



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# Handbuch der Physik zur Selbstbelehrung für jedermann

**Spiller, Philipp**

**Berlin, 1865**

Erster Abschnitt. Das Beharrungsvermögen.

---

[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 Ase 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.

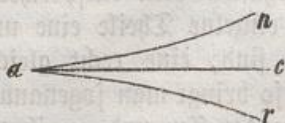
Einen wichtigen und interessanten Fall des Beharrungsgesetzes bietet ein Versuch dar, welchen man in sehr tiefen Schächten von Bergwerken angestellt hat. Zuerst läßt man von einem sehr genau bestimmten Punkte der Erdoberfläche ein kegelförmiges Loth mit einer feinen Spitze in den Schacht hinab und bemerkt 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 Grenzen 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