



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Handbuch der Physik zur Selbstbelehrung für jedermann

Spiller, Philipp

Berlin, 1865

Erste Abtheilung. Von den Körpern, Zuständen der Körper und den Kräften
im Allgemeinen.

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

Erste Abtheilung.

Von den Körpern, den Zuständen, der Körper und den Kräften
im Allgemeinen.

Erster Abschnitt.

Von den Abmessungen der Körper.

Wir nannten das begränzte Zusammensein des Stoffes einen Körper. Es muß also jeder Körper, wie klein er auch ist, einen Theil des unendlichen Raumes einnehmen. Der Raum und jeder noch so kleine Theil desselben hat drei einander rechtwinklig entgegengesetzte Abmessungen oder Dimensionen oder, er ist nach drei Richtungen ausgedehnt.

Diese drei Richtungen nennen wir in Beziehung auf unsere Erde: Länge, Breite und Höhe oder Tiefe. Die beiden ersten Abmessungen sind horizontale oder in der Richtung des Horizontes liegende, und die Länge ist von ihnen die größere; die letzte ist ihnen rechtwinklig entgegengesetzt und bekommt ihre Benennung je nach dem Standpunkte des Beobachters. Man sagt z. B. ein Brunnen hat eine gewisse Tiefe, ein Thurm eine gewisse Höhe. Sonst pflegt man wohl auch die kleinste von diesen drei Abmessungen die Dicke, die mittlere die Breite, die größte die Länge zu nennen, wie bei einem Brette, welche Lage es auch hat.

Bei manchen Körpern ist eine Ausdehnung überwiegend, wie z. B. bei einer Saite, einem Faden. Man nennt sie lineare Körper. Bei anderen sind zwei Abmessungen vorwaltend, wie z. B. bei einem Trommelfelle. Sie heißen flächenförmige Körper. Bei anderen, z. B. einem Amboße ist keine Abmessung vorherrschend. Sie mögen massige Körper heißen.

Theilbarkeit der Körper und ihre Gränze.

Natur und Menschenhände stellen alle drei Arten zu verschiedenen Zwecken her und oft in einer staunenswerthen Zartheit.

Ein Faden von gewöhnlicher Wolle hat einen Durchmesser von 0,02 Linien, vom feinsten Merino 0,008 ′′, von Seide 0,004 ′′. Eine dicke Kreuzspinne hängt an ihrem Faden sehr sicher, denn er ist ungeachtet seiner scheinbaren Zartheit aus Tausenden von Fäden zusammengesetzt, welche die Spinne aus ihren sechs Spinnwarzen, von denen jede sehr viele Oeffnungen hat, mit den Hinterfüßen herauszieht.

Ein Pfund Baumwolle ist zu einem Faden von 40 Meilen Länge ausgesponnen worden, ein Loth Gold zu einem von 5 Meilen. — Wollaston goß um einen Platindraht von 0,01 ′′ englisches Maß Dicke einen Silberzylinder von $\frac{1}{5}$ ′′ Durchmesser, zog ihn durch immer engere Drahtzüge zur möglichsten Feinheit aus, löste dann in kochender Salpetersäure das Silber auf und bekam so einen Platindraht von $\frac{1}{3000}$ Linien Dicke, deren gegen 140 auf einen Kokonfaden gehen.

Für die Untersuchungen in der Lichtlehre sind die Eintheilungen auf Glas wichtig, welche Frauenhofer und Robert gemacht haben. Jener theilte die pariser Linie in 1000 bis 3000 gleiche Theile, dieser zog Linien, deren gegenseitiger Abstand nur 0,000325 Linien beträgt. Es ist hier das kaum Glaubliche geleistet.

Mehre Metalle kann man zu sehr dünnen Blechen auswalzen. So hat man in Gleiwitz einen Zentner Eisen zu einem Bleche von 7040 Quadratfuß ausgewalzt. Besonders geschmeidig aber ist das Gold, denn einen Gran desselben kann man zu einer Fläche von 36 Quadratollen anschlagen, und man hat Goldplättchen von $\frac{1}{280000}$ Zoll Dicke angefertigt.

Endlich erzeugt sowohl die Natur als auch die Menschenhand Körperchen, deren sämtliche Abmessungen sehr klein sind.

Von riechenden Stoffen, wie Kampfer, Moschus, ätherischen Oelen, lösen sich ohne merklichen Gewichtsverlust Theilchen ab, welche in der Luft schweben und beim Einathmen durch die Nase auf den Geruchssinn sich wirksam zeigen. Aehnlich wirkt auf den Geschmack das Quassiaholz, wenn man daraus Becher fertigt und aus ihnen Wasser trinkt. — Die Selbsttheilung bei Farbestoffen ist auch oft höchst auffallend. Es kann z. B. ein Gran Karmin 10 Pfunde Wasser noch merklich roth, ein Gran Kupferammoniak 392 Pfunde Wasser noch blau färben. Aehnlich ist es mit Indigo, Kochenille, Zinnober u. a.

Selbst in der organischen Welt ist das außerordentliche Kleine in wunderbarer Weise vertreten. Im Blute z. B. hat man und zwar in einem Kubikmillimeter an 4 Millionen Zellen, d. i. kleiner häutiger Kügelchen mit einer Flüssigkeit entdeckt, die bei verschiedenen Thieren verschieden geformt sind. Die Elemente aller Pflanzen- und Thierkörper sind solche Zellen. —

Die Flüssigkeit in den Därmen der Frösche enthält eine unzählige Menge von Infusionsthierchen. — Ehrenberg nimmt in einem Kubikzolle

Polirschiefer oder Trippel an 40000 Millionen von solchen Thierresten an. Wenn nun schon diese Infusionsthierchen selbst sehr klein sind, wie klein muß man sich da ihre Organe vorstellen?

Wie außerordentlich zart müssen auch die von dem Blütenstaube der Blumen sich ablösenden Theilchen sein, die sich aber noch durch unser Geruchsorgan verrathen! Noch viel zarter die, welche von einem laufenden Rebhühne, einem Hasen oder anderen Wilde sich ablösen und noch durch die Nase des Jagdhundes erkannt werden! — Wenn die Stubenfliegen im Herbst todt an den Fensterscheiben kleben und mit einem weißen Scheine umgeben sind, so ist ihr Tod dadurch herbeigeführt worden, daß sie aus der Luft die unendlich zarten Saamen eines Pilzes einathmen, welcher dann in und an ihrem Körper so wucherte, daß sie sterben mußten.

Aber auch durch besondere Mittel kann man sehr kleine Körperchen erhalten; z. B. beim Mahlen der Getreidesorten, beim Pulverisiren des Salpeters, des Schwefels und der Kohle in der Pulverfabrikation; beim Anfertigen der Polirmittel, durch welche man Edelsteinen oder Metallen glänzende Flächen gibt. Man reibt mit den zarteren härteren Körnchen des Polirmittels die Unebenheiten der zu glättenden Fläche ab, wodurch nothwendig Ritzen entstehen müssen, die aber so außerordentlich fein sind, daß sie dem bloßen Auge meist ganz verschwinden. Die Diamanten werden mit dem noch härteren schwarzen Diamantbrock polirt.

Wenn man die Gold- und Silberprobe vornehmen oder die verschiedenen Stufen der Legirungen edler Metalle untersuchen will, so reibt man auf einem zartkörnigen härteren Steine, dem Probirsteine, etwas von dem zu untersuchenden Metalle ab und kann durch die Vergleichung der Färbung des Metalles mit der einer bekannten Legirung das Resultat finden. Hier ist also eine außerordentlich feine Zertheilung des legirenden Metalles noch durch das Auge zu erkennen.

Wenn nun auch die durch Menschenhand hervorgebrachte Zerlegung der Körper in Theile, noch mehr aber die durch die Natur selbst bewirkte uns auf wunderbar kleine Theile führt, so sind wir doch nicht genöthigt schon hier die Gränze der Theilbarkeit anzunehmen, sondern wir können uns die Zerlegung noch fortgesetzt denken. Indesß kann dies nicht bis in's Unendliche gehen, weil wir sonst auf Theilchen eines Körpers kämen, die etwas Körperliches nicht mehr hätten und somit der Körper aus stofflosen Bestandtheilen zusammengesetzt wäre, was unmöglich ist.

Wir müssen uns also bei jedem einfachen Stoffe unzerlegbare, untereinander gleiche und gleichschwere Urtheile denken, die man Atome nennt.

Bei den organischen Körpern führen die Untersuchungen nur bis auf die Zellen als Urbestandtheile derselben. Die Zelle aber ist schon ein zusammengesetzter Körper aus mindestens zwei Stoffen, die bereits

Gruppen von Atomen oder Molekel bilden. — Auch die kleinsten Theilchen des Wassers sind keine Atome, sondern Molekel, deren Bestandtheile 1 Sauerstoff- und 1 Wasserstoff-Atom sind. Die Wassermolekel sind also aus verschiedenartigen Urstoffatomen zusammengesetzt; wie lange wir aber einen Körper als aus einem Elementarstoffe zusammengesetzt denken, sind auch keine Molekel aus solchen Elementaratomen gruppiert.

Wir wissen bereits aus angeführten Beispielen (Zinnober, Ammoniakgas, Wasser), daß die Atome eines bestimmten Grundstoffes sich nur in ganz bestimmter Zahl mit denen eines anderen sich verbinden können, um neue Körper mit wesentlich verschiedenen Eigenschaften zu erzeugen. Wir können noch die wunderbare Thatsache hinzufügen, daß sogar dieselben zwei Grundstoffe je nach den Verhältniszahlen, in denen sie sich verbinden, ganz verschiedenartige Körper hervorbringen. Es geben u. a. 100 Theile Stickstoff mit 1 mal 52,14 Theilen Sauerstoff das berauschende Stickstoffoxydulgas, mit 2 mal 52,14 Sauerstoff das Stickoxyd, mit 3 mal 52,14 die salpetrige Säure, mit 4 mal 52,14 die Unter-Salpetersäure, mit 5 mal 52,14 Sauerstoff die Salpetersäure; wir gelangen von Luftarten zu Flüssigkeiten, die alle aus denselben Urstoffen bestehen und dennoch sehr verschiedene Eigenschaften besitzen, wobei jeder einzelne trotz seines gleichartigen Aussehens seiner Theile, doch zusammengesetzt ist.

Nicht nur in der unorganischen, sondern auch in der organischen Natur tritt das ganz bestimmte Bestreben hervor, daß jeder bestimmte Stoff sich auch zu einer ganz bestimmten Form gestaltet, und daß auch in seinem Innern die kleinsten Massentheilchen eine ganz bestimmte Lagerung erhalten.

Bei Krystallen erkennt man, daß die Atome in Beziehung auf drei Axen, die einander entweder senkrecht oder schief schneiden, sich symmetrisch gruppieren.

Jede Pflanzen- und jede Thiergattung weicht von den ihr einmal zukommenden Bildungsgesetzen freiwillig nicht ab, so wunderbar vielgestaltig auch die Formen der verschiedenen Wesen und ihre mit unbewaffneten Augen gar nicht mehr erkennbaren einzelnen Theile sind. Es bilden z. B. die Flügel der Eintagsfliege immer und ewig dasselbe zarte Gewebe von Aestchen und Strahlen oder das letzte Fußglied unserer Stubenfliege hat stets die beiden gebogenen spitzen Klauen und dazwischen gezähnte Fußballen, mit denen sie sich, wie mit Schröpfköpfen an glatte Gegenstände ansaugt, um an ihnen emporzulaufen. Abweichungen von der gesetzmäßigen Gestalt, oder Mißgestalten und Mißgeburten entstehen nur, wenn der Natur irgend ein Zwang angelegt, oder wenn sie in ihrem Bildungsprozesse gestört wird.

Weil nun bestimmte Stoffe nur in bestimmten Verhältnissen sich mit einander zu wesentlich neuen Körpern verbinden und weil die Stoffe bei der Körpergestaltung im Innern eine bestimmte Lagerung und im

äußern eine bestimmte Form annehmen; so sind wir zu dem Schlusse berechtigt:

Sowohl die Atome jedes Urstoffes, als auch die Molekel der Elementar- und zusammengesetzten Körper haben eine bestimmte Gestalt.

Die Dichtigkeit der Körper.

Wenn eine gewisse Summe von Atomen oder Molekeln einen einfachen oder zusammengesetzten Körper gibt, so kann die Gestalt verschieden sein; man kann z. B. ein Pfund Eisen in der Gestalt einer Stange, eines Würfels u. dgl. haben, ohne daß der Rauminhalt und die Menge der gleichartigen Körpertheile oder die Masse sich ändert, so daß die Atome und Molekel in allen Fällen in derselben ursprünglichen Entfernung von einander bleiben.

Den Rauminhalt, welchen ein Körper ohne Rücksicht auf seine Gestalt einnimmt, nennt man sein Volumen. In dem angeführten Falle bleibt also das Volumen ungeachtet der Veränderung der Gestalt dasselbe.

Anders aber ist es, wenn man z. B. ein leeres, d. h. nur Luft enthaltendes Trinkglas nimmt, dasselbe auf einem Wasserspiegel umstürzt, wodurch die in ihm vorhandene Luft abgesperrt wird und nun das Glas tiefer in das Wasser drückt. Dabei wird die Luft genöthigt, einen kleineren Raum einzunehmen, ihre Massentheile sind näher an einander getreten und die Luft ist somit dichter geworden. Ist das ursprüngliche Volumen der Luft auf die Hälfte zurückgegangen, so ist die neue Dichtigkeit das Doppelte von der ursprünglichen u. s. w. für jedes andere Verhältniß, so daß wir sagen können:

die Dichtigkeit zweier Körper aus demselben Stoffe verhält sich wie umgekehrt das Volumen derselben.

Ganz anders ist es bei verschiedenen Stoffen, weil bei ihnen die Natur der Atome den Grad der Dichtigkeit bedingt; es ist z. B. das Gold dichter als das Eisen, dieses dichter als die Holzarten, diese dichter als die Luftarten.

Wenn man Metalle walzet, hämmert oder zu Münzen prägt, so werden sie dichter, beim Prägen namentlich an den vertieftesten Stellen. So kann man auf Leder, Horn, Holz und dgl. durch Druckstempel mancherlei erhabene Figuren hervorbringen. — Wenn feuchtes Holz an trockenen und warmen Orten aufbewahrt wird, so schwindet es, d. h. sein Volumen vermindert sich und es wird dichter, indem namentlich die sogenannten Jahrgänge näher an einander treten; ein aus einem Baumstamme nach seiner Länge geschnittenes Brett wird also schmaler.

Wenn ein Körper keine Feuchtigkeit besitzt, so wird sein Volumen durch Zunahme der Wärme vergrößert, wovon nur das Wasser innerhalb einer beschränkten Gränze (zwischen 0° und 4° C.) eine höchst

wichtige Ausnahme macht, wovon wir später das Nähere angeben werden. Ein Würfel von Eisen vergrößert sich bei Zunahme, verkleinert sich bei Abnahme der Wärme; also in jenem Falle entfernen sich die einzelnen Massentheile von einander, und er wird weniger dicht, in diesem nähern sie sich einander und er wird dichter.

Porosität der Körper.

Wenn die Körper die Fähigkeit haben ein kleineres Volumen einzunehmen, so erfüllten ihre Stofftheile das frühere Volumen nicht vollständig oder es mußten zwischen den Stofftheilen Räume sein, welche ohne den betreffenden Stoff waren. Diese stofffreien Raumtheile, welche man Poren nennt, müssen sich nach der Form und Lagerung der Atome und Molekel richten; sie werden also z. B. bei der Kugelform der Stofftheile eine andere Gestalt und Größe haben, als bei anders geformten Stofftheilen. Es ist also natürlich, daß die verschiedenen Körper in sehr verschiedenen Graden die Fähigkeit besitzen sich zusammendrücken zu lassen.

Auf der Porosität beruht eine große Menge von Erscheinungen. Der Regen und die anderen wässrigen Niederschläge aus der Atmosphäre dringen durch die Poren des Erdreiches hinab, bis sie auf eine so dichte Bodenschicht (Lehm oder Letten) oder auf Felsen kommen, daß sie nicht mehr weiter können und sich dort in einer oft Sand enthaltenden Schicht ansammeln. Man kommt beim Brunnengraben auf solche Schichten. Da in den bergigen Gegenden die Erdschichten meist nicht horizontal liegen, sondern sich rings um die Berge schräge aufsteigend gelagert haben, weil sie bei der Entstehung der Berge durch von innen wirkende Kräfte mit gehoben worden sind; so ist es bei der Zerrissenheit dieser Schichten leicht erklärlich, daß an den Abhängen der Berge sehr häufig Quellen hervorbrechen, welche um so mächtiger sind, je tiefer sie liegen und bisweilen Seen mit oder ohne Abfluß bilden, wenn eine kesselförmige Vertiefung vorhanden ist, welche unten das Wasser nicht durchläßt.

Wenn das durch Kalkerde sickernde Wasser Kohlensäure enthält, so bildet sich an den Decken von Kalksteinhöhlen der Tropfstein oder Stalaktit, oft in den wunderlichsten Gestalten und Farben, indem das durchgesickerte Wasser verdunstet. Ist der Zufluß zu bedeutend und die Verdunstung zu langsam, so bilden sich durch das Herabtropfen auch vom Boden der Höhlen aus Kegel, die jenem entgegenwachsen und so mit ihnen endlich zu vollkommenen Säulen sich gestalten. Man findet dergleichen Höhlen auf der Insel Kreta, im Harze, in Franken, Schweden, Frankreich und anderwärts.

Der Waschschwamm ist sehr porös, auch Bimstein, Kreide und Zucker werden leicht durchnäßt, Marmor weniger, nimmt aber Firniß doch bis zu einer ziemlichen Tiefe an, so daß man ihn dadurch einiger-

maßen gegen die zerstörenden Witterungseinflüsse schützen kann. Der Hydrophan ist zwar ein ziemlich dichter Stein, aber er nimmt Wasser, in welchem er liegt, doch in einem solchen Grade an, daß er durchscheinend wird; dasselbe ist der Fall mit Papier, welches durch Del benäht wird.

Lösch- und Fließpapier läßt beim Filtriren durch seine Poren zwar die Flüssigkeit durch, nicht aber die in ihr schwebenden, oft sehr zarten Körpertheile, die sie trübten.

Wenn die Gefäße aus gebranntem Thone nicht mit einer Glasur versehen werden, so schwitzt das darin befindliche Wasser durch und erzeugt durch seine Verdunstung auf der Oberfläche eine Abkühlung. Darauf beruhen die Kühlgefäße in den Haushaltungen.

Durch die Poren des Leders kann man Wasser treiben, durch ziemlich dickes Holz sogar Quecksilber. — Befindet sich Holz in Wasser und beseitigt man den Druck der Luft auf das Wasser, so dringt aus den Poren des Holzes eine große Anzahl von Luftblasen. Es ist also natürlich, daß Holz, welches längere Zeit in Wasser gelegen hat, schwerer geworden ist, da ja die leichtere Luft aus den Poren durch das Wasser vertrieben worden ist. Man findet daher nicht selten auf dem Boden der Binnenseen und der Flüsse ganze Stämme von Eichen aus früherer Zeit. — Soll Holz, welches bestimmt ist im Erdboden an der Erdoberfläche zu liegen oder zu stecken, wie z. B. Eisenbahnschwellen, Telegraphenstangen, gegen die Zerstörungen des Wechsels der Feuchtigkeit geschützt werden, so läßt man es vorher mit einem säulnißwidrigen Stoffe durchdringen. — Versteinertes Holz und andere Petrefakten sind so ganz in einen unorganischen Stoff übergegangen und haben nur noch das organische Gefüge beibehalten, wodurch sie sich als Versteinerungen verrathen.

In selbst ganz gut verspundeten Fässern wird des Weines weniger, er zehrt, weil er durch die Poren des Holzes unmerklich verdunstet. Hängt man eine mit Brantwein gefüllte und gut verbundene thierische Blase in die Nähe eines warmen Ofens auf, so hat man in wenigen Wochen die Blase etwa nur noch halb gefüllt, aber mit starkem Alkohol, weil das Wasser durch die Poren der Blase verdunstet ist.

Unser Körper hat im Innern mancherlei Häute, welche durch ihre Poren zwar gewisse Stoffe durchlassen, andere aber zurückhalten, jenachdem auf der entgegengesetzten Seite ein Stoff ist, der die Neigung zu einer neuen Verbindung hat oder nicht.

Wird frisch geschöpftes kaltes Brunnenwasser in eine warme Stube gebracht, so zeigt sich in kurzer Zeit an den Gefäßwänden oder an einem hinein gelegten Körper eine sehr große Anzahl kleiner Luftkugeln. Diese Luft war natürlich vorher schon im Wasser in dessen Zwischenräumen, aber wegen ihrer Dichtigkeit in so kleinen Bläschen, daß sie nicht erkannt werden konnte. Die Wärme dehnte sie aus, wobei benach-

barte Theilchen sich mit einander verbanden, und so nahmen sie die leicht erkennbare Größe an.

In diese Poren des Wassers kann auch umgekehrt Luft geschafft werden, wie es bei der Bereitung der kohlensauren Wasser geschieht. Haben die Fische und andere Thiere in einem mit Wasser gefüllten Behälter, Aquarium, die mit dem Wasser verbunden gewesene Luft aufgezehrt, so müssen sie sterben. Sie zeigen auch eine große Angst, wenn der Zeitpunkt näher rückt und sie schnappen begierig an der Oberfläche des Wassers nach Luft. Man versieht sie daher entweder mit frischem lufthaltigen Wasser, oder bringt Luft in das alte Wasser. Dies kann geschehen, indem man atmosphärische Luft durch ein Gebläse oder Druckwerk (von unten) hineinschafft, wobei die aufsteigenden Luftblasen im Wasser etwas zurücklassen; oder daß man einen fein zertheilten Wasserstrahl, vielleicht durch einen Springbrunnen, in den Fischbehälter fallen läßt, wobei das fallende Wasser Luft mit fortreißt, oder daß man Wasserpflanzen in's Aquarium setzt, welche den für die Thiere nothwendigen Sauerstoff ausathmen, während sie von den Thieren den für sie nothwendigen Kohlenstoff bekommen. In einem solchen mit angemessenen Pflanzen versorgten Aquarium braucht das Wasser jahrelang nicht erneuert zu werden. Im Winter bedürfen die Fische in Teichen und Seen bei einer geringeren Lebenshätigkeit zwar weniger Luft, können aber derselben nicht vollkommen entbehren und daher muß man in die Eisdecke Löcher, s. g. Buchnen schlagen, indem das Wasser schon bei der Berührung mit der Luft von derselben etwas, wenn auch wenig, aufnimmt.

Wird zu Wasser Weingeist gethan, so dringt ein Theil des letzteren in die Poren des ersteren, denn der Rauminhalt des Gemisches ist kleiner als die Summe der Raumtheile beider. Ebenso nehmen die Verbindungen zweier Metalle, die Metalllegirungen, einen kleineren Raum ein.

Wird zu Wasser Kochsalz, oder zu Weingeist ein Harz gethan, so begeben sich die Molekel des festen Körpers vorzüglich in die Poren des flüssigen, und daher kann auch ein bestimmter flüssiger Körper von einem bestimmten festen nur eine bestimmte Menge aufnehmen, z. B. 100 Theile Wasser höchstens 27 Theile Kochsalz; was mehr ist, fällt zu Boden.

Die Metalle scheinen unter allen Körpern am wenigsten porös zu sein, und dennoch dringt das in einer Kugel aus Gold völlig abgesperrte Wasser in zarten Thautröpfchen durch die Kugel, wenn man sie einem starken Drucke aussetzt.

Wenn man leere und gut zugeschmolzene Glaskugeln in das Meer bis zu einer Tiefe von 1100 Fuß etwa herabläßt oder sie dem entsprechenden Drucke einer hydraulischen Presse aussetzt, so füllen sie sich mit Wasser.

Auch der menschliche Körper hat auf seiner Oberfläche eine sehr große Anzahl von Poren, welche durch Keilichkeit offen zu halten für

die Gesundheit unumgänglich nothwendig ist. Man schätzt ihre Anzahl auf einem Quadratfusse zu 1000, so daß ein erwachsener Mensch von 15 Quadratfuß Oberfläche deren gegen 2 Millionen haben würde. Wenn nicht etwa durch Erkältung oder andere Umstände die Poren mehr oder weniger geschlossen sind und so die Hautthätigkeit oder der Verkehr des Körpers mit der Außenwelt theilweise unterbrochen ist; so verdunstet man, namentlich bei trockener Luft, durch sie binnen 24 Stunden durchschnittlich 15840 Gran. Es ist also kein Wunder, daß man bei trockener und warmer Luft, wo unsere Verdunstung so lebhaft ist, durstig wird. Man saugt aber unter Umständen auch Feuchtigkeits aus der Luft ein, wie bei feuchten Nebeln, besonders aber während des Badens. Daher kommen die heilsamen Wirkungen der Mineralbäder, die Erfolge der Salben und anderer Einreibungen.

Es ist im praktischen Leben häufig theils aus Rücksichten für die Gesundheit, theils zur Ersparniß erwünscht, Gegenstände recht locker zu bekommen, z. B. Gebäcke oder in der Kocherei etwa Klöße. Zu diesem Zwecke versieht man den zu backenden oder zu kochenden Gegenstand entweder mit einem luftentwickelnden Stoffe, mag es nun durch Gährung, wie bei den Hefen, oder durch Auflösung, wie bei dem Natrium geschehen oder man vermengt ihn mit einem anderen, an dessen Theilen viele Luft anhaftet, wie bei dem zu Schaum geschlagenen Weissei. Auf solche Weise macht man diese Körper porös.

Zweiter Abschnitt.

Von den Zuständen der Körper.

Ruhe und Bewegung.

Es gibt für jeden Körper als Ganzes sowie für seine Molekel und Atome nur zwei Zustände, nämlich Ruhe und Bewegung. Die Ruhe ist das Festhalten des Ortes im Raume, Bewegung das Aufgeben desselben.

Die Körper sind Gruppen von Molekeln, die Molekel Gruppen von Atomen. Wenn ein Regentropfen fällt, so bewegt sich ein ganzer Körper; wenn wir sehen, daß in einem sehr engen, offenen und reinen Glasröhrchen, welches in reines Wasser gestellt worden ist, oder in einem Stück Zucker, dessen Spitze man ins Wasser getaucht hat, das Wasser darin höher steigt, als es außerhalb steht, so ist dies eine Molekularerscheinung; wenn endlich ein auf Wasser gelegtes Stückchen Kaliummetall sich so heftig mit dem Sauerstoffe des Wassers verbindet, wobei der Wasserstoff des Wassers entweicht, daß eine Flamme entsteht, oder wenn man zu konzentrierter Schwefelsäure etwas Wasser gießt, wobei

Wärme entsteht, oder wenn aus Schwefel und Quecksilber der Zinnober gebildet wird, so sind diese Erscheinungen Atombewegungen.

Wir pflegen zu sagen, daß die Sonne, abgesehen von der in $25\frac{1}{2}$ Tagen stattfindenden Drehung um ihre Ase, keine Bewegung habe, und daß nur die zu ihr gehörigen Haupt- und Nebenplaneten, so wie die Kometen sich um sie bewegen. Es ist aber falsch, weil das ganze Sonnensystem nach einem Zentralgestirn, nämlich den Plejaden, sich bewegt, und so haben auch alle übrigen früher für unbewegt gehaltenen Fixsterne eine Bewegung im Weltraume.

Daraus ergibt sich also, daß wir in der Natur gar keine absolute Ruhe haben, und es wäre in der That auch Ruhe ihr Untergang oder Tod.

Wenn auch ein ganzes Haus auf seiner Stelle bleibt und nicht, wie es in Amerika schon häufig gemacht worden ist, auf einen anderen Ort geschafft wird, so ist es doch nicht in absoluter Ruhe, sondern es theilt die Bewegungen der Erde und es erfährt überdies noch von jedem vorüberfahrenden Wagen oder durch Arbeiten in seinem Innern mehr oder minder große Erschütterungen.

Wir können also nur von relativer Ruhe sprechen, welche dann vorhanden ist, wenn nämlich ein Körper und seine Theile den Ort in Beziehung auf die Orte anderer, ihn umgebender Körper nicht verändern. Wenn ein Fahrzeug stromabwärts in jeder Sekunde 2 Fuß fährt und ein Mensch in ihm in jeder Sekunde 2 Fuß stromaufwärts geht; so wird es einem Beobachter an dem einen Ufer scheinen, als ob der Mensch ruhe, denn er wird seine Lage, oder den relativen Ort gegen einen Gegenstand am jenseitigen Ufer nicht verändert sehen. Wäre aber der Beobachter im Fahrzeuge, oder bezöge er wenigstens den Ort jenes Menschen auf die Gegenstände des Fahrzeuges, so würde er an der Bewegung desselben gar nicht zweifeln, weil er erkennt, daß er seinen relativen Ort im Fahrzeuge verändert.

Da sich die Ruhe und Bewegung entweder auf einen Körper als Ganzes oder auf seine Theile, oder auf beides beziehen kann, so sind eigentlich vier Fälle denkbar. Z. B. 1) ein Dampfschiff kann ungeheizt ruhen; 2) es kann geheizt in Bewegung sein; 3) es kann ungeheizt fortgetrieben werden; 4) es kann geheizt und, im Innern in Bewegung, festgehalten werden.

Wir erkennen überhaupt nur dann Bewegung, wenn eine relative Ortsveränderung stattfindet, die sich auch an den Bildern in unserm Auge widerspiegelt; aber darüber werden wir sehr häufig getäuscht, welcher von zwei Gegenständen sich bewegt, und welcher in Ruhe ist.

Sitzen wir in einem ruhenden Eisenbahnwagen und sehen auf einen dicht vorüberfahrenden Zug, ohne einen andern Gegenstand anzublicken; so glauben wir selbst in entgegengesetzter Richtung zu fahren und halten dafür, daß der fahrende Zug still steht. Können wir aber noch auf

Gegenstände neben oder hinter dem fahrenden Zuge sehen, so verschwindet die Täuschung.

Ähnlich verhält es sich, wenn wir von einer Brücke herab auf einen schnell dahin fließenden Strom sehen, zumal wenn sich auf seiner Oberfläche kleinere Gegenstände befinden. Indem wir unser Auge immerfort auf neue von oben herab schwimmende Gegenstände wenden, glauben wir selbst ihnen entgegen zu kommen.

Man hat diese Täuschung auch künstlerisch verwerthet. Wenn man nämlich das Gemälde einer Küste von ziemlicher Ausdehnung langsam und regelmäßig ohne Anstoß vor einem Beschauer auf einer nachgemachten ruhenden Gondel vorüberzieht und dem Auge jeden anderen Anhaltspunkt entzieht; so glaubt man in der That eine recht angenehme Küstenreise zu machen. Das ist ein Panorama.

Die entgegengesetzte Täuschung, nämlich daß wir zu ruhen glauben, während wir wirklich in Bewegung sind, kommt vor, wenn wir auf einem glatten Wasserspiegel stromabwärts fahren und dabei die Gegenstände des einen Ufers auf Gegenstände eines entfernteren Hintergrundes beziehen. Es treten die näheren Punkte des Ufers schneller aus unserem Gesichtskreise nach hinten als die entfernteren, und deshalb scheinen die ersteren allein sich rückwärts zu bewegen, während wir zu ruhen glauben.

Die großartigste Täuschung, deren Nachweis als solche die härtesten Kämpfe gegen theologische Vorurtheile gekostet hat, findet statt, indem wir uns ohne den leisesten Anstoß auf unserm großen Erdschiffe um die Sonne bewegen und durch die Sinnestäuschung veranlaßt werden zu glauben, daß die Sonne stillsteht und die Erde, sowie die ganze scheinbare Himmelskugel, um sie sich bewegt.

Abgesehen von Täuschungen, welchen wir bei der Beurtheilung der Bewegungs- und Ruhezustände der Körper ausgesetzt sind, wird das Erkennen der wirklichen Thatsachen noch durch die Unvollkommenheiten unserer Organe erschwert. Wir wissen es z. B. mit Bestimmtheit, daß sich der Stundenzeiger unserer im Gange befindlichen Uhr bewegt, aber wir sehen die Bewegung nicht sofort, sondern erkennen sie erst nach einer längeren Zwischenzeit oder: wir wissen mit Bestimmtheit, daß die Kugel aus einem abgeschossenen Gewehre sich vorwärts bewegt, aber es ist uns unmöglich, sie fliegen zu sehen. Wir können bei einem Saiteninstrumente sehr wohl noch erkennen, daß sich eine Saite bei Angabe eines tiefen Tones bewegt; wird sie aber bei derselben Spannung sehr verkürzt und genöthigt, einen sehr hohen Ton zu erzeugen, wie etwa auf der E-Saite der Violine, so können wir ihre Bewegungen nicht mehr erkennen.

Wir können also, wie schon angedeutet worden ist, weder allzu langsame, noch allzu rasche Bewegungen noch erkennen.

Diese Bemerkung mahnt uns zur größten Vorsicht bei der Aufsuchung der Gründe für eine Erscheinung und bei der Beurtheilung des

thatfächlichen Vorganges derselben. Wir sehen z. B., daß ein Magnet eine gewisse Stelle eines anderen Magneten anzieht, eine andere Stelle desselben abstößt. Worin besteht der Grund für die Verschiedenheit dieser Vorgänge? — Wir wissen, daß beim Telegraphiren in dem Drahte etwas vorgehen muß; aber, welches ist dieser Vorgang? In solchen Fällen können uns nur Schlüsse aus ähnlichen Vorgängen und eine genaue Vergleichung scheinbar verschiedenartiger Erscheinungen auf die Spur helfen.

Bewegungsarten.

Läßt man einen frei gehaltenen Stein los, so bewegt er sich in einer geraden Linie nach der Erdoberfläche, und der ganze Körper, so wie jeder seiner Theile, hat eine fortschreitende Bewegung: jeder Theil verläßt seinen ursprünglichen Ort und es tritt keiner einen Rückweg an. Eine eben solche Bewegung hat ein Eisenbahnzug, welchen eine Lokomotive hinter sich schleppt. In diesem Falle kann die Bahn in einer geraden oder auch in einer krummen Linie gehen; also giebt es eine geradlinig und eine krummlinig fortschreitende Bewegung.

Bei der krummlinig fortschreitenden Bewegung kann der Körper, ohne rückgängig zu werden, auf den Anfangspunkt der Bahn kommen und dann ist sie eine cirkulirende, wie es bei einem Punkte eines Rades der Fall ist, welches sich um eine durch seine Mitte gehende feste Axe dreht. Die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne ist auch cirkulirend; man nennt sie wohl auch die Revolution der Erde um die Sonne.

Das Pendel einer Uhr bewegt sich so, daß jeder seiner Punkte einen Kreisbogen in abwechselndem Hin- und Rückgange zurücklegt und dies ist eine schwingende Bewegung. Diese Bewegung kann auch in gerader Richtung gedacht werden. Jede tönende Saite schwingt mit ihren Theilen und als Ganzes. Eine Schwingung besteht aus dem Hin- und dem Rückgange.

Wenn ein Körper sich so bewegt, daß alle seine Theile von einer gewissen, sich nicht bewegenden Linie dieselbe bestimmte Entfernung in einer Ebene behalten und somit Kreislinien beschreiben, so ist die Bewegung eine rotirende oder eine Axendrehung, eigentlich Drehung um eine Axe, indem jene fest gedachte Linie die Axe (Drehungsaxe) heißt.

Das Stück Thon, welches der Töpfer auf seiner Scheibe drehend zu einem Gefäße formt, hat eine Axendrehung; ebenso der Körper, welcher vom Drechsler zu einem Cylinder, Regel u. s. w. umgeformt wird; die Flügel der Windmühle, der Schleifstein des Schleifers u. s. w.

Alle Bewegungen, welche in der Natur und im praktischen Leben vorkommen, sind mehr oder weniger zusammengesetzte. Unsere Erde dreht sich täglich um ihre Axe, aber zugleich jährlich um die Sonne, mit ihr

fort in den Weltraum und hat mit ihrer Aze dabei noch eine kleine schwingende Bewegung, welche man Nutation nennt. — Während ein Wagen eine fortschreitende Bewegung hat, besitzen die Räder noch eine rotirende, so daß mit Ausnahme des Mittelpunktes jeder Punkt eines solchen Rades mit Beziehung auf die Bewegungen der Erde eine sechs-fache Bewegung hat, abgesehen von den Schwankungen auf unebenem Boden. Bei einem gezogenen Wagen ist die drehende Bewegung eine Folge der fortschreitenden, bei einer Lokomotive ist es umgekehrt; in vielen anderen Fällen sind die drehende und fortschreitende Bewegung ganz unabhängig von einander, z. B. bei einer abgeschossenen Kugel, welche durch die Züge des Laufes in Drehung versetzt worden ist, oder bei einer Billardkugel, welche durch einen Seitenstoß beim Vorwärtsgehen sich um eine lothrechte Aze dreht.

In Buffalo sah ich, wie durch eine kleine Dampfmaschine aus einem vierkantigen Holzstücke in wenigen Minuten ein vollkommener Schuhmacherleisten gedreht wurde. Das Holz hatte hierbei eine drehende, eine fortschreitende und in angemessenen Zeitpunkten eine Seitenbewegung, um sich dem drehenden Eisen darzubieten und wieder zu entziehen.

Umwandlung der Bewegungsarten.

Bei einem Spinnrade wird durch wiederholt in gleichen Zeiten auf das Treibrett erfolgende Drucke dieses (als einarmiger Hebel anzusehende) Brett in eine schwingende Bewegung versetzt; eine daran befindliche Stange verwandelt dieselbe in eine drehende Bewegung des großen Rades; eine um den Umfang des letzteren und den Umfang einer kleineren Kreisscheibe gelegte und mäßig angelegte Schnur trägt die Bewegung des großen Rades auf diese Scheibe über, wodurch die Schnelligkeit der Umdrehung derselben vermehrt wird u. s. w. Ganz ähnlich ist die Umwandlung der Bewegungsarten bei den kleinen Schleifmaschinen.

An dem Pumpenbrunnen wird die schwingende Bewegung des Schwengels in eine gradlinig auf- und absteigende des Kolbens verwandelt.

Der Kolben oder Stempel in dem Dampfzylinder einer Lokomotive hat eine gradlinig schwingende Bewegung, die gegliederte Kolbenstange verwandelt sie durch die Art der Befestigung am großen Triebrade in eine Axendrehung dieses Rades, und die ganze Lokomotive giebt dem Bahnzuge eine fortschreitende Bewegung.

Ist das Gehgewicht einer Wanduhr aufgezogen, so hat es beim Fallen eine geradlinig fortschreitende Bewegung, die Schnur oder Kette daran bringt in dem Räderwerke eine drehende und durch den Haken eine schwingende des Pendels hervor. In den Taschenuhren ist neben

den drehenden Bewegungen der Räder noch eine schwingende der sogenannten Unruhe.

Die fortschreitende Bewegung des Wassers oder Windes bringt durch Räderwerke und andere Maschinentheile theils drehende, theils in verschiedener Weise schwingende Bewegungen hervor: man mahlt Getreide, zerschneidet Holz, durch gerade und durch Kreis Sägen, zerstampft feste Gegenstände, man spinnet, man webt, es entsteht Wärme, durch welche man Wasser zum Kochen bringen könnte; der daraus entwickelte Dampf ließe sich zur Erzeugung von Elektrizität benutzen, durch diese erhielte man elektrische Funken mit Schall oder man könnte dadurch Magnete erzeugen oder das Wasser und andere zusammengesetzte Körper zerlegen. So bringt die im fließenden Wasser liegende Kraft Erscheinungen hervor, welche keine Spur von Ähnlichkeit zu haben scheinen, die wir alle aber als verschiedene Bewegungsercheinungen werden kennen lernen. Denn Bewegung eines Stoffes kann an einem andern Stoffe wieder nur Bewegung erzeugen, nie einen neuen Stoff.

Bei Maschinen wird in diesen und in unzähligen andern Fällen entweder durch das unmittelbare Ineinandergreifen der Theile, oder durch eine Leitung mittelst einer Schnur, eines Taues, Riemens, einer Kette auf eine Entfernung, die eine Bewegungsart in die andere verwandelt. Wir können die Gründe für diese Umwandlung und für diese Wirkung auf die Entfernung aus der Form der Maschinentheile leicht erkennen und sie durch Herstellung angemessener Maschinen nach den mannigfaltigsten Bedürfnissen auch hervorbringen.

Aber wir dürfen nun nicht meinen, daß es blos solche mit großartigen Körpern vorgenommene Umänderungen der Bewegungsarten gibt, sondern können jetzt schon vermuthen, daß dieselben Verwandlungen auch bis zu den kleinsten Massentheilchen sich erstrecken werden, deren Natur, Gestalt und Bewegung im Einzelnen unserer Wahrnehmung sich entzieht.

Wird z. B. Schießpulver in einem Gewehre angezündet, so verbinden sich die Atome des Salpeters, des Schwefels und der Kohle zu einem luftigen Körper unter einer Bewegungsercheinung; dadurch wird das Geschöß fortgeschleudert und dieses bringt in dem getroffenen Körper wieder eine Bewegung hervor.

Beim Telegraphiren findet eine Atombewegung in der elektrischen Kette auf der ersten Station statt, diese geht über in eine Molekularbewegung des Kupferdrahtes und letztere wird in eine Massenbewegung eines Eisenkörpers auf der zweiten Station verwandelt.

Wenn man wohl einen Stahlstab, nicht aber einen Eisenstab in einen bleibenden Magneten, wenn man Magnetismus in Elektrizität und umgekehrt, wenn man durch Wärme beides erzeugen kann, wenn überhaupt von den fünf Erscheinungen des Schalles, des Lichtes, der Wärme, der Elektrizität und des Magnetismus jede nicht nur sich selbst, sondern auch jede andere hervorzubringen im Stande ist; so liegt die Ver-

muthung sehr nahe, daß dies blos Umwandlungen der Bewegungsarten sind, welche durch die Gestalt der Atome und Molekel bei den verschiedenartigen Körpern bedingt sind.

Aber auch die Wirkung in die Entfernung verliert den Nimbus des Räthselhaften, wenn man bedenkt, daß es außer den irdischen Stoffen noch einen universalen, den Aether, gibt, welcher die Uebertragung oder Transmission bewirken kann. Wenn elektrische Fische im Wasser andere Thiere in der Entfernung todtzuschlagen, so bewirkt das Wasser die leicht erkennbare Uebertragung.

Wir haben hier bereits vorläufig einen Blick in die geheimsten Werkstätten der Natur gethan, welche wir in Zukunft zu erweitern, die schwierige, aber sehr interessante und dankbare Aufgabe haben.

Richtung der Bewegung.

Wenn man auf einem horizontalen Billard oder überhaupt auf einer größeren horizontalen Ebene an einem Faden eine Kugel herum-schleudert und sie während der Bewegung in irgend einem Punkte ihrer Bahn losläßt; so wird sie von da nicht noch weiter fort in diesem Kreise gehen, sondern sich in der von diesem Punkte aus zum Kreise gezogenen Tangente geradlinig weiter bewegen. Schleuderte man sie in einem lothrechten Kreise in der Luft und ließe sie in einem der Endpunkte des horizontalen Durchmessers los, so würde sie lothrecht auf- oder abwärts gehen.

Jeder bewegte Körper hat das Bestreben stets in einer geradlinigen Bahn zu gehen und vollführt dies auch, wenn er nicht anders zu gehen gezwungen wird. Unter der Richtung der Bewegung verstehen wir die gerade Linie, in welcher der Körper wirklich geht, oder in welcher er gehen will, und welches bei einer krummen Bahn, die durch diesen Punkt, worin er sich gerade befindet, zu der krummen Linie gehörige Tangente oder Berührungslinie ist.

Die ganze von einem bewegten Körper durchlaufene Bahn, welche man sich, wenn sie krummlinig wäre, als gerade Linie ausgespannt denkt, nennt man den Weg des Körpers. War der Weg eine krumme Linie, so ist er größer als die Entfernung der Endpunkte der Bahn.

Zeit und Zeitmaß.

Die Zeit an sich ist, wie der Raum, unendlich: sie hat keinen Anfang und kein Ende. Wie wir uns vom Raume begränzte Theile denken können, so ist es auch bei der Zeit. Die Geschichte der Menschheit umfaßt einen außerordentlich kleinen Theil der Zeit, welcher durch die Aufeinanderfolge der Ereignisse sowohl im großen Ganzen, als auch bei einzelnen Völkern in noch kleinere Abtheilungen zerfällt. Wir würden

aber für die Größe der zeitlichen Ausdehnungen durchaus keine bestimmte Vorstellung haben, wenn wir nicht auch für die Zeit unabänderlich bestimmte Maßeinheiten annehmen wollten.

Haben wir z. B. zwei durch einen engen Kanal verbundene Glasgefäße, von denen das obere mit einer ganz bestimmten Menge recht trockenen und reinen Sandes gefüllt wird, so geht dieser Sand durch den Kanal von bestimmter Weite in einer bestimmten Zeit hindurch und wenn man auch die Gefäße umkehrt, so bleibt die Zeit dieselbe. Änderte sich die Weite der Oeffnung und die Größe der Sandkörner, so würde sich auch die Zeit ändern, welche der Sand zum Durchlaufen bedarf.

Statt einer Sanduhr könnte man auch eine Wasseruhr einrichten, aber die dadurch gewonnenen Zeiten wären immer noch keine Normal-Zeiteinheiten, weil ihre Größe von mehr zufälligen Umständen, wie hier von der Menge und Beschaffenheit des Sandes und der Weite des Verbindungskanals, abhängig ist.

Untrüglich in ganz bestimmten und sich gleichbleibenden Zeiten wiederkehrende Erscheinungen bieten uns die Himmelskörper dar. Deswegen benutzten schon die alten Völker die Zeiten zwischen dem regelmäßigen Wechsel in der Beleuchtung des Mondes als Maßeinheiten. Später aber ermittelte man durch Vergleichung der Lage des Ortsmeridianes gegen einen bestimmten Fixstern mit recht genau gleichmäßig gehenden Uhren, welche übrigens willkürliche Zeiteinheiten angeben konnten, daß die Zeit, in welcher die Erde sich einmal um ihre Ase dreht, eine absolut unveränderliche sei. Diese Zeit, den Tag (Sternentag), theilte man durch die Uhren in 24 Stunden, jede Stunde in 60 Minuten, jede Minute in 60 Sekunden und dann nimmt man von letzteren noch Bruchtheile an.

In der Physik nimmt man die Sekunde als Zeiteinheit an. Da ein Körper nicht gleichzeitig an zwei verschiedenen Orten sein kann, so bedarf er zu seiner Bewegung stets einer Zeit, wie unbedeutend sie auch häufig selbst für sehr große Wege ist.

Geschwindigkeiten und Arten derselben.

Hätte ein Bote in 3 Tagen 15 Meilen zurückgelegt, so kämen auf jeden Tag, wenn er eine gleichmäßige Bewegung beibehalten hätte, 5 Meilen. Man pflegt zu sagen: der Bote hat eine Geschwindigkeit von 5 Meilen, indem man sich den Tag als Zeiteinheit, welche während der Zurücklegung dieses Weges verging, hinzudenkt.

Legte ein Dampfwagen in 6 Stunden einen Weg von 48 Meilen zurück, also in jeder Stunde 8 Meilen; so würde die Geschwindigkeit 8 Meilen sein, wobei aber die Zeiteinheit nicht mehr der Tag, sondern die Stunde ist.

Wollte man bei einem Rennpferde, welches im Stande ist, in jeder

Sekunde einen Weg von 60 Fuß Länge zurückzulegen, den Tag oder die Stunde als Zeiteinheit annehmen, so würde man eine zu große, also für die Auffassung ihres Werthes unbequeme Zahl bekommen; nämlich in diesem Falle für die Stunde schon 216000 und für den Tag gar 5184000 Fuß.

Da nun die in der Physik vorkommenden Bewegungen meist außerordentlich rasch vor sich gehen, so nimmt man die Sekunde als Zeiteinheit an und nennt den in ihr zurückgelegten Weg die Geschwindigkeit.

Wenn ein Körper auf seiner Bahn während aller noch so kleiner Zeiteinheiten gleiche Wege zurücklegt, so ist seine Geschwindigkeit eine gleichmäßige; wenn nicht, eine ungleichmäßige.

Wenn die Wege in jeder folgenden, auch noch so kleinen Zeiteinheit zunehmen, so ist die Geschwindigkeit beschleunigt; wenn sie aber abnehmen verzögert. Die Geschwindigkeit eines fallenden Körpers ist beschleunigt, die eines aufwärts geworfenen verzögert. Diese Beschleunigung und Verzögerung kann eine gleichmäßige oder ungleichmäßige sein, jenachdem die Zu- oder Abnahme des Weges in jeder folgenden Zeiteinheit eine bestimmte ist, oder nicht.

Hat ein Körper eine ungleichmäßige Geschwindigkeit, so ist sie in verschiedenen Punkten seiner Bahn verschieden und man versteht dann unter der Geschwindigkeit des Körpers in einem bestimmten Punkte seiner Bahn, den Weg, welchen er in einer Sekunde zurücklegen würde, wenn er von diesem Punkte an mit der darin erlangten Geschwindigkeit gleichmäßig sich weiter fortbewegte.

Ist die Geschwindigkeit eines Körpers ungleichmäßig, wie z. B. die der Erde in ihrer Bahn um die Sonne, da sie sich in der Sonnennähe, also in unserem Winter, schneller bewegt, als in der Sonnenferne; so kann man noch von einer mittleren Geschwindigkeit sprechen. Man erhält dieselbe, wenn man die Geschwindigkeiten des Körpers, die er in einer möglichst großen Anzahl von Punkten besitzt, addirt und durch die Summe dieser Zahl dividirt. Legte eine Lokomotive z. B. in der ersten Stunde 7, in der zweiten 8, in der dritten 9 Meilen zurück, so ist ihre mittlere Geschwindigkeit $\frac{7+8+9 \text{ M.}}{3} = 8 \text{ Meilen.}$

Einige Beispiele von Geschwindigkeiten sind:

Wenn ein Fußgänger in 5 Stunden 3 Meilen zurücklegt,	4 Fuß
Wenn ein Wagen zu 1 Meile 50 Minuten braucht,	8 "
Ein gut segelndes Schiff	14 "
Wenn ein Dampfwagen in 1 Stunde 6 Meilen zurücklegt	40 "
Ein Windhund	80 "
Ein Rennpferd (englisches Maß) bis	88 "
Eine Brieftaube	120 "
Ein mäßiger Wind 10 Fuß, ein Orkan	130 "
Ein Schall in der Luft (auch eine Büchsenkugel)	1024 "

Ein Punkt des Erdäquators bei der Aendrehung	1431,5	"
Eine 24pfündige Kanonenkugel	2300	Fuß
Die Erde in ihrer Bahn um die Sonne	4	Meilen,
Das Licht fast	42000	"
Die Elektrizität in einem Kupferdrahte bis	62000	"

Weiß man die Geschwindigkeit eines Körpers und die zu seiner Bewegung erforderliche gewesene Zeit, in Sekunden, so gibt das Produkt aus beiden den zurückgelegten Weg. Ist z. B. eine Brieftaube mit einer Geschwindigkeit von 120' eine Stunde geflogen, so ist der von ihr zurückgelegte Weg $60 \cdot 60 \cdot 120 = 432000$ Fuß oder 18 Meilen.

Heißt die in Sekunden ausgedrückte Zeit Z , die Geschwindigkeit G , so ist der zurückgelegte $W = Z \cdot G$.

Dritter Abschnitt.

Von den Kräften im Allgemeinen.

Begriff der Kraft.

Wenn ein Körper seine Gestalt oder seinen Zustand der Ruhe oder der Bewegung ändert, so muß stets eine Ursache dazu vorhanden sein, und diese Ursache nennen wir Kraft. Ein kugelförmiger Gummiball z. B. bekommt nicht von selbst eine Vertiefung, er setzt sich nicht von selbst in Bewegung, wenn er auf einer horizontalen Diele liegt, er bleibt nicht von selbst an einem gewünschten Punkte seiner Bahn stehen, wenn er sich bewegt, sondern es ist in allen diesen Fällen eine Kraft dazu nöthig, und so ist es in allen anderen Fällen.

Wenn ein kleines Volumen Schießpulver beim Verbrennen in ein großes Volumen Luft sich verwandelt; wenn ein Baum während seines Wachstums mit den Wurzeln Felsenstücke absprengt; wenn das Wasser, welches ein abgesperrtes Gefäß füllt, dasselbe bei seiner Verwandlung in Eis zersprengt; wenn die kleinen Termiten ihre 10 bis 12 Fuß hohen kegelförmigen Wohnungen bauen; wenn der Dampf, das Wasser, die Luft, das Gewicht eines Körpers Maschinen in Bewegung setzen; wenn wir nach unserem Willen die Gliedmaßen bewegen und auf diese Weise selbst Veränderungen von Zuständen erzeugen können: so sind dieses Alles Aeußerungen von Kräften, die an sich wohl unsichtbar, oder überhaupt etwas Abstraktes sind; aber nie ohne Zusammenhang mit einem Stoffe erscheinen können. Wir können also die Behauptung aufstellen, daß es ohne Stoff keine Kraft gibt.

In der Physik betrachten wir solche Kräfte nicht, welche die Natur der Körper verändern oder welche die Ursache der organischen Lebensthätigkeit sind, denn sie gehören in die Chemie und Physiologie; sondern nur die Kräfte, welche das Wesen der Stoffe nicht verändern.

Die Werkzeuge, durch welche wir uns die Naturkräfte dienstbar machen, heißen Maschinen oder Motoren; sie sind solche, bei denen 1) die Menschen- oder Thierkraft in Anwendung kommt, 2) Dampf- motoren, 3) Wassermotoren (Wassermühlen, Wassersäulenmaschinen, hydraulische Widder, Turbine), 4) Luftmotoren (Windmühlen, calorische Maschinen, Gasmaschinen), 5) magnetoelektrische Motoren.

Bewegungsgröße.

Es entsteht nun die Frage, in welcher Beziehung die Kraft zum Stoffe steht. Wenn wir das, was sich nicht selbst in Bewegung setzt, Masse nennen, so werden gleiche Massen der Bewegung einen gleichen Widerstand entgegen setzen, und wir werden gleicher Kräfte bedürfen, um ihnen gleiche Geschwindigkeiten zu ertheilen. Liegen zwei 80pfündige eiserne Kugeln auf der horizontalen Diele, so werden die Muskelkräfte, welche erforderlich sind, um jede in einer Sekunde einen Fuß hoch zu heben, oder jede in der ersten Sekunde durch drei Fuß zu rollen, gleich sein.

Die doppelte Masse oder eine doppelte Menge von Stofftheilchen einer gewissen Art und Größe bedarf auch einer doppelten Kraft, um ihr die Geschwindigkeit der einfachen Masse zu geben, weil ja jedes Stofftheilchen an der Bewegung theilnehmen soll und jedes einer gleichen Anregung bedarf. So ist es weiter für jedes andere Massenverhältniß, so das wir sagen können:

die Kräfte verhalten sich wie die Massen, welchen sie gleiche Geschwindigkeit ertheilen.

Eine bestimmte Kraft wird einer bestimmten Masse auch nur eine bestimmte Geschwindigkeit zu ertheilen im Stande sein; sollte die Geschwindigkeit verdoppelt werden, so dürfte nur die halbe Masse vorhanden sein, oder es müßte bei der ursprünglichen Masse die Kraft verdoppelt werden, und so können wir überhaupt sagen:

die Kräfte verhalten sich wie die Geschwindigkeiten, wenn sie gleichen Massen ertheilt werden sollen.

Aus den beiden aufgestellten Gesetzen ergibt sich nun, daß das Verhältniß zweier Kräfte aus den geraden Verhältnissen der Massen und der ihnen ertheilten Geschwindigkeiten zusammengesetzt ist, oder allgemein das Gesetz:

daß sich die Kräfte verhalten wie die Produkte der Massen und ihrer Geschwindigkeiten.

Wir müssen somit auf gleiche Kräfte zurückschließen, wenn die Produkte der Massen und der ihnen zukommenden Geschwindigkeiten gleich sind.

Wird einer dreifachen Masse die doppelte Geschwindigkeit von der,

welche die einfache Masse besitzt, ertheilt; so kann dies nur von einer Kraft geschehen sein, die das Sechsfache der ersten ist.

Wenn zwei Kräfte vorhanden sind, von denen die eine die Masse 3 auf die Geschwindigkeit 4 bringt, während die andere die Masse 6 zur Geschwindigkeit 2 anregt; so müssen wir diese Kräfte als gleich ansehen. Statt dessen könnten auch die Massen 4 und 2 die Geschwindigkeiten beziehungsweise 3 und 6 haben. In solchen Fällen, d. h. für gleiche Kräfte, verhalten sich die Massen stets wie umgekehrt die Geschwindigkeiten.

Es hängt also die Kraft eines bewegten Körpers von dem Produkte, aus seiner Masse und Geschwindigkeit ab und dieses Produkt heißt seine Bewegungsgröße.

Dauer und Stärke der Einwirkung einer Kraft.

Zur Entwicklung der obigen Gesetze ist die Vorstellung festzuhalten, daß die Kräfte zu ihrer Einwirkung auf den zu bewegenden Körper nur eines außerordentlich kleinen, gewissermaßen untheilbaren Zeittheilchens bedürften und dann zu wirken aufhörten. Annähernd würde dies z. B. der Fall sein, wenn beim Abschießen eines Gewehres die Kugel an dem äußersten Punkte des Laufes angelangt ist und nun durch die Kraft der im Laufe enthaltenen Gase fortgeschleudert wird oder wenn ein Billardspieler einen Ball recht geschickt stößt ohne im Geringsten mit dem Stabe hinter ihm herzufahren.

Kräfte, welche in dieser Weise wirken, heißen momentane und sie treiben, wenn es andere Kräfte nicht verhindern, das Bewegliche, ohne daß es eines neuen Antriebes bedarf, in gleichen Zeiten durch gleiche Wege oder ertheilen ihm in alle Ewigkeit eine gleichmäßige Geschwindigkeit.

Daß eine auf der Kugelbahn hingeworfene Kugel ihre ursprüngliche Geschwindigkeit nicht behält, sondern immer langsamer geht, liegt nur daran, daß sie theils an der Luft, welche sie beim Vorwärtsgen aus dem Wege drängen muß, theils an den Unebenheiten der Bahn, und wäre sie auch noch so sorgfältig bereitet, Widerstände findet.

Man kann sich ferner eine Kraft denken, welche zu wirken niemals aufhört und dann heißt sie eine fortwährende oder kontinuierliche. Ist z. B. das Gehegewicht einer Wanduhr aufgezogen, so wirkt es während seines Fallens fortwährend als bewegende Kraft auf das Uhrwerk. Ebenso wirkt stets fließendes Wasser auf das von ihm getroffene Mühlrad als kontinuierliche Kraft.

Wenn die Geschwindigkeit und die Menge des ein Mühlrad stoßenden Wassers fortwährend dieselbe bliebe, so hätten wir ein Beispiel von einer sich gleichbleibenden beständigen oder konstanten Kraft.

Eine fortwährend wirkende Kraft können wir uns aber auch noch in der Zu- oder in der Abnahme begriffen, also veränderlich denken, wie wenn der Wind mit größer oder geringer werdenden Geschwindigkeit auf die Flügel einer Windmühle trifft. Diese Veränderlichkeit kann nun noch eine in bestimmten Regeln sich haltende oder eine unregelmäßige sein.

Endlich kann noch die Richtung der Kraft in Beziehung auf die Richtung des bereits in Bewegung begriffenen Körpers fortwährend dieselbe sein oder fortwährend sich ändern.

Aus dem Zusammentreffen dieser verschiedenen Umstände entstehen die bereits früher erwähnten verschiedenen Arten von Geschwindigkeiten und Bewegungen, worauf wir aber erst bei den einzelnen Erscheinungen näher eingehen werden, um dem Verständnisse nicht unnütze Schwierigkeiten zu bereiten.

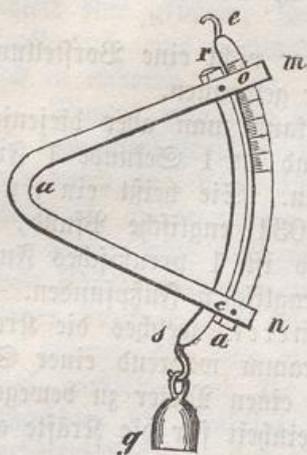
Nur dann, wenn Kräfte entweder augenblicklich (momentan) oder während gleicher Zeiten beständig (konstant) wirken, verhalten sie sich wie die Bewegungsgrößen.

Maß der Kräfte.

Die Bewegung ist nichts Körperliches, sie ist ohne Körper kraftlos; die Kraft ist also, wie wir wissen, von dem Körper unzertrennlich. Es liegt nun im praktischen Leben das Bedürfnis nahe, die Größe der Kräfte beurtheilen zu können. Dies sind wir nur dann im Stande, wenn wir Maße für sie annehmen, denen selbst wir eine ganz bestimmte Vorstellung zum Grunde legen.

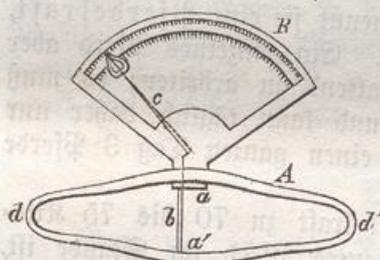
Wenn wir die Kraft eines Menschen wollen kennen lernen, so können wir hierbei verschiedene Zwecke im Auge haben; z. B. wie viel er dem Gewichte nach auf dem Kopfe, auf den Schultern, auf dem Rücken, in der Hand während einer gewissen Zeit und durch einen gewissen Weg zu tragen im Stande ist, oder welche Kraft er beim Schlagen mit der Faust ausübt, oder wie viel er Last auf irgend eine Weise zu ziehen vermag, oder wie groß der Widerstand ist, der beim Hobeln, Feilen, Sägen, Pumpen, beim Ziehen z. B. eines Pfluges in verschiedenem Erdboden bei bestimmter Tiefe dargeboten wird und zu überwinden ist. Alle diese Angaben sind aber zu unbestimmt, als daß man mit ihnen andere Kräfte genau vergleichen und ihren Werth bestimmen könnte.

Man hat allerdings zur Beurtheilung solcher Verhältnisse verschiedene Kraftmesser oder Dynamometer angegeben. Ein ganz einfacher besteht aus einer starken winkelförmig gebogenen Stahlfeder *mn* (Fig. 16); gegen die Oeffnung des Winkels sind zwei bogenförmige Metallstreifen *ae* und *sr* angebracht, von denen der erstere an dem Schenkel *un* bei *a*, der andere an dem Schenkel *um* bei *r* befestigt ist; das andere Ende dieser Streifen geht lose durch Schlitze der Stahlfeder



(Fig. 16.)

verschiedenen Arbeitsmaschinen anbringen, um die Größe der dabei wirkenden Kräfte zu beurtheilen.



(Fig. 17.)

prüfen, so umfaßt man das Instrument quer, drückt es zusammen, wodurch die Punkte *a* und *a'* einander näher kommen und der Zeiger *c* durch das Stäbchen *b* fortgeschoben wird. — Will man die Zugkraft z. B. der Schenkel bestimmen, so befestigt man es bei *d*, bringt bei *d'* einen Riemen zum Ziehen an, wodurch die Feder um so mehr in die Länge gezogen und um so schmäler wird, je kräftiger der Zug wirkt.

Die Kraft der Hände eines erwachsenen Mannes beträgt durchschnittlich 90 bis 100 Pfunde, die Zugkraft der Schenkel aber mindestens 300 Pfunde; bei Manchen bis 1000 Pfunde.

Nach vielen in England angestellten Versuchen beträgt die Kraft eines guten Pferdes beim Ziehen eines Pfluges durchschnittlich 163 englische Pfunde mit einer Geschwindigkeit von 2,5 englischen Meilen in einer Stunde.

Wenn die Tragfähigkeit eines Menschen 1 gesetzt wird, so trägt ein starker Hund auch 1, das Rennthier 3, ein Esel 4, ein Pferd oder Maulthier 8, ein Dromedar 25, ein Kamel 31, ein Elephant 147.

Für das horizontale Ziehen sind die relativen Kräfte; der Mensch 1,

Spiller, Physik.

der Hund 0,6, das Rennthier und der Esel 2, das Maulthier und das Pferd 7, der Ochse 4 bis 7.

Durch solche Angaben ist aber noch immer nicht eine Vorstellung von der absoluten Leistungsfähigkeit einer Kraft gewonnen.

Als ein Maß für die Kräfte überhaupt kann man aber diejenige Kraft ansehen, welche im Stande ist, 1 Pfund in 1 Sekunde 1 Fuß hoch mit gleichmäßiger Geschwindigkeit zu heben. Sie heißt ein Fußpfund. — Da 1 preussisches Pfund = 1,031 englische Pfund, 1 preussischer Fuß = 1,029 englische Fuß ist; so ist 1 preussisches Fußpfund gleich $1,031 \times 1,029$ d. i. = 1,061 englischen Fußpfunden. — In Frankreich hat man das Millegrammometer, welches die Kraft bedeutet einen Widerstand von einem Millegramm während einer Sekunde mit gleichmäßiger Geschwindigkeit durch einen Meter zu bewegen, oder auch das Kilogrammometer als Maßeinheit für die Kräfte angenommen.

Um für Maschinen von bedeutender Wirksamkeit nicht allzugroße Zahlen zu bekommen, nimmt man noch eine größere Krasteinheit an, nämlich eine Kraft, welche 500 Pfunde binnen 1 Sekunde 1 Fuß hoch mit gleichmäßiger Geschwindigkeit hebt und nennt sie eine Pferdekraft, wozu im Mittel 6 Menschenkräfte gehören. Ein einzelnes Pferd aber ist nicht im Stande mit dieser Kraft anhaltend zu arbeiten; es muß nach 2 Arbeitsstunden 4 Stunden ruhen und kann täglich daher nur 8 Stunden so arbeiten, so daß man für einen ganzen Tag 3 Pferde oder 18 Menschen zum Abwechseln bedarf.

In Frankreich nimmt man eine Pferdekraft zu 70 bis 75 Kilogrammometern an oder nimmt an, daß ein gutes Pferd im Stande ist, während jeder Sekunde einen Widerstand von 70 Kilogrammen durch den Raum von einem Meter zu überwinden.

Die Leistungen von Dampfmaschinen werden in der Regel nach Pferdekraften angegeben; nur daß man dabei eine Pferdekraft zu 75 Kilogrammometern annimmt; aber man kann ihre Wirkungen, wie wir sehen werden, auch aus der Menge des verbrauchten Wassers oder des Feuerungsmaterials beurtheilen, welches für sie das Futter ist, wie der Hafer und das Heu fürs Pferd, durch deren Verwandlung es ja auch seine Kraft bekommt. Es ist nicht weniger unpassend, wenn man sagt: das Futter des Pferdes zieht den Wagen, als wenn es heißt: der Dampf bewegt den Eisenbahnzug.

Wenn eine bestimmte Masse nicht durch eine momentane, sondern durch eine bestimmte, fortwährend wirkende und sich gleichbleibende Kraft nach einer Sekunde eine gewisse Geschwindigkeit erlangt hat, so kann auch diese Geschwindigkeit als Maß für die beschleunigende Kraft dienen. Wenn man z. B. mit der Hand an dem Umfange eines um seine Are drehbaren Rades in gleichen Zeittheilchen gleich starke Drehungsstöße macht, so hat das Rad z. B. nach 1 Sekunde eine gewisse Geschwindigkeit;

werden ebenso viele kräftigere Stöße gemacht, so ist auch die Geschwindigkeit eine größere, stets indeß für eine bestimmte dauernd wirkende Kraft auch eine bestimmte. Ebenso ist es beim Fallen eines Körpers und in anderen Fällen.

Nimmt man nun für verschiedene Kräfte dasselbe Maß an, so läßt sich das Verhältniß derselben entweder durch zwei unbenannte Zahlen oder durch zwei grade Linien ausdrücken, welche anzeigen, wie oft diese Kräfte die angenommene Maßeinheit in sich enthalten.

Hätte man zwei momentan wirkende Kräfte, von denen die eine einen Körper während einer Sekunde durch 3 Fuß, die andere denselben Körper durch 4 Fuß triebe, so würde man zwei grade Linien zeichnen, von welchen die eine eine ganz beliebige Maßlinie 3mal, die andere 4mal enthielte und ihr Verhältniß stellt das der beiden Kräfte dar. Jenachdem die Maßlinie klein oder groß ist, sind es auch die beiden Verhältnißlinien. Hat man nun noch eine beliebige dritte Linie, die eine auf dasselbe Maß sich beziehende Kraft darstellt; so kann man leicht die wirkliche Größe der durch diese Linie dargestellten Kraft bekommen. Man darf nämlich nur untersuchen, wie oft die für die Kräfteinheit angenommene Maßlinie in der dritten Linie enthalten ist. Stellte die Maßlinie z. B. eine Pferdekraft dar, und wäre sie in der dritten Linie 5mal, ohne einen Rest zu lassen, enthalten; so stellte diese Linie eine Kraft von 5 Pferden dar.

Lebendige Kraft.

Wenn wir an einer Schnur ein Stück Metall oder einen anderen Körper so halten wollen, daß er in Ruhe ist, so müssen wir eine nach oben wirkende Ziehkraft anwenden, welche gleich ist der nach unten wirkenden Kraft des Körpers. Es halten dann die beiden gradlinig entgegengesetzt wirkenden Kräfte einander das Gleichgewicht. Der angehängte Körper zeigt unstreitig eine Kraft, aber diese Kraft verrichtet keine Arbeit, oder sie bringt keine Veränderung in der Gestalt und dem Zustande eines anderen Körpers hervor.

Wenn aber die haltende Kraft den Körper aufwärts bewegt, so ist sie eine Arbeitskraft und, wenn bestimmt ist, durch welchen Weg die gewisse Masse gehoben wird, so kennen wir die Arbeitsgröße. Durch die Bewegung erhält ein Körper das Vermögen, eine Arbeit zu verrichten und daher heißt die darin liegende Kraft die lebendige Kraft.

Legen wir als Maß der Kraft das Fußpfund zum Grunde und soll eine Kraft einen Widerstand von 8 Pfunden auf einen Fuß Länge überwinden, so muß sie eine 8 Mal größere Wirksamkeit haben und, sollte sie denselben Widerstand von 8 Pfunden auf 3 Fuß Länge überwinden, so müßte die Wirksamkeit der Kraft 24 Fußpfunde betragen. Daraus folgt:

daß die Arbeitsgröße das Produkt des Widerstandes (oder der Kraft) und des Weges ist, wobei es auf die Zeit nur insofern ankommt, als für eine kürzere Arbeitszeit die Kraft größer sein muß; ob nämlich z. B. ein Arbeiter einen Scheffel Korn zu einer gewissen Höhe in 3 oder in 5 Minuten trägt, und ob er einen mehr oder weniger steilen Weg zurücklegt, ändert die Arbeitsgröße nicht.

Die Wirkungen zweier Kräfte sind also gleich, wenn die Produkte der Widerstände und der zu ihnen gehörigen Wege gleich sind. Hat z. B. Jemand 10 Pfunde 5 Fuß hoch gehoben, so hat er dieselbe Arbeit verrichtet, als wenn er auf einer Eisenbahn 400 Pfunde 25 Fuß weit gezogen hätte, da auf der Eisenbahn der Reibungswiderstand der 200ste Theil von der Last, also hier zwei Pfund ist und somit in beiden Fällen die Arbeit 50 Fußpfunde beträgt. ($5 \cdot 10 = 25 \cdot 2$).

Wir können auch aus der Arbeitsgröße bei Maschinen auf die Arbeitskraft zurückschließen. Soll auf einer Mühle eine bestimmte Menge Korn zu Mehl von bestimmter Beschaffenheit gemahlen werden, so kann dies geschehen durch die Kraft des wehenden Windes, des fließenden Wassers, durch ein Roßwerk, durch eine Dampfmaschine u. a. In allen Fällen ist die Arbeitsgröße dieselbe, gleichgiltig in welcher Zeit das Mehl zustande gebracht ist, und so ist auch die Arbeitskraft dieselbe. In je kürzerer Zeit die Arbeit von einer Maschine geschieht, desto besser oder wirkungsfähiger ist sie. Die Wirkungsfähigkeit einer Kraft heißt lebendige Kraft, weil sie eine ebensoviele Arbeit erzeugen kann, als die war, aus welcher sie entstanden ist.

Es ist wichtig, daß die Begriffe: Bewegungsmoment, Arbeitskraft und Arbeitsgröße nicht verwechselt werden.

Durch Maschinen bezweckt man eine gegebene, als Produkt angesehene Arbeitsgröße auf zweckmäßige Weise in andere Faktoren zu zerlegen und dadurch, wenn auch mit einigem Verluste, praktisch brauchbar zu machen. An einer zusammengesetzten Maschine sind drei Haupttheile zu unterscheiden:

- 1) die Kraftmaschine zur Aufnahme der Kraft, z. B. des Dampfes,
- 2) die Arbeitsmaschine zur unmittelbaren Erfüllung des Zweckes, z. B. zum Mahlen des Kornes die rotirenden Steine,
- 3) die Zwischenmaschine (Transmission) zur Vermittelung beider, also zur Verwandlung der Bewegungsarten und Uebertragung der Kraft (die gezahnten Räder und Riemenscheiben mit den Riemen).

Die lebendige Kraft, welche in der beim Niagara-falle unten ankommenden Wassermasse liegt, übertrifft bei weitem die aller bisher auf der Erde vorhandenen Maschinen zusammen und die lebendige Kraft der Sonnenstrahlen, welche die Verdunstung der Gewässer auf der Erdoberfläche bewirkt, übertrifft bei weitem die Arbeitskraft aller arbeitsfähigen Menschen auf der Erde.

Erhaltung der lebendigen Kraft.

Wenn ein Stein irgendwo ruhig liegt, so übt er verfahrungsmäßig einen Druck auf seine Unterlage aus; es liegt also in ihm eine Kraft, aber diese Kraft erzeugt keine Bewegung oder Aenderung des Zustandes, es ist keine lebendige Kraft.

Wenn aber der Stein M sich ohne Widerstand fortbewegen kann, so gibt ihm die Kraft eine gewisse Geschwindigkeit, die ihn durch einen gewissen Raum R treibt und er ist dann geeignet einen gewissen Widerstand m auf einem gewissen Raum r zu überwinden, bis er zur Ruhe gekommen ist, wobei dann die Produkte aus den durch die Massen angegebenen Widerständen und den Räumen einander gleich sind, nämlich $m \cdot r = M \cdot R$ ist.

Ist der bewegte Stein durch den Widerstand zur Ruhe gebracht, so hat er zwar die ihm mögliche Arbeit vollendet; aber seine lebendige Kraft ist nicht verloren gegangen, denn sie ist in der neuen Masse enthalten.

Ist eine Uhr mit Gewichten oder Federn aufgezogen worden, so gibt sie diese in kurzer Zeit verrichtete Arbeit während der ganzen Zeit ihres Gehens wieder.

Die beim Füllen einer Winnbuche angewendete Arbeit erscheint als Kraft bei den abgeschossenen Kugeln.

Hat man eine Reihe gleichgroßer Elfenbeinkugeln so aufgehängt, daß ihre Mittelpunkte in derselben geraden Linie liegen und läßt man die erste in dieser Richtung auf die ruhende Reihe der übrigen fallen, so springt die letzte mit derselben Geschwindigkeit ab, mit welcher die erste aufstiel (es könnten hierbei auch bloß zwei Kugeln sein); läßt man zwei Kugeln auffallen, so springen auch zwei ab u. s. f. Hat von zwei solchen Kugeln die aufspringende 10 mal mehr Masse, als die getroffene, so geht diese mit der 10fachen Geschwindigkeit von jener fort.

Wenn auf eine recht leicht bewegliche Masse von 1 Zentner (3000 Lothen) eine Kugel von 1 Loth geschossen wird und jene Masse dadurch eine Geschwindigkeit von $\frac{1}{2}$ Zoll erhielt, so würde die Geschwindigkeit der abgeschossenen Kugel müssen 1500 Fuß gewesen sein, weil $\frac{1}{2} \cdot 3000 = 1 \cdot 1500$ ist.

Wird ein Körper von einem Punkte aus lothrecht aufwärts geworfen, so hat er in einem gewissen Höhepunkte seine ganze Kraft verloren, aber er hat sie genau wiedererlangt, wenn er zurück im Ausgangspunkte angekommen ist; die Kraft, welche den Körper warf, ist also nicht verloren gegangen.

Ist ein Körper auf eine recht elastische, mit ihrer Ase lothrecht gestellte Spiralfeder in der Richtung der Ase gefallen, und hat er dadurch seine Geschwindigkeit verloren, so erlangt er sie durch die Rück-

wirkung der Feder wieder und wird zum Ausgangspunkte zurückgeworfen.

Gleitet auf der Straße ein Lastwagen beim Fahren von einem Steine auf einen andern, so ist seine lebendige Kraft nicht verloren gegangen, denn die Bewegung der benachbarten Steine und Häuser zeigt sie.

Wenn ein Flußbett sich verengt, so wird das Wasser in der engen Stelle so schnell strömen, daß die lebendige Kraft des Wassers in den Querschnitten beider Stellen, der breiten mit langsamer Strömung und der schmalen mit schneller einander gleich ist.

Hat man zwei gleich weite Handspritzen mit ungleich weiten Springröhren und stößt man in beiden den Stempel mit gleicher Kraft auf das Wasser, so springt es aus der engeren Röhre weiter, als aus der weiteren, denn es muß zum kleineren Querschnitte der Röhre die größere Geschwindigkeit des Wassers gehören. Wäre z. B. 12 das Maß der stoßenden Kraft, und verhielten sich die Querschnitte wie 2 zu 3, so würden die Geschwindigkeiten der Wasserstrahle sich wie 6 : 4 verhalten. Die Arbeit der Kraft ist dieselbe, nämlich $2 \cdot 6$ oder $3 \cdot 4$.

Leitet man Elektrizität durch einen Eisendraht mit abwechselnd dicken und dünnen Stellen, so werden die dicken bei einer gewissen elektrischen Kraft nur warm, während die dünnen glühen; aber das Bewegungsmoment ist in beiden gleich.

Wenn eine Eisenstange durch die aus 1 Pfund Steinkohlen erhaltene Wärme um 0,03 Meter oder 0,095 rhl. Fuß ausgedehnt wird und dabei einen Widerstand von 8000 Kilogrammen oder 17104 Pfunden überwindet, so ist die Wirkung der Kohle $8000 \cdot 0,03 = 240$ Kilogrammometer oder 16249 Fußpfunde. Statt dessen hätte dieselbe Menge Kohle zur Verwandlung von Wasser in Dampf können verwendet werden, und dieser müßte dieselbe Arbeit geben.

Sowie Dampf eine gewisse Arbeit verrichtet hat, so enthält er genau so viele Wärme weniger, als der geleisteten Arbeit entspricht.

Fällt ein 10pfündiger Hammer 13500 mal 1 Fuß hoch auf einen Eisencörper, so erzeugt er so viele Wärme, daß dadurch ein Pfund Wasser von 0° auf 100° (zum Kochen) erwärmt werden kann, oder: 1350 Pfund Wasser, welche 1' herabfallen, können 1 Pfund Wasser von 0° auf 1° erwärmen und die zu dieser Temperaturerhöhung verbrauchte Wärme ist im Stande 1350 Pfund Wasser 1' hoch zu heben, oder eine mit 1350 Pfund beschwerte Eisenstange so zu strecken, daß 1350 Pfund 1' hoch durch sie gehoben werden, gerade als wenn sie durch Wärme erwärmt würde, die im Stande war, 1 Pfund Wasser von 0° auf 1° zu erwärmen.

Die Elektrizität, welche im Stande war, 1 Pfund Wasser um 1° wärmer zu machen, wird bei der Zerlegung des Wassers in Sauerstoff und Wasserstoff gerade so viel Wasserstoff liefern, daß beim Ver-

brennen oder Verbinden desselben mit dem Sauerstoffe gerade so viele Wärme entwickelt wird, um dadurch 1 Pfund Wasser um 1° zu erwärmen.

Ebenso wird die Elektrizität, welche durch den von ihr erwärmten Leitungsdraht 1 Pfund Wasser von 0° auf 1° erwärmt, einen Elektromagneten erzeugen, welcher 1350 Pfunde auf 1' hoch hebt.

Die in den Sonnenstrahlen vorhandene lebendige Kraft geht nicht verloren, denn wenn sie z. B. im Sommer den mit Bewegung verbundenen Stoffwechsel bei der Vegetation der Pflanzen erregt, so werden die Pflanzen dadurch eine Borrathskammer der Sonnenwärme, die wir beim Verbrennen der Pflanzen erhalten und die wir wieder in lebendige Kraft verwandeln können, wie es bei einer Dampfmaschine geschieht.

Wenn wir uns an der durch die Steinkohlen erzeugten Wärme erfreuen, so nutzen wir die lebendige Kraft der Sonne, welche sie vor Millionen von Jahren auf die Erde übertrug.

Diese lebendige Kraft der Sonnenstrahlen ist es auch, welche die Landleute im Sommer während der Erndte ungeachtet der geringen für den Schlaf gegönnten Zeit so arbeitsfähig erhält.

Es ist ein durchaus falsches Vorurtheil zu glauben, daß die Sonnenstrahlen uns abschwächen. Gleichwie Pflanzen, welche im Dunkeln gewachsen sind, kränkeln, ja sogar eingehen, wenn sie einem stärkeren Lichte ausgesetzt werden, so ist es mit den Stubenmenschen, die sich nur zeitweise der Sonne allzusehr aussetzen. Die Neger haben ihre gemein große körperliche Energie vorzüglich der Sonne zu danken.

Bei dem thierischen Körper sind die Muskeln das Kraftmagazin, welches durch den Stoffwechsel der genossenen Nahrung gespeist wird und von welchem wir sogar auch bei der Bewegung jedes Gliedes, selbst ohne eine Arbeit zu verrichten, zehren, natürlich aber um so mehr, je größer die geleistete Arbeit ist.

Daß dieser mit Atombewegung verbundene Stoffwechsel der aufgenommenen Nahrung auch zur Entwicklung des Körpers und zur Erzeugung der Wärme dient, darf wohl kaum erst erwähnt werden.

Ist der Kräftevorrath aufgezehrt, so müssen wir der Atombewegung beim Stoffwechsel der genossenen Nahrung Zeit gönnen und wohl auch neue Nahrung aufnehmen, ehe wir dem Körper neue Leistungen zumuthen können.

Es wäre, wie schon angedeutet worden, sehr wohl zu rechtfertigen, wenn wir, indem wir ein Pferd einen Wagen ziehen sehen, sagten: Hafer, Heu, Wasser und Luft ziehen den Wagen. Der Stoffwechsel füllt das Magazin der lebendigen Kraft.

Wenn die Puppen der Gliedertiere eine fortschreitende Bewegung haben, so wollen und müssen sie auch Nahrung genießen, weil durch die Bewegung Stoff verbraucht ist. Im Winterschlaf bedarf das Thier keiner Nahrung und nur die warmblütigen verzehren dabei von ihrem Körper-

inhalte um so mehr, je geringer der Schlaf ist, indem dabei die Wärme an die Umgebung allmählig verloren geht. Daß Menschen, welche sich die nothwendige Bewegung nicht machen, einen Ueberfluß von Stoff ohne entsprechende lebendige Kraft ansetzen, ist ebenso bekannt, als natürlich.

Wenn eine eiserne Kanonenkugel von 12 Pfunden und 1000 Fuß Geschwindigkeit nicht dieselbe Wirkung auf einen von ihr getroffenen Körper hat, wie eine Eisenmasse von 1000 Pfunden und 12 Fuß Geschwindigkeit oder wie eine Lavine und ein Felsen ungeachtet gleicher Bewegungsmomente, so liegt dies daran, daß die Wirkungsfähigkeit, d. i. die lebendige Kraft, von dem Produkte der Masse und des Quadrates der Geschwindigkeit abhängig ist. Es können auch gleiche Bewegungsmomente durch ungleiche bewegende Kräfte entstanden sein, wenn diese nämlich ungleiche Massen während verschiedener Zeiten allmählig in Bewegung setzten.

So wenig wie der Stoff, kann die Kraft aus nichts erzeugt werden. Es ist in der Welt eine gewisse Summe von Kräften, wie von Stoffen vorhanden gewesen, noch vorhanden, wird vorhanden sein und kann durch nichts vermehrt werden. Ueberall in der ganzen Natur geschehen nur Umwandlungen von Stoffen und Bewegungsarten durch den ewigen Kampf der Kräfte, welche vereinen und trennen, anziehen und abstoßen wollen. Da aber die Trennung, welche als eine Abstoßung erscheint, nur aus der Neigung zur Verbindung oder Assimilation mit einem Zweiten hervorgeht, so können wir alle Erscheinungen auf das Bestreben nach Einheit zurückführen.

Wir können durch Anwendung mechanischer Mittel wohl die Wirkungsweise einer Kraft umformen, nie aber sie selbst erzeugen, vergrößern oder vernichten. In demselben Maße, in welchem wir z. B. an Muskelkraft sparen, müssen wir an Zeit aufwenden. Es ist natürlich, daß wir hierbei in Betreff der Maschinen nicht bloß die wirkliche nutzbare Leistung, sondern auch die durch die Reibungswiderstände erzeugte Wärme, welche freilich für die meisten vorliegenden Zwecke nicht nur unbrauchbar, sondern sogar nachtheilig ist, als Wirkung in Anrechnung bringen müssen. Die nutzbare Leistung und die unnutzbare Wärme stehen im umgekehrten Verhältnisse, d. h. je größer die Reibung, desto größer die Wärme und desto kleiner die Leistung einer Arbeitsmaschine.

Ueberall steht der Verlust an lebendiger Kraft in gleichem Verhältnisse mit der ganzen geleisteten Arbeit.

Es war eine traurige Geistesverirrung, wenn sich Leute abquälten, Maschinen bauen zu wollen, welche Kraft aus sich selbst erzeugen sollten, was freilich ein großer Gewinn für die Menschheit wäre. Das Perpetuum mobile kann eben so wenig erfunden werden, als es möglich ist den Kreis zu quadriren. Es würde nicht heutzutage noch Menschen geben, die sich mit solchen unfruchtbaren Arbeiten um den Verstand

bringen, wenn sie sich etwas mehr bemühen wollten, die einfachsten Naturgesetze kennen zu lernen. Ich will beispielsweise anführen, auf welche Weise vor nicht gar langer Zeit ein polnischer Gutsbesitzer seinen See austrocknen wollte. Er ließ ein Wasserrad mit Schöpfern bauen und nebenan fast in der Höhe des Rades einen großen hölzernen Wasserbehälter. Man glaubte er, daß er den Behälter durch Menschenhände nur einmal vollzupumpen brauche, um dann die Maschine für immer dadurch im Gange zu erhalten, daß das durch einen Theil dieses Wassers einmal in Bewegung gesetzte Rad theils das verbrauchte Wasser im Behälter ersetzen, theils einen anderen Theil des geschöpften Wassers durch eine noch etwas hoch gelegene Rinne aus dem See fortführen werde.

Daß das Prinzip der Erhaltung der lebendigen Kraft nicht nur für das ganze Maschinenwesen und praktische Leben überhaupt, sondern für die tieferen Forschungen in dem Naturleben von der größten Bedeutung ist, darf wohl kaum erst erwähnt werden.

So felsenfest das Prinzip auch steht, so schwierig ist es oft dasselbe bei der Umwandlung der Erscheinungsformen in Rechnung zu bringen und es wird noch für späte Zeiten den größten Geistern einen eben so anziehenden als dankbaren Stoff gewähren.

Wirkung auf die Entfernung.

Wenn wir in einen Saal kommen, in welchem Hunderte von Webestühlen in scheinbar selbstständiger Thätigkeit Zeuge anfertigen und bei jedem einen Knaben oder ein Mädchen nur damit beschäftigt sehen, von Zeit zu Zeit eine neue Spule einzulegen oder den zerrissenen Faden zusammenzuknüpfen; so übermannt uns, wenn wir den inneren Zusammenhang noch nicht kennen, ein mit einem heiligen Schauer und mit Bewunderung verbundenes Gefühl. Bei genauerer Prüfung finden wir, daß eine Kraftmaschine mittelst Riemen und Riemenscheiben auf die Entfernung wirkt. Es ist dies eine Uebertragung oder Transmiffion von Maschine zu Maschine, nämlich von der Kraftmaschine zur Arbeitsmaschine.

Sieht man, wie in einer Mühle ein Beutel, in welchen zerriebene Getraidekörner fallen, fortwährend geschüttelt wird, um Mehl durchfallen zu lassen, und forscht man der ersten bewegenden Ursache nach, so findet man sie in einem fließenden Gewässer, in einem wehenden Winde u. s. w. Es ist die lebendige Kraft des Wassers übergetragen durch die Maschinenteile selbst, welche unmittelbar in einander eingreifen.

In beiden Fällen sind also Zwischenkörper vorhanden, welche an der Bewegung theilnehmen, sie aber auf mannigfaltige Weise verändern.

Solche Wirkungen auf die Entfernungen mittelst bestimmt begrenzter und wohl auch bestimmt geformter Zwischenkörper giebt es

unzählig viele: z. B. wenn man durch ein langes Zylinderrohr zu Jemandem spricht, durch einen Telegraphendraht telegraphirt.

In allen diesen Fällen findet eine Abschwächung der wirkenden Kraft statt, welche von der Natur des fortpflanzenden Körpers (Kupferdraht, Eisenbraht) und von der während der Bewegung stattfindenden Reibung der einander berührenden Theile abhängig ist.

Es kann aber auch die wirkende Kraft mit einem Stoffe ringsum umgeben sein, welcher die Fortpflanzung der Bewegung nach allen Seiten vermittelt; also wenn z. B. im Wasser eines Sees oder in der freien Luft durch das Zusammenschlagen zweier Steine ein Schall erregt wird. Die Schallempfindung wird mit zunehmender Entfernung immer schwächer und schwächer. Wenn die Erleuchtungsfähigkeit einer bestimmten Flamme in verschiedenen Entfernungen beobachtet wird, oder wenn man die Stärke der Anziehung eines Magneten oder eines elektrischen Körpers untersucht, so findet man schon bei der oberflächlichsten Beobachtung ganz dasselbe.

Ohne Zwischenstoff ist die Uebertragung der Kraft von einem Körper zu einem anderen undenkbar. Für die Körper im Weltraum ist dieser Zwischenstoff der Weltäther. Ohne ihn würde das Licht der Sonne und der übrigen Himmelskörper und eben so wenig die erwärmende Kraft der ersteren gar nicht vorhanden sein; ohne ihn würden auch viele irdische Erscheinungen, die wir später werden genauer kennen lernen, gar nicht möglich sein, z. B. die Wirkung der Magnete auf die Entfernung.

Gesetz der Abnahme.

Es ist hier nur noch die Beantwortung der Frage übrig: in welchem Verhältnisse nimmt die Wirkung einer bestimmten Kraft ab, wenn man sich von ihrem bestimmten Sitze in einem sie umgebenden bestimmten Stoffe entfernt?

Der Sitz der Kraft kann als der Mittelpunkt einer Kugel angesehen werden, in deren Strahlen die Fortpflanzung der lebendigen Kraft stattfindet. Es vertheilt sich die Wirkung auf alle Punkte einer Kugeloberfläche mit bestimmtem Strahle gleichmäßig; wächst der Strahl, also auch die Oberfläche der zu ihm gehörigen Kugel, so muß wegen der größeren Vertheilung die Wirkung auf eine bestimmte Stelle im zweiten Falle kleiner sein, als im ersten.

Nehmen wir z. B. eine angezündete Wachskerze von bestimmter Leuchtkraft, so wird in der Entfernung von zwei Fuß ein Blatt Papier von einem Quadratvolle schwächer erleuchtet sein, als in der Entfernung von einem Fuße, wobei ich das Blatt in beiden Fällen in gleicher Lage gegen die Flamme halten muß, etwa so, daß der Strahl auf den Mittelpunkt des Blattes dasselbe lothrecht trifft; denn dieselbe erleuchtende Kraft

verbreitet sich in dem ersten Falle über eine Kugelfläche, die 4mal größer ist, als im zweiten Falle, und daher muß ein bestimmter Flächentheil (z. B. 1 Quadrat Zoll) eine 4mal geringere Erleuchtung zeigen. Bei 3 Fuß Entfernung würde die Erleuchtung dieser Fläche 9mal, bei 4 Fuß 16mal u. s. w. kleiner sein, da ja die Kugeloberflächen sich wie die Quadratzahlen der Strahlen verhalten. Die Gesammt erleuchtung ist bei den verschiedenen Kugelflächen dieselbe; also auch hier eine Erhaltung der Kraft.

Um in der doppelten Entfernung dieselbe Erleuchtung einer bestimmten Fläche zu erhalten, wie in der einfachen, müßte man 4 Wachskerzen von derselben Lichtstärke aufstellen; in der dreifachen 9 u. s. w.

Diese Betrachtungen gelten in aller Strenge von jeder andern Kraft, die ihren Sitz in einem bestimmten Punkte hat und von da aus in einem bestimmten Stoffe nach allen Richtungen hin gleichmäßig wirkt, so daß wir das Gesetz aufstellen müssen:

die Wirkungen einer Kraft in einem bestimmten Punkte nehmen in einem bestimmten Stoffe ab, wie die Quadratzahlen der Entfernungen zunehmen.

Die Abschwächung der Wirkung auf die Entfernung ist eine ungesetzmäßige, wenn die Uebertragung der Kraft auf verschiedenartige, mit einander wechselnde Körper stattfindet, wie wenn z. B. der Schall genöthigt würde, nach einander durch Luft, Papier, Holz, Steine, Luft u. s. w. zu gehen, oder das Licht der Sonne durch trübe und heitere Schichten der Atmosphäre.

Zusammensetzung der Kräfte.

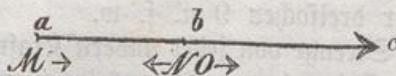
Es kommt in der Wirklichkeit nie vor, daß ein Körper dem Antriebe nur einer Kraft folgte. Selbst wenn ein Gegenstand ruhig auf dem ruhigen Tische in einem nicht schwankenden Hause läge, theilt er doch die Aendrehung der Erde, ihre Bewegung um die Sonne und die kleine schwankende Bewegung, welche man Nutation nennt und schreitet mit dem ganzen Sonnensysteme im Weltraume fort; er ist also relativ ruhend schon verschiedenen Kräften gleichzeitig unterworfen. Außerdem aber kann er noch der Einwirkung einer oder mehrerer anderer Kräfte, die gleichzeitig auf ihn wirken, ausgesetzt sein; man kann ihn z. B. fallen lassen, im Kreise drehen, an einer Schnur schwingen lassen, einen Stoß auf ihn ausüben.

Wie vielen Kräften aber auch immer ein Körper ausgesetzt sein mag, so kann er, wenn sie ihn in Bewegung setzen, doch stets nur einen Weg einschlagen, als wenn er dem Antriebe nur einer Kraft folgte.

Es ist nun für die Praxis von der größten Wichtigkeit zu untersuchen, welchen Weg er einschlägt und welches sein Bewegungsmoment ist.

Der Punkt eines Körpers, auf welchen eine Kraft unmittelbar einwirkt, heißt der Angriffspunkt der Kraft.

Wenn eine einen Körper stoßende oder ziehende Kraft an einer geraden Stange oder, wenn es eine ziehende ist, an einer gerade gespannten Schnur (Kette, Tau, Riemen) in der graden Richtung wirksam ist; so kann der Angriffspunkt der Kraft, ohne eine Aenderung in der Wirksamkeit hervorzubringen, in jeden beliebigen Punkt der Schnur, Stange u. s. w. verlegt werden, wenn man zunächst von dem Gewichte der letzteren absteht.



(Fig. 18.)

Die Kraft, welche in a (Fig. 18) angreift und den Körper in der Richtung der a c bewegen soll, kann auch in b ihren Angriffspunkt haben, ohne den Erfolg zu stören. Denken wir uns in b zwei gleiche Kräfte N und O wirksam, welche einander, wie es die Pfeile andeuten, geradlinig entgegengesetzt wir-

ken, so heben sie einander auf oder sie halten einander das Gleichgewicht, und der schwere Punkt b bleibt in Ruhe. Greift in a eine den vorigen gleiche Kraft M an, welche a, wie es der Pfeil andeutet, nach c hin bewegen will, und ist a mit b unveränderlich verbunden, so heben auch die beiden gleichen und einander geradlinig entgegengesetzt wirkenden Kräfte M und N einander auf und es bleibt nur noch die Wirkung der Kraft O in der Richtung nach c hin übrig. Ob also eine Kraft M in a angreift oder eine ihr gleiche O in einem anderen Punkte b der geraden Linie, in welcher die Kraft den Körper bewegen soll, ist gleichgiltig. Daraus folgt: Der Angriffspunkt einer Kraft kann verlegt werden.

Greifen zunächst zwei momentan oder fortwährend und beständig wirkende Kräfte einen ruhenden und schwer gedachten Punkt an, so können wir uns drei Fälle vorstellen:

- 1) die beiden Kräfte wirken in derselben Richtung mit einander,
- 2) in derselben Richtung gegen einander,
- 3) ihre Richtungen bilden einen Winkel.

Wir können uns in allen Fällen als Maße sowohl für die zusammensetzenden oder komponirenden, als auch für die als Ergebnis der Zusammenwirkung entstehenden resultirenden Kräfte verhältnismäßige Linien annehmen.

Triebe im ersten Falle die eine Kraft den Körper in einer Sekunde durch 7, die andere durch 4 Fuß, so würde jene Kraft um diese vermehrt und das Resultat ist die Summe beider Kräfte, oder er würde durch beide Kräfte zugleich getrieben, thatsächlich in einer Sekunde durch 11 Fuß gehen.

Hat die Strömung des Wassers in einem Flusse eine Geschwindig-

keit von 2 Fuß, und ist die Kraft einer Dampfmaschine auch nur so groß, daß sie dem Schiffe dieselbe Geschwindigkeit geben kann, so wird es auf derselben Stelle stehen bleiben, wenn es stromaufwärts fahren will.

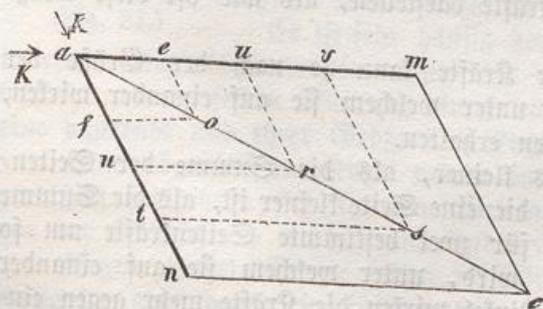
Wenn für den zweiten Fall als Beispiel dieselben beiden Kräfte von 7 und 4 Fuß beibehalten werden, und man zerlegt die größere (7) in zwei Theile, die in gleicher Richtung mit der ganzen wirken, und von denen der eine gleich der zweiten Kraft ist ($7 = 3 + 4$); so wird dieser Theil die zweite Kraft aufheben, weil er ihr gleich ist, und es bleibt somit als Resultat der andere Theil (3) der größeren Kraft mit Beibehaltung der Richtung übrig. Wirken also Kräfte geradlinig einander entgegengesetzt, so ist die Resultirende stets der Unterschied der beiden komponirenden.

Hat die Strömung eines Flusses die Geschwindigkeit von 2 Fuß, ein Dampfboot aber 5 Fuß, so wird letzteres stromaufwärts mit 3 Fuß Geschwindigkeit fahren (stromabwärts mit 7 Fuß).

Schwieriger zu beurtheilen ist der so außerordentlich häufig vorkommende dritte Fall.

Hat man an der Decke eines hohen Zimmers an einem Faden einen Apfel u. dergl. angehängt und läßt denselben pendelartig in einem kleinen Bogen hin und her schwingen, so verändert er die Lage der Linie, in welcher er schwingt, während einer kurzen Beobachtungszeit nicht merklich. Wenn man den Apfel bei seiner Ankunft im tiefsten Punkte seiner Bahn mit dem Finger oder einem Stäbchen in einer auf dieser Bahn lothrechten Richtung stößt; so folgt er weder der Richtung des Stoßes, noch bleibt er in seiner alten Bahn, sondern schlägt einen Zwischenweg ein, welcher um so mehr in der Stoßrichtung liegt, je kräftiger der Stoß war. Wäre die Kraft des Stoßes gerade gleich dem Bewegungsmomente des Apfels in seinem tiefsten Punkte, so würde er gerade den Mittelweg zwischen den Richtungen beider Kräfte einschlagen; wäre die stoßende Kraft kleiner, so läge die neue Bahn der ursprünglichen näher.

Wird eine Kugel auf einem Billard von zwei geschickten Spielern gleichzeitig mit einem recht kurzen Stoße nach verschiedenen Richtungen gestoßen, so schlägt sie ebenfalls einen Zwischenweg ein.



(Fig. 19.)

Wir müssen nun in allen Fällen die Richtung und die Größe der resultirenden Kraft zu bestimmen suchen für zwei in demselben Augenblicke auf einen Körper a einwirkende momentane Kräfte K und K (Fig. 19).

Trieb die eine Kraft K den Körper in einer ge-

wissen Zeit von a bis m in der Richtung der am , die andere K in derselben Zeit von a bis n in der Richtung an , welche mit am den Winkel man bildet, so daß also am und an das Verhältniß der beiden Kräfte angeben; so folgt der Körper zwar keiner der beiden Kräfte einzeln und doch beiden, indem er durch die erste Kraft von der an weg unter dem Winkel man um die am fortgetrieben wird, durch die zweite Kraft von der am weg unter demselben Winkel um die an . Er muß also am Ende der Zeit in einem Punkte sein, der um die am von der an und um die an von der am unter demselben Winkel entfernt ist, und dies kann nur der Endpunkt der Diagonale ac des aus den Seitenkräften am , an und dem von ihnen gebildeten Winkel man gezeichneten Parallelogramms $amen$ sein, worin nc gleich und parallel der am und $mc \parallel an$ ist.

Der Körper wird sich aber auch in jedem Momente der Zwischenzeit in irgend einem Punkte dieser Diagonale befinden müssen. Denken wir uns die ganze Zeit der Bewegung z. B. in vier gleiche Theile zerlegt, so haben auch die Wege für jede der beiden Kräfte vier gleiche Theile, weil die Bewegung, welche durch eine momentane Kraft erzeugt worden, eine gleichmäßige ist. Werden aus den Kräften (ae , af), für den ersten Zeittheil, für die beiden ersten (au , aw), für die drei ersten Zeittheile (av , at) und aus demselben Winkel man nach dem Vorigen die Parallelogramme gezeichnet, so liegen alle ihre Diagonalen, also auch alle ihre Endpunkte, in derselben Richtung mit der Diagonale ac für die ganze Zeit. Diese Betrachtung gilt für alle noch so klein gedachten Zeittheile und somit bewegt sich der Körper während der ganzen Zeit in der Diagonale des Parallelogramms der Kräfte.

Diese Diagonale gibt an

1) die Richtung der Mittelkraft (Resultirenden) gegen die Seitenkräfte,

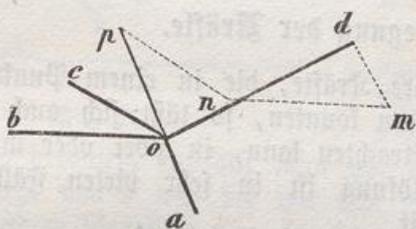
2) das Maß für die Resultirende, indem man mit der Maßeinheit für die beiden Seitenkräfte die Diagonale nur zu messen braucht. Betrachten K und K z. B. 7 und 5 Menschenkräfte und wäre die eine Menschenkraft vertretende Maßlinie in am 7mal, in an 5mal enthalten, so wird ac so viele Menschenkräfte darstellen, als wie oft diese Maßeinheit in ac enthalten ist.

Das Parallelogramm der Kräfte kann je nach der Größe der Seitenkräfte und des Winkels, unter welchem sie auf einander wirken, jede der vier bekannten Gestalten erhalten.

Die Resultirende ist stets kleiner, als die Summe der Seitenkräfte, weil in einem Dreiecke die eine Seite kleiner ist, als die Summe der beiden anderen; sie wird für zwei bestimmte Seitenkräfte um so kleiner, je größer der Winkel wird, unter welchem sie auf einander wirken. Bei einem stumpfen Winkel wirken die Kräfte mehr gegen einander, bei einem spitzen Winkel mehr mit einander, als bei einem rechten.

Wenn, wie bei einer Maschine zum Einrammen von Pfählen, an einer Stelle eines Haupttaues, mehre Seilen angebracht sind, an welchen Menschen gleichzeitig ziehen sollen; so werden diese am wirksamsten arbeiten, wenn die Seile mit einander möglichst kleine Winkel bilden, die Menschen also einander möglichst nahe stehen, wobei die Richtung der Seile mit der des Taus ziemlich zusammenfällt.

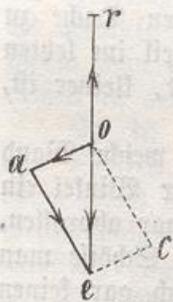
Soll aus mehren Seitenkräften die Resultirende gefunden werden, so setzt man die beiden ersten Kräfte zusammen, verfährt mit der erhaltenen Mittelkraft und der dritten eben so u. s. w. so lange, als von den zusammenzusetzenden Kräften noch eine übrig ist. Die zuletzt erhaltene Mittelkraft kann dann für alle Seitenkräfte gesetzt werden.



(Fig. 20.)

Dafür kann ein abgekürztes Verfahren angewendet werden. Bedeuten (Fig. 20) oa , ob , oc , od vier Seitenkräfte, welche in o angreifen, so zeichnet man z. B. durch d die dm parallel und gleich der oa , durch m die mn parallel und gleich der ob , durch n die np parallel und gleich der oc und verbindet endlich p mit o , so ist die op die Resultirende aus allen Seitenkräften.

Um zwei oder mehre in einem Punkte angreifende Kräfte im Gleichgewichte zu halten oder den Punkt in Ruhe zu erhalten, muß man eine Kraft anwenden, welche der Resultirenden aus jenen Kräften gleich ist, ihr gradlinig entgegengesetzt wirkt und auch in diesem Punkte angreift. Bögen z. B. an o (Fig. 21) zwei Kräfte, die durch oc und oa dargestellt sein mögen, in diesen Richtungen an Tauen und wäre oe die Mittelkraft aus ihnen, so würde die in ihrer Richtung liegende, ihr gleiche und ihr entgegengesetzt wirkende or sie, folglich auch die Seitenkräfte aufheben.



(Fig. 21.)

Es ist sehr häufig der Fall, daß die Kräfte nicht blos in einem Augenblicke wirksam sind oder daß sie, fortwährend sich gleichbleibend, in derselben Richtung einwirken, sondern daß die Einwirkung eine dauernde und ihrer Größe und Richtung nach eine veränderliche ist.

Eine abgeschlossene Kugel würde in ihrer ursprünglichen Richtung gradlinig fortgehend sich in den Weltraum entfernen, wenn sie nicht von der fortwährend auf sie einwirkenden Erde zu fallen genöthigt würde.

Regen, Hagel, Schnee fallen bei Windstille lothrecht auf die Erde; je stärker aber dabei ein Wind geht, in desto längerer und schrägerer

Diagonale kommen sie herab und Schneeflocken werden manchmal sogar fast horizontal getrieben.

Läßt man vom Mastbaume eines schnell fahrenden Schiffes bei Windstille einen Strick herabfallen, so fällt er nicht etwa rückwärts auf's Schiff oder ins Wasser, sondern dicht am Mastbaume nieder, denn er macht auch während des Fallens gleichzeitig mit dem Schiffe die Bewegung vorwärts, wird also von zwei Kräften bewegt.

Man kann beim schnellen Reiten oder Fahren einen lothrecht aufwärts geworfenen Ball leicht fangen, weil er auch in der Luft die Bewegung vorwärts mit der früheren Geschwindigkeit beibehält, also schräge aufwärts steigt und schräge abwärts fällt.

Berlegung der Kräfte.

So wie zwei oder mehre Kräfte, die in einem Punkte angreifen, durch eine Kraft ersetzt werden konnten, so läßt sich auch eine Kraft, die man als Resultirende betrachten kann, in zwei oder mehre Seitenkräfte auflösen. Diese Auflösung ist in sehr vielen Fällen von der größten praktischen Wichtigkeit.

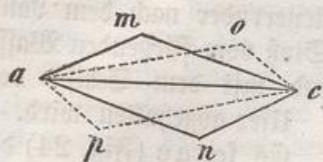
Eine mittelst eines Stoffes auf einen Körper ausgeübte Kraft wirkt nur dann vollständig, wenn sie auf die getroffenen Stellen des Körpers lothrecht wirkt; je spitzer der Winkel ist, unter welchem sie dem Körper trifft, desto geringer ist der Erfolg.

Die im Winter niedrig am Horizonte stehende Sonne vermag wohl den Schnee auf einem schräge gegen sie gerichteten Dache zu schmelzen, nicht aber den auf dem horizontalen Felde, weil im letzten Falle der Winkel, unter welchem sie auf den Schnee wirkt, kleiner ist, als im ersten.

Wird eine Kugel mit einer gewissen Kraft auf eine weiche Wand lothrecht geschossen, so dringt sie tiefer ein, als wenn der Winkel ein spitzer ist. Wenn der Winkel allzu klein ist, so kann sie sogar abprallen. So ist es mit jeder anderen schief einwirkenden Kraft. Schöffe man die Kugel parallel mit der Wand, so würde sie natürlich gar keinen Eindruck machen, wie wenn Wasser parallel mit einer Wand an derselben hinfließt, wobei ein Stoß auf sie nicht ausgeübt wird.

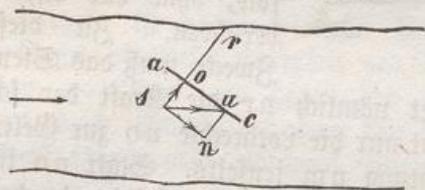
Soll der Wasserstrahl, welcher bei einer oberflächigen Mühle in einem kleinen Bogen auf die Kasten des Wasserrades fällt, recht wirksam sein, so müssen möglichst viele Wassertheile dieses Strahles auf das gegenüberstehende Brett des Kastens möglichst senkrecht stoßen, es muß also das Brett angemessen gekrümmt sein, damit das Wasser nach dem Stoße seine ganze Geschwindigkeit verloren habe.

Sowie eine bestimmte Linie ac (Fig. 22.) als Diagonale von sehr verschiedenen Parallelogrammen, z. B. von $amen$ und $aocp$ angesehen werden kann, so läßt sich auch eine bestimmte Kraft in ver-



(Fig. 22.)

gar nicht, auf den Körper wirkt.



(Fig. 23.)

das Fahrzeug bedeutet, so fällt man von s die Lothrechte so auf das Fahrzeug, zieht von s aus die mit ihm Parallele sn und von u aus zu so die andere Parallele un; so ist soun das Parallelogramm der Kräfte so und sn, welche gemeinschaftlich wirkend für su gesetzt werden können. Von diesen beiden Kräften geht sn für die Wirkung verloren, weil sie mit dem Fahrzeuge parallel geht; so dagegen kommt ganz zur Wirkung, weil sie lothrecht auf das Fahrzeug wirkt, und treibt es in der Richtung so nach dem Punkte r ans jenseitige Ufer. Weiß man die absolute Größe der Kraft su, so läßt sich auch die der so bestimmen, indem man nur ermitteln darf, wie oft die für su angenommene Maßeinheit in so enthalten ist.

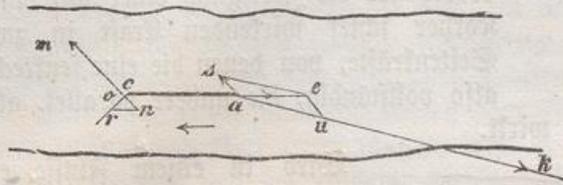
Es ist zur Erreichung des vorliegenden Zweckes hinreichend das eine Dreieck sou statt des ganzen Parallelogramms zu zeichnen, ou ist darin gleich sn. Kennt man die Größe der gestoßenen Fläche und die Geschwindigkeit der Strömung, so läßt sich leicht berechnen, wie viele Kubikfuß Wasser in einer Sekunde auf das Fahrzeug stoßen und aus dem Gewichte des Wassers, welches den Stoß ausgeübt hat, erkennt man dann die lebendige Kraft.

Will ein Mensch über einen Fluß schwimmen, so darf er nur seinem Körper eine richtige schiefe Lage gegen die Strömung geben und sich darin erhalten; weitere Bewegungen sind nicht nothwendig, können aber die Zeit des Hinüberschwimmens verkürzen. Will er auf das jenseitige Ufer kommen, so muß er den Kopf gegen die Strömung halten.

Häufig werden in Flüssen und Kanälen Fahrzeuge mittelst Seilen vom Ufer aus aufwärts gezogen. Wollte man weiter nichts thun, als bloß ziehen, so würde das Fahrzeug gar bald ans Ufer kommen und sich daran schauern, wodurch es verlegt und die Arbeit sehr erschwert würde. Das Fahrzeug wird aber, während es gezogen wird, dadurch vom Lande

Spill er, Physik.

in einem Abstände erhalten, daß man das Steuerruder nach dem Lande hinwendet, wodurch es stehend einen schiefen Stoß vom fließenden Wasser und fahrend vom stehenden Wasser erhält und mit dem Schiffe vom



(Fig. 24.)

Ufer abgehalten wird. — Es sei ac (Fig. 24) das Fahrzeug, welches von dem Taue ak stromaufwärts gezogen werden soll, ohne das Ufer zu berühren. Zu diesem Zwecke muß das Steuerruder die Lage er haben. Bedeutet nämlich nr die Kraft der schief darauf wirkenden Strömung, so kommt nur die Lothrechte no zur Geltung und treibt das Fahrzeug in der Richtung nm jenseits. Statt no in o angreifen zu lassen, kann man es nach dem damit fest verbundenen Punkte a verlegen. Wenn nun as dem no gleich und mit ihm parallel ist, so darf man das as nur noch mit der am Taue angebrachten und durch au dargestellten Kraft zusammensetzen und man bekommt als Resultirende die ae , welche die Richtung des Fahrzeuges bei seiner Bewegung angibt. Daß diese Richtung durch die Lage des Steuerruders bei einer bestimmten Geschwindigkeit des Wassers und der ziehenden Kraft bedingt ist, versteht sich wohl von selbst. Bei starker Strömung braucht der Winkel des Steuers gegen das Ufer nicht so groß zu sein, als bei schwacher.

Allen Schiffen kann man während des Fahrens durch die Lage des Steuerruders am Hintertheile eine bestimmte Richtung geben. Legt man es nach rechts, so geht das Hintertheil des Schiffes nach links und das Vordertheil nach rechts.

Allen Vögeln dient beim Fliegen und den Fischen beim Schwimmen der Schwanz als Steuer.

Die Windmühlflügel drehen die Welle, an welcher sie befestigt sind, nur deshalb, weil ihre Flächen eine schiefe Lage gegen den horizontal wehenden Wind haben. Sie müssen alle so gestellt sein, daß die Drehung des einen die des anderen unterstützt. Von den beiden Seitenkräften der schief auf die Flächen der Flügel stoßenden Kraft des Windes wird die lothrechte durch den Widerstand der Radwelle aufgehoben und es kommt nur die andere zur Geltung. Weil die von der Ase entfernteren Theile des Flügels eine größere Geschwindigkeit bei der Drehung haben, als die näheren, würden sie, wenn die Flügel eine Ebene bildeten, eher dem ankommenden Winde ausweichen und somit von ihm weniger bewegt werden, als die näher liegenden Theile, ja sie könnten sogar dieselbe Geschwindigkeit mit dem Winde haben und würden gar nicht gestossen, oder eine größere und würden nachtheilig wirken. Aus diesem Grunde werden die Sprossenlöcher in der Ruthe in einer gewundenen

Linie gemacht, die ungefähr den zwölften Theil eines Schraubenganges ausmacht, so daß die Flächen der Flügel gebogen sind.

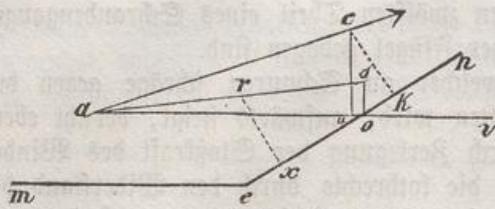
Daß ein Papierdrache, welcher an Schnuren schräge gegen den horizontal wehenden Wind gehalten wird, aufwärts steigt, beruht ebenfalls darauf, daß von den durch Zerlegung der Stoßkraft des Windes erhaltenen beiden Seitenkräften die lothrechte durch den Widerstand der gehaltenen Schnur aufgehoben wird und nur die andere, aufwärts gerichtete als wirksam übrig bleibt.

Die Benutzung des Windes als treibende Kraft für die Schiffe mit Segeln ist höchst wichtig. Ueberall muß man durch die Stellung der Segel die Geschwindigkeit des Windes möglichst auf sie überzutragen suchen. — Man kann gegen den Wind nur dann fahren, wenn man lavirt, d. h. abwechselnd nach den beiden Seiten der Kurslinie oder im Zickzack fährt, also jedesmal einen schiefen Stoß des Windes benutzt, wobei die Segel abwechselnd immer umgelegt werden müssen.

Bei den Schraubendampfschiffen ist es nur der schiefe Stoß der Fläche, der sogenannten Schraube, auf das Wasser, wodurch die Schiffe bewegt werden. Durch das Hintertheil des Schiffes geht wasserdicht unter dem Wasserspiegel eine Welle, welche durch die im Schiffsraume befindliche Kraftmaschine gedreht wird; an dieser Welle sind in einer schrägen Richtung nach hinten gewendete Schaufeln, welche aus demselben Grunde, wie bei den Windmühlen, nicht eben, sondern gekrümmt sind. Wenn diese Schaufeln nun bei der Drehung der Axe das ruhende Wasser nach hinten stoßen, so geht das bewegliche Schiff nach vorne; bewegte sich das Wasser dem Schiffe entgegen, so müßte die Drehungsgeschwindigkeit, wenn das Schiff vorwärts kommen soll, um so größer sein, je schneller die Strömung ist, damit die Geschwindigkeit der Schaufeln stets größer bleibe, als die des Wassers. Statt mehrerer einzelner Schaufelflächen kann auch eine einzige schraubenförmige Fläche angewendet werden, ähnlich den spiralförmigen Papierstreifen, die am warmen Ofen wegen des aufsteigenden Luftstromes sich um eine lothrechte Axe drehen.

Thiere können mit dem möglich größten Erfolge einen Wagen ziehen, wenn sie an Punkten angespannt sind, die mit den Axen der Räder in derselben horizontalen Ebene liegen und wenn sie selbst auf dieser Ebene den Wagen horizontal ziehen können. Sind die Thiere höher gestellt, als der Wagen, wie es auf Gebirgswegen vorkommt, so geht ein Theil ihrer wirkenden Kraft verloren, und zwar um so mehr, je größer der Winkel der beiden Flächen ist, auf denen sich Wagen und Thiere befinden. Um diesen Verlust zu vermindern, muß man die Thiere so kurz als möglich an den Wagen spannen.

Steigt die horizontale Fläche me (Fig. 25) von e an nach n , befindet sich über dem horizontalen Theile in a der Widerstand, in c über dem aufwärts steigenden Theile die Kraft, deren Maß ac sein mag



(Fig. 25.)

Wird nun das Thier, welches um ck von dem Erdboden entfernt war, kürzer an den Wagen gespannt z. B. in r , wobei $rx = ck$ seine Entfernung vom Erdboden ist und zerlegt man seine Kraft as , welche die vorige, also ac gleich ist, in die Seitenkräfte ao und so , so ist klar, daß das Thier jetzt besser wirken kann, als vorhin, weil der zur Wirksamkeit gelangende Antheil ao größer ist, als au .

Anderer Fälle, in welchen Kräfte nicht an demselben Punkte, sondernt an verschiedenen Punkten eines starren Körpers angreifen, wenn sie nicht in derselben Ebene, sondern in verschiedenen wirksam und wenn sie veränderlich sind, werden bei späteren Untersuchungen zur Sprache kommen.

und ist av horizontal; so zeigt sich, daß bei der Zerlegung der Kraft ac in die Seitenkräfte au und cu nur der durch au ausgedrückte Antheil zur Geltung kommt.