

Dreizehnter Brief.

Unsere Maschinen erzeugen bekanntlich keine Kraft, sondern sie geben nur aus, was sie an Kraft empfangen haben. Die Bewegung einer Uhr wird hervorgebracht durch ein sinkendes Gewicht, eine gespannte Feder; es ist die Kraft des menschlichen Armes, der sie aufgezogen, die Feder gespannt oder das Gewicht in die Höhe gezogen hat, welche in der Bewegung der Räder und des Pendels in 24 Stunden, in 8, in 14 Tagen wieder verbraucht wird. Ein Wasserrad setzt in einer Mühle einen oder mehrere Mühlsteine, das eines Hammerwerkes einen oder mehrere Hämmer, in Salinen und Bergwerken setzt es Pumpen, welche Wasser oder Lasten auf gewisse Höhen erheben, in den Spinnmühlen setzt es Web- und Spinnstühle, in andern Walz- und Streckwerke in Bewegung. Die Arbeit, welche das Wasserrad verrichtet, hängt in allen diesen Fällen ab von dem Druck des auf die Schaufeln fallenden Wassers; das fallende Wassergewicht setzt das Rad in Bewegung; alle Widerstände der arbeitenden Maschine können zusammengenommen nicht grösser sein als der Druck der fallenden Wassermasse, durch den sie überwunden werden.

Die Leistung der Maschine ist messbar durch diesen Druck.

Die Arbeit einer Dampfmaschine wird durch die Bewegung eines Kolbens verrichtet, welcher durch den Druck von Wasserdämpfen auf und ab bewegt wird. Der Dampf drückt auf den Kolben, gleich wie die fallende Wassermasse auf die Schaufeln des Wasserrades. Die Ursache des Druckes ist die Wärme, welche durch einen chemischen Process, d. h. durch Verbrennung von Brennmaterialien unter dem Dampfkessel erzeugt wird, und die das Wasser aufnimmt; durch diese Wärme wird das Wasser zu Wasserdampf und dieser empfängt durch sie die zur Bewegung des Kolbens nöthige Spannkraft; in letzter Form ist es die Wärme, welche den Druck und Hub bedingt und welche die mechanische Arbeit der Maschine verrichtet.

Eine Kraft wirkt immer durch einen Druck oder Zug; in einer arbeitenden Maschine ist die Grösse der Kraft, die Arbeitskraft stets meßbar durch die Widerstände, die dadurch überwunden werden, und alle Widerstände sind ausdrückbar durch entsprechende Gewichte, welche durch eben diese Kraft auf eine gewisse Höhe gehoben oder gezogen werden können.

Von zwei Menschen, welche an einer Pumpe arbeiten, hebt der eine in einer Minute 150 Pfd., der andere 200 Pfd. Wasser in die Höhe; von zwei Pferden zieht das eine 20 Ctr., das andere 30 Ctr. auf dem selben Wagen und demselben Wege gleich weit. Es ist klar, dass die Arbeitskraft der beiden Menschen oder der beiden Pferde im Verhältniss zu diesen beiden Zahlen steht. In der Mechanik heisst eine Pferdekraft die Wirkung eines Hubs oder Drucks, wodurch 75 Kilogr. (150 Zollpfund) in jeder Secunde einen Meter (3,426 Fuss bayr.) hoch gehoben werden,

und sie drückt in dieser Weise in Pferdekräften die Arbeitskraft einer jeden Maschine aus.

Nicht alle Kraft, die wir einer Maschine mittheilen, wird zur Arbeit, d. h. zum Heben und Bewegen wirklich verwendet, ein Theil derselben wird immer durch die Reibung der Maschinen-Theile verzehrt und von zwei Maschinen, welche eine gleiche Menge Kraft empfangen haben, verrichtet die eine um so mehr Arbeit, je weniger ihr Gang durch Reibung erzeugende Hindernisse gestört und gehemmt ist. In der Mechanik wurde die Reibung stets als eine Ursache betrachtet, welche der vorhandenen Bewegung entgegenwirkt. Man glaubte, dass die Arbeitskraft einer Maschine absolut dadurch vernichtet werde.

Als der nächste Grund der Zerstörung von Bewegung war die Reibung eine handgreifliche Thatsache und konnte als solche in Rechnung genommen werden; aber in so fern man eine theoretische Vorstellung damit verknüpfte, beging man einen verhängnissvollen Irrthum; denn wenn eine Kraft völlig vernichtet werden oder ein Nichts zur Wirkung haben konnte, so war es kein Widerspruch zu glauben, dass unter Umständen aus Nichts eine Kraft erzeugbar sei. Die Möglichkeit der Erfindung einer Maschine, welche immer im Gang blieb, ohne einer äusseren Triebkraft zu bedürfen, die in sich selbst die verbrauchte Kraft stets neu wieder erzeugte, an welche die scharfsinnigsten Köpfe Jahrhunderte lang glaubten, beruhte zum Theil auf dieser irrigen Idee. Ein solches Perpetuum mobile zu bauen war wohl aller Anstrengung schon werth, denn es war wie ein Vogel, der goldne Eier legt, man konnte Arbeit damit verrichten, und ohne Geld auszugeben konnte man Geld im Falle damit erwerben.

Eine richtigere Vorstellung über das Wesen der Naturkräfte, die wir einem Arzte Dr. Mayer in Heilbronn verdanken, und welche durch die sich daran knüpfenden Forschungen der ausgezeichnetsten Physiker und Mathematiker eine kaum geahnte Bedeutung und Wichtigkeit erlangte, brachte Licht in eine Menge bis dahin unverständlicher und unerklärbarer Vorgänge.

Kräfte, sagt Dr. Mayer, sind Ursachen und es muss auf dieselben der Grundsatz volle Anwendung finden, dass die Wirkung der Ursache entspricht und gleich der Ursache ist. *Causa aequat effectum*. Hat demnach eine Ursache C (ausa) eine Wirkung E (ffectum), so ist $C = E$. Ist die Wirkung E die Ursache einer andern Wirkung $= e$, so ist $E = e = C$. In einer solchen Kette von Ursachen und Wirkungen kann nie ein Glied oder Theil eines Gliedes zu Null = Nichts werden. Hat die gegebene Ursache C eine ihr gleiche Wirkung E hervorgebracht, so hat damit C aufgehört zu sein, eben weil es zu E geworden ist. Da mithin C in E und dieses in e übergeht, so muss allen diesen Ursachen in Beziehung auf ihre Quantität die Eigenschaft der Unzerstörlichkeit, und hinsichtlich ihrer Qualität die Eigenschaft der Wandelbarkeit zukommen. In unzähligen Fällen sehen wir eine Bewegung aufhören, ohne dass ein Gewicht, eine Last gehoben oder ein Zug oder ein Druck hervorgebracht wird. Die Kraft, welche die

Bewegung bewirkt, kann aber nicht Null werden, und es fragt sich somit, welche Form diese Kraft anzunehmen fähig ist. Die Erfahrung giebt hierüber Aufschluss. Ueberall wo durch Reibung, Schlag oder Stoss eine Bewegung vernichtet wird, tritt Wärme als Wirkung der Bewegung auf. Die Bewegung ist die Ursache der Wärme.

Zwei Metallplatten, die sich reibend berühren, erhitzen sich in dem Grade, dass sie bei einer gewissen Geschwindigkeit rothglühend werden; beim Reiben dieser Platten unter Wasser erhitzt sich das Wasser bis zum Sieden. In gleicher Weise erhitzt sich der eiserne Radschuh eines Wagens, wenn letzterer mit einer gewissen Geschwindigkeit fortbewegt wird; er wird oft so heiss, dass man ihn, ohne sich zu verbrennen, nicht berühren kann.

Beim Rundschleifen der Nähnadelspitzen wird der Stahl rothglühend, die abgeriebenen Stahltheilchen verbrennen mit Funkensprühen. Die Holzkeile, welche an die Räder der Eisenbahnwagen angepresst werden, um sie zum Stehen zu bringen, erhitzen sich häufig in dem Grade, dass die Oberfläche mit empyreumatischem Geruch verbrennt. Beim Reiben von weissem Zucker auf einem eisernen Reibeisen schmelzen abgeriebene Theile und nehmen den Geschmack von gebranntem Zucker (Caramel) an. Durch Reibung zweier Eisstücke werden sie zum Schmelzen gebracht.

In den englischen Stahlfabriken erhitzt der Schmied eine Stahlstange von 10-12 Zoll Länge an dem einen Ende bis zum Rothglühen in der Esse, bringt sie sodann unter den Maschinenhammer und schmiedet sie zu einer dünnen Stange von eben so vielen Fussen aus, ohne - was für die Erhaltung der guten Beschaffenheit des Stahls wesentlich ist - sie wieder in's Feuer zu bringen. Jede Stelle, welche der Hammer mit seinen starken und raschen Schlägen trifft, wird an der geschlagenen Stelle rothglühend, und es scheint dem Zuschauenden die Rothglühhitze, der Stange entlang, hin und her zu laufen. Diese Rothglühhitze wird durch die Hammerschläge erzeugt, sie entspricht einer Wärmemenge, welche hinreichen würde, viele Pfunde Wasser zum Sieden zu erhitzen. Das im Feuer rothglühend gemachte Ende der Stange würde in Wasser getaucht kaum eben so viel Lothe Wasser auf die Siedetemperatur erhitzt haben.

Zwischen den Hammerschlägen (der Ursache) und der Wärme (der Wirkung) muss nach den vorangegangenen Betrachtungen ein bestimmter Zusammenhang bestehen, welchen auszumitteln die Physiker die scharfsinnigsten Versuche erdacht haben. Die erzeugte Wärme war ja nichts Anderes als die umgewandelte Arbeitskraft; war der Satz von Mayer richtig, so musste ihr ein gleicher Wirkungswerth zukommen, man musste mit der erzeugten Wärme eben so viel Hammerschläge hervorbringen können, als verbraucht worden waren um die Wärme zu erzeugen.

Die nähere Betrachtung des Vorgangs ergibt nun, dass der Hammer zu seinen Schlägen gehoben werden musste und dass seine Arbeitskraft ihm nicht eigen, sondern nur geliehen war.

Der Hammer war gehoben worden durch das Wasserrad, und das Wasserrad wurde in Bewegung gesetzt durch ein Wassergewicht, welches auf dessen Schaufeln fiel; um einen zehn Pfund schweren Hammer einen Fuss hoch zu heben, mussten nothwendiger Weise mindestens 10 Pfd. Wasser auf das Wasserrad einen Fuss hoch herabfallen; es war also eigentlich dieses fallende Wassergewicht, welches, vermittelt durch den Hammer, die Wärme hervorgebracht hatte. Durch eine andere Anordnung der Maschinentheile hätte die nämliche Kraft einen Mühlstein mit grosser Geschwindigkeit um seine Achse gedreht oder zwei eiserne Scheiben durch ihre Reibung zum Glühen gebracht.

In genauen zu diesem Zwecke angestellten Versuchen hat sich nun herausgestellt, dass 13,500 Hammerschläge eines zehnpfündigen Hammers, welche auf die Stange einen Fuss hoch fallen, eine Wärmemenge erzeugen, welche hinreicht, um 1 Pfd. Wasser von 0° zum Sieden, d. h. auf 100° C. zu erwärmen, oder was das Nämliche ist, dass 1350 Ctr. Wasser, welche 1 Fuss hoch fallen, 1 Pfd. Wasser zum Sieden bringen, oder 1350 Pfund Wasser, welche 1 Fuss hoch fallen, 1 Pfd. Wasser von 0° dem Gefrierpunkt auf 1° erwärmen, und dass dieselbe Wärmemenge einer Arbeitskraft entspricht, wodurch $13\frac{1}{2}$ Ctr. einen Fuss hoch gehoben werden können.

Ueberall wo in irgend einer Maschine durch Reibung oder Stoss an Bewegung verloren geht, entsteht eine entsprechende Wärmemenge, und wenn durch Wärme Arbeit verrichtet wird, so verschwindet mit den gewonnenen mechanischen Wirkungen, ausgedrückt durch ein Gewicht von $13\frac{1}{2}$ Ctr., welche um einen Fuss gefallen oder auf diese Höhe gehoben worden sind, eine Wärmemenge, welche 1 Pfd. Wasser verliert, wenn es um einen Temperaturgrad erkaltet. Dieses Wärmequantum ist deshalb gleichwerthig oder ein Aequivalent jener Arbeitskraft.

Auf die mannichfaltigste Weise hat man dieses Gesetz oder diese constante Beziehung zwischen Wärme und mechanischer Bewegung bestätigt. Eine Metallstange kann durch angehängte Gewichte gestreckt, d. h. verlängert werden, und wenn eine gewisse Grenze nicht überschritten wird, so nimmt das Metall beim Abnehmen der Gewichte seine ursprüngliche Länge wieder an. Gegen die Wärme verhält sich die Metallstange wie gegen die angehängten Gewichte; sie verlängert sich beim Erwärmen und zieht sich beim Erkalten wieder zusammen; es ist klar, dass der Druck, den die Stange ausübt, wenn sie sich verlängert, gleich ist dem Zug oder der Zugkraft, wenn sie beim Erkalten sich zusammenzieht. Es hat sich nun herausgestellt, dass die Wärmemenge und die angehängte Last, welche eine gleiche Verlängerung hervorbringen, in dem nämlichen Verhältniss zu einander stehen, wie es die oben angeführten Zahlen ausdrücken; d. h. dass durch eine Wärmemenge, welche hinreicht um 1 Pfd. Wasser um einen Grad zu erwärmen,

einer Eisenstange mitgetheilt, 1350 Pfd. Gewicht am einen Fuss gehoben werden können.

In dem Conservatoire des arts et métiers in Paris hat man schon vor langer Zeit eine interessante Anwendung hiervon gemacht. In diesem Gebäude, welches ein ehemaliges Kloster war, dient das Schiff der Klosterkirche, um eine Sammlung von Gegenständen der Industrie, Maschinen und Werkzeugen aufzustellen. Das Gewölbe dieser Kirche bekam der Länge nach einen Sprung, der sich jährlich vergrösserte, so dass er mehrere Zoll auseinander stand und Regen und Schnee hinein fiel. Durch Zumauern konnte die Oeffnung wohl verschlossen, aber das Weichen der Seitenmauern nicht verhindert werden. Man war nahe daran das ganze Gebäude niederzureissen, als ein Physiker folgenden Vorschlag machte, durch den es erhalten wurde: es wurden eine Anzahl starke Eisenstangen quer durch das Schiff der Kirche gezogen; das eine Ende derselben wurde in der einen Seitenwand befestigt, das andere Ende ging durch die gegenueberstehende Wand mehrere Zoll nach aussen und war mit einem Schraubengewinde versehen, in welches eine grosse Schraubenmutter genau passte.

Die Schraubenmutter wurde auf die äussere Wand fest aufgeschraubt, und nachdem dies geschehen, wurden die Stangen gleichzeitig mit brennendem Stroh erwärmt. Die Folge davon war, dass sich die Stange ausdehnte und verlängerte und dass jetzt die Schraube, welche vor dem Erhitzen auf der Mauer fest sass, nachdem die Stange heiss geworden war, einige Zolle davon abstand. Man schraubte jetzt die Schraube wieder fest auf die Mauer an und liess die Stangen erkalten; beim Erkalten zogen sie sich mit ungeheurer Kraft zusammen und mit ihnen näherten sich die Seitenmauern; nach einer zweimaligen Wiederholung war der Sprung verschwunden. Das Gebäude mit den Stangen, die es zusammenhalten, steht noch.

In gleicher Weise wie die mechanische Wirkung der Wärme lässt sich die Arbeitskraft einer Maschine, welche durch den elektrischen Strom in Bewegung gesetzt wird, in Gewichten ausdrücken, die auf eine gewisse Höhe damit gehoben werden. Wir erzeugen einen elektrischen Strom durch einen rotirenden Magneten oder, wie in der galvanischen Säule, durch Auflösung von Zink. Gegen Metalldrähte verhält sich dieser Strom je nach ihrer Dicke wie ein weites oder enges Rohr gegen eine Flüssigkeit. Es gehört mehr Zeit oder ein stärkerer Druck dazu, um dieselbe Flüssigkeitsmenge durch eine enge Röhre durchfliessen zu machen, als durch eine weite. In ähnlicher Weise setzt ein dünner Draht dem Durchgang der strömenden Elektrizität einen stärkeren Widerstand entgegen als ein dicker. In Folge dieses Widerstandes, oder wenn man will einer Stauung, wird die Bewegung der strömenden Elektrizität aufgehalten und vernichtet, nur ein Theil derselben geht durch den Stromleiter hindurch, der andere, der nicht hindurch kann, verwandelt sich in Wärme; der Draht, welcher den Strom leidet, wird heiss oder glühend und es ist, je nach der Menge der in Wärme umgesetzten Elektrizität, die Temperatur so hoch, dass ein langer Platindraht geschmolzen, dass

ein Golddraht geschmolzen und verflüchtigt wird. Durch einen dünnen Platindraht, den man in Form einer Spirale um eine Glasröhre windet und mit Wasser umgiebt, kann man, wenn der Strom hindurch geht und nicht allzuschwach ist, eine beträchtliche Menge Wasser sehr bald in wallendes Sieden versetzen.

Wenn der elektrische Strom in einem schraubenförmigen Draht ein Eisenstück circulirt, so wird dieses zu einem mächtigen Magneten, welcher viele Centner Eisen anzieht und trägt. Die elektrische Kraft setzt sich um in magnetische Kraft, durch welche eine Maschine in Bewegung gesetzt werden kann. Die Grösse der Zugkraft, welche das Eisenstück durch den elektrischen Strom empfängt, steht in einem ganz bestimmten Verhältniss zu der Menge der im Stromleiter circulirenden Elektrizität, und diese ist bei gleicher Zufuhr abhängig von der Beschaffenheit des Stromleiters. Derjenige Theil der Elektrizität, welcher in dem Stromleiter sich in Wärme umgesetzt hat, wirkt nicht mehr auf das Eisenstück, d. h. er bringt in diesem keine Zugkraft hervor. Es zeigt sich nun, dass die Menge der strömenden Elektrizität, die damit erzeugte Wärme und die in Arbeitskraft umgewandelte magnetische Kraft in einem ähnlichen Verhältniss zu einander stehen, wie die durch den Druck einer fallenden Wassermasse hervorgebrachte Arbeitskraft zu der durch Reibung oder Stoss erzeugten Wärme. Dieselbe Elektrizitätsmenge, welche durch Leitungswiderstände in Wärme umgewandelt die Temperatur von 1 Pfd. Wasser um 1° erhöht, bringt eine magnetische Zugkraft hervor, wodurch 13½ Ctr. einen Fuss hoch gehoben werden können.

Wenn der Metalldraht, in welchem die Elektrizität circulirt, durchschnitten und die beiden Enden in ein Gefäss mit Wasser eingetaucht werden, so findet eine chemische Zersetzung des Wassers statt; das Wasser wird in Wasserstoff- und Sauerstoffgas zerlegt. Die strömende Elektrizität setzt sich um in chemische Verwandtschaft und in eine Zugkraft, welche die Trennung der Elemente des Wassers bedingt; es zeigt sich hierbei keine Wärme und keine magnetische Kraft, mit der Entwicklung des Wasserstoffs und Sauerstoffs verschwinden alle Zeichen des elektrischen Stroms. Alle Wirkungen des elektrischen Stroms, sein Vermögen, Wärme oder magnetische Kraft zu erzeugen, sind scheinbar untergegangen und vernichtet worden; an ihrer Stelle haben wir zwei Gasarten, von denen die eine, der Wasserstoff, brennbar d. h. mit Sauerstoff verbindbar ist, und angezündet wieder zu Wasser verbrennt. Bei dieser Verbrennung wird Wärme erzeugt.

Genaue Versuche haben nun dargethan, dass ein elektrischer Strom von bekannter Stärke, welcher im Stromleiter in Wärme umgewandelt 1 Pfund Wasser um 1° erwärmt, zur Zersetzung von Wasser verbraucht, eine Menge Wasserstoffgas liefert, mit welchem, wenn es angezündet und verbrannt wird, genau 1 Pfd. Wasser von 0° auf 1° erhitzt werden kann.

Was der elektrische Strom an Wärme und Zugkraft bei der Wasserzersetzung verloren zu haben schien, ist, so kann man sagen, in den Elementen des Wassers

latent geworden. Bei ihrer Wiedervereinigung zu Wasser wird diese Wärme wieder frei, welche in Arbeitskraft übergeführt eben so viel Gewicht einen Fuss hoch gehoben hätte, als dies durch die in magnetische Zugkraft übergeführte strömende Elektrizität geschehen konnte, wäre sie nicht zur chemischen Zersetzung verwendet worden.

Der elektrische Strom ist die Folge einer chemischen Action und es kann die Menge der strömenden Elektrizität gemessen werden durch die Menge des aufgelösten Zinks. Die chemische Kraft (Affinität) setzt sich bei der Auflösung des Zinks um in eine entsprechende Menge Elektrizität. Diese setzt sich um in dem Stromleiter in ein Aequivalent Wärme oder in ein Aequivalent magnetische Zugkraft, oder wie in der Wasserzersetzung wieder in ein Aequivalent chemische Kraft.

Nirgends ist ein Ausfall - nirgends ein Ueberschuss. Wenn die Materie, wie die Materialisten sagen, unzerstörlich ist, so sind es die Kräfte auch; die Kraft stirbt nicht, ihre scheinbare Vernichtung, ihr Verschwinden ist nur eine Wandelung.

Wir wissen jetzt, woher die Wärme und das Licht stammen, welche unsere Wohnräume erwärmen und erhellen, woher die Wärme und die Kraft kommt, die unsere Körper im Lebensprocess erzeugt; alle Brenn- und Leuchtstoffe stammen aus derselben Quelle wie die Nahrung, welche zur Erhaltung der Lebenserscheinungen täglich genossen werden muss; sie stammen von der Pflanze. Die Elemente der Pflanze sind irdischer Natur; aus Wasser, aus der Erde, aus der Luft nimmt sie sie auf. In der Pflanze werden gewisse unorganische Verbindungen, die Kohlensäure, das Wasser und das Ammoniak zersetzt, der Kohlenstoff der Kohlensäure, der Wasserstoff des Wassers, der Stickstoff des Ammoniaks lagern sich in der Pflanze als Bestandtheil ihrer Organe ab, der Sauerstoff der Kohlensäure und des Wassers geht als Gas in die Atmosphäre zurück. Aber ohne Sonnenlicht wächst die Pflanze nicht.

Der Lebensprocess in der Pflanze stellt sich dar als der Gegensatz des chemischen Processes in der Salzbildung.

Kohlensaures Wasser und Zink mit einander in Berührung üben eine bestimmte Wirkung auf einander aus; in Folge ihrer chemischen Verwandtschaft entsteht unter Abscheidung von Wasserstoff eine weisse pulverförmige Verbindung, welche Kohlensäure, Zink und den Sauerstoff des Wassers enthält.

In der Pflanze tritt an die Stelle des Zinks der belebte Keim oder Pflanzentheil; indem er wächst, entstehen aus der Kohlensäure und dem Wasser unter Ausscheidung von Sauerstoff Verbindungen, welche Kohlenstoff und Wasserstoff oder Kohlenstoff und die Elemente des Wassers enthalten.

Aehnlich wie ein elektrischer Strom, der die natürliche Anziehung der Elemente des Wassers aufhebt und sie auseinander fallen macht, wirkt in dem Pflanzenleben das Sonnenlicht.

Ohne Sonnenlicht nimmt die Pflanze nicht an Masse zu; der belebte Keim, das grüne Blatt verdanken ihr Vermögen, die irdischen Elemente in belebte kräfteäussernde Gebilde umzuwandeln, der ausserirdischen Sonne; der Keim entwickelt sich unter der Erde auch ohne Mitwirkung des Sonnenlichts, aber erst durch die Sonnenstrahlen empfängt er, wenn er die Erde durchbricht, das Vermögen, die unorganischen Nahrungsmittel in Theile seiner selbst umzuwandeln; aber die leuchtenden und wärmenden Strahlen der Sonne, indem sie Leben verleihen, verlieren ihre Wärme, sie verlieren von ihrem Lichte, und wenn durch ihren Einfluss die Kohlensäure, das Wasser, das Ammoniak zersetzt worden sind, so ruht jetzt ihre Kraft in den im Organismus erzeugten Producten. Die Wärme, womit wir unsere Wohnräume erwärmen, ist Sonnenwärme, das Licht, womit wir sie beleuchten, ist von der Sonne geliehenes Licht.

Die Nahrung der Menschen und Thiere besteht aus zwei in ihrer Zusammensetzung von einander durchaus verschiedenen Stoffen. Die eine Classe dient zur Bildung des Blutes und zum Bau der geformten Theile des Körpers, die andern sind ähnlich dem gewöhnlichen Brennmaterial zusammengesetzt. Der Zucker, das Stärkmehl, das Gummi des Brodes können als umgewandelte Holzfasern (wie wir sie denn auch aus dem Holze darzustellen vermögen) angesehen werden. Das Fett steht in seinem Kohlengehalt der Steinkohle am nächsten. Wir heizen unsern Körper ähnlich, wie dies bei einem Ofen geschieht, mit Brennmaterialien, welche die nämlichen Elemente wie Holz und Steinkohle enthalten, die sich aber sehr wesentlich durch ihre Löslichkeit in den Säften des Körpers davon unterscheiden.

Es ist einleuchtend, dass die Nahrungsstoffe, welche die Temperatur des Körpers hervorbringen, keine mechanische Kraft erzeugen, weil die Kraft nichts Anderes als die umgewandelte Wärme ist und weil die Wärme, welche die Temperatur erhält und erhöht, nicht drückt oder zieht, sondern wärmt.

Alle in dem lebendigen Leibe vorgehenden mechanischen Wirkungen, wodurch die Bewegung der Organe und ihrer Glieder vermittelt wird, sind begleitet und abhängig von einem Wechsel in der Zusammensetzung und Beschaffenheit der höchst zusammengesetzten schwefel- und stickstoffhaltigen Bestandtheile seiner Muskeln, welche von dem Blute geliefert werden und in letzter Form von eben diesen Bestandtheilen stammen, welche der Mensch in der Nahrung genießt; indem ihre Elemente sich zu neuen und einfacheren Verbindungen ordnen, bringen sie in Folge dieses Ortswechsels oder Aenderung in ihrer Lage Bewegung hervor; die Molecularbewegung der sich umsetzenden Theile überträgt sich auf die Masse der Muskelsubstanz. Es ist klar, der Stoffwechsel ist die Quelle der mechanischen Kraft im Körper.*

* Um sich eine klare Vorstellung von diesem Vorgang zu machen, muss man sich an analoge Erscheinungen erinnern. Nicht nur im lebendigen Körper, sondern auch ausserhalb findet ein solcher Stoffwechsel in allen schwefel- und stickstoffhaltigen Bestandtheilen der Pflanzensäfte oder des

Die kraft- und wärmeerzeugenden Bestandtheile der Nahrung der Menschen und Thiere erzeugen sich in der lebenden Pflanze nur unter dem Einfluss und der Mitwirkung des Sonnenlichts; in ihnen sind die Strahlen der Sonne latent geworden, ähnlich wie die strömende Elektrizität in dem durch die Wasserzersetzung erzeugten Wasserstoff.

In den Nahrungsstoffen empfängt der Mensch seinen Leib und täglich in seiner Speise eine Summe von aufgespeicherter, der Sonne entliehener Kraft und Wärme, welche wieder zum Vorschein kommen und wirksam werden, wenn sie in dem Lebensprocess andernorts wieder werden, was sie waren, wenn die belebten Gebilde wieder in ihre ursprünglichen Elemente zerfallen.

Zu dem unzerstörbaren Kraftvorrath unsers Erdkörpers kommt täglich in den Strahlen der Sonne ein Ueberschuss hinzu, welcher Leben und Bewegung erhält, und so stammt denn Alles, was besser ist in uns als das irdene Gefäss - unser Leib - von weiter her, und auch von diesem geht zuletzt kein Stäubchen je verloren.

thierischen Körpers statt. In einem Stück Fleisch, wenn es in Berührung mit Wasser der Temperatur des menschlichen Körpers ausgesetzt wird, stellt sich äusserst rasch ein Auseinanderfallen seiner Bestandtheile ein (sog. Fäulniss). Wird es in Zuckerwasser gebracht, so geht dies in sogenannte Gährung über. Die Zuckermoleküle zerfallen ebenfalls und spalten sich in Kohlensäure- und Alkoholmoleküle, beide zusammen enthalten die Elemente des Zuckermoleküls. Diese Spaltung ist nicht die Folge einer chemischen Anziehung, sondern einer einfachen Molekularbewegung, eines Wechsels des Orts und der Elemente des Zuckermoleküls, die Wirkung also einer Kraft oder eines Druckes, welcher ihre Bewegung bedingt hat. In der Gährung kennen wir keine andere Ursache als die Zersetzung eines schwefel- und stickstoffhaltigen Stoffes, und es ist offenbar die Molekularbewegung, in welcher sich dessen Atome befinden, welche die Bewegung und damit den Umsatz in dem Zuckermoleküle bewirkt hat. In der Gährung werden nicht die Zuckermoleküle, sondern die kleinsten Theilchen derselben (Moleküle der Zuckermoleküle) in Bewegung versetzt (siehe den 20. Brief); in der Muskelbewegung wirkt dieselbe Ursache: eine Molekularbewegung setzt sich um in dem Apparate oder Maschinentheile, den wir Muskel nennen, in eine Massenbewegung; sie überträgt sich dem Muskelmoleküle (dem anatomischen Element), nicht seinen Molekülen. Bei der Wärmeerzeugung durch Schlag und Stoss, z. B. beim Hämmern des Stahlstabs (s. S. 120) setzt sich eine Massenbewegung (des Hammers) um in eine Molekularbewegung (in Wärme) und in ganz ähnlicher Weise übt ein Körper beim Erwärmen (durch Molekularbewegung) einen Druck (Massenbewegung) auf seine Umgebung aus.