, in früheren Zeiten zu Ballisten und Katapulten gebraucht wurden); Scheiben von Metall, Glas, Holz, Leder (wie bei den Trommeln und Pauken); die Nägel der Hände und Zehen, die Federn der Vögel, Fischbein, Horn, Knochen, Zähne, besonders die das Elfenbein benannten Stoßzähne des Elephanten, Kautschuk und Guttapercha, Marmor, Gußeisen, gehämmertes Messing, die verschiedenen Lustarten, die Dämpfe u. s. w.

Recht auffallend zeigt sich die Wirkung der Elastizität, wenn man eine trockene Elfenbeinkugel auf eine mit Lampenruß geschwärzte Platte von polirtem Marmor oder Granit aus verschiedenen Höhen fallen läßt; denn je größer die Fallhöhe, also auch die Geschwindigkeit und Kraft ist, mit welcher die Kugel an der Platte ankommt, desto größer zeigt sich an der Kugel, die man nach einmaligem Aufspringen aufgefangen hat, der schwarze Fleck, welcher nur dadurch möglich wird, daß die Kugel beim Zusammentreffen mit der ebenen Platte einen Augenblick sich abplattet und desto größer ist dann die rückwirkende Kraft der Elastizität, mit welcher der Körper seine früher: Kugelgestalt herstellt, so daß er, wenn die Platte fest und unbeweglich gedacht wird, bei der größeren Fallhöhe auch weiter zurückspringt. — Läßt man dagegen eine Bleikugel oder eine Kugel aus gebranntem Thone auffallen, so springen sie nicht in die Höhe, sondern bleiben liegen; sind also nicht oder kaum merklich elastisch.

Wir benutzen die Elastizität theils zu unserer Bequemlichkeit, theils als bewegende, theils als messende Kraft.

Wenn ein Personenwagen entweder in elastischen Metallfedern hängt oder auf solchen ruht, so werden die durch die Unebenheiten des Bodens beim Fahren erzeugten Stöße gemäßigt, weil die kurze Einwirkung des Stoßes auf eine längere Zeit vertheilt wird, indem die Feder einen längeren Weg zurücklegt, als das Rad beim Stoße. — Polsterstühle, Sophas, Matratzen werden mit spiralförmigen Federn versehen, theils um die durch den Gebrauch gemachten Eindrücke sofort zu beseitigen, theils um die Sitze und Lagerstätten trotz der Anwendung von weniger elastischen Körpern beim Polstern, weicher und nachgibiger zu erhalten. Vollständiger wird natürlich der Zweck erreicht, wenn man zum Polstern selbst sich möglichst elastischer Körper, wie der Bögelfedern, der Wolle, Kopshaare bedient.

Als bewegende und regulirende Kraft dient die Elastizität bei den Uhren, bei den Federn zum Zumachen der Hausthüren, an den Klappen verschiedener Blasinstrumente, bei den Schlössern an den Gewehren und Thüren, zu Bolzenbüchsen u. s. w.

Zum Messen von Kräften beim Kraftmesser oder Dynamometer sowohl für Menschen, als auch für Thiere (z. B. beim Ziehen und Pflügen), bei der Federwage zum Abwägen von Lasten, bei der coulombschen Drehwage für die Elektrizität u. s. w.

Die Expansivkraft der atmosphärischen Luft wird für Maschinen als bewegende Kraft für feste und tropfbare Körper benutzt. Die späteren Betrachtungen werden uns noch vielseitige Anwendungen der in der Elastizität liegenden Kraft kennen lehren.

Man hat die Körper in Beziehung auf die Elastizität, welche sie nach verschiedenen Richtungen zeigen, untersucht, um für das praktische Leben daraus Resultate zu ziehen. Hierbei kann die Elastizität beim Zerdrücken mit der beim Zerreißen als gleich betrachtet werden, weil sie beide in derselben Richtung gegen den inneren Widerstand der Elastizität wirken.

1) Bei der Elastizität des Zuges zeigt sich sofort, daß kein Körper vollkommen elastisch ist, weil die geringste Belastung schon eine, wenn auch bisweilen höchst unbedeutende bleibende Veränderung der Gestalt bewirkt. Man nimmt als untere Gränze an, daß die im Inneren wirkende elastische Kraft des Körpers beginnt, wenn er sich einer bleibenden Verlängerung widersetzt, die mehr als den 20000sten Theil seiner Länge beträgt. In Betreff der obersten Elastizitätsgränze muß festgesetzt werden, auf den wievielften Theil ihrer Länge die Körper sich höchstens ausdehnen lassen, um nach dem Aufhören der Belastung ihre frühere Länge wieder anzunehmen.

Zur Anstellung vergleichender Versuche fertigt man aus den verschiedenen Körpern dünne Prismen oder Zylinder von gleichen Abmessungen, belastet sie mit gleichen Gewichten und untersucht, um den wievielften Theil der Länge sie dadurch ausgedehnt werden; die Zahl,

welche dieses angibt, heißt der Elastizitätskoeffizient. Je größer die innere Kraft des Körpers, desto kleiner ist der Koeffizient, so daß dieser nur ein indirektes Maß von jener ist.

Statt dessen kann man untersuchen, welche Belastung erforderlich ist, um die verschiedenen Körper um gleich viel auszudehnen. Die Zahl, welche die Menge der für einen Körper nothwendige Menge der Gewichtseinheiten angibt, heißt der Elastizitätsmodulus. Welche Verlängerung verlangt wird, ist gleichgiltig und die Belastung braucht nicht für jeden einzelnen Körper bis zu der angenommenen Verlängerung getrieben zu werden, indem man für unsere Gränzen festhält, daß die Verlängerungen in gleichem Verhältnisse mit den Belastungen wachsen, wodurch aus der zu einer kleineren Verlängerung gehörigen Belastung die zu der Normalverlängerung nothwendige leicht berechnet werden kann.

Man findet den Modulus aus dem Koeffizienten, wenn man diesen in 1 dividirt. Ist dieser z. B. 0,0005, so ist jener 2000. In der folgenden Tabelle geben die Zahlen an, wie viele Kilogramme nothwendig sind, um einen Zylinder von 1 Quadratmillimeter Querschnitt auf die doppelte Länge auszudehnen.

Metalle.		Hölzer.		Verschiedene Körper.	
Blei	1803	Pappel	517	Kautschuk	0,17
Silber	7357	Fichte	564	Gyps	630
Gold	8131	Eiche	921	Eis	541
Zink	8734	Buche	980	Fischbein	603
Palladium	11795	Birke	997	Sandstein	631
Kupfer	12449	Ahorn	1021	Konkoseide	861
Platin	17044	Erle	1108	Knochen	1635
Stahldraht	18809	Tanne	1113	Kalkstein	1887
Gußstahl	19549	Esche	1121	Marmor	2609
Eisen	20869	Ulme	1165	Krythallglas	5477
		Akazie	1261	Spiegelglas	7015
				Fensterglas	7917
				Schiefer	11034

Bei den Hölzern bezieht sich der Modulus auf die Elastizität, welche sie nach der Längenrichtung der Fasern oder Jahrgänge zeigen; der für die Querrichtung ist oft bedeutend kleiner; z. B. für Ahorn beträgt er 157, für Tanne nur 94,5, also noch nicht die Hälfte von jenen.

2) Die elastische Biegung ist bei einem bestimmten Körper sehr verschieden nach den Stellen, in denen er befestigt und in denen er belastet ist und hängt ferner von dem Verhältnisse der Länge, Breite und Höhe eines Körpers von bestimmtem Gewichte ab.

Ist ein Prisma an dem einen Ende festgeklemmt und an dem anderen noch nicht bis zur Elastizitätsgränze belastet, so steht die Senkung in gradem Verhältnisse mit dem Kubus der Länge, dagegen im

umgekehrten mit dem Kubus der Höhe und dem Quadrate der Breite. Ist also ein Prisma 2, 3, 4mal so lang, als ein anderes mit demselben Querschnitte, so ist bei derselben Belastung die Biegung 2^3 , 3^3 , 4^3 oder 8, 27, 64mal so stark; ist er aber bei derselben Länge und Breite 2, 3, 4mal so hoch, so ist die Biegung 2^3 , 3^3 , 4^3 oder 8, 27, 64mal so gering; ist er bei derselben Länge und Höhe 2, 3, 4mal so breit, so ist die Biegung 2^2 , 3^2 , 4^2 oder 4, 9, 16mal so gering.

In Betreff des inneren Widerstandes gegen die Biegung eines bestimmten Körpers sind die Verhältniszahlen 64, 16, 1, jenachdem der Körper nur an dem einen Ende befestigt, an den beiden Enden unterstützt oder an den beiden Enden befestigt ist.

3) Die elastische Drehung steht innerhalb der Elastizitätsgränze bei einem gewissen Zylinder in gradem Verhältnisse der angewendeten Kraft. Mit zunehmender Dicke aber nimmt die im Innern rückwirkende Torsionskraft sehr bedeutend zu, denn sie wächst wie die vierten Potenzen, der Durchmesser ist also bei einem 2, 3, 4mal größeren Durchmesser 2^4 , 3^4 , 4^4 oder 16, 81, 256mal größer, als beim einfachen Durchmesser; daher die Größe der Bewegung bei Anwendung derselben Kraft auch in diesen Verhältnissen abnimmt. — In Betreff der Länge wächst die Erleichterung der Drehung im umgekehrten Verhältnisse mit ihr; also wird eine bestimmte Kraft bei doppelter Länge auch eine doppelte Drehung bewirken.

Die Undurchdringlichkeit.

Das Beharrungsvermögen bezieht sich ferner noch auf das Recht des Stoffes, den eingenommenen Raum gegen das Eindringen eines anderen Stoffes in denselben zu vertheidigen und nicht zu dulden, daß der andere Stoff denselben Raum gleichzeitig einnehme.

Gießt man in einen engen Trichter, welcher sich an den Hals einer Flasche recht gut anschließt, eine Flüssigkeit, so kann dieselbe in einem Strahle nicht einfließen, weil es die in der Flasche befindliche Luft nicht duldet. Erst wenn einzelne Luftblasen die Flüssigkeit stoßweise durchdringen oder wenn man den Trichter durch Emporheben lüftet, so daß die Luft zwischen ihm und dem Flaschenhalse entweichen kann, geht ein entsprechender Theil in die Flasche. — Ist in einem nach Kubikzollen und dergleichen eingetheilten Glaszylinder Wasser bis zu einer gewissen Höhe und thut man in das Wasser einen unregelmäßig geformten Stein oder anderen Gegenstand, welchen das Wasser oder überhaupt die angewendete Flüssigkeit nicht verändert, so steigt das Wasser im Zylinder um das Volumen des hineingethanen Körpers, so daß man auf diese Weise ein höchst einfaches Mittel hat, das Volumen oder den Rauminhalt eines unregelmäßig gestalteten Körpers zu finden.

Wenn eine Taucherglocke auch tief in das Wasser hinabgelassen

wird, so verschwindet die Luft in ihr nicht oder das Wasser kann ihren Raum nicht vollständig einnehmen.

Wenn Wasser in einen feuchten Waschwamm eindringt, so verdrängt es nicht die Massentheile des Schwammes aus ihren Räumen, sondern dringt nur in die von ihm frei gelassenen Zwischenräume oder Poren, und so ist es in allen anderen Fällen, so daß wir allgemein die Behauptung aufstellen können: wo sich die Stofftheile eines Körpers befinden, können die eines anderen gleichzeitig nicht sein, oder der Stoff ist undurchdringlich.

Zweiter Abschnitt.

Die Stoffanziehung.

Allgemeine Erscheinungen.

Wir unterscheiden einfache Stoffe oder Elemente, welche durch kein bis jetzt bekanntes Mittel in andere Stoffe mit neuen Eigenschaften sich zerlegen oder auflösen lassen und zusammengesetzte Stoffe. Die Urstoffe bestehen aus Atomen, welche für verschiedene Stoffe eine verschiedene Gestalt besitzen; die Atome bilden Gruppen von ebenfalls verschiedenen Gestalten für die einzelnen Stoffe, welche Molekel genannt werden; die Molekel vereinen sich wieder zu Gruppen nach höherer Ordnung und geben die Körper. Ein einzelner Weltkörper wird gebildet durch zusammengehörige und ein Ganzes bildende Körpergruppen. Aber es gibt auch noch Weltkörpergruppen verschiedener Ordnungen. Unsere Sonne bildet mit einer ganzen Schaar von Planeten (bis jetzt 87 entdeckt), Nebenplaneten oder Monden (12) und Kometen ein unzertrennliches Ganzes, welches man ein Planetensystem nennen kann. Dieses zu unserer Sonne gehörige Planetensystem gehört aber mit der Sonne als Theil zu dem Systeme von Sonnen, welche wir als Fixsterne an der scheinbaren Himmelskugel erkennen und von denen etwa 7000 schon dem bloßen Auge sichtbar sind, deren Anzahl aber ungeheuer ist, da man zwischen denen der ersten und neunten Größe mehr als 70000 gezählt hat. Dieses Sonnensystem im eigentlichen Wortsinne steht nicht vereinzelt da, denn die in einem großen Gürtel an der Himmelskugel sich hinziehende sogenannte Milchstraße löst sich durch gute Fernröhre in Fixsterne auf, bildet also für sich einen Sonnenhaufen. Solcher Sonnenhaufen hat man aber im Weltraume schon gegen 2000 entdeckt, von denen sich viele trotz der besten Fernröhre nicht mehr in Sterne auflösen lassen, weil sie allzuentfernt sind. Wegen ihres nebelartigen Aussehens hat man sie Nebelflecken genannt, so daß wir Nebelfleckensysteme haben und so geht es wohl in's Unendliche fort, indem kleinere Gruppen von Nebelfleckensystemen sich zu immer größeren verbinden. Unsere beschränkten irdischen Vorstellungen

zerfallen in Nichts vor der Unendlichkeit des Weltalls, welches zu erforschen uns unmöglich ist. Wir können nur meinen, daß die von uns erforschten und an allen uns zugänglichen Erscheinungen in der Natur als durchgreifend herrschend erkannten Gesetze auch für das unendliche Weltall gelten.

In allen diesen Erscheinungen von dem unendlich Kleinen bis zu dem unendlich Großen, welche beide für unsere irdischen Vorstellungen unfassbar sind, waltet eine physikalische Kraft, welche sich in dem Bestreben des Materiellen zeigt, ein Ganzes mit möglichst kleiner Umgränzung, d. i. die Kugelgestalt, zu bilden. Wir erkennen dies an jeder kleinen Menge irgend einer Flüssigkeit, an jedem geschmolzenen festen Körper, ja an den großen frei im Weltraume schwebenden Tropfen, den kugelförmigen Weltkörpern.

Überall zeigen Stofftheilchen das Bestreben einander anzuziehen und festzuhalten. Haben sich z. B. aus frisch geschöpftem Wasser kleine Luftblasen gebildet, so hängen sie sich an die Seitenwand des Gefäßes oder an ein hineingehaltenes Stäbchen; bringt man eine derselben mit einer zweiten in Berührung, so verschmelzen sie sich in eine, wie es auch mit zwei einander berührenden Quecksilbertügelchen geschieht; berühren einander zwei Körper mit recht glatten Flächen, so suchen sie einander festzuhalten wie z. B. wenn man eine Spiegelglascheibe mit der Oberfläche von Wasser oder einer anderen Scheibe der Art in Berührung gebracht hat und von ihr entfernen will; legt man auf ruhiges Wasser zwei schwimmende Körper, z. B. zwei Zündhölzchen, in einiger Entfernung von einander, so sieht man sie mit wachsender Geschwindigkeit einander sich nähern, der leichtere rascher, als der andere und sie legen sich so an einander, daß die Berührung in möglichst vielen Stellen stattfindet.

Diese scheinbar so unscheinbare Kraftäußerung ist durch den ganzen Weltraum verbreitet und regiert mit der absolutesten Strenge, aber auch ohne alle Willkür, sondern nach absolut bestimmten Gesetzen die ganze Welt. Daß die verschiedenen Stoffe je nach ihren Atomgewichten und Urgealten darin ein verschiedenes Bestreben zeigen, ist vollkommen naturgemäß. Daher kommt es auch, daß es uns bisweilen scheint, als gäbe es Ausnahmen von Gesetzen, die sonst eine große Allgemeinheit haben. Wenn z. B. der Körper *b* zwischen *a* und *c* sich befindet und von *a* mehr angezogen wird, als von *c*; so wird er sich zu dem *a* hinbewegen und es wird scheinen, als ob er von *c* abgestoßen würde. Wenn man hierbei also von dem Vorhandensein der in *a* wirksamen Kraft absieht, wozu man leicht veranlaßt werden könnte, wenn *a* sich unserer sinnlichen Wahrnehmung entzöge; so scheinen die Körper *b* und *c* einander abzustößen, also gegen das obige Gesetz, daß alles Stoffliche einander anzieht, zu verstoßen. Solche scheinbare Ausnahmen sind viele vorhanden. Hält man z. B. ein reines Glasrohr, wie man zu Barometern nimmt, nach einander in reines Wasser und in Quecksilber,

so zieht sich das Wasser an den inneren Röhrenwänden in die Höhe und bildet eine ausgehöhlte (konkave) Fläche; das Quecksilber aber steht am Glase tiefer, als in der Mitte, als ob es vom Glase abgestoßen würde, und bildet eine erhabene (konvexe) Fläche und dennoch findet zwischen dem Quecksilber und dem Glase als Gesamtmassen nur Anziehung statt, wie es sich recht auffällig schon zeigt, wenn man eine Glastafel mit der Oberfläche von ruhendem Quecksilber in Berührung bringt und dann die Glastafel vom Quecksilber trennen will. — Ein Wasser- und ein Deltropfen haben durchaus keine Neigung sich als Ganzes zu zeigen und einen neuen einzigen Tropfen zu bilden, und so zeigt sich eine Verschiedenheit in dem Grade der Anziehung verschiedener Stoffe bis zurück in die Atome.

Wir können, was die allgemeine Stoffanziehung anlangt, nach den bereits gegebenen Andeutungen leicht vier Fälle unterscheiden:

1) die sich in den Stoffatomen äußernde Anziehung, welche man gewöhnlich chemische Anziehung nennt, und welche die Erscheinungen der vorhandenen und mangelnden Verwandtschaft und Wahlverwandtschaft zeigt;

2) die das Vorhandensein der Körper bewirkende Anziehung der Atomgruppen, welche man Kohäsion nennt;

3) die bei der Berührung aller Körper sich äußernde Anziehung, welche mit dem allgemeinen Namen Adhäsion bezeichnet wird und

4) die auf jede Entfernung, selbst bis in den unendlichen Welt-raum, sich erstreckende Massenanziehung, welche Gravitation oder Schwere genannt wird.

Die drei Aggregatzustände.

Die Neigung der Theile von Stoffen sich zu einem Körper zusammen zu scharen ist eine sehr verschiedene und hängt auch bei jedem bestimmten Stoffe noch von äußeren Umständen, wie von dem Zustande der Wärme und der Größe des auf den Stoff ausgeübten Druckes ab.

Wenn die Anziehung der Stofftheile eines Körpers so groß ist, daß der Körper allein durch sie eine bestimmte Gestalt hat und behält; so heißt der Körper ein fester.

Ist bei einem festen Körper eine Zerlegung in Theile vorgenommen worden, so ist die Trennung eine bleibende. Ist z. B. aus einem Stücke Zucker durch ein Messer eine Anzahl kleinerer gemacht worden, so vereinigen die Theile sich nicht wieder zu einem Ganzen ohne besondere Mittel. Bei einem festen Körper, z. B. einem in der Hand gehaltenen Stabe, ist die Schwere der Theile, wodurch sie nach der mächtigen Erde hingezogen werden, nicht im Stande eine Trennung derselben zu bewirken.

Wenn die Anziehung der Theile eines Stoffes so geringe ist, daß

er nur durch feste Körper zu einer bestimmten Form gebracht werden kann, und wenn sich dann nach einer vorgenommenen Trennung jede Spur derselben sofort von selbst verwischt, so heißt der Körper ein flüssiger. Hat man z. B. Wasser oder Luft in einem Glase und fährt man mit einem Messer durch sie, so fließen die Massentheilchen nach der Schnittfläche so zusammen, daß jede Spur der Trennung verwischt wird. Es ist nicht möglich einen flüssigen Körper in einer beliebigen Gestalt, z. B. in der eines Stabes frei zu halten, weil das Bestreben der Theile zu fallen, oder die Gravitation nach der Erde hin größer ist, als die Neigung des Zusammenhanges unter einander.

Unter den flüssigen Körpern müssen wir noch einen wesentlichen Unterschied machen, denn die einen wollen, wenn sie sich selbst überlassen sind, sich kugelförmig gestalten, bilden daher in geringen Mengen Tropfen und heißen deshalb tropfbare Flüssigkeiten; die anderen haben das Bestreben sich allseitig auszudehnen, vergrößern ihr Volumen, wenn jeder äußere Druck auf sie aufhört und heißen luftige Flüssigkeiten. Die Kraft, mit welcher die letzteren sich auszudehnen streben, heißt ihre Expansivkraft.

Die Molekulargestalt der tropfbaren Flüssigkeiten ist wohl die Kugel, was darin eine Bestätigung findet, daß die tropfbaren Flüssigkeiten außerordentlich schwer sich zusammen drücken lassen, wie es in der That der Fall sein muß, wenn wir in einem Gefäße uns Schichten von Kugeln denken, die in den Reihen einander berühren, indem ein oberes Kügelchen auf vier unter ihm befindlichen ruht, und die zwischen einander nur so viel Raum leer lassen, als es die Kugelgestalt mit sich bringt.

Die Molekulargestalt der luftigen Körper wird zwar wohl auch die Kugel sein, aber ohne Berührung, so daß wir uns zwischen den Molekeln nur den absolut elastischen Weltäther denken können, der ihnen die Expansivkraft ertheilt und es auch gestattet, daß das Volumen der luftigen Körper auffallend verkleinert werden kann.

Jeder Körper erscheint unter bestimmten Umständen stets in einem der drei Zustände. Das Quecksilber erscheint bei einer Kälte von 39 Graden C. so fest, daß es sich hämmern läßt; bei höherer Temperatur ist es tropfbar flüssig und zwar bis zu 360 ° C. oder 288 ° R. Wärme und nimmt von da ab den luftigen Zustand an, indem es sich in Dämpfe verwandelt. — Die kohlenfaure Luft wird bei 78 ° C. Kälte oder kann durch Vermehrung des Druckes flüssig und dann durch gleichzeitige Abkühlung fest werden. — Schweflige Säure, welche sich beim Verbrennen des Schwefels in freier Luft bildet, wird schon bei — 10 ° C. flüssig oder wenn man sie einem Drucke unterwirft, welcher das Vierfache von dem der Atmosphäre ist. — Eis, Wasser und Wasserdampf sind ebenfalls derselbe Körper (zusammengesetzt aus zwei Maß Wasserstoff und ein Maß Sauerstoff). — Die meisten festen Körper gehen bei der Erwärmung durch den Zustand des Tropfbaren in den des Luftigen über;

manche aber, wie z. B. die Holzarten (auch die vorweltlichen, wie die Steinkohlen), überspringen den flüssigen Zustand und gehen beim Verbrennen sogleich in den luftigen über.

Wenn wir bei den gewöhnlichen Temperaturverhältnissen einen bestimmten Körper nur in einem bestimmten Aggregatzustande, verschiedene Körper aber in verschiedenen Zuständen erscheinen sehen, so sind das ganz relative Verhältnisse. Für keinen Stoff ist der Aggregatzustand, in welchem er grade erscheint, ein nothwendiger.

Es gibt verschiedene Grade der Festigkeit und Flüssigkeit: wird siedend heißer Schwefel in kaltes Wasser gegossen, so bleibt er längere Zeit weich; Gemische sind oft dickflüssig wie Terpentin aus einem leicht flüssigen ätherischen Oele und einem festen Harze; der dickflüssige Syrup u. s. w.

Erste Stufe:

Die Atomen-Anziehung.

Das Verhalten der Stoffatome verschiedener Urstoffe zu einander gehört, wie bekannt, eigentlich in die Chemie, aber es sind die hier thätigen Kräfte wesentlich dieselben, wie wir sie in der Physik kennen lernen, und die chemischen Erscheinungen gehen ebensowohl in physikalische über, wie auch der umgekehrte Fall stattfindet. Nehmen wir beispielsweise das Telegraphiren! In dem Apparate, welcher die Elektrizität erzeugt oder welcher die Elektromotoren enthält, findet eine Atombewegung statt, diese wird verwandelt in eine Molekularbewegung des Kupferdrahtes, und letztere bringt die Körperbewegung des Eisenankers am Elektromagneten hervor. Nur die erste, mit einer Umwandlung der Elektrizitätserreger verbundene Bewegung ist eine chemische, die letzten beiden sind physikalische. Es sind dieses nichts anderes, als Umwandlungen der Bewegungsarten bei der Uebertragung der Bewegungen.

Umgekehrt bringt die physikalische Bewegungserscheinung des Lichtes eine chemische hervor, wenn es Wasserstoff und Chlorgas unter einer heftigen Explosion zu Salzfäuregas verbindet, oder wenn es auf angemessen zubereiteten Platten Bilder von Gegenständen und Personen darstellt.

Wenn wir nun auch in der Physik der chemischen Untersuchungen nicht entbehren können, so müssen wir doch hier, wo wir uns die Physik als wesentlichen Stoff für die Betrachtung gesetzt haben, jene Darstellungen auf ein bescheidenes Maß zurückführen, wollen indeß später bei den physikalischen Erscheinungen auf Einzelnes noch zurückkommen.

Die Stoffatome verschiedener Urstoffe sind nur dann im Stande ihrer gegenseitigen Anziehung zu folgen, wenn von den beiden Stoffen wenigstens der eine bereits flüssig ist oder flüssig gemacht wird.

Wir können unter dieser Voraussetzung uns die Verbindungen von

einfachen Körpern aller drei Aggregatzustände, theils eines jeden mit sich, theils mit jedem der beiden anderen, denken und bekämen somit sechs einzelne Fälle. Diese Verbindungen sind oft mit einer Veränderung des Aggregatzustandes verknüpft. Die mit einander sich verbindenden Stoffe bilden vorher immer einen Gegensatz, der sich in der Verbindung ausgeglichen hat, gerade wie bei der Elektrizität und dem Magnetismus.

Sind die mit einander sich verbindenden Stoffe einfach, so heißt die Neigung zur Verbindung einfache Verwandtschaft; ist von den beiden Stoffen der eine ein einfacher, der andere ein zusammengesetzter und sucht sich der erste einen Bestandtheil des zusammengesetzten heraus, um sich mit ihm zu verbinden, so daß der andere Bestandtheil frei wird; so heißt diese Neigung zur Verbindung eine Wahlverwandtschaft; sind beide Stoffe zusammengesetzte, und verbinden sich die beiden Elemente des ersten einzeln mit je einem des anderen, so ist dies die doppelte Wahlverwandtschaft.

1) Die meisten Metalle verbinden sich unter dem Einflusse der Wärme, welche sie in den flüssigen Zustand versetzt, zu einem zusammengesetzten Metalle, dessen Farbe, Glanz, Dichtigkeit, inneres Gefüge, Härte und Schmelzbarkeit ganz anders ist. Ist das eine Metall, ein edles, wie Gold oder Silber, so heißt das zusammengesetzte eine Legirung, sind die Metalle aber unedle, so heißt die Zusammensetzung eine Komposition und die Verbindungen mit Quecksilber werden Amalgame genannt.

Der Werth der Goldlegirungen, welche entweder rothe oder weiße sein können, jenachdem man dem Golde Kupfer oder ein weißes Metall zugesetzt hat, wird nach Karaten bis zu 24 Gewichtstheilen beurtheilt: Skaratisches Gold ist also solches, bei welchem unter 24 Gewichtstheilen der Legirung nur 8 Thlr. Gold, also die übrigen 16 ein unedles Metall sind; man nennt dies häufig Kronengold.

Die Silberlegirungen werden nach den Gewichtsantheilen des reinen Silbers, welche in 16 Lothen des Metalles enthalten ist, bestimmt: 12löthiges Silber enthält also $\frac{1}{4}$ seines Gewichtes von einem unedlen Metalle, wozu hier auch das Kupfer gerechnet wird oder in 16 Lothen dieses Metalles sind nur 12 Loth reines Silber; 16löthiges Silber ist also reines Silber (eine feine kölnische Mark gibt 15 Thaler).

Die Kompositionen sind oft fester, als die einfachen Metalle, z. B. das Messing aus Kupfer und Zink im Verhältnisse 70 zu 30 das gelbe Messing, aber 92 bis 82 zu 8 bis 18 das rothe Messing oder Tombak und 8 zu 3 der Messingdraht; mit Zinn gibt es das gelbliche Kanonenmetall, worin 100 Theile Kupfer und 10 Theile Zinn sind. Es ist hart, elastisch und zähe genug, um einen aus dem Pulver entwickelten Druck von 4300 Atmosphären auszuhalten.

Gutes Glockengut enthält in 100 Gewichtstheilen 21,5 Zinn,

2 Blei, 2,5 Nickel, 74 Kupfer. Manche halten das Blei für schädlich und nehmen bloß zu 78 Theilen Kupfer 22 Theile Zinn.

Genau 90 Theile Kupfer und 10 Theile Zinn geben eine dem Golde sehr ähnliche Legirung; 4 Theile Kupfer und 1 Theil Zinn das chinesische Tam-Tam, welches bei langsamer Abkühlung spröde wie Glas, bei schneller aber dehnbar wird. Eine Scheibe aus harten und weichen Stellen von diesem Metalle giebt einen sehr rauschenden, lange anhaltenden und in auffälligster Weise in seiner Stärke wechselnden Schall.

Eisen wird durch 1 Prozent Silber sehr hart und gibt Silberstahl.

Blei mit Spießglanz giebt die Typen für die Druckereien.

Neusilber von dem Aussehen des $12\frac{1}{2}$ löthigen Silbers besteht aus Kupfer, Zinn und Nickel in den Verhältnissen 55, 30, 18 oder 60, 20, 20 (zu Eßgeräthen) oder 30, 10, 10 (zu Argentanblech) oder 54, 25, 18 mit 3 Blei zu Gussfachen, weil diese Zusammensetzung leicht schmelzbar ist. Auf dem Probirsteine ist Neusilber vom Silber schwer zu unterscheiden, aber ein Tropfen Salpetersäure löst die dünne Metallhaut von jenem sehr schnell zu einer grünlichen Flüssigkeit, welche durch Salzsäure nicht wie die Silberlösung getrübt wird.

Unter den Metallkompositionen nimmt die Bronze eine der wichtigsten Stellen in der Technik ein. Die Hauptbestandtheile sind Kupfer, Zinn, Zink in verschiedenen Verhältnissen je nach den Zwecken. Kupfer wird durch Zusatz von Zinn härter, elastischer (klingender), schmelzbarer und für Politur sehr geeignet.

Die Farbe geht mit dem zunehmenden Gehalte an Zinn durch Röthlichgelb und Röthlichgrau in's Stahlgrau über, wenn im letzteren Falle Zinn mindestens ein Drittel der Mischung beträgt.

Die Kohäsion ändert sich auch nach dem Mischungsverhältnisse: sind weniger als 15 Prozent Zinn genommen, so ist die Legirung sehr zähe und etwas hämmerbar; beim allmählichen Zusätze steigt die Sprödigkeit und bei 65 Kupfer mit 35 Zinn erreicht sie den höchsten Grad, so daß die Legirung von der Feile kaum noch angegriffen wird, von 50 Prozent Zinn an wird sie wieder weicher.

Alle Zinkkupferlegirungen, selbst die härtesten, erlangen, wenn sie nach dem Erhitzen durch Ablöschen in kaltem Wasser plötzlich abgekühlt werden, eine solche Dehnbarkeit, daß sie sich leicht hämmern lassen. Werden sie dann wiederholt erhitzt und langsam abgekühlt, so erlangen sie ihre frühere Härte.

Aus Legirungen mit mehr als 60 Prozent Kupfer scheidet sich nach dem Schmelzen beim langsamen Erkalten eine kupferreiche, schwerflüssige und gelbe Legirung von einer zinnreichen, leichtflüssigen und weißen Legirung aus. Dieser Uebelstand wird durch einen Zusatz von Zink gemildert und zugleich die Schmelzbarkeit erhöht. Je nach den verschiedenen Zwecken sind die Zusammensetzungen verschieden.

Zu Statuen nahmen die Griechen in der Blüthezeit der Kunst nie Zink, sondern Kupfer 75 bis 92 Theile, Zinn 6,5 bis 25 Theile und bis 6 Prozent Blei. An ihnen zeigt sich die schön grüne Patina, welche an den neueren Monumenten sich nicht recht bilden will. Die berühmte Reiterstatue Ludwigs XIV. enthält 91,4 Kupfer 5,53 Zink, 1,7 Zinn und 1,37 Blei. In anderen wechselt das Zink zwischen 4 und 10, das Zinn zwischen 2 und 6 Prozent, während der Antheil von Blei geringer ist.

Zu Metallspiegeln ist am besten die feinkörnige, silberweiße Mischung aus 31,5 Theilen Zinn und 68,5 Theilen Kupfer; etwas Arsenik erhöht den Glanz.

Die meisten Legirungen schmelzen leichter, als die einfachen Metalle, werden daher zum Löthen gebraucht. Auffallend ist dies bei dem Metallgemisch von H. Rose, welches aus 2 Theilen Wismuth, 1 Theil Zinn und 1 Theil Blei besteht, bei $93\frac{3}{4}^{\circ}\text{C}$. schmilzt und daher im kochenden Wasser zerfließt, so daß es leicht zur Anfertigung von Abdrücken angewendet werden kann. Am merkwürdigsten ist eine Composition von Pippowiz aus 15 Theilen Wismuth, 8 Theilen Blei, 4 Theilen Zinn und 3 Theilen Radium, welche schon bei $60 - 65^{\circ}\text{C}$. schmilzt, obwohl Zinn erst bei 229° , Wismuth bei 256° , Radium bei 320° und Blei bei 334° schmilzt.

Anwendung finden solche Gemische beim Plombiren der Zähne, zur Anfertigung von Matrizen, zu Modellen für die Galvanoplastik, namentlich für Sicherheitsventile bei Dampfmaschinen, indem dergleichen Pfropfen in den Dampfesseln schmelzen, wenn der Dampf bei erhöhter Temperatur eine gewisse Spannung erreicht hat.

2) Wird Gold oder Silber mit Quecksilber in Berührung gesetzt, so verbindet sich dieses mit jenen zu einem Amalgame. Man muß sich daher sehr hüten, goldene Ringe und dergleichen mit Quecksilber zu berühren. Das Amalgam zum Einreiben des Reibzeuges an Elektrirmaschinen besteht aus 2 oder auch allenfalls $1\frac{3}{4}$ Gewichtstheilen Quecksilber, 1 Theile Zinn und 1 Theile Zink. — Wenn man Zinnfolie mit Quecksilber benetzt und die Amalgamirung durch Einreiben mit einem Hasenfuße und dergleichen befördert, darauf zunächst Fließpapier und dann eine reine und trockene Spiegelglasplatte legt; so wird man nach dem vorsichtigen Wegziehen des Papiers, wodurch der Schmutz vom Quecksilber entfernt wird, und dem Festdrücken des Glases an's Amalgama die Folie des Spiegels haben, die am Glase gut haftet, während dies vom Quecksilber und Zinn einzeln nicht gilt.

3) Feste Körper ziehen auch luftige Körper an und bilden chemische Verbindungen, welches, wenn Sauerstoff mit Hefigkeit angezogen wird, Verbrennungsprozesse und gefährliche Selbstentzündungen gibt. Verbindet sich ein Metall langsam mit Sauerstoff, so bildet sich nur Rost, der bei verschiedenen Metallen eine verschiedene Farbe hat, bei Eisen

gelbbraun, bei Silber grün, bei Zink weißlich. Im Allgemeinen heißen diese Verbindungen Dryde.

Hat man aus Bergwerken frisch geförderte Steinkohlen zu großen Haufen aufgeschichtet, so werden sie durch den aus der atmosphärischen Luft angezogenen Sauerstoff nicht nur heiß, sondern entzünden sich. Um dieses zu vermeiden, muß man dafür sorgen, daß die im Innern der Haufen entstehende Wärme einen Abzug findet, was geschieht, wenn man vom Erdboden aus lose Reisigbündel oder neben einander gestellte Latten durch sie gehen läßt. Außerlich können sich die Kohlen nicht so stark erhitzen, weil stets ein Abzug von Wärme und eine Abkühlung durch die umgebende Luft stattfindet. Je größer die Poren und Zwischenräume, also je geringer die Masse, desto schwächer ist die Verschluckung oder Absorption von Luft.

In Kohlenbergwerken entstehen daher nicht selten Erdbrände, welche abgemauert werden müssen, um ihre zerstörenden und nachtheiligen Wirkungen zu hemmen. — Frisch bereitete und fein zerkleinerte Holzkohle erhitzt sich ebenfalls, besonders, wenn sie noch glühend in Quecksilber vorher abgelöscht worden ist. — So manche Selbstentzündungen sind auch in Pulverfabriken vorgekommen.

Ein Raumtheil Buchsbaumkohle verschluckt $9\frac{1}{4}$ Sauerstoff, 35 kohlen-saures Gas, 65 schwefligsaures, 85 salzsaures und 90 Ammoniakgas.

In Betreff der Selbstentzündungen ist auch noch in anderen Fällen die größte Vorsicht zu empfehlen: so darf man es nicht wagen, feuchtes Heu und Stroh in größeren Mengen zusammen zu packen oder gefirniste und geölte Zeuge, oder rohe Baumwolle und Watte.

Platinschwamm zieht Sauerstoffgas heftig an und verdichtet es; wenn nun noch ein Strahl von Wasserstoffgas darauf strömt, so wird er selbst glühend und zündet nun das brennbare Gas in der atmosphärischen Luft an. Darauf gründet sich die von Döbereiner angegebene Zündmaschine. — Die sogenannten Pyrophore, wie z. B. mit Kohle mäßig geglühtes Kalialaun oder schwefelsaures Kali mit Kienruß, ziehen den Sauerstoff der atmosphärischen Luft so heftig an, daß sie in ihr er-glühen, daß man also einen ungefährlichen Feuerregen, z. B. für Theater, erzeugen kann.

Feines Arsenik- oder Antimonpulver entzündet sich, wenn es in ein Gefäß mit Chlorgas gestreut wird. — Kaliummetall verbrennt auf Wasser mit Flammen, indem es das Wasser zersetzt, wobei der Wasserstoff entweicht. — Ein Stahlstreifen verbrennt in reinem Sauerstoff mit einer fast unerträglich hellen Flamme, indem glühende Stahlkugeln abgeschleudert werden, welche sich zum Theil sogar in's Glas einschmelzen.

Je mehr man die Ackererde lockert, desto eher zieht sie aus der Atmosphäre Gase und Dünste an und desto eher erwärmt sich sogenannter kalter Boden.

Viele Körper haben gegen riechende Stoffe eine große Anziehung und riechen dann selbst sehr stark.

4) Auch tropfbare Flüssigkeiten besitzen das Vermögen luftige zu verschlucken oder zu absorbiren, ohne daß letztere einem vermehrten Drucke ausgesetzt werden, oft in einem sehr hohen Grade und erwärmen sich dabei. Ein Maß Wasser verschluckt 670 Maß salzsaures Gas, wodurch Salzsäure entsteht und gar 670 Maß Ammoniakgas.

Soll Wasser möglichst viel von einem gewissen Gase aufnehmen, so muß letzteres einem möglichst großen Drucke ausgesetzt und mit dem möglichst kalten Wasser an recht vielen Stellen in Berührung gesetzt werden. Dieses Verfahren wird bei der Anfertigung der künstlichen Mineralwasser angewendet, wobei verdichtetes kohlensaures Gas in's abgesperrte Wasser gepreßt und beim Auffüllen auf Flaschen dafür gesorgt wird, daß es mit der äußeren Luft möglichst wenig in Berührung kommt.

Das Wasser ist bei abnehmender Temperatur im Allgemeinen für die Absorption der Gase empfänglicher, und daher darf die Anfertigung der künstlichen Mineralbrunnen mit Kohlenensäure durchaus nicht in warmen Räumen vorgenommen werden. Es gibt für jede Flüssigkeit bei einer bestimmten Temperatur und einem bestimmten auf das Gas ausgeübten Drucke einen gewissen Sättigungspunkt, über welchen hinaus die Flüssigkeit noch mehr Gas aufzunehmen nicht im Stande ist.

5) Die Verbindung tropfbarer Flüssigkeiten mit einander ist bisweilen auch so heftig, daß sie mit namhafter Wärmeentwicklung verbunden ist, wie wenn Schwefelsäure und Wasser zu einander gethan werden. Erstere zieht daher sogar das in der Luft als Dampf oder Dunst schwebende Wasser begierig an und trocknet somit die Luft aus.

Schwefelsäure, bestehend aus 16 Schwefel und 24 Sauerstoff, zieht aus feuchter Luft das 15fache ihres eigenen Gewichtes von Wasser an.

Alkohol und Wasser verbinden sich mit einer Raumverengung auch, und zwar in beliebigen Verhältnissen, recht lebhaft mit einander, so daß sie selbst Hindernisse durchdringen. Hat man nämlich ein mit reinem oder absolutem Alkohol (Weingeist) gefülltes Gläschen mit weicher Rindsblase recht gut verbunden und legt man es in Wasser, so dringt letzteres durch die Blase in's Gläschen, wodurch die Blase so stark aufgetrieben wird, daß ein hoher Strahl von Flüssigkeit erscheint, wenn man eine kleine Oeffnung in sie sticht. — Ist daher eine offene Glasröhre an der einen Seite mit einer thierischen Blase verbunden und zum Theil mit Alkohol gefüllt, so muß, wenn man diese Röhre so weit in's Wasser taucht, bis die beiden Niveaus zusammenfallen, die Flüssigkeit in der Röhre bald höher stehen. Hat man die Röhre mit einer ganz dünnen Kautschukplatte verbunden und Spiritus darin, so geht er durch die Blase zum Wasser; während Wasser ebenso wenig durch Kautschuk, als Spiritus durch eine thierische Blase dringt. — Dasselbe ist der Fall, wenn in der

Röhre eine gesättigte Lösung von Kupfervitriol ist oder wenn in ihr eine Zuckerlösung und außerhalb statt des reinen Wassers eine schwache Gummilösung angebracht ist.

Wird in die mit Blase gut verbundene Röhre Wasser gethan und dieselbe in eine gesättigte Kupfervitriollösung gestellt, so steht das Wasser bald tiefer als vorher. In beiden Fällen dringt von dem Kupfervitriole auch etwas in's Wasser, was sich an seiner Färbung verräth.

Ist eine zugebundene Blase mit dem Eiweiß von einem Hühnerie löse gefüllt, so schwillt sie im Wasser so bedeutend an, daß sie zerplatzt. — Ist eine solche Blase mit einem Gemisch aus Wasser und Weingeist der warmen Luft ausgesetzt, so verdunstet nur das Wasser und es bleibt endlich absoluter Alkohol zurück, so daß man schwachen Spiritus auf diese Weise konzentriren kann. — Aber durch ein dünnes Blättchen von Kautschuk dringt Wasser nicht, wohl aber Alkohol und man behält in ihr das Wasser.

Diese Erscheinungen nennt man Endosmose und Exosmose, jenachdem von einem Stoffe, z. B. dem Kupfervitriole, durch die Blase mehr herein oder mehr hinaus dringt. Der Grad der Endosmose und Exosmose hängt von der Stärke der chemischen Verwandtschaft der beiden Flüssigkeiten und der Verwandtschaft des Stoffes der Blase zu der eingeschlossenen Flüssigkeit ab. Der ungleich hohe durch die Feinheit der Poren ermöglichte Stand derselben läßt auf diese Stärke schließen. Im Wesentlichen sind Endosmose und Exosmose von einander nicht verschieden und man hätte für beide einen Namen einführen können. Es sind immer auf den beiden Seiten eines durchdringlichen Häutchens zwei Lösungen von verschiedener Konzentration und es dringt der aufgelöste Körper stets von der Seite der stärkeren Konzentration auf die andere, während das Wasser den entgegengesetzten Weg einschlägt, bis gleich starke Lösungen vorhanden sind.

Es ist keinem Zweifel unterworfen, daß die Endosmose und Exosmose bei dem Stoffwechsel im Thier- und Pflanzen-Körper durch die mannigfachen häutigen Gebilde eine sehr bedeutende Rolle spielen.

Alle organischen Körper sind nämlich aus Zellen zusammengesetzt, welches geschlossene Bläschen sind, ohne irgend eine sichtbare Oeffnung nach außen. Sollen Pflanzen und Thiere sich ernähren, so müssen die Nahrungsstoffe sich in einer Lösung befinden. Die Pflanzen gehen in absolut trockenem Erdboden ein; wenn aber die äußersten Zellen der Pflanzenwurzel in Berührung mit einer Lösung des Nahrungstoffes sind, so geht dieser durch Endosmose in diese Zellen und so von Zelle zu Zelle fort, bis er im Körper durch dieselben Vorgänge solche Verwandlungen erleidet, daß endlich die einzelnen Pflanzengebilde daraus hervorgehen.

Wenn nun auch der thierische Körper durch den Mund feste Nahrungsstoffe in sich aufnimmt, so werden sie doch mit den anderweitig

genossenen Flüssigkeiten im Magen in einen Brei verwandelt; geschähe dies nicht, so würden sie unverdaut wieder abgehen, wie es wohl bei weniger zermalnten oder nicht leicht auflösblichen Nahrungsmitteln vorkommt. Das weitere Geschäft übernehmen nun zunächst die Darmzellen, welche mit den Wurzelzellen der Pflanzen zu vergleichen sind; die veränderten Stoffe werden dann durch andere Gefäße (Chlusgefäße) dem Aderysteme zugeführt, um in den feinsten Verzweigungen als Blut den ganzen Körper zu durchwandern und durch die Wandungen den Stoff für die Entwicklung und Ernährung der Muskeln und Nerven abzugeben. Daß auch die Lufarten, namentlich in den Zellen des Lungengewebes, ähnliche Durchbringungen vornehmen und Verwandlungen erleiden, wird später bei der Diffusion der Gase während des Athmens erwähnt werden.

Statt thierischer Häute können für manche Zwecke, namentlich bei galvanischen Ketten, poröse Thongefäße angewendet werden.

6) Da die Lufarten nur eine geringe Dichtigkeit haben, so kann ihre Verbindung schneller geschehen und ist bisweilen sehr heftig. So geben 2 Maß Wasserstoff und 1 Maß Sauerstoff, wenn sie angezündet werden, unter einer sehr heftigen Explosion etwas Wasserdampf. — Ein Gemenge von Chlor und Wasserstoff (Chlorknallgas) verbindet sich nicht nur durch das Anzünden mit einem brennenden Hölzchen, sondern selbst schon unter dem Einflusse des direkten Sonnenlichtes unter einer Explosion zu Chlornwasserstoffsäure oder Salzsäure. Bei der bloßen Tageshelle und namentlich in dunkel gefärbten Flaschen geschieht die Verbindung nur allmählig. Was man gewöhnlich Salzsäure nennt, ist eine Auflösung von Chlornwasserstoffsäure in Wasser. 2 Theile mit 1 Theil Salpetersäure gibt das Königswasser, in welchem sich Gold, Platina und andere Metalle auflösen.

Wasserstoff und Stickstoff, welche beide geruchlos sind, geben das starkriechende Ammoniak.

Wenn in der oberen von zwei mit einander durch einen engen, zunächst abgesperrten Kanal verbundenen Kugeln das leichte Wasserstoffgas, in der unteren das schwere Kohlenuregas sich befindet; so bleiben sie nach der Herstellung der Verbindung nicht jedes in seiner Kugel, sondern jedes verbreitet sich auch in der andern so, als wäre sie luftleer, und nach kurzer Zeit haben sich beide in den verbundenen Räumen gleichmäßig vertheilt. — Ist Wasserstoffgas in einer thierischen Blase eingeschlossen und in der atmosphärischen Luft aufgehängt, so ist nach kurzer Zeit alles Gas aus der Blase entwichen und atmosphärische Luft dafür eingetreten. Ja man kann statt der Blase sogar einen Glasballon nehmen und findet, freilich nach viel längerer Zeit, nach 1 bis 2 Jahren, dasselbe. Diese Erscheinung, welche wir später unter dem Namen Diffusion noch genauer werden kennen lernen, ist aber nicht eigentlich eine chemische Verbindung, sondern nur die Folge der Spannkraft der Gase, welche aber für den Haushalt der Natur im höchsten Grade wichtig ist.

Wie viel nämlich auch in einem menschen erfüllten Raume von dem Sauerstoffe der atmosphärischen Luft verzehrt und wie viel auch kohlen saures Gas ausgeathmet werden mag, immer bleibt dasselbe Mischungsverhältniß, indem der ungeheure Vorrath von Sauerstoff in der ganzen Atmosphäre den Abgang sofort ersetzt und das kohlen saure Gas in sie entweicht, um den Pflanzen als Nahrung zu dienen, welche Sauerstoff abgeben.

Die ausgeathmete Kohlen säure läßt sich durch einen sehr einfachen Versuch leicht erkennen. Man löscht ein Stückchen frisch gebrannten Kalkes in Wasser ab; nachdem sich der Kalk gesetzt, gießt man das ganz klare Wasser ab und bläset man in dasselbe durch ein Röhrchen Luft aus den Lungen; so verbindet sich die ausgeathmete Kohlen säure mit dem Kalle zu kohlen saurem Kalle und das vorher ganz klare Wasser trübt sich zu einem milchigen Aussehen.

Daß das Mischungsverhältniß in der atmosphärischen Luft ein ungeändertes bleibt, hat man nicht nur von der auf bedeutenden Höhen, sondern auch von der über den Köpfen der Zuschauer in der pariser Oper aufgesammelten Luft mit Bestimmtheit ermittelt. Wenn die Gegenwart vieler Menschen in einem verhältnißmäßig engen Raume die Luft für das Athmen mit der Zeit unangenehm macht, so liegt es in den andern ausgeathmeten und ausgedünsteten Stoffen.

In Betreff der chemischen einfachen und doppelten Wahlverwandtschaft ist noch zu bemerken, daß manche Stoffe zwar die Neigung haben, sich mit einander zu einem neuen Körper zu verbinden, wie z. B. Kalk und Kohlen säure, was kohlen sauren Kalk (Kreide) gibt, daß aber ein dritter Körper, z. B. Schwefel säure, zu dem einen Bestandtheile, hier nämlich dem Kalle, eine größere Neigung haben kann, als es mit der Kohlen säure der Fall war. Gießt man daher Schwefel säure auf Kreide, so entweicht aus ihr die Kohlen säure unter heftigem Aufbrausen, und wir haben eine neue Verbindung, nämlich schwefel sauren Kalk oder Gyps. Dies ist natürlich ein sehr einfaches Mittel, um zu untersuchen, ob irgend ein Gestein kohlen sauren Kalk enthält.

Werden zwei zusammengesetzte Körper zu einander gethan, so kann jeder Bestandtheil des einen mit dem einen Bestandtheile des andern sich verbinden, so daß zwei neue Verbindungen entstehen, oder es kann nur der eine des ersten mit einem des zweiten einen neuen Körper bilden und die beiden andern Bestandtheile werden aus den Zusammensetzungen einzeln ausgeschieden. Wird z. B. eine wässerige Lösung von kohlen saurem Kali zu einer solchen von schwefel saurem Natron gemischt und dann die Mischung über einer mäßigen Flamme abgedampft, so erhält man beim Erkalten Krystalle von schwefel saurem Kali und dann auch von kohlen saurem Natron. — Werden Terpentin und Weingeist sowie Salpeter mit Wasser verbunden und diese beiden Mischungen zusammengegossen, so verbinden sich Wasser und Weingeist, der Terpentin schwimmt oben und der Salpeter sinkt zu Boden.

Zweite Stufe:

Die Molekular-Anziehung.

Auch die Gruppen von Atomen oder die Molekel sowohl desselben Grundstoffes (Molekel des Schwefels), als auch verbundener Atome aus verschiedenen Elementen (Molekel des Wassers) haben das Bestreben nicht nur einander anzuziehen, sondern auch einander festzuhalten. Das gibt die drei Erscheinungen a. der Körpergestalt, b. der Kohäsion, c. der Adhäsion.

a. Die Körpergestalt.

Erscheint ein Körper im tropfbareren Zustande, so muß er sich, wenn nicht andere Kräfte auf ihn einwirken, und angenommen wird, daß jedes seiner Molekel jedes der anderen anzieht, kugelförmig gestalten und umgekehrt ist die Gestalt zur Kugel ein unwiderleglicher Beweis von dem Bestreben eines jeden Massentheiles, jedes andere anzuziehen, wobei natürlich die anziehende Kraft eines bestimmten Theiles gegen einen anderen nach dem allgemeinen Gesetze abnimmt, wie die Quadratzahlen der Entfernung zunehmen.

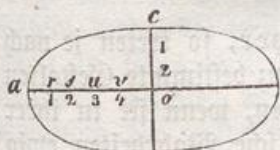


Fig. 27.

Denken wir uns, daß eine gewisse Menge einer Flüssigkeit eine länglichrunde Gestalt habe, wie in Fig. 27, und es lägen in der von o ausgehenden Linie oa fünf, in der oc nur drei Molekel in gleichen Entfernungen von einander, so wird a stärker nach o gezogen, als c; denn nehmen wir an, daß die Stärke der Anziehung von r gegen das a 1 sei, so ist die von s $\frac{1}{4}$, von u $\frac{1}{9}$, von v $\frac{1}{16}$, von o $\frac{1}{25}$; also die Gesamtanziehung des a nach dem o hin gleich $1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{9} + \frac{1}{16} + \frac{1}{25}$. Dagegen ist die Gesamtanziehung des c nach dem o hin nur $1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{9}$; es ist also klar, daß sich a nach o hin bewegen muß und auch bewegen kann, weil die Molekel der Flüssigkeit unter einander absolut verschiebbar sind. Diese Bewegung wird für eine ruhend gedachte und durch eine andere Kraft nicht gestörte Menge irgend einer Flüssigkeit von irgend einer Gestalt nicht eher aufhören, als bis die Kugelgestalt hergestellt ist, bei welcher die Anziehung von der Mitte aus wegen der gleichen Vertheilung der Masse nach allen Richtungen gleich stark wirkt und somit Ruhe oder Gleichgewicht hergestellt ist.

Die Summe der hier wirkenden Molekularkräfte ist eine so bedeutende, daß sie nicht nur beim Aufspringen eines Tropfens auf einen festen Körper durch ihre Rückwirkung bei dem Bestreben, die während der Berührung gestörte Kugelgestalt wieder herzustellen, sondern sich auch in dem großen Widerstande äußert, welchen Flüssigkeiten dem

Zusammendrücken entgegensetzen. Wir werden uns nämlich naturgemäß, wie schon angedeutet worden ist, jede Menge einer Flüssigkeit aus einer unendlichen Anzahl von Molekularkügelchen denken müssen, die einander berühren und nur so viel Zwischenraum haben, als es ihre Kugelgestalt mit sich bringt. Da nun jedes einzelne seine Kugelgestalt festhalten will und jeder Kraft, welche sie ändern will, einen Widerstand entgegensetzt, so ist die Summe dieser Widerstände natürlich sehr groß, und selbst eine verhältnißmäßig außerordentlich bedeutende Kraft vermag das Volumen einer abgesperrten Flüssigkeit doch nur um eine Kleinigkeit zu vermindern, wobei jedes Kügelchen ein wenig abgeplattet und seine Masse in die Zwischenräume gedrückt wird. Hört die drückende Kraft auf, so nimmt die Flüssigkeit wieder ihr altes Volumen mit einer der drückenden Kraft gleichen rückwirkenden ein, was man nach dem früher gegebenen Begriffe als eine Aeußerung der Elastizität ansehen kann, während das Aufspringen, z. B. eines Wasserkügelchens von einem fein bestaubten Tische, nur aus der Neigung die Kugelgestalt herzustellen, entsteht.

Wird bei den tropfbaren Körpern die Kugelgestalt als Grundform der Molekel angenommen, so erklärt sich nicht nur die außerordentlich leichte Verschiebbarkeit der Massentheilschen, sondern auch das so außerordentlich wichtige Prinzip, daß der auf eine abgesperrte Flüssigkeit irgendwo ausgeübte Druck sich ungeschwächt durch die ganze Flüssigkeit fortpflanzt.

Gestaltet sich ein Stoff zu einem festen Körper, so treten je nach den verschiedenen Stoffen und Stoffverbindungen ganz bestimmte Gestalten hervor, von denen die Naturkräfte niemals abweichen, wenn sie in ihrer Wirksamkeit nicht gestört werden. Da mathematische Wahrheiten ewig unumstößlich sind und unwandelbare Prinzipien enthalten, so kann man sagen, daß die Natur hierbei mathematische Formen bildet, wie sie es in den Krystallen zeigt. Es zeichnen sich in dieser Beziehung die unorganisirten Körper besonders aus. Die Möglichkeit zur Bildung so bestimmter krystallinischer Gestalten ist aber nur dann gegeben, wenn sich der Stoff fein zertheilt entweder in einer tropfbaren oder luftigen Flüssigkeit, in letzterem Falle als Dampf, sich befindet und dann heißt die Krystallbildung Sublimation.

Die Erde hat uns aus ihren früheren Bildungsepochen eine Menge von diesen Formen hinterlassen. Der Basalt, dieses vulkanische Gestein, hat sich aus seiner geschmolzenen Masse oft in sehr mächtigen sechsseitigen Säulen krystallisirt, wie z. B. an dem (Wallenstein'schen) Schloßberge bei Böhmischem-Friedland.

Bei der Entstehung der Gebirge durch Erhebung von unten mußten die bereits abgekühlten und erhärteten oberen Schichten Risse bekommen, weil sie einen größeren Flächenraum einzunehmen hatten; in diese Gänge drangen die aus der Tiefe der Erde wegen noch fortdauernder Gluth aufsteigenden Dämpfe von Metallen und anderen Fossilien und setzten

sich bei der Abkühlung als oft recht große und herrliche Krystalle an, wie wir z. B. in der Schweiz vorzügliche säulenförmige Bergkrystalle finden. — Auf ähnliche Weise bilden sich in den hohlkugelförmigen Drusen prächtige Krystalle. — Es krystallisirt das Kochsalz in Würfeln, der Zucker in Säulen, der Kalkspath in verschobenen Würfeln oder Rhomboedern und so jeder bestimmte Edelstein in einer bestimmten Gestalt, was der Juwelier berücksichtigen muß, wenn er Krystalle zertheilen will, ohne viele unbrauchbare Stücke zu bekommen, denn auch im Innern eines Krystalles findet sich die Lage der äußeren Begrenzungsflächen wieder, was man den Blätterdurchgang nennt.

Wenn ein zum Krystallisiren geneigter Körper in einer Flüssigkeit vorhanden ist, und man thut zu ihr einen Stoff mit chemischer Verwandtschaft, so scheiden sich die Krystalle bald aus, wie wenn z. B. Weingeist zu einer wässerigen Auflösung von schwefelsaurem Kupferoxyd gethan wird. — Auch durch einen starken auf die Flüssigkeit ausgeübten Druck geschieht die Krystallbildung, wie z. B. bei flüssiger Essigsäure.

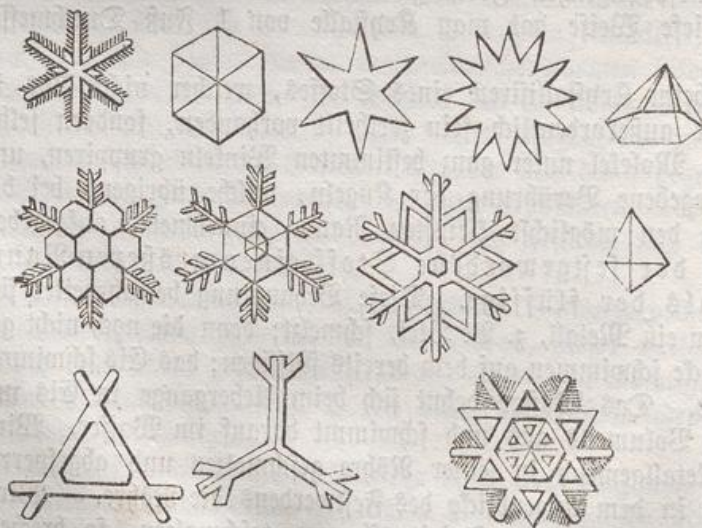
Herrliche Alaunkrystalle, welche bei vollkommen ungestörter Entwicklung die Gestalt von Oktaedern annehmen, kann man auf folgende Weise erhalten. Man löst in kaltem Wasser so viel Alaun auf, als das Wasser aufnehmen will, sucht sich einen kleinen, recht hübschen Alaunkrystall von dieser Form aus, bindet ihn an einen dünnen Faden und hängt ihn, in die gesättigte Alaunlösung. Da nun das Wasser allmählig verdunstet und das übrige nicht mehr so viel Alaun, als früher, gelöst in sich tragen kann, so setzt sich der Ueberschuß an den kleinen Krystall, welcher, wenn hinreichend viele Lösung vorhanden, mit Beibehaltung der ursprünglichen Form zu einer bedeutenden Größe heranzwächst. Auf diese Weise hat man Krystalle von 1 Fuß Durchmesser gezogen.

Da sich beim Krystallisiren eines Stoffes, welcher nicht bloß in einer Flüssigkeit außerordentlich fein zertheilt vorhanden, sondern selbst flüssig ist, seine Molekel unter ganz bestimmten Winkeln gruppieren, und die vorhin angegebene Berührung der Kugeln, welche übrigens bei bestimmter Masse den möglichst kleinsten Raum einnehmen, aufgegeben wird; so muß der festgewordene Stoff einen größeren Raum einnehmen, als der flüssige. Diese Behauptung bewahrheitet sich schon, wenn man ein Metall, z. B. Blei, schmelzt; denn die noch nicht geschmolzenen Stücke schwimmen auf dem bereits flüssigen; das Eis schwimmt auf dem Wasser. Das Wasser dehnt sich beim Uebergange in Eis um etwa $\frac{1}{10}$ seines Volumens aus und schwimmt darauf im Wasser. Wird das Rosetsche Metallgemisch in einer Röhre geschmolzen und abgesperrt, so zersprengt es in dem Augenblicke des Festwerdens die Röhre. — Wird essigsaures Natrium über einer Spiritusflamme geschmolzen, so brechen bei der Abkühlung durch die bereits fest gewordene obere Haut aus dem

Inneren der Flüssigkeit Krystalle hervor. — Ist Wasser in einer Bombe von 18 Zoll Durchmesser abgesperret und erfüllt es dieselbe, so sprengt es beim Gefrieren das $2\frac{3}{4}$ Zoll starke Metall und schleudert 150 Pfund schwere Stücke bis auf 10 Schritte. Ein in sie getriebener Eisenstößel von $2\frac{1}{2}$ Pfunden wurde bei -23° R. unter einem Winkel von 45° auf 415 Fuß weit getrieben. — Eine Messingkugel von 2,9 Zoll Durchmesser und 1,6 Zoll Metallstärke borst, wozu eine Kraft von 27720 Pfunden gehört. — Reicht Wasser in einer Flasche bis obenhin, so gefriert ein Eistropfen aus ihr. Wasserleitungsröhren müssen im Freien so tief gelegt werden, daß sie der Winterfrost nicht mehr erreicht, welches für bestimmte Dertlichkeiten durch die Erfahrung angegeben wird; in den Gebäuden aber muß man anderweitig für ihren Schutz gegen Frost sorgen. — Ebenso muß man mit Wassergefäßen vorsichtig sein. Wenn die Dachsteine auf einem Gebäude nicht aus gutem Materiale sind, sondern das Wasser leicht in sich aufnehmen, so zerfriern sie im Winter oder splintern wie auch der Kalkputz nach und nach ganz ab. — Der Winterfrost ist für die Acker wohlthätig, indem er festeren Boden lockert und ihn so für die atmosphärischen, befruchtenden Einflüsse empfänglich macht. — Ja selbst Felsen werden unter Krachen durch das gefrierende Wasser auseinander gesprengt, verwittern auf diese Weise rascher und tragen so zur Befruchtung der Erdoberfläche bei. Daher die Felsentrümmer in Gletscherthälern. — Absichtliche Absprengung angebohrter Felsblöcke. — Starker Winterfrost zerstört die Gefäße der Pflanzen, namentlich älterer Bäume, deren Zellengewebe weniger elastisch ist; Frühlingsnachfröste sind auch jüngeren, wenn der Saft bereits in sie

getreten war, nachtheilig.

Die schönsten und oft wunderbar regelmäßig gestalteten Eiskrystalle entstehen, wenn es recht kalt und heiter ist, sich also nur sehr wenige Wasserdünste in der Atmosphäre befinden, so daß sie sich recht langsam



(Fig. 28.)

ordnen können, ohne eine Störung durch die Bildung sehr benachbarter zu erfahren. Man kann sie gut beobachten, wenn man sie mit einer kalten Schiefertafel auffängt. Fig. 29 enthält von den mehr als 100 Gestalten einige Proben.

b. Die Kohäsion.

Zufolge der Anziehung der Molekel eines bestimmten einfachen oder zusammengesetzten Stoffes entstanden also Körper; folglich müssen bei jedem Körper die Massentheile ein gewisses Bestreben haben mit einander verbunden bleiben zu wollen. Diese Neigung des Zusammenbleibens, d. i. die Kohäsion, welche sich in dem Widerstande bei der Trennung äußert, ist im Inneren eines bestimmten flüssigen Körpers nach allen Richtungen dieselbe, bei einem festen aber nach verschiedenen Richtungen oft sehr verschieden.

1) Die tropfbaren Körper. Hat man Alkohol, Wasser und Quecksilber in drei einzelnen Gefäßen und fährt man mit demselben schmalen Brettchen auf gleiche Weise und mit gleicher Geschwindigkeit nach einander durch diese Flüssigkeiten; so ist der Widerstand bei der Trennung im Alkohol am kleinsten, im Quecksilber am größten. Der Grad der Kohäsion ist schon nach dieser Wahrnehmung bei verschiedenen Flüssigkeiten verschieden. Wenn daher aus verschiedenen Flüssigkeiten unter einerlei Umständen Tropfen gebildet werden, so sind sie nicht gleich groß; z. B. für Weingeist und Aether sind sie kleiner, als für Wasser. Hat man einen Tropfen Wasser zwischen den Spitzen zweier Finger, so läßt er sich, wenn man die Finger von einander entfernt, dehnen, ehe er zerreißt. Es wird also auch diese vom Grade des Flüssigseins abhängige Dehnbarkeit bei verschiedenen Flüssigkeiten verschieden sein.

Au der Oberfläche einer Flüssigkeit haben die Molekel ein stärkeres Bestreben einander festzuhalten, als in ihrem Inneren; denn die letzteren werden nach allen Richtungen von anderen angezogen, die ersteren aber bloß nach unten und von der Seite, so daß sie unter einander einen innigeren Zusammenhang haben und eine Art von Flüssigkeitshaut bilden, welche sich bei verschiedenen Erscheinungen zeigt. Ist z. B. ein engeres Trinkglas mit trockenem Rande vorsichtig gefüllt, so kann man über einen Papierstreifen immer noch etwas nachgießen und es überfüllen, so daß eine runde Kappe entsteht. — Auf die ruhige Oberfläche des Wassers in einem Glase läßt sich eine gebrauchte, also etwas fettige Nähnadel legen, ohne daß sie untersinkt. — Viele Insekten, namentlich die Wasserspinnen, können auf dem Wasserhäutchen laufen, ohne daß sie untersinken; sie machen mit ihren Füßen bloß kleine runde Vertiefungen. — Wenn das Wasser aus dem kreisförmigen Spalte eines pilzförmigen Metallkörpers strömt, so hält es die Kohäsion so zusammen, daß eine förmliche Wasserglocke entsteht. — Bei Stürmen hindert es vorzüglich

die Kohäsion, daß die Wassertheilchen in die Höhe und fortgeführt werden. — Sie ist wirksam bei den Seifenblasen, welche sich deshalb verkleinern, wenn sie an einer offenen Röhre, die mit ihrem Inneren in Verbindung ist, sich befinden. Ebenso bei den schönen Figuren, welche an und zwischen mannigfach geformten dünnen Drähten entstehen. — In einem Flusse ist die Geschwindigkeit des Wassers in einiger Entfernung von der Oberfläche etwas größer, als an dieser.

Durch größere Erwärmung einer Flüssigkeit wird ihre Kohäsion vermindert, da die zunehmende Wärme die Molekel von einander entfernt, die anziehende Kraft benachbarter also abnimmt. Es ist also auch natürlich, daß die Kohäsion des Wassers abnimmt, wenn man Salz in ihm auflöst, weil dadurch die als Kügelchen zu denkenden Wassermolekel von einander auch entfernt werden.

2) Die festen Körper. Die Molekularanziehung ist bei festen Körpern zwar kräftiger, als bei flüssigen; ist aber eine Zerlegung in Theile vorgenommen worden, so bilden dieselben durch Aneinanderlegen doch nicht wieder ein Ganzes mit Verwischung der Spuren der früheren Trennung. Bei ihnen ist also die Lagerung der bei verschiedenen Stoffen verschieden geformten und verschieden angeordneten Molekel der Art, daß sie nach der Trennung nicht mehr einander so nahe und in dieselbe Lage gebracht werden können, um durch ihre Anziehung wieder das frühere Ganze zu geben.

Der Widerstand oder die Kraft, welche in dem einen Körper bildenden Stoffe liegt, ist nicht nur bei verschiedenen Körpern verschieden, sondern auch bei demselben Körper, z. B. dem Holze, nach verschiedenen Richtungen nicht derselbe.

Es gibt demnach verschiedene Grade der Festigkeit. Hart heißt ein Körper, wenn eine Trennung ohne, weich aber, wenn sie mit Verschiebung der kleinsten Theilchen stattfindet, wie bei Stahl und Wachs. Spröde und zähe heißen sie unter denselben Bedingungen, aber die Trennung und Verschiebung verbreitet sich entweder leicht über bestimmte Grenzen oder schwer, wie bei Glas und Leder. Noch andere Körper sind dehnbar, geschmeidig, biegsam u. dergl. — Die härtesten Körper sind Diamant und Iridium.

Manche Körper verbinden in sich mehrere Eigenschaften; warmer Kautschuk z. B. ist weich und zähe, Stahl und Glas sind nach dem schnellen Abkühlen sehr hart und spröde, so daß sie sehr leicht in viele Stücke zerbrochen werden können; sie ertragen zwar eine große ruhige Belastung, aber ein Schlag oder Stoß zerstört sie, ja bisweilen eine ganz geringe Verletzung an nur einer Stelle. Wenn in ein sogenanntes Bologneser-Fläschchen aus Glas mit dickem Boden, welches sehr schnell abgekühlt worden ist, auch nur ein ganz kleiner scharfer Splitter eines Feuersteines oder Achates fallen gelassen wird, so zerspringt es sofort in mehrere Theile. — Wenn man von einem Glastropfen, den man hat

in kaltes Wasser fallen lassen, auch nur die Spitze des daran befindlichen Glasfadens abbricht, so zerfällt der ganze Tropfen mit einem kleinen Knalle in Pulver. Die Molekel des Glases haben sich wegen allzurascher Abkühlung nicht naturgemäß anordnen und ablagern können; die an der äußeren Gränze sind bei der schnellen Abkühlung einander nicht so nahe gekommen, als es die inneren bei dem längeren Zustande des Flüssigseins konnten und daher ist eine unnatürliche Spannung zwischen den äußeren und inneren eingetreten. — Man kann dem Glase die Sprödigkeit dadurch zum Theil nehmen, daß man es in Del oder Wasser einige Zeit kocht. — Da es sich nach dem Festwerden noch wochenlang zusammenzieht, so darf man die zu Thermometern bestimmten Röhren mit den angeblasenen Kugeln nicht sogleich verwenden.

Auch glühender Stahl wird durch schnelles Abkühlen in der Luft, in Del, Talg, Wasser, Quecksilber gehärtet und spröde, wie auch die Hufeisen durch Ablöschen in Wasser hart werden. Um dem Stahle die beim Härten erlangte allzugroße Sprödigkeit zu nehmen, wird er nachträglich angelassen, d. h. er wird gelinde erwärmt und dann langsam abgekühlt, wobei er nach dem verschiedenen Wärmegrade verschiedene Farben bekommt, die ein Kennzeichen für seine Brauchbarkeit zu verschiedenen Zwecken sind: bei 177° R. ist er blaßgelb, bei 185° strohgelb, bei 194° goldgelb, bei 203° braun, bei 222° purpurroth, bei 230° hellblau, bei 234 vollblau und bei 253 dunkelblau.

Da Eisen bei großer Kälte spröder wird, so ist es gut nach kalten Nächten eiserne Wagenaxen mit einem Hammer kräftig zu schlagen, wodurch die Gefahr, daß sie beim Gebrauche brechen, vermindert wird. Es mögen dadurch die Massentheilchen sich besser ordnen und inniger berühren. — Wenn in kalten Wintern die Schindelnägel auf Dächern plaziert, so ist dies nicht blos eine Folge größerer Sprödigkeit, sondern auch, weil sie sich, da sie eingeroftet sind, nicht gehörig verkürzen können. — Durch häufiges Telegraphiren werden Metalldrähte spröder und also weniger haltbar.

Chemische Verbindungen ändern die Kohäsion oft bedeutend. Stahl wird durch 1 Prozent Silber sehr hart, und er heißt Silberstahl, Eisen wird durch 1 bis 2 Prozent Kohle zu Stahl. — Messing ist weniger haltbar, wenn zu 3 Theilen Kupfer nur 1 Theil Zink genommen wird, als wenn man mehr Zink verwendet; es ist aber haltbarer, als seine Bestandtheile.

Wir müssen im Allgemeinen die Behauptung aufstellen, daß die Festigkeit eines bestimmten Körpers zunimmt, wenn seine Massentheilchen einander näher treten. Da beim Drahtziehen das Metall durch engere Oeffnungen zu gehen gezwungen wird, so treten namentlich an der Oberfläche die Massentheilchen einander näher, und der Draht ist fester, als ein Metallfaden, welcher in gleicher Stärke gegossen worden ist. Auch durch das Hämmern gewinnen die Metalle an

Festigkeit. — Ebenso hat das Bestreichen der Fäden mit Wachs nicht bloß zum Zwecke das Abfasern beim Nähen zu verhindern, sondern auch die Haltbarkeit zu vergrößern. — Die Metalle werden durch das Schmieden im glühenden oder heißen Zustande und durch Hämmern (Kupfer) oder Walzen im kalten bedeutend fester: geschlagenes Silber ist wohl doppelt, gewalztes Blei wohl viermal so stark, als anderes im gewöhnlichen Zustande. — Durch das Walken und Pressen erlangen gestricke (wollene Strümpfe), gewebte oder auch anders zubereitete Stoffe, wie Leder, Papier (zu Pappdeckeln) eine oft bedeutend größere Haltbarkeit und Festigkeit.

Man kann die Haltbarkeit der Körper oder die Kraft, mit welcher sie einer Trennung ihrer Theile widerstehen, wesentlich nach vier verschiedenen Rücksichten untersuchen:

- 1) welchen Widerstand ein Körper dem Zerreißen beim Ziehen entgegensetzt, was man die absolute Festigkeit nennt;
- 2) welches der Widerstand beim Zerbrechen ist oder die relative Festigkeit;
- 3) mit welcher Kraft er dem Zerdrücken, unter Umständen dem Zerstoßen widersteht, d. i. die rückwirkende Festigkeit und
- 4) die Festigkeit beim Drehen um eine bestimmte Ase oder die Torsionsfestigkeit.

Es ist praktisch z. B. für den Bau von Maschinen, von Häusern höchst wichtig darüber genauere Untersuchungen anzustellen und festzusetzen, was die Erfahrung in diesen Fällen bei denselben Körpern an die Hand gibt. Wir wollen das Wichtigste anführen. Da die bisher erlangten Resultate häufig von einander noch ziemlich stark abweichen, so wäre es wünschenswerth, immer noch Versuche anzustellen.

1) Die absolute Festigkeit.

Wenn man eine dicke und also ziemlich schwere Kreuzspinne an dem von ihr gesponnenen zarten Faden ganz sicher hängen sieht, so verwundert man sich wohl über die Haltbarkeit des Fadens; aber er würde sicher diese Festigkeit nicht haben, wenn er nicht aus einer ungeheuren Anzahl von äußerst dünnen Fäden zusammengesetzt wäre, welche die Spinne, indem sie dieselben aus ihren Spinnwarzen herauszieht, mit ihren Hinterfüßen zusammenklebt.

Um die absolute Festigkeit zu bestimmen, wird der Körper an dem einen Ende befestigt und an dem anderen nach und nach mit immer mehr Gewicht beschwert, bis er reißt.

Unter übrigens gleichen Umständen wächst die Festigkeit eines bestimmten Körpers mit der Vergrößerung seines Querschnittes in gradem Verhältnisse.

Stricke aus Hanf sind bei einer bestimmten Dicke und bei bestimmter

Drehung um so haltbarer, je feiner die Hanffäden sind, also aus je mehr Fäden der Strick besteht. Werden Stricke getheert, so widerstehen sie zwar länger der Witterung, aber sie sind weniger fest, weil die einzelnen Fäden wegen des dazwischen befindlichen Theeres einander nicht mehr so nahe, als früher sind. Wäre etwas Wasser dazwischen, also der Strick feucht, so würde er haltbarer sein, als der getheerte, weil Wasser zu feinen Massentheilchen eine größere Verwandtschaft hat, als Theer, aber immer noch weniger haltbar, als der trockene. Nicht nur die Art der Bearbeitung der Pflanzenfasern, sondern auch die Beschaffenheit des Bodens, auf welchem sie gewachsen sind, ist auf ihre Haltbarkeit von Einfluß.

Beim Anfertigen der Leinwand kann man entweder das Garn bleichen und es verweben, wodurch man Kreasleinwand bekommt, oder ungebleichtes Garn verweben, was rohe Leinwand gibt, oder man kann die fertige Leinwand bleichen. Die Haltbarkeit ist in diesen Fällen in der Art verschieden, daß die Kreasleinwand zwar weniger haltbar, als die rohe, aber fester, als die gebleichte ist. Der Grund davon liegt darin, daß durch das Bleichen die färbenden Bestandtheile entfernt werden, also die Fäden einander nicht mehr so nahe als früher liegen und die gegenseitige Anziehung der Massentheilchen vermindert ist.

Ein Kokonfaden trägt 80, ein Menschenhaar 1500 bis 2000 Gran. Wenn also die patriotischen Frauen von Karthago in ihrem Verzweiflungskampfe gegen die Tyrannei der Alles verschlingenden Römer ihr Haupthaar dem Vaterlande opferten, um daraus Seile für ihre Wurfgeschosse zu machen, so war dies ebenso sehr ein seltenes als brauchbares Material.

Ein Eisendraht von nur $\frac{1}{10}$ Zoll Dicke wird durch 450 Pfunde, ein Stahldraht von derselben Dicke durch 490 Pfunde und ein Stab englisches Eisen von 1 Quadratzoll Durchmesser durch 60000 Pfunde zerissen; aber ein Bund von jenen Eisendrähten im Mittel erst von 130000 Pfunden. — Die feineren Drahtsorten haben eine auffallend größere Tragkraft als starke; weil jene beim Ziehen durch engere Oeffnungen dichter geworden sind, als diese und daher gilt von ihnen das obige Gesetz nicht. Durch das Ausglühen verlieren sie etwa die Hälfte der Kraft.

Die Festigkeit desselben Stoffes ist also nach seiner Behandlungsweise verschieden, es ist z. B. nicht gleichgiltig, ob Kupfer gegossen, zu Drähten gezogen oder gehämmert worden ist, indem hierbei die Lagerung der kleinsten Massentheilchen und somit die Dichtigkeit eine verschiedene wird.

Diese Erfahrung haben die im Bau- und Maschinenwesen ebenso geistreichen als kühnen Amerikaner benutzt, um unterhalb der Niagarafälle in einer Höhe von 150 Fuß über den durch Felsen dahinschäumenden Strom eine 822 Fuß lange, 30 Fuß breite Stagenbrücke, unten 20 Fuß hoch für gewöhnliches Fuhrwerk und Fußgänger, oben für die Eisenbahnzüge, zu bauen, welche mit ihrem ganzen kolossalen Gebälke und den

Eisenstrangen zu dessen festerer Verbindung nur von vier, kaum einen Fuß dicken Drahtseilen getragen wird. Es sind hierbei zuerst wenige dünne Drähte zu einem dünnen Seile, mehre solche dünne Seile zu einem dickeren u. f. f. zusammengedreht, bis die Dicke des Ganzen erhalten wurde. Letzteres ist dann noch mit einem Drahte spiralförmig umwunden und wird auf das sorgfältigste durch Oelfarbe vor Rost geschützt. Die Verankerung der Enden an den beiden Ufern ist in natürlichen Felsen bewirkt, und die Oeffnungen sind mit großen Quadern vermauert, die Leitung der Seile geschieht über je zwei thurmähnliche Pyramiden von 72 Fuß Höhe auf der nördlichen (kanadischen) und von 82 Fuß auf der südlichen Seite, so daß jedes Seil drei Bogen, einen sehr großen über den Fluß zwischen den Thürmen und zwei sehr flache an den Ufern bildet. Auf letzteren sind Anfang und Ende der Eisenbahn abgesteift.

Will man die aus den Versuchen ermittelte Tragfähigkeit der Metalle zu praktischen Zwecken benutzen, so ist es rathsam bei Vorrichtungen, in denen das Metall keiner Bewegung ausgesetzt ist, von jener Tragkraft nur den vierten, höchstens den dritten Theil zu benutzen; bei Bewegungsmaschinen aber und überhaupt bei Bewegungen noch einen geringeren Theil, weil durch langdauernde, wenn auch kleine Erschütterungen das innere Gefüge der Körper sich zum Nachtheile der Haltbarkeit ändert. — Für Hölzer kann man den dritten Theil verwerthen.

Wird die absolute Festigkeit eines Eisendrahtes von $\frac{1}{10}$ Zoll Dicke oder gegen 0,0314 D.-Zoll Querschnitt zu 450 Pfd. die praktische Verwerthung zu $\frac{450}{4} = 112,4$ Pfunden, also für 1 Quadrat Zoll Querschnitt zu 3583 Pfunden (aus der Proportion $0,0314 : 1 = 112,5 : y$) angenommen und wollte man berechnen, welches der Durchmesser X eines Drahtes ist, der 200000 Pfunde Tragfähigkeit besitzt; so müßte man aus der Formel $\frac{3,14 X^2}{4} \cdot 3583 = 200000$, den Durchmesser X bestimmen, welcher 8,4 Zoll beträgt.

Statt dessen könnte man aus der Proportion $3583 : 200000 = 1 \square'' : z \square''$ den Querschnitt für die Tragfähigkeit von 200000 Pfunden bestimmen, den man gleich 55,822 Quadrat Zoll findet und daraus den Durchmesser d aus $\frac{3,14}{4} \cdot X^2 = 55,822$ berechnen, was auch 8,4 Zolle gibt.

Beim Holze haben nicht nur die verschiedenen Arten einen verschiedenen Grad von Festigkeit, sondern selbst bei einem bestimmten Baumstamme ist sie in verschiedenen Theilen verschieden. Das Holz unmittelbar am Marke ist, namentlich bei alten Bäumen, das schwächste; der Splint unterhalb der Rinde ist wohl stärker, aber das in der Mitte

dazwischen ist am stärksten; das in der Nähe der Astknoten, so wie in den Aesten selbst und an der Wurzel ist auch schwächer. In unseren geographischen Breiten ist die Südseite des Stammes fester, weil sie vollkommener ausgebildet ist, als die Nordseite, wo die Jahrringe dünner werden. Grünes Holz ist fester, als solches, in welchem die inneren Kanäle vertrocknet sind.

Die folgende Tabelle gibt an, wie viele preussische Pfunde nöthig sind, um ein Zerreißen eines Zylinders aus dem betreffenden Körper von 1 Quadrat Zoll Querschnitt zu bewirken.

Metalle.

Stahl zu feinen Rasirmessern	158200
" " gewöhnlichen Rasirmessern	142380
" guter englischer	133764
" mittelmäßig biegsamer	130780
" bester biegsamer	125510
" " gehärteter	118120
" gemeiner biegsamer	113900
Eisen, schlesisches	78140
" schwedisches } geschmiedet	76570
" anderes	71300
" in dicken Stangen	32922
" in dünnen "	62710
" französische Stangen	62710
" englisches	61737
" deutsches gegossenes	70433
" englisches gegossenes	95692
Eisendraht	60433
" " mittlere Dicke	94064
" " stärker	77319
Klavierdraht, französischer	136360
Golddraht	67129
Gold, gegossen	21093
" geschlagen	22000
Silberdraht	49690
Silber, gegossen	42186
" geschlagen	41500
Messingdraht	48480
Messing	18531
Kupfer, schwedisches, geschmiedet	38865
" " geschlagen	37000
" " gegossen	38463
" ungarisches	32661

Kupfer, ungarisches, geschlagenes	31000
" spanisches, gegossenes	21785
" japanesisches	20910
Kupferdraht, rother schwedischer	40205
Kupfer, geschmiedetes	33956
Zinn Draht	6609
Zinn, englisches, gegossenes	6167
" geschlagenes aus Banca	3600
" " " Malakka	3100
Blockzinn, geschlagenes	3800
Bleidraht	3934
Blei, englisches, gegossenes	913
" geschlagenes	860
Zink, gegossenes	2903
Wismut, gegossener	3228
Spießglanz, gegossener	1093

Legirungen.

2 Thl. Gold und 1 Thl. Silber	28000
5 " " " 1 " Kupfer	50000
5 " Silber und 1 Thl. Kupfer	48500
4 " " " 1 " Zinn	41000
5 " Kupfer " 1 " "	41000
6 " schwed. Kupfer und 1 Thl. Zinn aus Malakka	64000
Messing im mittel	51000
3 Thl. Blockzinn und 1 Thl. Blei	10200
8 " " " 1 " Zink	10000
6 " Blei und 1 Thl. Zink	4500
4 " Zinn, 1 Thl. Blei, 1 Thl. Zink	13000

Hölzer.

Eiche, vom Kern	26600
" " Splint	14760
" englische	10296
" indische	15090
Erle	24740
Rothbuche	22360
Efche	21488
Kiefer, das stärkste	21400
" " schwächste, harzig	12500
Weißbuche	20400

Zuckerlistenholz	18832
Weißdorn	18350
Buchsbaum	15790
Weide	15709
Ulme	14857
Guajak	14432
Nußbaum	14261
Weißtanne	14036
Kirschbaum	13978
Linden	13870
Ebenholz	13504
Olivenholz	12614
Mispelbaum	12028
Birnbaum	11158
Pflaumenbaum	11099
Hollunder	10547
Sandelholz, rothes	10128
Apfelbaum	10018
Mahagoni	8800

Andere Körper.

Glas, weißes	2812
Hanfseil	9000
" englisches	5571
Maurerziegel	290
Marmor, weißer	1863
Schiefer, italienischer	11833
" englischer	8098
" schottischer	9878

2) Die relative Festigkeit.

Um den Widerstand der Körper, welchen sie dem Zerbrechen entgegensetzen, zu ermitteln, formt man aus ihnen vierkantige und andere Stäbe von genau gleichen Abmessungen und belastet sie an verschiedenen Stellen, nachdem man ihnen eine horizontale Lage gegeben und sie dabei entweder an den beiden Enden befestigt oder an den beiden Enden bloß aufgelegt oder nur an dem einen Ende befestigt hat.

Die Belastung wird bei einem bestimmten Stabe oder Balken das Zerbrechen am leichtesten bewirken, wenn sie im ersten und zweiten Falle in seiner Mitte, im dritten Falle am Ende angebracht ist; es geschieht im ersten Falle an drei Stellen, nämlich in der Mitte und gegen die

beiden Enden, im zweiten Falle nur in der Mitte, im dritten Falle nur an dem befestigten Ende. Die relative Festigkeit ist im ersten Falle größer, im dritten kleiner als im zweiten. Im dritten Falle beträgt sie bei der Belastung an dem freien Ende nur den achten Theil von der im ersten und den vierten Theil von der im zweiten Falle. Ist die Last aber gleichmäßig über die ganze Länge vertheilt, so ist die Tragfähigkeit überhaupt das Doppelte.

Spröde Körper brechen an allen Stellen gleichzeitig quer durch, zähe und elastische biegen sich zunächst und brechen zuerst an der konvexen Seite. In der Anwendung darf ein Körper nur so stark belastet werden, daß er seine Form nicht bleibend verändert, oder daß er nach Beseitigung der Last seine frühere Gestalt wieder annimmt.

Da das Zerbrechen um so eher stattfindet, je weiter die Belastung vom Befestigungspunkte angebracht ist, so muß man in den Stuben die schweren Gegenstände, u. a. auch Repositorien mit vielen Büchern dicht an die Wände stellen.

Hat ein gleichmäßig geformter Balken einen rechtwinkligen Querschnitt und ist er an den beiden Enden unterstützt, so steht die Tragfähigkeit bei einer Belastung in seiner Mitte im graden Verhältnisse der Breite b , dem quadratischen der Höhe h und im umgekehrten der Länge l (Abstand der Belastung vom Unterstützungspunkte), ist also $\frac{bh^2}{l}$.

Hätte man z. B. zwei Balken, jeden von 20 Fuß Länge und 60 Quadrat Zoll Querschnitt; die Breite des einen sei 6 Zoll, des anderen aber 4 Zoll, die Höhe des ersten 10, des zweiten 15 Zolle; so würde der Zähler der Bruches für den ersten Fall $6 \cdot 10^2 = 600$, für den zweiten Fall $4 \cdot 15^2 = 900$, also die Tragfähigkeit des letzteren größer, als die des ersten sein.

Nimmt man zwei Stangen, von denen der Querschnitt 4 Quadrat zolle beträgt, ist aber der eine quadratisch, so daß jede Seite 2 Zoll lang ist, der andere ein Oblongum mit Seiten von 1 und 4 Zoll; so verhält sich die Tragfähigkeit wie 2×2^2 zu 1×4^2 oder wie 8 zu 16.

Sind die Querschnitte zweier Balken quadratisch, so verhält sich ihre Tragfähigkeit wie die Würfelzahlen ihrer Seiten; also ein solcher Balken von 2 Zoll Seite trägt $2 \cdot 2 \cdot 2 = 8$ mal, einer von 3 Zoll Seite $3 \cdot 3 \cdot 3 = 27$ mal mehr, als einer von 1 Zoll Seite. Bei zylindrischen steht die Tragfähigkeit mit den Würfelzahlen der Durchmesser in gleichem Verhältnisse. Hat der zylindrische einen Durchmesser, welcher gleich ist einer Quadratseite, so verhält sich die Festigkeit derselben wie 3 zu 5.

Es ist also bei den Bauten wichtig, daß die Balken, wie man zu sagen pflegt, auf die hohe Kante gelegt werden, d. h. daß die schmalen Seiten des Querschnittes unten und oben zu liegen kommen. Deshalb wendet man in Amerika bei den Häusern statt der Balken etwa vier-

zöllige Bohlen an, die man aber etwas näher aneinander legt, als wenn es Balken wären und zur Vermeidung von Schwankungen gegen einander durch ähnliche Bohlenstücke schräge absteift. Mit geringerer Last erreicht man eine größere Festigkeit.

Da Holz nicht nach allen Richtungen gleiche Festigkeit besitzt, so müßte noch berücksichtigt werden, wie man aus dickeren Baumstämmen die Bohlen oder Balken zu schneiden hat, damit die sogenannten Jahrgänge (Jahresringe) möglichst lothrecht zu stehen kommen, wenn der Balken auf die schmale Seite gelegt wird. Liegen die Jahrgänge horizontal, so hat der Balken unter übrigens gleichen Umständen eine geringere Tragfähigkeit.

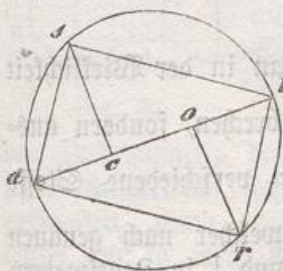


Fig. 29.

Will man aus einem zylindrischen Baumstamme, dessen Querschnitt also ein Kreis ist, (Fig. 29) den stärksten Balken schneiden, so theilt man sich den Durchmesser an in drei gleiche Theile, legt durch die beiden Theilungspunkte c und o die Lothrechten es und or auf den entgegengesetzten Seiten des Durchmessers bis an die Kreislinie und verbindet die Treffungspunkte s und r mit den beiden Endpunkten des Durchmessers. Das Oblongum snra ist der Querschnitt des verlangten Balkens; seine Seiten verhalten sich etwa wie 5 zu 7.

Die Form und die sie mitbedingende Massenvertheilung ist für die Tragfähigkeit noch von der größten Bedeutung. Ein massiver Zylinder leistet mehr Widerstand, als ein vierkantiger Balken mit quadratischem Querschnitte von demselben Durchmesser. Ein spitz zulaufender und am dickeren Ende befestigter (wie bei Altanen) trägt mehr als einer von gleichmäßiger Dicke und demselben Volumen; hohle Körper aus einem bestimmten Stoffe haben bei gleichem Gewichte, gleicher Länge und gleicher Form eine größere Haltbarkeit, als massive. Daher sind die hohlen Stempel und Halme der Pflanzen, die hohlen Knochen der Vögel und überhaupt die röhrenförmigen Knochen haltbarer, als wenn sie massiv wären und dieselbe Masse besäßen.

Ebenso wendet man hohle Wagebalken und Balanciers bei Maschinen an.

In allen Fällen ist zur Beurtheilung der Festigkeit zu dem Gewichte der Belastung noch das des belasteten Materials zuzurechnen.

Diese Betrachtungen sind bei Bauten von der größten Wichtigkeit, da durch hohles Gebälk die Leichtigkeit und Haltbarkeit gewinnt. Daher wenden vorzüglich die Amerikaner bei ihren Eisenbahn- und anderen Brücken, z. B. in Buffalo über die Kanäle in der Stadt, fast durchgängig hohle und unten offene Streben von Eisen an, welche sich gegen die

Pfeiler an den beiden oft mehr als 80 Fuß von einander entfernten Ufern stemmen, und die dann das Gebälk zur Fahrbahn mit der allergrößten Sicherheit schwebend tragen, so daß man mit schwer belasteten Wagen im Trabe darüber fährt.

Bei Eisen ist erfahrungsmäßig das beste Verhältniß des inneren zum äußeren Durchmesser 3 zu 4 (höchstens 5 zu 6) wie z. B. zu Wellen von Mühlenrädern.

Bei Hohlzylindern von derselben Metallstärke verhalten sich die Tragfähigkeiten wie die Quadrate (nicht wie die Kuben) der Durchmesser. Um massive Träger zu vermeiden und dabei der Masse mehr Oberfläche zu geben und so den hohlen näher zu kommen, verfertigt man sie T förmig und verwendet sie auch in dieser Stellung.

Wenn $\frac{bh^2}{l}$ die Tragfähigkeit war, so darf man in der Wirklichkeit davon etwa nur $\frac{2}{3}$ rechnen, wenn der Körper nicht brechen, sondern ausdauern soll und dieser Werth $\frac{2}{3} \cdot \frac{bh^2}{l}$ wird für verschiedene Stoffe noch einen besonderen Faktor bekommen müssen, welcher nach genauen Versuchen in Kilogrammen ausgedrückt, wenn bh und l in Zentimetern angegeben sind, folgender ist und zwar für

Schmiedeeisen	1252	Rohtannenholz	302
Guß Eisen	1076	Weißtannen	255
Messing	471	Buchenholz	166
Eichenholz	272		

In der folgenden Tabelle bedeuten die den Stoffen beige gesetzten Zahlen die Menge von Berliner Pfunden, welcher ein rheinländischer Kubitzoll zu tragen fähig ist, ohne seine Form bleibend zu ändern.

Schmiedeeisen	18315	Rohtanne (Pechtanne)	4414
Guß Eisen	15743	Eiche (gradfasrig)	4074
Glockenspeise	10289	Fichte (gelbe)	4013
Messing	6894	Mahagoni von Honduras	3910
Zink	5865	Weißtanne	3735
Zinn	2963	Esche	3643
Blei	1511	Ulme	3334
Fischbein	5762	Buche	2428
		Leiche	2125

3. Die rückwirkende Festigkeit.

Die rückwirkende Festigkeit läßt sich nicht nach der absoluten bestimmen, obwohl sie grade im entgegengesetzten Sinne wirkt, weil die Trennung nicht durch bloßes Losreißen über einander befindlicher Theile,

sondern zugleich durch Trennung von den seitwärts liegenden geschieht. In diesem Falle ist es noch wichtiger, als in den früheren, zu unterscheiden, ob ein Körper in seinem Innern nach allen Richtungen dasselbe Gefüge habe, wie z. B. ein feinkörniger Sandstein, oder ob er schichtenförmig gebildet ist, wie etwa Schiefer und alle Steine mit krystallinischem Gefüge oder wie die Holzarten.

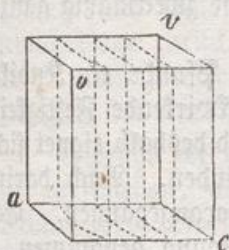


Fig. 30.

Hat man in beiden Fällen aus den Stoffen Würfel gemacht, so ist es im ersten Falle gleichgiltig, auf welche Seite der Würfel gelegt wird, um ihn von der entgegengesetzten zu belasten, im anderen Falle aber nicht. Hat man nämlich den Würfel (Fig. 30) aus einem Baumstamme so geschnitten, daß zwei Schnittflächen ac und ov horizontal und die beiden anderen Paare zwar lothrecht gelegt sind, aber das eine von ihnen oc und av so ziemlich lothrecht auf den Jahrgängen, das andere ao und vc in ihrer Richtung; so ist seine rückwirkende Festigkeit am größten, wenn er auf ac und ov , am geringsten, wenn er auf ao oder vc gelegt wird, denn die Kohäsion leistet um so mehr Widerstand, je mehr Massentheile in der Richtung der drückenden Kraft liegen. Dies war auch schon bei der relativen Festigkeit zu berücksichtigen. — Das Zertheilen des Holzes geschieht am leichtesten durch eine in der Richtung der Jahrgänge wirkende Kraft.

In gleicher Weise haben Krystalle, Fischbein, Federposen und viele andere Körper nach verschiedenen Richtungen eine verschiedene Kohäsion oder Festigkeit. Will man also z. B. Felsen sprengen oder Steine in Stücke zer schlagen, so ist es nicht gleichgiltig, in welcher Richtung man das Sprengloch bohrt, oder auf welcher Stelle man den Stein schlägt.

Auch ist die Gestalt des Körpers, welcher zum Tragen bestimmt ist, abgesehen von dem Stoffe, bei einem bestimmten Volumen wichtig. Eine Pyramide und ein Kegels tragen mehr, als ein Zylinder und dieser mehr, als ein Prisma und letzteres dann am meisten, wenn seine Grundfläche ein Quadrat ist. Wenn die Länge das Dreifache von der Dicke ist, so zerknicken manche bis zur großen Belastung.

Die rückwirkende Festigkeit wächst unter übrigens gleichen Umständen in gradem Verhältnisse mit der Größe des Querschnittes, ist um so größer, je kleiner der Umfang desselben ist und nimmt mit der Höhe des Körpers im umgekehrten quadratischen Verhältnisse derselben ab, wenn in ihrer Richtung die drückende Kraft wirkt.

Für die praktische Anwendung ist es also besonders wichtig zu wissen, welche Belastung eine zylindrische oder prismatische Säule erträgt, ohne sich zu biegen und dann zu brechen. — Hohle Körper übertreffen auch hier massive von gleichem Gewichte und gleicher Höhe. Es haben z. B. hohle Zylinder von recht steifem Pappdeckel eine sehr auffallende Tragfähigkeit.

Von zwei gleichgeformten Körpern, welche aus Stücken desselben Stoffes zusammengesetzt sind, hat derjenige eine größere rückwirkende Kraft, dessen Bestandtheile größer sind. Von zwei Häusern wird also das eine größere Dauerhaftigkeit besitzen, dessen Mauersteine bei derselben Güte größer sind. — Aus diesem Grunde legt man in Amerika bei den aus gebrannten und ziemlich kleinen Steinen aufgeführten Pfeilern der untersten Stockwerke in kleineren Zwischenräumen höchst zweckmäßig ganze Steinplatten von den Dimensionen der Pfeiler.

Die folgende Uebersicht gibt an, durch wie viele Pfunde ein Kubitzoll der betreffenden Stoffe zerdrückt wird. Die rückwirkende Festigkeit des Gußeisens ist fast das doppelte von der absoluten, und deshalb eignet sich dieses Material ganz besonders zum Tragen bei Gebäuden. Auch darin sind die Nordamerikaner uns mit gutem Beispiele vorangegangen. Es hat dort die Eisenindustrie einen unglaublichen Aufschwung genommen.

Gußeisen	140000	Pappel	4927
Porphyr	23730	Birke	6147
Granit, im Mittel	18000	Rothtanne	6293
Marmor, im Mittel	12600	Fichte	6515
Kalkstein, dichter schwarzer	17758	Erle	6693
„ erdiger	4167	Weißtanne	6964
„ weicher	1407	Nußbaum	6966
Sandstein, fester	2512	Esche	9088
„ weicher	1206	Buche	9090
Backstein, gut	2349	Eiche, englische	9695
„ schwach	938		

Im Allgemeinen leisten die Körper gegen das Zerbrechen (relative Festigkeit) einen etwas größeren Widerstand, als gegen das Zerreißen (absolute F.), aber einen kleineren, als gegen das Zerdrücken (rückwirkende F.).

4. Torsionsfestigkeit.

Wird ein Draht an dem einen Ende befestigt, an dem anderen beschwert, etwas um seine Ase gedreht und dann losgelassen, so kehrt er mit einer der drehenden Kraft verhältnißmäßigen Geschwindigkeit durch eine Reihe von drehenden Schwingungen in seine frühere Ruhelage zurück, wobei der Widerstand dem Drehungswinkel verhältnißmäßig ist. — Ein Körper von doppelter Länge leistet bei der Drehung um denselben Winkel nur den halben, aber bei doppeltem Querschnitte einen viermal so großen Widerstand, als ein anderer aus demselben Stoffe von einfacher Länge und einfachem Querschnitte; also der Widerstand nimmt im graden Verhältnisse mit dem Quadrate des Querschnittes und im umgekehrten der Länge zu.

Dieser Drehungswiderstand steht für verschiedene Stoffe nicht in

gleichem Verhältnisse mit der Festigkeit der betreffenden Stoffe. Es ist z. B. die absolute Festigkeit des Eisendrahtes nur 1,7mal größer, als die des Messings; aber jener leistet einen 3,3mal größeren Drehungswiderstand, als dieses.

Wird die Drehung bei einem gewissen Stoffe und bestimmten Dimensionen über eine bestimmte Gränze fortgesetzt, so wird der Körper zerdreht und seine Theile können nicht mehr in ihre ursprüngliche Gleichgewichtslage zurück. Messing läßt sich mehr drehen, ehe es zerbricht, als Eisen, und so überhaupt wächst mit dem Drehungswiderstande auch die Fähigkeit bei einer Drehung um einem gewissen Winkel zerdreht zu werden.

Obwohl bei der Drehung eines Körpers seine Theilchen im Inneren sich verschieben, also an einander sich reiben müssen, was bei der Herstellung der ursprünglichen Lage einen Kraftaufwand erfordert, wodurch eine vollkommene Rückkehr in dieselbe verhindert werden sollte; so gelangen dennoch alle Theilchen in ihre Gleichgewichtslage dann zurück, wenn die sie verändernde Kraft das Maß der Elastizität, die Elastizitätsgränze des betreffenden Körpers nicht übersteigt. Geschieht dies aber, so kommen sie nicht wieder in ihre alte Stellung zurück, wenn auch die wirkende Kraft aufhört, sondern zerbrechen, wenn die Wirkung fortbauert, und zwar zunächst an den von der Axe entfernteren Stellen, weil dort die Wege am größten waren. Die äußeren Theile verlängern sich zwar, weil sie zugleich aber wegen des dabei stattfindenden Widerstandes auf die inneren drücken, so findet im Allgemeinen beim Zerdrehen eine Verkürzung des Körpers statt.

Die Torsionsfestigkeit ist bei den Drehungsaxen an verschiedenen Maschinen von großer Wichtigkeit, wie bei den Wellen der Räder, bei den Winden, Schrauben.

Wenn f die relative Festigkeit eines Körpers bis zur Gränze der Ueberwindung seiner Elastizität in Pfunden ist (womit ein Prisma von 1 Quadrat Zoll Querschnitt belastet werden darf), wenn ferner d der Durchmesser einer zylindrischen Walze, r der Hebelarm bis zur Drehungsaxe, an welchem die Last den Körper zu winden strebt, und w das Gewicht in Pfunden ist, welches ohne eine bleibende Formveränderung herbeizuführen, in diesem Abstände auf denselben wirken darf; so findet man nach der Erfahrung für eine massive Walze, bei welcher die Länge den Durchmesser übertrifft, den Ausdruck:

$$w = \frac{fd^3}{122,8 r}$$

Ist aber der Zylinder hohl und der innere Durchmesser $o,6 d$, (d. h. $\frac{6}{10}$ von dem Durchmesser der ganzen Walze), was am zweckmäßigsten ist; so gilt die Formel

$$w = \frac{fd^3}{141,7 r}$$

Diese Ausdrücke sind für das Praktische von Wichtigkeit.

Wenn man z. B. den Durchmesser einer massiven Mühlenwelle aus Gußeisen zu wissen verlangte, an welcher ein Wasserrad von 9 Fuß Radius angebracht werden sollte, wobei auf seinen Umfang eine Wasserkraft von 2000 Pfunden als höchstes Maß wirkte; so wäre $w = 2000$ Pfunde, $r = 9$ Fuß, $f = 15300$ Pfunde (Alles nach englischen Maßen), und aus $2000 = \frac{15300 \cdot d^3}{122,8 \cdot 9}$ würde $d^3 = 144,477$ und d selbst nahe gleich $5\frac{1}{4}$ Zoll als Durchmesser der Welle sich ergeben.

Sollte aber die Welle hohl sein, so wäre aus $2000 = \frac{15300 \cdot d^3}{141,7 \cdot 9}$ der Werth von $d^3 = \frac{2000, 141,7 \cdot 9}{15300}$ und d nahe gleich $5\frac{1}{2}$ Zoll.

Wenn man beim Baue von der Sicherheit des angewendeten Materiales spricht, und z. B. sagt, es biete die sechsfache Sicherheit dar, so meint man, es verträgt eine sechsfache Last bis zur Gränze der Haltbarkeit, es ist also davon nur ein Sechstel in Anspruch genommen. Im Allgemeinen nimmt man für Schmiedeeisen beim Zuge die 6 bis 10fache, beim Biegen die 4 bis 6fache, für Gußeisen beim Drucke die 4 bis 6fache, für Holz beim Drucke die 4 bis 8fache, beim Zuge die 10fache, für Stein beim Drucke die 15 bis 20fache Sicherheit und geht bei ruhiger und gleichmäßiger Kraftwirkung nicht leicht unter die untere Gränze.

c. Die Auflösungen.

Eine sehr häufig vorkommende Molekularanziehung zeigt sich selbst zwischen Körpern verschiedener Aggregatzustände und zwar einerseits der tropfbaren gegen feste und andererseits der festen gegen tropfbare, welches die Erscheinungen von den Auflösungen und Kapillar- oder Haarröhrchen-Anziehungen sind.

Wird zu Wasser Kochsalz in zunehmender Menge gethan, so verschwindet letzteres nach und nach in ihm, bis endlich der Fall eintritt, daß das neu hinzugekommene Salz von dem Wasser nicht mehr aufgenommen wird und dann ist die Auflösung gesättigt. 100 Gewichtstheile Salz sind im Stande höchstens 27 Theile trockenen Salzes aufzunehmen. Ebenso löst sich Zucker in dem Wasser auf, nicht aber ein Harz. Für letzter muß man Alkohol anwenden. Die Flüssigkeit, welche einen festen Körper in sich auflöst, heißt das Auflösungsmittel. Wird zu einer gesättigten Auflösung von dem Auflösungsmittel zugethan, so wird die Auflösung verdünnt und wir haben eine Verdünnung. Die homöopathischen Heilmittel sind meistens sehr bedeutende Verdünnungen, weil jede neue Verdünnung in dem zehnfachen Verdünnungsmittel aufgelöst ist. Bei den gesättigten Auflösungen sowohl, als auch bei den

Verdünnungen findet eine vollkommen gleichmäßige Vertheilung der beiden Stoffe statt, welche in der Auflösung wieder zu erkennen sind: man schmeckt es, daß man Wasser mit Zucker oder Zuckerwasser, Wasser mit Salz oder Salzwasser trinkt und es sind die Auflösungen durchaus nicht chemische Mischungen, welches Körper von wesentlich neuen Eigenschaften sind, die in den Mischungsantheilen gar nicht vorhanden waren. Da wir uns die Molekel der Flüssigkeiten als Kügelchen gedacht haben, welche zwischen sich Räume ohne den betreffenden Stoff enthalten, so wird es gestattet sein anzunehmen, daß die Molekel des aufzulösenden Stoffes sich in diese Zwischenräume begeben und dieselben um so mehr erfüllen, je mehr der Sättigungsgrad erreicht ist. Ist letzteres der Fall, so werden neu hinzukommende Theile des aufzulösenden Körpers zwischen den Kugelatomen des Auflösungsmittels herabfallen, ohne von ihnen angezogen und zurückgehalten zu werden.

Es ist natürlich, daß durch das Pulverisiren des aufzulösenden Körpers und durch das Umrühren des Auflösungsmittels das Auflösen befördert wird; die Erwärmung des letzteren aber erhöht oder vermindert die Fähigkeit aufzulösen, je nach Verschiedenheit der Stoffe, welche durch die Wärme ausgedehnt werden. Wird das Auflösungsmittel durch die Wärme weniger ausgedehnt, als der aufzulösende Stoff, so vermindert die Erhöhung der Temperatur die Auflösungsfähigkeit. Diese Erscheinungen stimmen sehr gut zu der Vorstellung, welche wir uns von dem Wesen der tropfbar flüssigen Körper gemacht haben.

Der aufgelöste Körper kann durch Verdunsten oder Abdampfen aus der Auflösung geschieden werden. Das ziemlich eingeschlossene mittelländische Meer hat wegen seiner höheren Temperatur eine bedeutende Verdunstung und ist deshalb mit Seesalz mehr gesättigt, als offene und kältere Meere. Wenn man also sein Wasser in flache Bassins leitet, wo es im Sommer rasch verdunstet, so läßt dann sich aus dem Rückstande leicht das Seesalz gewinnen. Das Wasser der Eismeere zeigt auch einen höheren Sättigungsgrad, weil die großen Eismassen von Seesalz wenig enthalten.

d. Die Kapillarerscheinungen.

a. Auch die festen Körper zeigen gegen die tropfbaren eine oft sehr lebhafteste Molekularanziehung. Sie äußert sich zunächst dadurch, daß der feste Körper nach dem Eintauchen in den flüssigen durch letzteren an seiner Oberfläche benetzt ist, daß ein Tropfen des flüssigen auf dem festen seine Kugelgestalt ziemlich verliert und zerfließt und daß der flüssige Körper in die feinsten Kanäle oder Poren des festen eindringt und sein Inneres, nicht seinen Stoff durchdringt.

Reines Glas, kahnfreies Holz, der reine trockene Finger werden von

Wasser benetzt; Gold, Silber, Zinn, Blei, Wismuth, Zink, Kupfer von Quecksilber.

Wenn man aus einem vollen Gefäße, das von der darin befindlichen Flüssigkeit benetzt wird, diese unter einem kleinen Neigungswinkel ausgießt, so fließt sie leicht an der äußeren Fläche von ihm herab; will man also einen freien Ausgußstrahl haben, so gibt man dem Gefäße einen hinreichend breiten und langen Ausgußschnabel, damit die Flüssigkeit sofort unter einem größeren Winkel von dem Gefäße sich entfernt. Wenn dagegen gefehlt ist, so kann man an die Ausgußstelle ein Stäbchen, welches von der Flüssigkeit benetzt wird, schräge anhalten und die Flüssigkeit an ihm herab gießen. — Will man einen empor-springenden Wasserstrahl etwas von der lothrechten Richtung ablenken, damit das herabfallende Wasser das emporsteigende nicht hindere bis zur größtmöglichen Höhe zu gelangen, so darf man das von ihm benetzte Springrohr oben nur etwas schräge abschneiden. — Ein senkrechter Wasserstrahl wird durch ein daran gehaltenes und von ihm benetztes Stäbchen abgelenkt.

Das Leimen, Kitten, Tuscheln, Schreiben, Koloriren von Zeichnungen, das Aufstreichen der Metalle, des Holzes, der Häuser mit Oelfarbe, der Schiffe mit Theer gehört zum Theil ebenfalls hierher.

Wenn ein rauhes Hanfseil ohne Ende lose um zwei über einander befindliche Walzen gelegt ist, von denen die untere im Wasser liegt und die obere rasch gedreht und dadurch das Seil mit bewegt wird; so wird das von dem Seile mit heraufgebrachte Wasser oben seitwärts abgeschleudert und kann aufgefangen werden. Das ist die Wasserseilmaschine von Vera. Obwohl der Erfinder mit seinem Modelle, dessen Seil 21 Linien im Umfange besaß, in $7\frac{3}{4}$ Minuten aus einer Tiefe von 63 Fuß 250 Pinten Wasser hob; so steht ihrer Anwendbarkeit doch der Mangel an Dauerhaftigkeit und der ziemlich große Kraftaufwand entgegen.

In Beziehung auf die Stärke der Molekularanziehung verschiedener Körper gegen einander ist es nicht ohne Interesse wahrzunehmen, wie auf einem bestimmten Körper, z. B. dem Glase, verschiedene Flüssigkeiten einander verdrängen. So wird Wasser durch einige Tropfen Terpentin-spiritus fortgetrieben, dieser aber wird durch Weingeist verdrängt, also auch Wasser durch letzteren, wodurch die Anziehung des Wassers zum Glase aufgehoben wird.

Alle diejenigen Körper, welche von einer Flüssigkeit benetzt werden, porös sind und in ihrem Inneren mehr oder weniger enge Kanäle haben, nehmen diese Flüssigkeit, wie man es mit Wasser an Fließpapier, einem feuchten Waschwamme, einem Stückchen Zucker sehen kann, mit großer Begier, ja mit einer erstaunlichen Kraftentwicklung in sich auf, weil die Anzahl der freilich sehr kleinen Elementarkräfte der einzelnen Molekel un-gemein groß ist, wodurch eine sehr bedeutende Summe entsteht.

Stricke schwellen durch Wasser an, indem sie durch das Zurückdrehen ihrer Fäden dicker werden. In Rom ist ein egyptischer Obelisk von 900000 Pfunden durch das Beregnen der Taue während einer Nacht, vor welcher die Arbeit aufgegeben wurde, ohne daß er vollends aufgerichtet werden konnte, grade gestellt worden.

Hat das Wasser in zwei neben einander stehenden Gläschen einen verschiedenen Höhenstand und legt man einen Bopf von lose neben einander liegenden Hanf- oder Asbestfäden von einem Glase nach dem andern, so daß er das Wasser in beiden berührt; so steigt das Wasser durch diesen Bogen vom höheren Wasserspiegel so lange, bis das Niveau beider gleiche Höhe hat.

Die schönen 24 Fuß langen Granitsäulen in der Isaakskirche zu St. Petersburg sind aus dem Felsen am Ladogasee dadurch aus dem Ganzen gesprengt worden, daß man der Längenausdehnung nach in den geeigneten Felsen Spalten einmeißelte, in diese Holzkeile eintrieb, welche vorher am Feuer scharf getrocknet worden waren und endlich die Keile mit Wasser begoß. Das Absprengen geschah dann ohne weiteres Zuthun durch die Molekularanziehung des Holzes gegen das Wasser.

Das Krumpfen der wollenen Zeuge besteht darin, daß sie naß gemacht werden, wodurch die Fäden sich zurückdrehen und verkürzen, also die Zeuge dichter machen und die Längenausdehnung verkleinern.

In den zellenartigen Kanälen der Pflanzen steigen die Säfte mit großer Kraft und gehen wieder zurück. Man sucht daher Bäume dadurch zum Früchtetragen zu zwingen, daß man ihnen enganschließende Reifen umlegt, damit die rückgängige und weniger kräftige Bewegung der Säfte gehindert werde.

Will man in der Anatomie Thierschädel sprengen, um zu untersuchen, wie die einzelnen Theile zusammengefügt sind, so füllt man sie mit trockenen Erbsen und macht diese dann naß.

Beim Kochen von trockenem Backobst und Hülsenfrüchten darf man die Töpfe lange nicht voll machen, damit sie nach dem Anquellen noch Platz finden.

Will man Papier auf ein Reißbrett zum Zeichnen recht glatt aufspannen, so macht man es durch einen wasserhaltigen Schwamm naß, wodurch es sich ausdehnt, bestreicht seinen Rand mit arabischem Gummi, klebt es auf und überläßt es dann sich selbst, wobei es nach dem Zusammentrocknen glatt aufgespannt ist.

Tonnen und Fässer, welche so ausgetrocknet sind, daß sie feine Spalten bekommen haben, legt man entweder ins Wasser, am besten in heißes, weil die Wärme das Holz ausdehnt und das Wasser so leichter in seine Poren dringen kann oder man umgibt sie mit nassen Lappen.

Wollen die Stiele aus den Beilen und Aexten fallen, so macht man sie naß. — Reifen werden an hölzernen Gefäßen durch das zu bedeutende Anquellen bisweilen gesprengt. — Das Quellen der Thüren und Fenster

im Winter. — Gehen neue Fenster von frischerem Holze im Sommer auch etwas schwer zuzumachen, so muß sich hüten sie abhobeln zu lassen, weil sie später nach dem Zusammentrocknen zu lose sind.

Soll durch Weingeist, Del, Gasäther, Petroleum, geschmolzenes Talg oder Wachs eine einzelne Flamme erzeugt werden, so bringt man ein Docht in dieselben und das Brennmaterial steigt in seinen feinen Kanälen über das Niveau der Flüssigkeit, um dort zu verbrennen. Man hat auch zu Nachtlampen enge Glasröhrchen angewendet, welche durch einen kleinen Schwimmer aus dünnem, ausgehöhltem Metallbleche gehen.

Böttcher und Schiffbauer sowie Stockfabrikanten brauchen oft gekrümmte Hölzer und können dieselben nach dem natürlichen Wuchse in der gewünschten Weise sich nur sehr selten verschaffen. Sie wenden daher zu diesem Zwecke Wasser und Feuer an: durch ersteres gehen die Holzfasern weiter von einander, wodurch ihre Kohäsion vermindert wird und ihre Form leichter geändert werden kann; durch letzteres wird das zwischen den Holztheilen befindliche Wasser beseitigt und die trockenen Holztheile erfassen einander in der ihnen früher gegebenen neuen Lagerung zu einer bleibenden Gestalt.

Manche Ackerstücke wollen nie austrocknen, sondern zeigen stets bis obenhin Feuchtigkeit. Dies rührt davon her, daß in der Tiefe eine Wasseransammlung stattfindet, von wo aus das Wasser durch den lockeren Boden so heraufdringt, wie der Kaffee im Zucker, wenn man auch nur eine Spitze von ihm eingetaucht hat. Man nennt solche Stellen Wassergallen. Wenn Haufen von Sand, Erdboden oder Asche unten im Rassen sind, so werden sie bis auf den Gipfel feucht.

Es ist für die Dauerhaftigkeit der Gebäude und die Gesundheit ihrer Bewohner höchst wichtig, daß zu den Fundamenten nicht ein Material genommen werde, welches, wie manche schwarze Feldsteine, gebrannte Schluffsteine u. a., wegen seiner Porosität und Neigung das Wasser anzuziehen, bei einem nassen Untergrunde fortwährend feucht sind. Weil auch bei besserem Baumaterialie das Empordringen der Feuchtigkeit, wenn sie im Uebermaße vorhanden ist, nie ganz beseitigt werden kann; so ist es gut auf das Mauerwerk des Erdgeschosses eine ziemlich starke Lage eines Materiales, wie Theer und Asphalt, zu bringen, welches die Nässe nicht weiter nach oben dringen läßt. Man nennt dies eine Isolirsicht.

Die Stärke dieser Molekularanziehung verschiedener Stoffe gegen einander läßt sich genauer untersuchen, wenn man von den festen Körpern enge Röhrchen von verschiedener Weite bis zu einer solchen Feinheit macht, daß sie kaum ein zartes Haar durchlassen, weshalb sie auch Haarröhrchen, Kapillarröhrchen, heißen und sie dann in Beziehung auf verschiedene Flüssigkeiten untersucht.

Hält man die Mündung eines engen und reinen Glasröhrchens an

einen Wassertropfen, so eilt er in das Röhrchen und läßt sich mit ihm fortnehmen. Ist das Röhrchen nur kurz, so kann man mit ihm etwas Pockenlymphe ansaugen lassen, die seine Oeffnung an einer Stichtlamme zu schmelzen und diese Lymphe zum Gebrauche für spätere Zeiten aufbewahren.

Läßt man das in einer engen Glasröhre befindliche Wasser ausfließen, so bleibt immer etwas davon haften.



Hält man die an beiden Enden offene Röhre in ein Gefäß mit Wasser, so steigt es in ihr zu um so bedeutenderer Höhe über den äußeren Wasserspiegel, je enger sie ist. Der Vorgang ist (Fig. 31) leicht erklärlich. Das Wasser wird nämlich von der inneren Wand der Röhre angezogen und an ihr so emporgehoben, daß es oben eine ausgehöhlte oder konkave Fläche bildet; aber die Rändertheile dieser Wasserfläche sind einander so nahe, daß sie durch ihre Anziehung die Vertiefung bald ausfüllen; das Wasser wird nun aufs neue an der Wand emporgezogen, fließt aufs neue nach der Mitte zusammen und dies wiederholt sich so lange, bis das Gewicht der gehobenen Wassersäule den anziehenden

(Fig. 31.) Kräften das Gleichgewicht hält. Es ist also natürlich, daß eine enge Wassersäule höher sein muß, als die weite, wenn sie mit ihr dasselbe Gewicht haben soll. Für gewisse Stoffe müssen die Höhen der Flüssigkeitssäulen wie umgekehrt die Durchmesser sich verhalten. Die Dicke der Röhrenwände hat auf die Erscheinung keinen Einfluß. Bei verschiedenen Flüssigkeiten stehen die Höhen mit ihren Kohäsionen nahe in gleichem Verhältnisse. Vermehrung der Wärme vermindert die Kohäsion, also auch den Höhenstand.

In einem Röhrchen von 1 Millimeter Durchmesser steigt das 10° warme Wasser auf 30 Millimeter Höhe, bei 2 Millimeter Durchmesser nur bis zu 15 Millimeter, bei $\frac{1}{10}$ Durchmesser aber bis zu 300 Millimeter Höhe und da die Gefäße der Pflanzenzellen einen Durchmesser von kaum $\frac{1}{100}$ Millimeter haben, so müssen die Säfte mit großer Kraft steigen. — Steigt Wasser auf 30,7 Millimeter Höhe, so erreicht Schwefelsäure nur 20,12, Alkohol 12,4, Aether 10,8.

Wenn Körper, wie Schwamm, Löschpapier u. dgl. in sich dem Gewichte nach mehr Wasser tragen können, als sie selbst wiegen; so ist zu berücksichtigen, daß die Kanäle in ihnen nicht alle oder vielmehr die wenigsten lothrecht aufsteigen und diese auch nur zum Theil, so daß das Wasser, welches zuerst aufwärts gegangen und dann seitwärts geflossen ist, an den darunter liegenden Massentheilen eine neue Stütze gewinnt und somit, der Kapillaranziehung folgend, höher steigen kann.

Da die organischen Körper sehr viele Poren haben, so findet durch sie ein außerordentlich lebhafter Verkehr im Austausch der Stoffe mit der Außenwelt statt und man kann geradezu sagen, daß er eine der noth-

wendigsten Lebensbedingungen und des Wohlbefindens der lebenden Geschöpfe ist.

Es wird demnach z. B. jeder verständige Gärtner dafür sorgen, daß die alte abgestorbene Rinde seiner Obstbäume, so wie das darauf schmuckende Moos beseitigt werde, er wird den die Blätter bedeckenden Staub durch Besprengen u. dgl. abspülen, damit Luft, Feuchtigkeit, Licht und Wärme auf die Pflanzen besser einwirken können. Sie athmen durch die Poren ein und aus (Kohlensäure, Sauerstoff).

Dieser Verkehr ist bei dem lebenden thierischen Körper ein noch lebhafterer. Nach einem Bade ist man etwas schwerer, als vorher, weil der Körper durch die ungeheure Anzahl seiner Poren Wasser angezogen hat und mit ihm auch die Stoffe, welche im Wasser aufgelöst sind. Daher der Nutzen von angemessenen Bädern in Krankheitsfällen, um dem Körper diejenigen Stoffe zuzuführen, welche er zu seiner Gesundheit braucht und um die gestörte Hautthätigkeit in den Gang zu bringen, die überhaupt durch das Reinhalten befördert wird.

b. Die Kapillarerrscheinungen bieten noch eine zweite Seite der Betrachtung dar.

Taucht man ein reines Porzellan- oder Glasstäbchen in Quecksilber, so bleibt es trocken oder wird nicht benetzt, ebenso Eisen und Platin; hat man die Hand ganz dicht mit Bärlappsaamen (Hexenmehl) bestreut, so wird sie durch Wasser nicht genäßt, man kann also z. B. ein Stück Geld, welches unter Wasser in einem Teller liegt, herausholen, ohne die Finger sich naß zu machen, wenn man auf die Wasserfläche eine Lage dieses feinen Pulvers streut.

Ähnlich wirken Fette und fette Oele. — Daher sind die Wasservögel vor dem Naßwerden ihrer Haut geschützt, denn sie bestreichen sich ihre Federn mit dem Fette, welches sie mit dem Schnabel aus einer Drüse am Steiße drücken.

Die Baumknospen sind gegen Nässe und Kälte durch einen harzigen Ueberzug geschützt.

Mit Wachs überstrichenes (gebohntes) oder mit Oelfirnif und Oelfarben getränktes Holz nimmt das Wasser nicht an, ebenso die Zeuge, welche mit einer Harz- oder Gummilösung (Kautschuck in Steinöl, Terpentinöl, Steinkohlenöl) behandelt worden sind, um wasserdichte Kleidungsstücke daraus zu fertigen. — Bestreichen der Schuhsohlen mit Leinölfirnif.

Es lassen sich Wasserfarben nicht auf fette, Oelfarben nicht auf nasse Gegenstände auftragen. Delanstriche an Gebäuden blättern daher ab, wenn das Mauerwerk beim Anstreichen nicht recht trocken war.

Deliges Papier ist also auch zum Schreiben nicht geeignet und fettige Ventel nicht zum Filtriren.

Quecksilber läuft nicht durch Flor; wenn man aber mit der unteren Seite des Flores, worin sich Quecksilber befindet, einen Quecksilberspiegel berührt; so fließt es sofort durch.

Da Porzellan, Glas, Eisen von dem Quecksilber nicht benetzt werden, so kann man es aus einem derartigen Gefäße in einem feinen Strahle ausgießen, auch ohne daß ein Ausgußschnabel vorhanden ist. Ebenso ist es mit anderen Flüssigkeiten in demselben Falle.

Wenn eine Flüssigkeit einen Körper nicht benetzt, so zerfließt sie auf ihm auch nicht, sondern bildet auf ihm um so vollkommene Kugeln, in je kleineren Mengen sie vorhanden ist. Es bildet also z. B. Quecksilber auf einem reinen, Wasser auf einem öligen Tische Kügelchen; flüssiges Fett und Del runden sich auf dem Wasser ab und thut man eine nicht große Menge feines Knochenöl auf Wasser, welches durch einen Zusatz von Alkohol so leicht gemacht worden ist, daß das Del ganz unter den Wasserspiegel gesunken ist; so formt dieses sich völlig zur Kugel.

In allen den Fällen, in welchen eine Flüssigkeit einen Körper zu benetzen nicht im Stande war, dringt sie auch in seine Poren nicht ein. Ein öliger Waschwamm ist daher unbrauchbar. Mit Taschentüchern aus roher Seide kann man sich den Schweiß weniger leicht abtrocknen, als mit einem aus Leinwand. — Hat man nassen Thon auf einen Delfleck gethan, so dringt das Del in den Thon, während das Wasser verdunstet, ja sogar von dem Del vertrieben wird.

Der Grad der Abneigung einer Flüssigkeit von einem festen Körper sich anzuehen zu lassen, wird auch hier durch Röhrchen von verschiedener Weite aus verschiedenen Stoffen untersucht. Hält man Glasröhren von ungleichen Weiten in Quecksilber, so steht es in allen tiefer, als der äußere Spiegel anzeigt und um so tiefer, je enger die Röhre ist; ferner bildet in allen Fällen die innere Flüssigkeit nicht eine ausgehöhlte, sondern eine kugelförmig erhabene, konvexe Fläche, indem sie an dem Rande ringsum tiefer steht, als in der Mitte.

Wenn wir nun die beiden Erscheinungen der Haarröhren-Anziehung und Herabdrückung (Kapillar-Attraktion und Depression) mit einander vergleichen, so ergibt sich bald, daß sie von dem Verhältnisse der Molekularkräfte der beiden Stoffe des festen und flüssigen Körpers abhängen. Die erste Erscheinung findet statt, wenn die Anziehung des festen Körpers gegen den flüssigen die Anziehung der Flüssigkeitstheilchen untereinander überwiegt; die zweite aber, wenn der umgekehrte Fall stattfindet, so daß also nicht von einer Abstoßung des festen gegen den flüssigen die Rede ist, sondern die Theilchen der Flüssigkeit ziehen einander mehr an, als sie von dem festen Körper angezogen werden.

Nicht ohne Interesse ist es, die Fälle zu untersuchen, in welchen zwei auf Wasser schwimmende Körper einander theils anziehen, theils abstoßen, so daß eine Ungefehmäßigkeit stattzufinden scheint. Es ziehen nämlich einander z. B. an zwei reine hohle Glas Kügelchen, welche beide benetzt werden und zwei Wachskügelchen, die beide nicht benetzt werden; aber es stoßen einander ab ein Glas- und ein Wachskügelchen. Beides läßt sich leicht erklären.

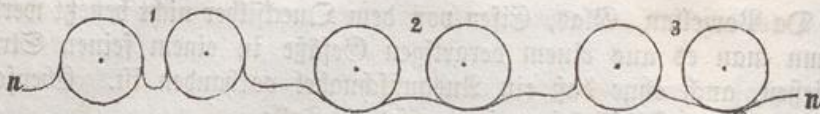


Fig. 32.

Es sei nn (Fig. 32.) das Niveau des Wassers, so bilden die beiden Glaskügelchen (1) zwischen sich eine hohle Wasserfläche, so daß die Molekularanziehung der Wassertheile gegen einander die Annäherung bewirkt; im zweiten Falle (2) ist die Wasserfläche dazwischen zwar erhaben, aber tiefer als das Niveau, so daß die Kügelchen gegen einander fallen; im dritten Falle (3) rollt das nicht benetzte wie auf einer schiefen Ebene von dem benetzten, wo das Wasser höher steht, herab und muß sich von ihm entfernen.

e. Hygroskopische Erscheinungen.

Die Molekularanziehung findet nicht blos bei der Berührung statt, sondern erstreckt sich sogar auf größere Entfernungen. Hat man in einem Gefäße Wasser, so zieht es die in der Luft schwebenden Wasserdünste an und trocknet somit die Luft aus. Eben dieses bewirken aber noch viele andere flüssige und feste Körper in einem höhern Grade: Schwefelsäure, Kochsalz, Zucker, Pottasche, Chloralkali, entfettete (in Kalilauge gekochte) Menschenhaare, nach der Quere der Fasern geschnittenes Fischbein, Holz, Federposen, Schluffsteine, Darmsaiten, manche Pflanzenbestandtheile.

Daß man einigermaßen im Nachtheile ist, wenn man bei nassem Wetter und aus feuchten Lokalen Einkäufe von Salz und Zucker macht, versteht sich also von selbst.

Es ist für die Fruchtbarkeit der Ackererde unendlich wichtig, daß sie locker erhalten werde, damit sie selbst bei verhältnißmäßig trockener Luft die Feuchtigkeit aus ihr zum Gedeihen der Gewächse anziehe. Sie thut es eben so heftig als Schwefelsäure. — Man muß selbst in Blumenäpfeln und Kübeln das zeitweise Auflockern nicht verabsäumen.

Jene Körper nehmen um so leichter das in der Luft vorhandene Wasser auf, je weniger diese es in Dampfform zu tragen im Stande ist, also je kälter sie bei einer bestimmten Menge in ihr vorhandener Wasserdämpfe ist. Sie sind demnach die absolute Menge von Feuchtigkeit in der Luft zu bestimmen nicht geeignet, obwohl man mehre von ihnen, wie Menschenhaare und Fischbein zur Aufertigung von Feuchtigkeitsmessern und Hygrometern benutzt hat.

Die sogenannten Wetterpropheten, eine kleine weibliche und männliche Figur, welche, jenachdem das Wetter gut oder schlecht ist, aus einem Hänschen abwechselnd hervorkommen, sind an den Enden eines bogenförmigen Hölzchens, welches in der Mitte durch eine Darmsaiten getragen wird, angebracht. Zieht bei überwiegender Luftfeuchtigkeit die Saite Wasser an, so verkürzt sie sich und bringt, indem sie sich zurück-

dreht, das Männchen zum Vorscheine; im entgegengesetzten Falle das Weibchen.

Zwar genauer, aber zu einem absoluten Maße völlig ungeeignet, sind die Haar- und Fischbein-Hygrometer. Wir übergehen sie deshalb, und weil wir später das einzig zweckentsprechende Instrument anführen werden.

Wenn Gebäude aus hygroskopischen Ziegeln aufgeführt sind, so zeigen sich bei nassem Wetter, selbst durch Kalkputz und Tapeten, feuchte Stellen, und sind es bewohnte Räume, so ist die Luft stets eine unangenehme, weil diese Ziegeln auch die Ausdünstungen der Menschen anziehen, was sich in Krankensälen, in welchen Operationen vorgenommen werden, besonders unangenehm und namentlich bei ansteckenden Krankheiten sogar höchst gefährlich zeigt. Man sollte also beim Bauen vorzüglich von Kaserne, Krankenhäusern, Schulen u. a. dieses Materiales sich durchaus enthalten.

Ist es nicht geschehen oder der Gebrauch nicht zu umgehen, so sollte man die Wände bei recht trockenem Wetter mit Leinölfirniß anstreichen.

Der Chloralk hat die Eigenschaft, fremdartige Theile aus der Luft anzuziehen, in einem sehr hohen Grade und deshalb verwendet man ihn, um nach ansteckenden Krankheiten die Wohnungen unschädlich zu machen, sie zu desinfiziren oder um üble Gerüche von Kloaken u. dergl. zu beseitigen.

f. Flächenanziehung, Adhäsion (Anhängung).

Die Molekularanziehung der verschiedenen Körper äußert sich endlich dadurch, daß zwei Körper von demselben Stoffe oder von verschiedenen Stoffen oder Aggregatzuständen bei der äußerlichen Berührung an einander haften, selbst wenn der eine den anderen nicht benetzt. Diese Neigung zeigte sich für den letzten Fall schon darin, daß selbst an reinem Glase ganz kleine Quecksilberkugeln hängen bleiben.

Es zeigt sich dieses Bestreben der Anziehung für alle drei Aggregatzustände, sowohl eines jeden für sich, als auch gegen jeden anderen, so daß wir sechs Fälle annehmen können.

1) Schneidet man ein Gummistück oder eine Bleifugel auseinander und legt beide Schnittflächen dicht an einander, so bleiben sie auch im luftleeren Raume an einander hängen. Ebenso ist es der Fall mit zwei Platten aus Spiegelglas, mit recht glatten Platten aus Metallen, aus Marmor u. dergl.

Man kann die Stärke der Anziehung, welche von der Zeit der ersten Berührung an noch etwas wächst, dadurch bestimmen, daß man an die untere Platte Gewichte hängt oder daß man, während die untere festgehalten wird, die obere an die eine Seite einer Wage hängt, sie zuerst allein durch ein Gewicht ins Gleichgewicht setzt und dann während der

Berührung Gewichte zulegt, bis die Trennung erfolgt. Der Grad der Anziehung ist nicht abhängig von der Dicke der Platten, sondern nur von der Menge der einander unmittelbar berührenden Theilchen beider Körper, steht also unter übrigens gleichen Umständen in gradem Verhältnisse mit der Größe und Glätte der einander berührenden Flächen.

Ist zwischen den beiden Flächen ein noch so dünner Körper, wie z. B. ganz zartes Papier, der die Berührung der Massentheile verhindert; so verschwindet die Adhäsion, wodurch sie in der That als eine Molekularanziehung charakterisirt wird, die aber wegen weit geringerer Annäherung der Molekel sich weit schwächer zeigt, als die Kohäsion; bei Metallen wohl mehre Millionen mal schwächer.

Eisen zieht Eisen mehr an als Messing und daher ist bei Maschinen ein messingenes Zapfenlager für eine eiserne Walze (auch Wagenaxe) besser, als ein eisernes.

Eine Blei- und Blei-, eine Blei- und Zinnplatte, ebenso Kupfer und Silber lassen sich durch starken Druck mittelst Walzen zu einem fast untrennbaren Ganzen verbinden; Eisen und Platin schon durch Hammerschläge, wenn sie noch weich sind. Darauf beruht das Platiren oder das Ueberdecken eines unedlen Metalles mit einer ganz dünnen Platte eines edleren.

Hierher gehört auch das Anhaften der Spiegelbelegung; das Schreiben und Zeichnen mit Kreide, Kohle oder Stiften, das Malen mit Pastellfarben, das Lithographiren, die Gold und Silberprobe auf dem Probirsteine, das Poliren des Schießpulvers durch Wasserblei, das Anhängen des feinen Staubes an die Decke und die Wände des Zimmers, selbst wenn sie glatt sind, des Russes an die Schornsteine und Kochgeschirre.

2) Wenn Platten eines festen Körpers mit dem Spiegel einer Flüssigkeit in Berührung kommen, so hängen sie stets an, es mag die Flüssigkeit sie benetzen oder nicht. Hängt eine solche Platte an der einen Seite einer Wage im Gleichgewichte, so zieht sie bei der allmählig vermehrten Belastung der andern die Flüssigkeit mehr oder weniger empor, bis sie von ihr sich trennt und ist dann, je nach der Flüssigkeit, benetzt oder trocken; im ersten Falle wird Flüssiges von Flüssigem getrennt und das Flüssige wird von dem Festen stärker angezogen, als von dem gleichnamigen Flüssigen; im zweiten Falle wird das Feste von dem Flüssigen getrennt, weil die Anziehung des Flüssigen zum Flüssigen stärker als zum Festen ist; dort ist die Größe der Kohäsion in der Flüssigkeit, hier die Adhäsion gegen einander bestimmbar; jene ist von der Natur der benetzten Platte unabhängig, diese nicht.

Man kann den Strahl eines Springbrunnens dadurch von seiner Richtung etwas ablenken, wenn man ihn der Länge nach mit einem von ihm benetzten Stabe berührt.

Berührt eine Platte den Spiegel einer sie nicht benetzenden Flüssigkeit und gießt man auf letztere eine dünne Schicht einer sie benetzenden, so drängt sich letztere zwischen die Platte und erste Flüssigkeit. — Es sind hier dieselben Umstände maßgebend, welche sich beim Verdrängen einer Flüssigkeit durch eine andere auf einen festen Körper zeigten. Gießt man z. B. auf Wasser, welches mit seinem Spiegel an der Platte eines festen Körpers hängt, etwas fettes Del, so drängt sich dieses zwischen Scheibe und Wasser und dieses fällt früher ab, als es ohne jenes geschehen wäre.

Das Aneinanderhaften zweier Platten wird bedeutend vermehrt, wenn man dazwischen eine sie benetzende Flüssigkeit bringt, besonders, wenn die Flüssigkeit zwischen ihnen vertrocknet. Gut geschliffene Metallplatten von zwei Zoll Durchmesser tragen mehr als einen Zentner, wenn sie vorher erwärmt, mit Talg bestrichen, zusammengedrückt worden und einige Zeit ruhig liegen geblieben sind.

Zu diesen Betrachtungen gehört auch das Leimen, Ritten, Kleistern, Tapezieren, Aufstreichen; das Vergolden, Versilbern, Verzinnen im Feuer; das Mauern, Löthen, Schweißen. — Mancher Kitt oder Leim bindet so gut, daß die Masse eher an anderen Stellen reißt, als an der gefitteten oder geleimten.

Selbst Papierbogen bekommen durch Zusammenleimen und Pressen eine außerordentliche Festigkeit; ein Zylinder von einem Quadratzolle Querschnitt vermag 30,000 Pfunde und einer aus Hanffäden, welche der Länge nach zusammengeleimt waren, gar 92,000 Pfunde zu tragen. Röhren aus $\frac{1}{20}$ Zoll dickem Kupferbleche erhalten eine doppelte Festigkeit, wenn sie mit einer doppelt so starken Lage gut zusammengeleimten Papiers überzogen werden.

In der Natur geschieht die Bildung von Konglomeraten, von Sandstein u. a. ebenfalls durch ein Bindemittel. — Das Zusammenballen von feuchtem Schnee, feuchtem Erdboden u. a.

An kaltem Platin haftet zwar ein Wassertropfen, im glühenden Platintiegel geht er nicht auf die tiefste Stelle desselben, sondern wird einige Zeit herumgeschleudert (durch die Schwingungen des glühenden Metalles) ehe er und zwar plötzlich verdampft. Der Leidenfrostsche Tropfen.

3) Ferner ist bemerkenswerth, daß sich an die Oberflächen fester Körper eine verdünnte Schicht von der Luft, in welcher er sich grade befindet, anlegt und oft mit großer Hartnäckigkeit anhaftet.

Die atmosphärische Luft hängt sich sehr fest z. B. an Glas. Dies zu beachten ist bei der Anfertigung der Thermometer und Barometer höchst wichtig, weil die inneren, vom Quecksilber nicht erfüllten Räume dieser Instrumente durchaus luftleer sein müssen, wofür sie brauchbar sein sollen, was freilich namentlich bei den gewöhnlich käuflichen Barometern sehr selten der Fall ist. — Wenn man auch zum

Füllen der Röhren völlig luftfreies Quecksilber angewendet hat, so muß man es in diesen Röhren noch stundenlang kochen, um die an den inneren Wänden haftende Luft herauszuschaffen.

Auch die Lichterscheinungen zeigen es, daß namentlich an den Kanten der Körper, wo sie verhältnißmäßig viel Oberfläche darbieten, die Luft und mit ihr der Weltäther in einem verdichteten Zustande vorhanden ist, denn die sonst gradlinig fortgehenden Lichtstrahlen werden an den scharfen Kanten der Körper abgelenkt, gebogen und dadurch erscheint ein Gegenstand, auf welchen man blickt, etwas vergrößert. Will man also etwas deutlicher erkennen, so kneift man die Augenlider zu einem schmalen Spalte zusammen oder sieht durch einen schmalen Spalt, z. B. zwischen den Fingern.

Man kann das Vorhandensein einer verdichteten Luftschicht an der Oberfläche fester Körper auch auf folgende Art durch die sogenannten Hauchfiguren nachweisen.

Man legt auf eine polirte, aber nicht frisch gereinigte Metallplatte ein Blatt Papier mit ausgeschnittenen Figuren, behaucht dieselben, läßt das angehauchte Wasser völlig verdunsten, wobei man das Papier entfernen kann, behaucht sofort dann die ganze Platte und die ausgeschnittene Figur wird wieder sichtbar. Wenn nämlich der Hauch von der Figur verdunstet, so nimmt er die Luft von der Platte mit fort und der neue Hauch haftet dann an diesen Stellen weniger, als an den übrigen. — Ist eine Metallplatte mit frisch geglühtem Trippel soeben recht sorgfältig gereinigt worden, so daß sich eine Gaschicht noch nicht hat bilden können, so zeigt sich auch keine Figur.

Hat man einen gereinigten Stahlstempel in frisches Kohlenpulver gelegt, so bekommt er dadurch eine dichte Schicht von Kohlenensäure an seiner Oberfläche; setzt man ihn dann sofort etwa 10 Minuten lang auf eine soeben vollkommen gereinigte Metallplatte und läßt dann die Dämpfe von Quecksilber auf sie niederschlagen; so legen sich dieselben nur da an, wo der Stempel die Platte nicht berührte, weil hier die Platte nicht so schnell mit einer Gaschicht sich belegen konnte, als an den Berührungstellen. Hätte man die gereinigte Platte in das Kohlenpulver gebracht und dann auf sie den gereinigten Stempel gesetzt, so würden die Quecksilberdämpfe sich an die Berührungstellen ansetzen. — Haben Stempel und Platte eine Gaschicht oder beide keine, so erscheint keine Figur.

Selbst in den Poren und inneren Kanälen eines festen Körpers haftet die Luft mit einer gewissen Hartnäckigkeit, was uns selbst die alltäglichsten Erscheinungen zeigen: wenn man z. B. ein ganzes Stück Zucker ins Wasser wirft, so zergeht es nicht so leicht, als wenn man es, wie man zu sagen pflegt, anziehen läßt, weil in diesem Falle durch die Kapillaranziehung die innere Luft vorher herausgetrieben, während sie in jenem vom Wasser umgebenen Zucker festgehalten wird.

4) Wir haben bereits Verbindungen tropfbarer Körper mit anderen

tropfbaren kennen gelernt, welche wir als Atomverbindungen ansahen, die eine Stoffumwandlung enthielten und uns neue Körper mit wesentlich verschiedenen Eigenschaften zeigten. Es gibt aber noch andere, welche als Molekularerscheinungen auftreten, indem eine Stoffumwandlung nicht eintritt. Sie zeigt sich an gleichartigen und verschiedenartigen Körpern.

Sowie ein Quecksilberkügelchen ein zweites berührt, schmilzt es augenblicklich mit ihm in eines zusammen. Ganz ebenso ist es bei jedem anderen tropfbaren Körper, z. B. bei zwei Wassertropfen auf Wachs-papier, bei einem Tropfen Milch und einem Tropfen Wasser. Weder wässrige Milch, noch milchiges Wasser ist eine chemische Verbindung ebenso wenig als Salz oder Zucker in Wasser.

Die Molekularanziehung verschiedener tropfbarer Flüssigkeiten gegen einander zeigt sich auch darin, daß die eine auf der anderen zerfließt. So u. a. ein Tropfen Wasser auf Quecksilber, ein Tropfen fetten Oeles auf einem Wasserspiegel, ätherisches Del auf fettem, Weingeist auf ätherischem Oele.

5) Daß die Flüssigkeiten an ihrer Oberfläche eine verdichtete Gas-schicht bilden, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man einen Wassertropfen an einem Stäbchen langsam dicht über einer nicht frisch polirten Platte hinführt und dann die Platte behaucht; denn der mit dem Tropfen zurückgelegte Weg wird dann sichtbar, weil das Wasser auf ihm die Luft weggenommen oder absorbiert hat.

Will man Eiweiß zu Schaum schlagen, so beabsichtigt man es mit möglichst vielen Lufttheilchen zu versehen, um die mit ihm zubereitenden Speisen recht locker zu erhalten und in der That gelingt es in dem Grade, daß die Luft selbst in der Wärme noch an den festen Theilen haftet, indem sie an ihnen sich ausdehnt und es verhindert, daß der feste Körper sehr dicht werde.

Jeder durch die Luft fallende Wassertropfen nimmt an seiner Oberfläche etwas Wasser mit sich fort und ebenso bleibt von ihr, wenn man sie durch Wasser gehen läßt, etwas zurück, weshalb man, wie schon erwähnt, beide Methoden anwendet, um den Thieren, welche man in den Stuben in Wasserbehältern oder sogenannten Aquarien gesund erhalten will, das nöthige lufthaltige Wasser zu gewähren. — Daß selbst ruhig stehendes Wasser sogar in sein Inneres Luft aufnimmt, ohne sich chemisch mit ihr zu verbinden, ist früher auch schon erwähnt worden, weshalb man in das Eis, welches fischreiche Teiche und Seen bedeckt, Löcher, Wuhnen, zu machen nicht verabsäumen darf.

6) Endlich verbinden sich auch luftige Körper bei der Berührung mit einander zu einem Körperganzen, ohne immer eine chemische Verbindung zu geben. Wenn sich in frisch geschöpftem Wasser Luftblasen an die Gefäßwände und an ein hineingebrachtes Stäbchen gelegt haben, so lassen sich leicht zwei oder mehre zu einer verbinden, was in reinem Wasser sofort bei der Berührung geschieht; haben die Luftblasen sich aber

z. B. in Kalkwasser gebildet und somit eine äußerst zarte Kalkumhüllung erhalten, so schwimmen sie ungeachtet der Berührung nicht zu einer einzigen, wie auch das Aneinanderhaften zweier Metallplatten durchaus nicht gelang, wenn ein auch noch so zartes Papierblatt zwischen ihnen war. Es ist also auch hier unmittelbare Molekularberührung nothwendig.

Dritte Stufe:

Die Körperanziehung, Gravitation.

Wir gehen in den Erscheinungen der allgemeinen Stoffanziehung noch einen, und zwar einen sehr bedeutenden Schritt weiter!

Wir fanden bisher eine Anziehung der Urtheile oder Atome der Stoffe und eine solche von den Gruppen der Atome oder den Molekeln. In beiden Fällen war eine unmittelbare Berührung nothwendig, was uns auf die Abhängigkeit der Erscheinungen von den Grundformen der Atome und Molekel schließen läßt. Nun aber zeigt sich auch noch, und zwar nach den bisherigen Betrachtungen als naturnothwendig, eine Anziehung getrennter Molekulargruppen, d. i. der Körper und zwar ohne alle Rücksicht auf die Beschaffenheit und Gestalt ihrer Atome und Molekel, also als ganz allgemein wirksame Kraft ohne Polarität.

Diese Anziehung, welche durch besondere Mittel, wie etwa bei der Elektrizität und dem Magnetismus, nicht erst hervorgerufen zu werden braucht, sondern mit den Körpern unmittelbar gegeben ist, zu ihrer Wirkungsfähigkeit keiner Zeit bedarf und von der Natur des Stoffes nicht abhängt, bezieht sich sowohl auf unsere Erde und die Körper auf ihr, als auch auf die Körper im unendlichen Weltraum. Im ersten Falle ist sie die irdische Schwere oder Gravitation, im zweiten Falle die überirdische.

Diese nur anziehende Kraft ist es, welche die ganze Welt nach ewig unwandelbaren Gesetzen zusammen und in Ordnung erhält: sie verhindert es, daß sich das geringste Staubkorn von der Erde in den Weltraum entferne, sie fesselt die Atmosphäre an unsere Erde, sie kettet die Monde an ihre Planeten, die Planeten an ihre Sonne, die Sonnen an einander zu einem Sternenhaufen, sie setzt die Sternenhaufen und Nebelflecken in immer weiter aufsteigenden Stufenfolgen zu immer neuen und höheren Systemen zusammen, deren Erforschung dem Menschen wohl für immer versagt sein dürfte.

Wir können uns hier blos mit näher liegenden Erscheinungen und nur in beschränktem Maße, mit der irdischen Gravitation beschäftigen.

Hängt ein Stab mit einer Kugel an jedem Ende horizontal ganz ruhig, und nähert man der einen Kugel eine massive Metallkugel von bedeutenderem Gewichte, so kommt ihr die benachbarte Kugel entgegen,

wenn es auch nur so unbedeutend sichtbar ist, daß man besonderer Vorrichtungen bedarf, um es zu erkennen.

Hat man auf vollkommen freier Ebene ein Loth, so bildet es mit allen horizontalen Ebenen nach allen Seiten hin rechte Winkel und zeigt nach dem Scheitelpunkte, dem Zenithe, des betreffenden Ortes. Läßt man aber das Loth in der Nähe eines gewaltigen Felsens oder Berges ruhig hängen, so wird es nach der über die Erdoberfläche hervorragenden Masse hin abgelenkt, also von ihr angezogen und zeigt nicht mehr nach dem Zenith, wie es durch genaue Beobachtung mit aller Bestimmtheit erkannt wird.

Es hat keine Schwierigkeiten zu erkennen, in welcher Weise die Beobachtungen angestellt werden müssen und wie man die Resultate erhält.

Wenn zwei Beobachter aus verschiedenen Standpunkten die Aze ihres Fernrohres gleichzeitig nach demselben Fixsterne richten, so sind diese Azen als parallel anzusehen, weil die Entfernung ihrer Standpunkte in Beziehung auf die Entfernung des Gestirnes als verschwindend angesehen werden kann. Dasselbe ist der Fall, wenn von einem Beobachter ein bestimmter Fixstern genau in demselben Meridiane zu verschiedenen Zeiten beobachtet wird. Für solche Beobachtungen ist die Aze des Fernrohres in einem eingetheilten Kreisquadranten drehbar an letzterem angebracht und ein Loth um die Entfernung des Gestirnes vom Horizonte in Bogentheilen des Quadranten oder die Deklination des Gestirns zu erhalten.

Ist man nun südlich von einem Berge, so zeigt das Loth mehr südlich, ist man nördlich vom Berge in demselben Meridiane, so zeigt das Loth mehr nördlich, als es ohne den Berg der Fall sein würde. Zwischen den beiden Punkten, auf welche das Loth in diesen beiden Stellungen zeigt, befindet sich an der scheinbaren Himmelskugel ein Bogen, welcher größer ist, als der Bogen an der Erdoberfläche zwischen denselben Standpunkten und welcher der Unterschied der geographischen Breite beider Beobachtungsorte ist.

Wenn man sich nun durch die Mitte des Berges das Loth denkt, so halbirt es die beiden Bogen und die Hälfte gibt die durch die Masse des Berges bewirkte Ablenkung.

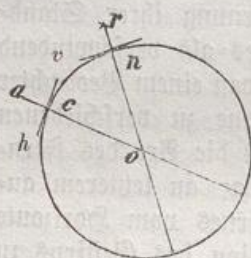
Auf diese Weise fand man bei dem an der schottischen Gränze in Perthshire gelegenen und 3000 Fuß hohen Shehallien aus 40 Beobachtungen den himmlischen Bogen $54,651''$, den irdischen $43,019''$; also der Unterschied $11,632''$, welches der doppelte Winkel der Ablenkung ist, so daß als Wirkung der Anziehung des Berges $5,816''$ sich ergibt.

Der 1800 Fuß hohe Dinet bei Marseille bewirkt eine Ablenkung des Lothes um $1,98''$.

In diesen Fällen äußert sich keine andere Kraft, als die, welche wirksam ist, wenn zwei auf einem ruhigen Wasserspiegel selbst in ziemlicher Entfernung von einander hingelegte Stückchen Holz einander mit

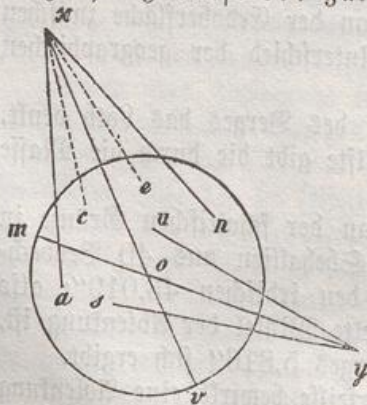
wachsender Geschwindigkeit anziehen und sich mit möglichst vielen Berührungspunkten aneinander legen, oder als die, mit welcher ein Berg die lockere Wolke, die ganze Erde die Luft um sich anzieht und festhält. Man erkennt schon bei diesen so unscheinbaren und deshalb so wenig beachteten Erscheinungen, wie der kleinere und leichtere Körper, welcher nicht von demselben Stoffe zu sein braucht, von dem anderen mehr angezogen und schneller zu gehen gezwungen wird, als es bei ihm der Fall ist. Ist ein schwimmender Körper in der Nähe der Gefäßwand, so beugt er sich an sie. So gehen auf Flüssen schwimmende Hölzer in kurzer Zeit nach den Ufern hin und bleiben nach Ueberschwemmungen bei abnehmendem Wasserstande auf dem Lande liegen.

Der Mittelpunkt der Erde als Schwerpunkt.



(Fig. 33.)

Liegt ein Stein a (Fig. 33) auf unserer Hand, so empfinden wir einen Druck, weil der Erdkörper den Stein mächtig und kräftiger anzieht, als er es bei seiner Kleinheit vermag; nehmen wir aber dem Steine die Unterstützung, so bewegt er sich an die Erdoberfläche, d. h. er fällt, in einer auf die getroffenen Stelle oder deren Horizont hv lothrechten Richtung ac. Wird diese Falllinie verlängert und die Erde als Kugel gedacht, so muß die Verlängerung durch ihren Mittelpunkt o gehen. Da dies von einem zweiten Steine r und von einem anderen auf jedem beliebigen über der Erdoberfläche befindlichen gilt; so müssen alle Falllinien durch den Erdmittelpunkt gehen und wir können den Erdmittelpunkt als den Sitz der Anziehungskraft des ganzen Erdkörpers ansehen.



(Fig. 34.)

Diese Annahme können wir zur Gewissheit erheben, wenn wir uns nur auf die Thatsache der auf die Entfernung wirkenden Massenanziehung stützen. Es wird gestattet sein, daß wir uns die Erde in lauter Paare von materiellen Punkten aufgelöst denken, welche wie (Fig. 34) c und e, a und n einerseits von dem Erdmittelpunkte o, andererseits von einem beliebigen äußeren Punkte x gleiche Entfernungen haben ($ao = no$, $ax = nx$) und somit gegen den äußeren Punkt x eine gleiche anziehende Kraft äußern, welche durch xa und xn dargestellt sein mögen. Setzt man nun diese beiden auf x wirkenden Kräfte zusammen, so halbirt die resultirende oder Mittelkraft xv den Winkel axn und geht durch den Mittelpunkt der Erde.

Für zwei andere von c und e auf x wirkende Seitenkräfte gilt dieselbe Richtungslinie der Resultirenden. — Nimmt man nun noch blos einen zweiten äußeren Punkt y an und führt von ihm dieselbe Betrachtung aus, so gehen auch für ihn die Resultirenden aller unendlich vielen Paare von Seitenkräften, wie z. B. für s und u , ebenfalls durch den Mittelpunkt, also in der Richtung ym . — Da die Resultirenden der anziehenden Kräfte für jeden denkbaren äußeren Punkt durch den Erdmittelpunkt gehen und sie einen zweiten Punkt nicht gemeinschaftlich haben können; so ist in der That der Erdmittelpunkt als Sitz der Anziehungskraft der ganzen Erde anzusehen. Die natürlichen Folgen davon sind:

a. daß die an der Erdoberfläche befindlichen und vollkommen sich selbst überlassenen Körper sich überall nach dem Erdmittelpunkte fallend bewegen, (daß also nur das unten ist, was dem Erdmittelpunkte näher liegt, nicht aber etwa unsere Gegenfüßler);

b. daß ein an einer Schnur hängender und dieselbe spannender Körper auf einem ganz freien Standpunkte, entfernt von allen größeren Massen, der Schnur die Richtung nach dem Erdmittelpunkte gibt;

c. daß alle tropfbaren Flüssigkeiten an der Erdoberfläche die tiefsten, d. h. die dem Erdmittelpunkte nächsten Stellen aufsuchen, wobei sie in den großen Wasserbehältern der Erde, den Meeren nämlich, eine ihrer Kugelform entsprechende Oberfläche annehmen, welche in kleineren Behältern und Gefäßen als eben angesehen werden kann und das Niveau heißt, auf welchem ein ruhiges Loth senkrecht steht;

d. daß sich die Atmosphäre, d. h. die in 100 Raumtheilen 79 Stickstoff und 21 Sauerstoff enthaltende Luft sammt allen in ihr befindlichen fremdartigen Körpern rings um die Erde lagert, dabei wegen ihrer Elastizität nach der Oberfläche hin dichter wird und nach oben hin sich nur so weit erstreckt, bis ihr Vermögen sich auszudehnen, d. h. ihre Expansivkraft, durch die Anziehungskraft der Erde im Gleichgewichte gehalten wird.

Da die Erde in ihrem ursprünglich feuerflüssigen Zustande bei der Drehung um ihre Ase ihre Kugelgestalt etwas aufgeben und sich abplatteten mußte, so ist man auf ihrer Oberfläche in verschiedenen geographischen Breiten von dem Mittelpunkte nicht gleich weit entfernt; denn die Pole sind ihm am nächsten und die Punkte des Aequators von ihm am entferntesten und daher ist auch die anziehende Kraft der Erde dort am größten, hier am kleinsten und nimmt ab von den Polen nach dem Aequator hin. Sie ist unter dem Aequator etwa um $\frac{1}{200}$ kleiner, als an den Polen, und gegen $\frac{1}{300}$, als bei 50 Grad Breite. Ebenso muß sie auf hohen Bergen etwas kleiner sein, als in der Tiefe des benachbarten Thales und das Loth kann eigentlich nur in den beiden Polen und im Aequator ganz genau nach dem Mittelpunkte hinweisen.

Ungeachtet der abgeplatteten (sphäroidischen) Gestalt der Erde ist

die Massenvertheilung bei jedem ihrer Durchmesser in den beiden Strahlen desselben eine gleiche und daher wird der Mittelpunkt selbst nach entgegengesetzten Richtungen von gleichen Kräften angezogen und muß von ihnen im Gleichgewichte gehalten werden. Im Mittelpunkte der Erde ist daher die Schwere Null; von da nimmt sie nach der Oberfläche hin in gradem Verhältnisse zum Abstände vom Mittelpunkte zu, weil nach der Seite hin, wo sich der Mittelpunkt befindet, mehr Masse liegt, als nach der entgegengesetzten. Diese Zunahme findet bis zur Oberfläche statt und hat hier ihren größten Werth erreicht, weil von dem betreffenden Punkte an nach der einen Richtung die ganze Erdmasse, nach der andern Richtung nichts sich befindet. Sowie man sich aber von der Gesamtmasse der Erde, die den Sitz ihrer anziehenden Kräfte nur im Mittelpunkte hat, entfernt, nimmt die Anziehungskraft ab.

Das Gravitationsgesetz.

Es ist kein Grund vorhanden weshalb wir gleichen Massentheilen eines Körpers eine verschiedene anziehende Kraft gegen einen bestimmten Körper in bestimmter Entfernung zuschreiben sollten und deshalb wird die Größe der Anziehungskraft eines Körpers gegen einen zweiten in gradem Verhältnisse zu seiner Masse stehen, wenn ihre Entfernung eine bestimmte ist.

Da ferner eine bestimmte Masse ihre anziehende Wirkung von einem Punkte aus nach allen Richtungen wie in den Strahlen einer Hohlkugel gleich stark äußert und sich somit für eine bestimmte Kugelgröße über ihre gleichen Theile gleichmäßig vertheilt und da die Kugelgrößen wachsen wie die Quadratzahlen ihrer Strahlen; so nimmt nach dem früher schon entwickelten allgemeinen Gesetze der Wirkung auf die Entfernung die Anziehungskraft eines Körpers gegen einen anderen ab, wie die Quadratzahlen der Entfernung zunehmen.

Das bereits von Newton aus der Bewegung der Himmelskörper aufgefunden und durch später zu erwähnende Versuche auf der Erdoberfläche bestätigte Gravitationsgesetz heißt also:

Die Körperanziehung steht im graden Verhältnisse der Massen und im umgekehrten quadratischen ihrer Entfernungen.

Ein Körper an der Erdoberfläche ist um einen Erdradius von dem Mittelpunkte der anziehenden Kräfte der Erdmasse entfernt; ist der Mond in einem Abstände von 60 Erdradien von ihm, so wird er 60 . 60 oder 3600mal weniger stark angezogen, als ein Körper an der Erdoberfläche. Daß er auf die Erde nicht fällt, beruht auf der ihn fortwährend in der Richtung der Tangente eines jeden Punktes seiner Bahn treibenden Schwungkraft, was wir später noch näher werden kennen lernen.

Die an der Erdoberfläche befindlichen Körper müssen aber, wenn sie ein Hinderniß nicht vorfinden, ohne Ausnahme und ohne Rücksicht auf

ihre materielle Beschaffenheit und Größe von denselben Punkten aus mit derselben Geschwindigkeit fallen, weil die Erdmasse die Masse einzelner Körper unendlich oft übertrifft und es ihrer anziehenden Kraft gleichgiltig ist, aus wie vielen und was für Stoffatomen der Körper besteht.

Wenn wir die Flaumfeder langsamer fallen sehen, als ein Stückchen Holz, so liegt dies in dem verschiedenen Grade des Widerstandes, welchen die Luft diesen Körpern beim Fallen entgegensetzt. Im luftleeren Raume einer Glasröhre fallen sie gleich schnell. — Wenn wir eine Holzkugel im Wasser, einen Luftball in der Atmosphäre sogar steigen sehen, so liegt dies in dem größeren Gegendrucke dieser Flüssigkeiten.

Ebbe und Fluth.

So wie die Erde den Mond durch ihre Anziehungskraft an sich fesselt, so zeigt auch der viel kleinere Mond seinen anziehenden Einfluß auf die Erde, wenn er auch nicht im Stande ist, ihre Bahn um die Sonne zu verändern, sondern nur ihre Gestalt etwas zu verzerren.

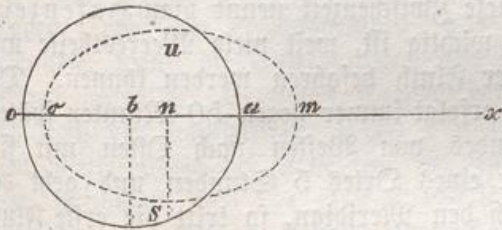


Fig. 35.

Wenn der vollgezeichnete Kreis (Fig. 35) den größten Durchschnitt der Erde, b seinen und ihren Mittelpunkt bedeutet und in der erweiterten Ebene in der Richtung des Durchmesser ca nach x hin der Mond sich befindet; so wird er den von ihm entferntesten Punkt c der

Erde am wenigsten, den nächsten a am meisten anziehen. Sind c und a Stellen in offenen weiten Meeren, so können sie seiner anziehenden Kraft folgen, wie es auch mit dem Mittelpunkte der frei im Raume schwebenden Erde der Fall ist. Es werde demnach c bis o , b bis n , und a bis m hingezogen, wobei co kleiner als bn und dieses kleiner als am ist. Was von diesen drei Punkten gilt, ist auch von allen übrigen, welche solche ungleiche Abstände von x haben, zu sagen. Die so erhaltene neue Gestalt der Erde sei durch die punktirte Linie dargestellt; ihr Mittelpunkt ist nun n , no und nm sind jetzt Strahlen. Diese neuen, durch die Anziehung des Mondes hervorgebrachten Strahlen sind aber größer, als die ursprünglichen bc und ba ohne den Mondeinfluß; denn zieht man von bc das co ab, wobei ob als Rest erscheint, und legt man dazu das größere bn ; so ist das erhaltene no größer, als bc . Wenn ebenso von ba das bn abgezogen und zu dem Reste na das größere am addirt wird; so ist das erhaltene nm größer als bn .

Der anziehende Einfluß des Mondes gegen die Erde wird es also in dem freien Meeren bewirken, daß sowohl die ihm nächsten, als auch

die von ihm entferntesten Stellen sich von dem Erdmittelpunkte entfernen und Fluth zeigen, die von ihnen aber um 90 Grade zu beiden Seiten dieser Stellen gelegenen s und u am meisten dem Erdmittelpunkte nähern müssen, um das Wasser zu den Fluthen herzugeben, und die Ebbe zeigen. Es sind also gleichzeitig auf der Erde zwei Stellen mit Fluth und zwei Stellen mit Ebbe.

Da sich die Erde aber in 24 Stunden einmal von Westen nach Osten um ihre Axe dreht, und in dieser Zwischenzeit der Mond seine Stellung nicht sehr bedeutend verändert hat, so wandert die Fluthwelle von Osten nach Westen und jeder Punkt ihrer Oberfläche kommt einmal in jede der beiden Fluthstellen und einmal in jede der beiden Ebbestellen; hat also während eines Tages in einer Zwischenzeit von je 6 Stunden die Abwechslung von Ebbe und Fluth.

Die Zeit des höchsten Standes der Fluth verspätet sich, theils wegen des Beharrungszustandes des Wassers, theils wegen der verschiedenen Ländergestaltungen gegen die Zeit des höchsten Standes des Mondes über dem Horizonte an verschiedenen Orten um ungleich viel, in den freien Meeren am wenigsten. Diese Zwischenzeit nennt man Hafenzzeit, deren Kenntniß für die Schiffer wichtig ist, weil viele Meerestheile und Flußmündungen nur zur Zeit der Fluth befahren werden können. Die volle Fluth des folgenden Tages erfolgt immer gegen 50 Minuten später, wie es die Bewegung des Mondes von Westen nach Osten mit sich bringt. Ist z. B. die Hafenzzeit eines Ortes 5 Stunden und geht der Mond um 4 Uhr morgens durch den Meridian, so tritt die erste Fluth 9 Uhr vormittags und die zweite 9 Uhr 25 Minuten abends ein.

Bei dieser ganzen Erscheinung darf man sich durchaus nicht vorstellen, daß das Wasser der Fluthwelle fregehoben wird oder daß es rings um die Erde wandert, was freilich ein sehr bequemes Mittel abgeben würde, ohne große Mühe in 24 Stunden eine Reise um die Erde zu machen; sondern es ist blos ein abwechselndes Zu- und Abströmen des Meerwassers nach und von den Stellen der Ebbe und Fluth von Osten nach Westen. Nur die Wellenerscheinung als solche hat eine fortschreitende Bewegung. Bei Wellen, die man auf einem Teiche erregt, ist es ja ebenso, und ein darauf gelegtes Stückchen Holz wird nicht wesentlich fortgetrieben, sondern hebt und senkt sich blos auf derselben Stelle.

Da die Erde von Westen nach Osten sich bewegt und auch der Mond dieselbe Bewegungsrichtung befolgt, so ist es natürlich, daß die Fluthwelle an der ihr entgegentretenenden Küsten eines Festlandes, also an dessen westlichen, sich stauen muß und namentlich, wenn noch Winde in derselben Richtung wehen, eine oft bedeutende Höhe, bis zu 40 Fuß über den gewöhnlichen Stand erreichen kann. In der Fundybai Nordamerikas beträgt sie 60 bis 80 Fuß. In der Nordsee steigt die Fluth 12 Fuß, so daß zur Zeit der Ebbe flache Küstenstrecken so blos gelegt werden,

daß man darüber mit einem Wagen fahren kann, gleichwie Moses die Juden durch das rothe Meer führte, während die Verfolger durch die hereinbrechende Fluth ertranken. — An der Ostküste des stillen Meeres ist die Fluthhöhe natürlich nicht sehr bedeutend.

Daß Ebbe und Fluth an den Mündungen großer Flüsse, welche dort eine langsame Strömung haben, sich regelmäßig und je höher hinauf, um so später äußern muß, ist ebenso natürlich. Man benutzt das Eintreten der Fluth, um stromaufwärts zu fahren und den Beginn der Ebbe, um hinaus zu schiffen. Die Fluth reicht z. B. bei Hamburg wohl noch 6 Meilen oberhalb in die Elbe und bei London zeigt die 60 Meilen unterhalb mündende Themse eine noch so starke Ebbe und Fluth, die bis Kingston hinaufgehen, daß man einmal einen todten Hund mehre Tage mit jeder Ebbe zwar hat hinab gehen, aber mit jeder Fluth wieder herauf kommen gesehen. — Beim Amazonenstrome soll die Fluth noch 200 französische Meilen von der Mündung zu bemerken sein. Es tritt also hier, wie auch anderwärts der Fall ein, daß die Fluth noch stromaufwärts geht, während an der Mündung wieder Ebbe ist.

Auf großen Binnenseen kann man noch Ebbe und Fluth aus einer großen Reihe von Beobachtungen, aus denen das Mittel gezogen wird, erkennen, wenn die Entfernungen des Mondmittelpunktes von zwei diametral gegenüber liegenden Stellen des Sees einen Unterschied geben, der noch ein namhafterer Theil von der Entfernung des Mondes von dem Mittelpunkte der Erde ist. So hat man kürzlich die Fluthhöhe auf dem Michigan auf $1\frac{3}{4}$ Zoll ermittelt. Auf kleinen Binnenseen aber gibt es wegen des zu kleinen Unterschiedes der Entfernung zweier ihrer Punkte vom Monde und weil dieser die ganze Masse nicht empor heben kann, keine Ebbe und Fluth.

Die Sonne zieht die Erde zwar mächtiger an, als der Mond und man könnte auf den ersten Blick glauben, daß sie eine noch bedeutendere Ebbe und Fluth erzeugen müßte, als der Mond; aber dies ist nicht der Fall, weil selbst die Entfernungen des nächsten und des entferntesten Punktes der Oberfläche von dem Sonnenmittelpunkte einen in Beziehung auf die Entfernung der Mittelpunkte beider Weltkörper so höchst unbedeutenden Unterschied geben, daß er gegen die ungeheure Entfernung der Mittelpunkte beider Weltkörper fast verschwindend klein ist. Während die durch den Mond bewirkte Fluthwelle eine Höhe von 3 Fuß hat, was man am sichersten im stillen Ozeane an kleinen Inseln ermittelt, ist die von der Sonne bewirkte gegen 11 Zolle.

Zur Zeit des Neu- und Vollmondes, in welcher Erde, Mond und Sonne so ziemlich in derselben Richtung liegen, fallen die von den beiden letzteren an einem bestimmten Orte bewirkten Fluthen zusammen und man hat die hohen Springfluthen; aber zur Zeit des ersten und letzten Mondviertels treffen die Sonnenfluthen auf die Stellen der Mond-ebben und wir haben die kleineren Nippfluthen.

Ist der Mond in der Erdnähe, so sind die Fluthen etwas höher, als wenn er sich in der Erdferne befindet. Eine Verstärkung findet auch statt, wenn der Mond und eine noch größere, wenn Mond und Sonne im Aequator sich befinden. Daher sind die Springfluthen um die Zeit der Tag- und Nachtgleichen am höchsten. Die Aequinoctial-Springfluth in Brest, welche 1,6 Tag nach dem Neu- oder Vollmonde eintritt, ist 6,402 Meter hoch; die Solstizialfluth, welche sich um 1,547 Tage verspätet, nur 5,6 Meters.

Wenn der Vollmond in der Nähe unseres Scheitelpunktes stehe, so müssen wir leichter sein, als wenn er sich in der Nähe des Horizontes befindet, denn der Mond wirkt in jenem Falle der Erdanziehung ziemlich entgegengesetzt. Es ist recht merkwürdig, daß Mondsüchtige selbst auf höchst gefährlichen Stellen, z. B. Dachgiebeln, Häusergesimsen selbst bei starkem Winde sicher laufen.

Massen der Himmelskörper.

Schon aus den bisher angeführten Betrachtungen, noch mehr aber aus späteren ebenfalls zur Gravitation gehörigen, lassen sich einige Schlüsse auf die Massen der Himmelskörper ziehen.

Ein bestimmtes Loth wird von seiner winkelrechten Lage gegen den Horizont um so mehr abgelenkt, je gewichtiger eine ihm zur Seite befindliche Masse ist. Aus ihrer Entfernung von dem aufgehängten Lothe und des letzteren vom Mittelpunkte der Erde, sowie der Größe der Ablenkung hat man das Gewicht der ganzen Erde zu 6 tausend Trillionen Tonnen englisches Handelsgewicht oder 123,191 Trillionen Zollcentnern berechnet. — Wäre die Erde nicht hohl, sondern ihre Masse gleichmäßig vertheilt, so würde sie 5,6747 mal dichter als das Wasser sein.

Aus einer sorgfältigen Vergleichung der Fluthen, welche Sonne und Mond hervorbringen, hat man auf das Verhältniß ihrer Massen geschlossen und nimmt die des Mondes auf etwa den 75sten Theil von der der Erde, die der Sonne 355,000 mal größer an. — Da die Masse der Sonne die aller Planeten und Monde 738 mal übertrifft, so können die gegenseitigen Störungen, welche die Planeten und Monde in ihren Bahnen bei der Bewegung erfahren, verhältnißmäßig nicht sehr bedeutend sein; sie haben aber nicht nur hingereicht, sich bemerklich zu machen, wie z. B. der Mond von seiner Bahn zur Erde hin abgelenkt wird, wenn er sich der Ebene des Aequators nähert, wo die Erde wegen ihrer Abplattung mehr Masse hat, als gegen die Pole hin; sondern haben auch zu den schönsten Entdeckungen geführt, wie ja der von der Sonne entfernteste Planet unseres Sonnensystems, der Neptun, zuerst durch Le Verrier aus den Störungen, welche er in der Bahn des Uranus hervorbrachte, berechnet und dann durch Galle am 29. September 1846 an der von ersterem bezeichneten Stelle des Weltraumes wirklich aufgefunden worden ist, welches

einen schlagenden Beweis von der Richtigkeit der die ganze Welt regierenden Gravitationsprinzipien und für den Scharfsinn des menschlichen Verstandes abgibt.

Unsere Sonne selbst bewegt sich, außer in etwa 25 Tagen um ihre Aze, in etwa 22 Millionen Jahren um die Zentralgruppe der Plejaden, welche zu der ungeheuren Sonnengruppe gehört, welche mit ihren etwa 18 Millionen Fixsternen die sogenannte Milchstraße bilden. — Dieses Sonnenweltenssystem steht nicht allein im Weltraume da, denn auch die Nebelflecken, deren sichtbare Anzahl ungemein groß ist, bilden Systeme immer höherer Ordnungen, die sich nach denselben Gesetzen bewegen.

Wir müssen hier, um uns nicht zu weit von unserem eigentlichen Stoffe zu entfernen, dieses der menschlichen Forschung so überaus würdige Gebiet verlassen, um zu den weiteren Erscheinungen der irdischen Schwere zurückzukehren.

Der Schwerpunkt irdischer Körper.

Als wir den Erfolg der Anziehung aller materiell gedachten Punkte des Erdkörpers betrachteten, nahmen wir nur einen einzelnen außerhalb ihr liegenden schweren Punkt an. Nun können wir, da wir die Anziehung der ganzen Erde auf einen einzelnen Punkt, ihren Mittelpunkt nämlich, zurückgeführt haben, diesen als anziehende Kraft wirken lassen auf einen außerhalb der Erde befindlichen Körper, als eine Summe von materiell gedachten Punkten oder auch statt dessen alle Punkte dieses Körpers auf den Mittelpunkt der Erde uns wirksam denken.

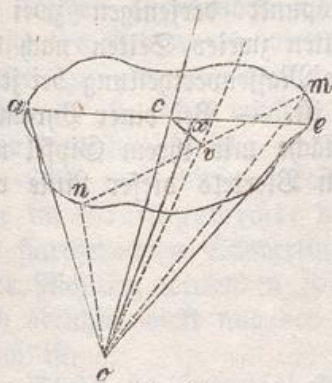


Fig. 36.

Ist in Fig. 36. *a* *n* *m* der Umriß irgend eines in seiner Masse vollkommen gleichmäßigen Körpers und wird in *o* der ihn anziehende Erdmittelpunkt gedacht, so wirkt *o*, bei der verhältnißmäßig außerordentlich geringen Ausdehnung des Körpers in Betreff der außerordentlich großen Entfernung des *o* von den verschiedenen materiell gedachten Punkten des Körpers, auf alle mit gleicher Kraft und die Richtungslinien der von *o* ausgehenden Kräfte sind in der Nähe des Körpers als fast

parallel anzusehen. Denken wir uns den Körper in lauter einzelne Paare von Punkten zerlegt, wie *a* und *e*, *n* und *m*, und setzen wir die anziehenden Kräfte für jedes Paar zusammen; so geht die Resultirende stets durch den Halbirungspunkt der Verbindungslinie jedes Paares, also für *a* und *e* durch *c*, ($ac = ce$) für *n* und *m* durch *v* ($nv = vm$) u. s. w. Setzen wir nun von den erhaltenen Resultirenden wieder immer zwei

und zwei zusammen, wie hier zunächst die in c und v angreifenden gleichen Kräfte, wodurch die in x einschneidende Resultirende entsteht ($cx = xv$) und fahren so fort zusammenzusetzen; so wird die zuletzt erhaltene Resultirende durch einen Punkt des Körpers gehen, welcher der Angriffspunkt der Resultirenden aller vom Erdmittelpunkte nach allen materiellen Punkten des Körpers gerichteten Anziehungskräfte ist und der Schwerpunkt des Körpers heißt. Die von ihm nach dem Erdmittelpunkte gezogen gedachte Linie heißt die Schwerlinie des Körpers. Die Lage der Körpertheile gegen die Schwerlinie kann sehr verschieden sein.

Die Lage des Schwerpunktes eines Körpers richtet sich theils nach der Gestalt, theils nach der Massenvertheilung in ihm, oder der Dichtigkeit an verschiedenen Stellen. Bei einer Kugel von durchaus gleichmäßiger Stoffbeschaffenheit und Dichte ist ihr Mittelpunkt der Schwerpunkt; wäre sie an einer Stelle außerhalb des Mittelpunktes dichter oder mit einem dichteren Stoffe versehen, so würde der Schwerpunkt nach dieser Seite hin liegen. — Bei einem gleichmäßig beschaffenem Ringe liegt er auch in der Mitte, also wenn man einen Faden als Durchmesser ausspannt, im Halbirungspunkte des Fadens. — Ein Zylinder hat ihn in dem Halbirungspunkte der Ase. — Hat man an den Enden eines kreisbogenförmig gekrümmten Drahtes zwei in jeder Beziehung übereinstimmende Metallkugeln, so liegt er in dem freien Raume in der Linie, welche man lothrecht auf der Verbindungslinie der Schwerpunkte beider Kugeln durch den Halbirungspunkt zieht. — Für ein Parallelogramm ist der Durchschnittspunkt seiner Diagonalen der Schwerpunkt; für ein Dreieck der Durchschnittspunkt derjenigen zwei Linien, welche man von den Halbirungspunkten zweier Seiten nach den Scheiteln ihrer Gegenwinkel zeichnet, weil die Massenvertheilung bei jeder dieser beiden Linien zu beiden Seiten gleich ist. — Bei einer Pyramide verbindet man den Schwerpunkt der Grundfläche mit ihrem Gipfel und es ist der Schwerpunkt das Ende des ersten Viertels dieser Linie von der Grundfläche an. —