Hamberg.

Die

organische Bewegung

in ihrem Zusammenhange

mit dem

Stoffwechsel.

Ein

Beitrag zur Naturkunde

von

Dr. **J. R. Mayer.**

HEILBRONN,

Verlag der C. Drechsler'schen Buchhandlung.

1845.

Heilbronn, Druck der Schell'schen Officin.

Einleitung.

Die angewandte Mathematik hat im Verlaufe der lezten Jahrhunderte eine so hohe Stufe der Ausbildung erreicht, ihre Schlüsse haben einen solchen Grad von Sicherheit erlangt, dass sie unter den Wissenschaften den ersten Rang einzunehmen berechtigt ist. Sie ist der Anfang und das Ende für den Sternkundigen, den Techniker, den Seemann, sie ist die feste Axe aller Naturforschung jetziger Zeit. Nur der *Biologie* haben die Entdeckungen *Galilä's*, *Newton's* und *Mariotte's* verhältnissmässig geringe Früchte getragen; für die Lebenserscheinungen wurden keine Formeln aufgefunden, denn: der Buchstabe tödtet, der Geist allein giebt Leben!

Bei dem Studium der Lehre von den auf organischem Wege erzeugten Bewegungen wird die Kluft zwischen ma-

thematischer Physik und Physiologie, welche auch die trefflichen Untersuchungen eines *Schwann* und *Valentin* nicht ausgefüllt haben, lebhaft empfunden, wesshalb der Versuch, eine Methode aufzustellen, durch welche beide Wissenschaften in Beziehung auf den fraglichen Punkt sich näher gerückt werden sollen, für den Physiologen nicht ohne Interesse seyn wird.

Wohl müsste es ein Recidiv genannt werden in die Fehler der antiken Naturforschung oder in die Verirrungen einer modernen Naturphilosophie, wenn es sich um einen Versuch handeln sollte, *a priori* eine Welt zu construiren; wenn es aber gelungen ist, die zahllosen Naturerscheinungen unter sich zu verknüpfen und aus ihnen einen obersten Grundsatz abzuleiten, so mag es nicht zum Vorwurfe gereichen, wenn man nach sorgfältiger Prüfung sich eines solchen als Compass bedient, um unter sicherer Führung auf dem Meere der Einzelnheiten fortzusteuern.

Ausgehend von den Gesetzen anorganischer Erscheinungen, legen wir einerseits die Resultate der Mechanik als ausgemachte Wahrheiten zu Grunde, während wir uns auf der anderen Seite an die Begriffe und Eintheilungen, wie sie diese Wissenschaft *pro domo* aufzustellen für gut fand, keineswegs als gebunden erklären können. Die Mechanik anatomirt die Naturgegenstände, mit denen sie sich beschäftigt, durch möglichst weit getriebene Abstraction, bis sie als Zahlen und Linien in ihren Calcul passen, und zufrieden, die Fragen, die sie stellt, mit bewundernswürdiger Schärfe und

mathematischer Sicherheit beantworten zu können, kümmert sie sich wenig, wenn an der Grenze ihres Gebietes, nach ihrer Anschauungsweise Erscheinungen weit auseinander zu liegen kommen, die in der Natur auf's engste verknüpft sind, und wiederum Begriffe und Objecte zusammenfallen, die in der Welt nichts mit einander gemein haben.

Die Begriffe, welche sich die Mechanik zu ihren Zwecken geschaffen hat, werden von anderen Wissenschaften weiter fortgeführt, als es im Sinne der ersteren liegen konnte. Auf die Frage, was unter einem „Körper" zu verstehen sey? wird der Geometer antworten: „ohne Präjudiz für den Physiker, Zoologen, Psychologen u. s. w., ist nach unsern Begriffen ein Körper ein nach drei Dimensionen begrenzter Raum". Der Mechaniker, welcher sich die Entstehung, Abänderung, Aufhebung jeder Bewegung durch einen Druck bewerkstelligt vorstellt, nennt diesen *in abstracto* „Kraft"; die Fähigkeit der Masse, einen solchen Druck ausüben zu können, die Schwere, nennt er eine Kraft. Ohne aber bei der Abstraction des Mechanikers: Kraft = Druck, zu bleiben, wurde in andern Wissenschaften die Schwere als Typus der Kräfte aufgestellt und damit eine künstliche Verwirrung der Begriffe: Eigenschaft, Kraft, Ursache, Wirkung, herbeigeführt, die bei dem Baue des Thurmes der Erkenntniss zu einem mächtigen Hindernisse geworden.

Bevor wir nun mit der Untersuchung physiologischer Gesetze beginnen, möge es erlaubt seyn, über den Begriff von

Kraft mit dem Leser uns zu verständigen und die hier einschlagenden anorganischen Erscheinungen in ihrem natürlichen Zusammenhange darzustellen.

Bei Abfassung des anorganischen Theiles der Abhandlung war der Verfasser bemüht, die hieher einschlagenden mechanischen und physikalischen Probleme auf allgemein verständliche Weise auseinander zu setzen. Sollten sich nichtsdestoweniger einzelne Stellen vorfinden, zu deren Verständniss eine genauere Bekanntschaft mit den Lehrsätzen der Mechanik erforderlich wäre, so war dieses, der Natur der Sache nach, nicht wohl zu vermeiden.

Möchten auch Physiker, denen der Calcul bei ihren Forschungen nur Mittel und nicht Selbstzweck ist, eine ernste Prüfung diesem Theile der Schrift nicht versagen!

Soll eine ruhende Masse in Bewegung gesezt werden, so ist dazu ein Aufwand von Kraft erforderlich. Eine Bewegung entsteht nicht von selbst; sie entsteht aus ihrer Ursache, aus der Kraft.

Ex nihilo nil fit.

Ein Object, das, indem es aufgewendet wird, Bewegung hervorbringt, nennen wir *Kraft*.

Die Kraft, als Bewegungsursache, ist ein unzerstörliches Object. Es entsteht keine Wirkung ohne Ursache; keine Ursache vergeht ohne entsprechende Wirkung.

Ex nihilo nil fit. Nil fit ad nihilum.

Die Wirkung ist gleich der Ursache. Die Wirkung der Kraft ist wiederum Kraft.

Die quantitative Unveränderlichkeit des Gegebenen ist ein oberstes Naturgesetz, das sich auf gleiche Weise über Kraft und Materie erstreckt.

Die Chemie lehrt uns die qualitativen Veränderungen kennen, welche die gegebenen Materien unter verschiedenen Umständen erleiden, und liefert dabei wirklich in jedem einzelnen Falle den Beweis, dass bei den chemischen

Processen nur die Form und nicht die Grösse*) des Gegebenen geändert wird.

Was die Chemie in Beziehung auf Materie, das hat die Physik in Beziehung auf Kraft zu leisten. Die Kraft in ihren verschiedenen Formen kennen zu lernen, die Bedingungen ihrer Metamorphosen zu erforschen, diess ist die einzige Aufgabe der Physik, denn die Erschaffung oder die Vernichtung einer Kraft liegt ausser dem Bereiche menschlichen Denkens und Wirkens.

Ob es in zukünftigen Zeiten je gelingen werde, die zahlreichen chemischen Grundstoffe in einander zu verwandeln, sie auf wenige Elemente oder gar auf einen einzigen Urstoff zurückzuführen, diess ist mehr als zweifelhaft. Nicht das Gleiche gilt von den Bewegungsursachen. *A priori* lässt sich beweisen und durch die Erfahrung überall bestätigen, dass die verschiedenen Kräfte ineinander sich verwandeln lassen.

Es giebt in Wahrheit nur eine einzige Kraft.

In ewigem Wechsel kreist dieselbe in der todten wie in der lebenden Natur. Dort und hier kein Vorgang ohne Formveränderung der Kraft!

I.

Die *Bewegung* ist eine Kraft. Bei der Aufzählung der Kräfte verdient sie die erste Stelle. Die Wärme erwärmt, die Bewegung bewegt.

*) Die Materie A erfährt durch Hinzufügen einer Materie B allerdings eine Grössenveränderung. Da aber B ebensowohl wie A als gegeben betrachtet werden muss, und die Summe A + B ihren Theile A und B zusammengenommen gleich ist, so ist klar, dass das Gegebene im Ganzen betrachtet durch Zusammenfügen oder Trennen der Theile keine Grössenveränderung erfährt.

Wenn eine bewegte Masse auf eine ruhende trifft, so wird die letztere in Bewegung gesetzt, während die erste an Bewegung verliert.

Stösst der weisse Ball den Rothen central an, so verliert der Weisse seine Bewegung und der Rothe geht mit dessen Geschwindigkeit fort. Die Bewegung des Weissen ist es, welche aufgewendet die Bewegung des Rothen hervorgebracht, oder sich in die letztere verwandelt hat. Die Bewegung des Weissen ist eine Kraft. Die Bewegung des Rothen ist als Wirkung ihrer Ursache gleich; sie ist ebenfalls eine Kraft.

Eine Billard-Kugel kann durch einen Stoss viele andere Kugeln, gross und klein, fortbewegen, und dabei selbst noch in Bewegung bleiben. Die Grösse der Kraft aber, oder die sogenannte „lebendige Kraft der Bewegung", ist vor und nach dem Stosse constant geblieben.

II.

Eine ruhende Masse, in irgend einer Entfernung von dem Erdboden sich selbst überlassen, setzt sich sofort in Bewegung und langt mit einer berechenbaren Endgeschwindigkeit auf dem Boden an. Die Bewegung dieser Masse kann nicht ohne Aufwand von Kraft entstanden seyn. Welches ist nun diese Kraft?

Hält man sich statt an herkömmliche Voraussetzungen nur an die einfache reine Thatsache, so wird man leicht gewahr, dass die Erhebung des Gewichtes die Ursache ist von der Bewegung desselben. Ein Pfundgewicht war 15′ über dem Boden ruhend; durch Herabfallen hat es die Geschwindigkeit von 30′ in einer Secunde erlangt: auf-

gewendet wurde die Erhebung, erzeugt wurde die Bewegung der Last.

Gewichtserhebung ist Bewegungsursache, ist Kraft.

Diese Kraft erzeugt die Fallbewegung; wir nennen sie *Fallkraft.*

Wenn eine Masse sich mit einer gewissen Geschwindigkeit auf horizontaler Ebene fortbewegt, so behält sie ihre Bewegung — wie man sich auszudrücken pflegt, nach dem Gesetz der Trägheit — unverändert bei. Die nemliche Masse aber, wenn sie mit der nemlichen Geschwindigkeit beginnt, sich vertikal aufwärts zu bewegen, verliert in wenig Augenblicken ihre Bewegung vollständig. Eine Masse von 1 ℔ fängt mit der Geschwindigkeit von 30′ zu steigen an, — nach einer Sekunde hat die Bewegung aufgehört; das Pfund ist 15′ hoch gehoben worden. Die Kraft, welche diese Last gehoben hat, ist die Bewegung; was so eben Wirkung gewesen, ist jezt Ursache, was Ursache gewesen, ist zur Wirkung geworden. Fallkraft hat sich in Bewegung, und Bewegung wiederum in Fallkraft verwandelt.

Die Grösse der Fallkraft wird gemessen: durch das Produkt aus dem Gewicht in seine Höhe; die Grösse der Bewegung: durch das Produkt aus der bewegten Masse in das Quadrat ihrer Geschwindigkeit.*) Beide Kräfte werden auch unter dem Collectiv-Namen des mechanischen Effektes aufgeführt.

---

*) Dem Newton'schen Gravitations-Gesetze gemäss ist ganz allgemein die Fallkraft den sich anziehenden Massen und dem Fallraum direkt, dem anfänglichen und dem übrigbleibenden Abstande der Schwerpunkte aber umgekehrt proportional. — Sind A und B zwei in dem gegebenen Abstande h ruhende Massen,

Wird eine Fallkraft in Bewegung, oder eine Bewegung in Fallkraft verwandelt, so bleibt die gegebene Kraft oder der mechanische Effekt eine constante Grösse. Dieses Gesetz, eine specielle Anwendung des Axioms der Unzerstörlichkeit der Kraft, wird in der Mechanik unter dem Namen „Princip der Erhaltung lebendiger Kräfte“ aufgeführt. Belege hiezu liefern: der freie Fall aus jeder Höhe, der Fall auf vorgeschriebenen Wegen, die Pendelschwingungen, die Bewegungen der Himmelskörper.

III.

Jahrtausende lang war das Menschengeschlecht zur Lösung einer immerwiederkehrenden Aufgabe: ruhende Massen mit den Hülfsmitteln der anorganischen Natur in Bewegung zu setzen, fast ausschliesslich auf die Verwendung gegebener mechanischer Effekte beschränkt. Einer neuen Zeit war es vorbehalten, den Kräften der alten Welt, der strömenden Luft und dem fallenden Wasser, noch eine andere Kraft

---

und c, c′ die Geschwindigkeiten, welche die Massen durch Reduktion von h auf den kleineren Abstand h′ erhalten, so ist

$$A c^2 + B c'^2 = \frac{A . B . (h - h')}{h . h'}$$

Ist unter A ein Gewicht, unter B die Erde zu verstehen, und ist der Fallraum h — h′ im Verhältniss zum *radius terrä* h′ verschwindend klein, so reducirt sich nach den Lehren der Mechanik diese Gleichung auf eine einfachere; es wird

$$A c^2 = A (h - h').$$

Mit Worten: das Produkt aus der Masse in das Quadrat der Geschwindigkeit verhält sich zu dem Produkte aus der Masse in den Fallraum wie die Ursache zur Wirkung. — Die eine Seite dieser Gleichungen können wir „Ursache“, die andere „Wirkung“, jede aber „Kraft“ nennen.

hinzuzufügen. Diese dritte Kraft, deren Wirkungen unser Jahrhundert mit Bewunderung erblickt, ist die *Wärme.*

Die Wärme ist eine Kraft; sie lässt sich in mechanischen Effekt verwandeln.*).

Einer Masse von 100000 ℔, einem Convoi, soll die Geschwindigkeit von 30′ in einer Sekunde ertheilt werden. Durch den Aufwand der erforderlichen Menge von gegebener Bewegung oder Fallkraft lässt sich diesem Verlangen entsprechen, und es werden die Wagen z. B. durch Herabrollen über eine geneigte Ebene die gewünschte Bewegung erhalten. Der Convoi wird aber in der Regel ohne Aufwand von Fallkraft in Bewegung gesetzt und trotz Reibung u. s. w. darinnen erhalten. Wenn man als Aequivalent der Reibung eine Steigung der Bahn von $\frac{1}{150}$ annimmt, so wird bei einer Geschwindigkeit von 30′ die Last in einer Zeitstunde 720′ hoch gehoben, was der einstündigen Arbeit von circa 45 Pferden entspricht. Diese enorme Menge erzeugter Bewegung setzt eine gleich grosse Menge einer aufgewendeten Kraft voraus. Die in den Locomotiven wirksame Kraft ist die Wärme.

Der Aufwand von Wärme, oder die Verwandlung der

---

*) Wenn hier eine Verwandlung der Wärme in mechanischen Effekt statuirt wird, so soll damit nur eine Thatsache ausgesprochen, die Verwandlung selbst aber keineswegs erklärt werden. Ein gegebenes Quantum Eis lässt sich in eine entsprechende Menge Wasser verwandeln; diese Thatsache steht fest da und unabhängig von unfruchtbaren Fragen über Wie und Warum und von gehaltlosen Speculationen über den letzten Grund der Aggregats-Zustände. Die ächte Wissenschaft begnügt sich mit positiver Erkenntniss und überlässt es willig dem Poëten und Naturphilosophen, die Auflösung ewiger Räthsel mit Hülfe der Phantasie zu versuchen.

Wärme in Bewegung beruht nun darauf, dass die Wärmemenge, welche von den Dämpfen aufgenommen wird, fortwährend grösser ist, als die, welche von den Dämpfen bei ihrer Verdichtung an die Umgebung wieder abgesetzt wird. Die Differenz giebt die nutzbar verwendete, oder die in mechanischen Effekt verwandelte, Wärme.

Gleiche Mengen von Brennmaterial geben unter gleichen Umständen gleiche Wärmemengen; die Kohlen aber, welche unter dem Kessel verbrennen, geben weniger Wärme frei wenn die Maschine arbeitet, als wenn sie stille steht. Die freie Wärme theilt sich der Umgebung mit und geht so für mechanische Zwecke verloren. Je vollkommener nun der Apparat, um so weniger wird verhältnissmässig Wärme an die Umgebung abgesezt. Die besten Maschinen geben nahe 5 proc. Differenz. 100 ℔ Steinkohlen liefern in einer solchen Maschine keine grössere Menge von freier Wärme, als 95 ℔ Steinkohlen abgeben, welche ohne Arbeit verbrennen.

Zur Begründung dieses wichtigen Satzes müssen wir das Verhalten elastischer Flüssigkeiten gegen Wärme und mechanischen Effekt ins Auge fassen.

Gay-Lussac hat durch das Experiment bewiesen, dass eine elastische Flüssigkeit, die aus einem Ballon in einen gleich grossen luftleeren Behälter einströmt, im ersten Gefäss genau um so viele Grade sich abkühlt, als sie sich im zweiten erwärmt. Dieser, durch seine Einfachheit ausgezeichnete Versuch, der auch andern Beobachtern stets das nemliche Resultat geliefert hat, lehrt, dass ein gegebenes Gewicht und Volumen einer elastischen Flüssigkeit auf ein doppeltes, vierfaches, überhaupt auf ein mehrfaches Volumen sich ausbreiten könne, ohne im Ganzen eine Temperaturveränderung zu erfahren, oder, dass zur Ausdehnung

des Gases an und für sich kein Wärmeaufwand erforderlich sey. Ebenso constatirt ist aber auch die Thatsache: dass ein Gas, welches unter einem Drucke sich ausdehnt, eine Temperaturverminderung erleidet.

Angenommen, ein Kubikzoll Luft von 0° und 27 Zoll Quecksilber Druck, sey durch die Wärmemenge x bei constantem Volumen um 274° C. erwärmt worden; es wird dieses Gas, wenn es in ein leeres Gefäss von gleichem Rauminhalte einströmt, seine Temperatur von 274° beibehalten, und ein die Gefässe umgebendes Medium wird durch die Ausbreitung des Gases in seiner Normal-Temperatur keine Aenderung erfahren. Ein andermal aber werde unser Cubikzoll Luft nicht unter constantem Volumen, sondern unter constantem Drucke der 27zölligen Quecksilbersäule von 0 auf 274° erwärmt. Diessmal ist eine grössere Wärmemenge erforderlich als zuvor; es sey dieselbe $= x + y$.

Bei der Vergleichung dieser Vorgänge sehen wir in beiden die Luft von 0 auf 274° sich erwärmen und zugleich von einem Volumen auf zwei Volumina sich ausbreiten; im ersten Falle war die erforderliche Wärmemenge $= x$, im zweiten $= x + y$; im ersten Falle war der gelieferte mechanische Effekt $= 0$, im zweiten $= 15$ ℔ auf 1″ Höhe.

Erkaltet die Luft unter den nemlichen Umständen, unter denen sie erwärmt wurde, so giebt sie eine gleich grosse Wärmemenge zurück als sie zuvor aufgenommen hat. Das gegebene Luftquantum wird also, wenn es ohne gleichzeitigen Aufwand von mechanischem Effekt (oder bei fehlendem Nachdruck) von 274° auf 0 sich abkühlt, die Wärmemenge $= x$, beim Abkühlen aber unter constantem Drucke, mit Aufwand der Fallkraft von 15 ℔ Gewicht und 1″ Höhe, die Wärmemenge $= x + y$ zurückgeben.

Der Dampf in der Maschine, während er unter dem Embolus sich ausdehnt, verhält sich wie die Luft bei constantem Drucke; die zur Erhitzung und Ausdehnung des Dampfes nöthige Wärmemenge ist = X + Y; bei der Abkühlung des Dampfes fehlt der Druck des Embolus, der Dampf kühlt sich ohne (oder bei weit geringerem) Aufwand von mechanischem Effekte ab; er giebt die Wärmemenge = X zurück. Mit jedem Kolbenlaufe also ist ein Wärmeverlust = Y verbunden, oder: die Leistung der Maschine ist an ein Consumo von Wärme unzertrennlich geknüpft. *)

Die Wärmemenge, welche zur Hervorbringung eines bestimmten mechanischen Effektes aufzuwenden ist, muss auf experimentalem Wege ermittelt werden.

Aus der Menge des in einer Dampfmaschine verzehrten Brennmaterials lässt sich der Totalaufwand von Wärme berechnen; den durch Strahlung, Mittheilung und Luftzug stattfindenden unwillkommenen Wärmeverlust hievon abgezogen, bleibt die wirklich nutzbar aufgewendete Wärme, und diese entspricht der bekannten Leistung der Maschine. Da

*) Das abwechselnde Steigen und Fallen des belasteten Embolus würde an und für sich keineswegs einen fortlaufenden Kraftaufwand, oder einen Wärmeverbrauch bedingen. Belastete Wagschalen spielen, in Bewegung gesezt, von selbst fort; sie zeigen uns, wie der Pendel, ein abwechselndes Steigen und Fallen von Lasten ohne Kraftverbrauch; wäre dagegen die Vorrichtung getroffen, dass die Schalen in der Höhe entleert, in der Tiefe allemal wieder gefüllt würden, so könnte nur mit fortwährendem Kraftaufwand das Werkzeug im Gange erhalten werden. Wie die Leistung, so der Verbrauch. Soll die Dampfmaschine einen Nutzeffekt hervorbringen, so muss der Kolben belastet in die Höhe, leer aber wieder herabsteigen. Unter diesen Umständen nun wird Wärme consumirt.

sich aber die weit überwiegende Menge der unbenützt entweichenden Wärme nur schätzungsweise bestimmen lässt, so wird ein auch nur einigermassen zuverlässiges Resultat auf diesem Wege kaum zu erhalten seyn.

Einfacher und schärfer lässt sich das Problem lösen durch Berechnung der Wärmemenge, die latent*) wird, wenn ein Gas unter einem Drucke sich ausdehnt. Ist die Wärme, welche ein Gas aufnimmt, das bei constantem Volumen um t^0 erwärmt wird, $= x$, die Wärme, deren das Gas zu derselben Temperaturerhöhung bei constantem Drucke bedarf, $= x+y$, ist ferner das im lezteren Falle gehobene Gewicht $= P$, seine Höhe $= h$, so ist

$$y = P \times h.$$

Ein Kubikcentimeter atmosphärische Luft bei 0^0 und $0^m,76$ Barometer, wiegt 0,0013 Gramme; bei constantem Drucke um 1^0 C. erwärmt, dehnt sich die Luft um $1/_{274}$ ihres Volumens aus und hebt somit eine Quecksilbersäule von einem Quadratcentimeter Grundfläche und 76 Centimeter Höhe um $1/_{274}$ Centimeter.

Das Gewicht dieser Säule beträgt 1033 Gramme. Die specifische Wärme der atmosphärischen Luft ist bei constantem Drucke, die des Wassers $= 1$ gesetzt, nach *Delaroche* und *Bérard* $= 0,267$; die Wärmemenge, die unser Kubikcentimeter Luft aufnimmt, um bei constantem Drucke von 0 auf 1^0 zu kommen, ist also der Wärme gleich, durch welche $0,0013 \times 0,267$ oder 0.000347 Gramme Wasser um

*) Die Begriffe des „latent und frei Werdens" der Wärme sind gleichbedeutend mit denen des Aufwandes und der Erzeugung. Wir können sagen: Bewegung wird „latent", wenn die Richtung aufwärts, sie wird „frei", wenn die Richtung abwärts geht. — Wärme ist latente Bewegung, Bewegung ist latente Wärme.

1° erhöht werden. Nach *Dulong*, dem hierin die Mehrzahl der Physiker folgt, verhält sich die Wärmemenge, welche die Luft dei constantem Volumen aufnimmt, zu der bei constantem Drucke, wie 1 : 1,421; hiernach gerechnet ist die Wärmemenge, die unseren Kubikcentimeter Luft bei constantem Volumen um 1° erhöht, $= \frac{0.000347}{1,421} = 0,000244$ Grad. Es ist folglich die Differenz $(x + y) - x$ oder

$$y = 0,000347 - 0,000244 = 0,000103 \text{ Grad Wärme,}$$

durch deren Aufwand das Gewicht P = 1033 Gramme, auf $h = \frac{1}{274}$ Centimeter, gehoben wurde. Durch Reduktion dieser Zahlen findet man nun

$$1^0 \text{ Wärme} = 1 \text{ Grm. auf} \left\{ \begin{matrix} 367^m \\ 1130 \text{ par. F.} \end{matrix} \right\} \text{Höhe.}$$

Das nemliche Resultat wird erhalten, wenn man statt der atmosphärischen Luft eine andere einfache oder zusammengesezte Gasart der Berechnung unterlegt*). Das Ge-

---

*) Mit andern Worten heisst dieses: Wenn die Wärmecapacität der atmosphärischen Luft bei constantem Drucke = 1, die eines andern Gases, auf das Volumen bezogen, = S, der Exponent des Verhältnisses der Capacitäten unter gleichem Druck und unter gleichem Volumen bei der atmosph: Luft = 1,421, derselbe Exponent einer andern Gasart = K, so muss, unter der Voraussetzung eines gleichen Ausdehnungs-Coëfficienten,

$$S \times \frac{K-1}{K} = \frac{0,421}{1,421}.$$

Diese Consequenz stimmt mit den Angaben *Dulong's* überein. Nach *D.* ist bei der Kohlensäure S = 1,175, K = 1,338, und es ist $1,175 \times \frac{0,338}{1,338} = \frac{0,421}{1,421}$. Bei dem ölbildenden Gase ist S = 1,531, K = 1,240, und es ist wiederum nahe genau $1,531 \times \frac{0,240}{1,240} = \frac{0,421}{1,421}$. — Auch *Dulong's* berühmtes Gesetz: dass alle elastischen Flüssigkeiten, wenn sie *ceteris paribus* um gleiche Volumen-Theile zusammengedrückt werden, gleiche

setz „Wärme = Mechanischer Effekt“ ist unabhängig von der Natur einer elastischen Flüssigkeit, die nur als Werkzeug dient, um die Umwandlung der einen Kraft in die andere zu bewerkstelligen.

Von den verschiedenen, unter sich wenig differirenden Angaben über die Verbrennungswärme des Kohlenstoffs, kommt die von *Liebig* der Wahrheit wohl am nächsten. *L.* findet aus direkten Versuchen *Dulong's*, nach dessen Tode von *Arago* publicirt, die Wärmemenge, welche 1 Grm. zu Kohlensäure verbrennender Kohlenstoff entwickelt, durch Rechnung = 8558°. (Annalen der Chemie von *Wöhler* und *Liebig* Bd. LIII. S. 73.)

Durch Verbrennung von 1 ℔ Kohlenstoff müssen sich also 9670000 ℔ auf die Höhe von 1 par. F. heben lassen. Dieser Effekt würde erzielt werden, wenn jeder Wärmeverlust vermieden werden könnte. So wenig aber eine gegebene Menge von Chlor, Metall und Sauerstoff, ohne Bildung eines Nebenproduktes, in chlorsaures Salz sich verwandeln lässt, so wenig können wir eine gegebene Wärmemenge als Ganzes in Bewegung umsetzen.

Es ist eine Aufgabe der Technik, den ungewünschten Effekt der Verbrennung, die Wärmeentbindung nach aussen, im Verhältniss zum nutzbaren mechanischen Effekte möglichst klein zu machen In den ersten Watt'schen Maschinen war bei gleicher Leistung, nach *John Taylor,* der Kohlenverbrauch 17mal grösser als im Jahr 1828.

Derzeit können in den vorzüglichsten und unter den

---

absolute Wärmemengen entbinden, ergibt sich als nothwendige Folgerung aus dem allgemeinen Satze „Wärme = Mechanischer Effekt.“

günstigsten Umständen arbeitenden Maschinen mit 1 ℔ Steinkohlen circa ½ Million ℔ 1′ hoch gehoben werden. Während demzufolge das Maximum des Nutzeffektes 5—6 proc. vom Totalaufwande beträgt, geben dagegen viele Apparate, namentlich Locomotiven, kein volles Procent Nutzeffekt.

Kräftigere Leistung liefern die Geschütze. Rechnet man, dass einer 24pfündigen Kugel mittelst 8 ℔ Pulver, in welchen 1 ℔ Kohle enthalten ist, eine Geschwindigkeit von 1500′ ertheilt wird, so beträgt der mechanische Effekt etwas über 9 proc. des aufgewendeten Kohlenstoffes. Es erhitzt sich aber auch bekanntlich ein scharfgeladenes Geschütz mit gleicher Pulverladung weniger stark, als ein blind geladenes.

Angenommen die ganze Erdrinde könnte auf ringsum gestellten Säulen in die Höhe gehoben werden, so müsste zur Hebung der unermesslichen Last ein ungeheures Quantum Wärme verwendet werden.

Wenn es nun einleuchtet, dass die Volumens-Vermehrung des Erdkörpers, gleich der jeder anderen Masse, mit dem „latent werden“ einer entsprechenden Wärmemenge verbunden ist, so ist auch klar, dass bei der Volumens-Verminderung eine gleiche Wärmemenge wieder „frei“ werden muss. Was aber von der Erdrinde im Ganzen gilt, das muss offenbar auch auf jeden Bruchtheil eine Anwendung finden. Bei der Hebung des kleinsten Gewichtes muss Wärme (oder eine andere Kraft) latent werden; bei der Senkung des Gewichtes muss diese Wärme wieder zu Tage kommen.

Es wurde so eben gefunden, dass zur Hebung eines Gramme-Gewichtes auf 1130′ ein Aufwand von 1° Wärme erforderlich ist; es folgt daraus: dass ein Gramme-Gewicht, welches 1130′ hoch herabsinkt, durch Stoss oder Reibung 1° Wärme entbinden muss.

Durch herkömmliche Voraussetzungen über das Wesen einer bewegenden Kraft und einer Bewegung sind die Physiker verhindert, diese offenbare und in der Erfahrung fest begründete Thatsache einzusehen. *Newton* Princ. I. Def. VIII. erklärt ausdrücklich die Schwere für eine *causa mathematica*, und warnt, sie für eine *causa physica* zu nehmen *). Diese wichtige Unterscheidung wurde aber von den Nachfolgern *Newton's* vernachlässigt; die Schwere oder die Ursache der Beschleunigung wurde für die Ursache der Bewegung genommen und damit eine Entstehung von Bewegung ohne Aufwand von Kraft statuirt, sofern beim Fallen eines Gewichtes von der Schwere nichts aufgewendet wird. In nothwendiger Consequenz mit ihrer Entstehungsweise liess man eine gegebene Bewegung nach Umständen wieder in ihr Nichts zurücksinken **).

Es finden sich hier also zwei contradictorische Gegensätze: Entweder, eine gegebene Bewegung wird bei ih-

---

*) Die *causa mathematica Newton's, in spec.* die Schwerkraft, wird auf die Zeit bezogen; sie ist die Ursache oder das Mass der *Beschleunigung.* Heisst die Kraft v, die Zeit t, die Geschwindigkeit c, so ist $v = \frac{dc}{dt}$. Die Fallkraft dagegen bezieht sich auf den Fallraum; sie ist die *causa physica,* die Ursache oder das Mass der *Bewegung.* Heisst die Kraft v, die Masse m, die Geschwindigkeit c, so ist $v = mc^2$.

**) Der mathematische Ausdruck für dieses zweite Paradoxon ist das sog. *Cartesische Mass der Kräfte.* ($v = mc$)

rem Verschwinden zu Null werden, oder aber sie wird eine ihr gleiche unzerstörliche Wirkung haben. Wenn wir uns unbedingt für das leztere entscheiden, so berufen wir uns auf die Denkgesetze und auf die Erfahrung.

Schöpfen wir aus einem Bassin, aus einem See oder aus dem Weltmeere ein Glas Wasser, so werden wir die hiedurch bedingte Abnahme der grossen Wassermenge nicht wahrnehmen können. Wenn man zugeben wollte, dass die Gewässer durch Entziehung einiger Unzen Flüssigkeit keine Substanz-Verminderung erfahren würden, so müsste nothwendig gefolgert werden, dass diese Unzen aus dem Nichts erschaffen werden —, und dem Meere zurückgegeben, wiederum zu Nichts verschwinden könnten.

Der gleiche Schluss gilt für die Kräfte. Wir wollen also fragen: ist die bewegende Kraft, die einem 15′ hoch auf den Erdboden herabfallenden Gewichte die Geschwindigkeit von 30′ ertheilt, eine constante? Hierauf pflegt man zu antworten: die Ab- und Zunahme der Gravitation darf bei so geringen Höhen füglich ausser Acht gelassen werden; also „Ja“. Wir sagen „Nein“. Wenn die Kraft constant wäre, so müsste sie in einer entsprechenden Zeit eine beliebig grosse Bewegung hervorbringen können; dazu fehlt aber viel. Die Geschwindigkeit, welche ein gegen die Erde fallendes Gewicht erlangen kann, hat ein Maximum; es beträgt dasselbe 34450′ in 1 Sek.; mit dieser Geschwindigkeit G wird eine aus unendlicher Entfernung herabfallende Masse m auf der Oberfläche der Erde T anlangen. Die aus dem totalen räumlichen Abstande der Massen T und m resultirende bewegende Kraft, oder die totale Fallkraft von m ist also $= mG^2$. Die aus einem partialen Abstande der Massen resultirende partiale Kraft ist ein leicht zu berechnender

Bruchtheil der totalen Kraft. Für terrestrische Höhen *) ist der Zähler dieses Bruches der Fallraum, der Nenner der Erdhalbmesser. Durch Herabfallen der Masse m von 15′ Höhe wird also eine Bewegungsgrösse erhalten $= G^2 . \frac{15}{19609050}$, oder es ist die Geschwindigkeit, mit der m auf dem Boden anlangt $= G . \sqrt{\frac{15}{19609050}}$.

Wenn das Gewicht aus unendlicher Höhe bis auf eine Entfernung von 15′ gegen die Erde herabgefallen ist, so sind $\frac{1299999}{1300000}$ der totalen Fallkraft verwendet worden; $\frac{1}{1300000}$ dieser Kraft ist noch übrig, und unter dem Aufwande dieser verhältnissmässig allerdings sehr kleinen Kraft wird die verhältnissmässig ebenso kleine Wirkung, die Bewegung von m mit 30′ Geschwindigkeit, erzielt. Es ist also klar, dass die Fallbewegung keine Ausnahme des axiomatischen Satzes der Proportionalität von Bewegung und Kraftaufwand begründet. Null ist der Kraftaufwand blos dann, wenn ein Gewicht nur drückt und nicht zugleich sich senkt. Eine constante Kraft, eine solche, welche Wirkung äussert, ohne abzunehmen, giebt es für den Physiker nicht. —

Die Verwandlung von mechanischem Effekt in Wärme lehrt uns allenthalben die Erfahrung. Die hieher einschla-

---

*) Allgemein ist der Zähler die Fallhöhe, der Nenner aber das Produkt der anfänglichen Entfernung der Schwerpunkte beider Massen in die übrig bleibende Entfernung derselben, den Erdhalbmesser als Einheit des Längenmasses gesetzt. Ein Gewicht, das auf der Höhe h zu fallen beginnt, hat auf der Höhe h′ die Geschwindigkeit $= G . \sqrt{\frac{h - h'}{h . h'}}$.

genden Thatsachen, die Wärmeentwicklung bei Stoss und Reibung, sind alt und längst bekannt; sind sie aber darum minder beweiskräftig? Man gehe und beobachte die Erwärmung der grossen Mühlsteine und des Mehles in der Mahlmühle, die Erwärmung der mächtigen Läufer und des Oelsamens in der Oelmühle, der Farbhölzer in der Farbmühle, die ewige Wärmeentwicklung an der Axe aller bewegten Räder; man erinnere sich der Rumford'schen Versuche! Ueberall die gleiche Erscheinung: endlose Wärmeentwicklung unter Aufwand von mechanischem Effekt.

Der Verfasser stellte in einer Papierfabrik an vier Holländern Beobachtungen an. In jedem Holländer befanden sich circa 80 ℔ Papiermasse und 1200 ℔ Wasser. Die Temperatur des Breies stieg vom Einsetzen an fortwährend. Die Umgebung zeigte 15° Wärme; in 32 bis 40 Minuten stieg die Wärme des Breies von 14° auf 16°. Die beobachtete höchste Temperatur, welche sich mehrere Stunden lang bis zum Ableeren gleichförmig erhalten hatte, war in einem Holländer = 30°. Rechnet man nun, dass durch eine Pferdekraft in einer Minute 27000 ℔ 1′ hoch gehoben werden, so ist die Erwärmung von 1280 ℔ Wasser (nicht gerechnet die des Apparates) um 1° in 16 Minuten, das Aequivalent für 3,16 Pferdekräfte, was mit der schätzungsweisen Bestimmung des Technikers, dass zum Betrieb des Holländers ein Totalaufwand von circa 5 Pferdekräften erforderlich sey, hinlänglich genau übereinstimmt. Wird nun der mechanische Effekt, den die 5 Pferde liefern, in der Maschine zu Null? Die Thatsache spricht: er wird zu Wärme.

Die wichtigsten physikalischen Sätze, welche sich auf die Umwandlung der Bewegung in Wärme beziehen, sind in Kürze folgende:

1. Eine negative Bewegung ist, wie eine negative Materie, eine imaginäre Grösse. Die Vernichtung einer positiven Bewegung durch eine negative ist ein Paradoxon.

2. Wie das Quantum einer Materie durch das absolute Gewicht, so wird das Quantum einer Bewegung durch das Produkt der Masse in das Quadrat der Geschwindigkeit bestimmt. Der Cartesische Satz: Kraft = dem Produkt der Masse in die Geschwindigkeit, ist falsch und bereits von *Leibnitz* widerlegt.

3. Wie sich Materien von entgegengesezter Qualität, eine elektropositive Basis und eine elektronegative Säure, neutralisiren, so heben sich Bewegungen von entgegengesetzter, von positiver und negativer Richtung, zusammen auf. Das in veränderter Qualität, aber in unveränderter Quantität, fortbestehende Gegebene ist dort das Neutral-Salz, hier die Wärme.

4. Das Verhältniss, in welchem die Quanta der sich neutralisirenden Materien oder Bewegungen zu einander stehen, ist in der Regel nicht das der Gleichheit; es hängt dasselbe vielmehr von dem Quale dieser Objecte ab. Säure und Basis neutralisiren sich, wenn die Quanta ihren Mischungsgewichten, — Bewegungen von entgegengesetzter Richtung aber, wenn die Quanta ihren Geschwindigkeiten proportional sind. Bei der Neutralisation und bei der Produktion der Bewegungen spielt die Geschwindigkeit die Rolle des Mischungsgewichtes. — In der Mechanik wird dieses Gesetz unter dem Namen: „Princip der virtuellen Geschwindigkeiten“ aufgeführt.

IV.

Eine vierte Erscheinungsform der physischen Kraft ist die *Elektrizität.* Die Reibungs- und die Vertheilungselektrizität wird unter dem Aufwande von mechanischem Effekt erzeugt.

Wir haben vor uns einen Elektrophor von idealer Vollkommenheit. Der Deckel hat das Gewicht P und befindet sich auf der Höhe h ausserhalb der Wirkungssphäre der Unterscheibe. Ein angebrachtes Gegengewicht hält dem Deckel, während er auf und absteigt, die Balance. Mag nun die Unterscheibe elektrisirt seyn oder nicht, so kann, in sofern von der Reibung u. s. w. abgesehen wird, der Deckel fortwährend auf und ab bewegt werden, ohne Aufwand von mechanischem Effekt, unter der Bedingung, dass dem Deckel keine elektrischen Effekte entzogen werden. Anders verhält sich die Sache wenn der Elektrophor arbeitet. Wird der Deckel auf die nicht elektrisirte Basis herabgeführt, so ist das gewonnene Produkt des balancirenden Gegenwichtes in seine Höhe $= Ph$; ist der Kuchen elektrisch, so wird der herabsteigende Deckel angezogen, das gewonnene Produkt muss $> Ph$ werden; es sey $= Ph + p$. Auf der Unterscheibe liegend ist der Deckel im Stande einen elektrischen Effekt auszuüben; dieses ist geschehen, derselbe ist bestimmt worden und $= z$ gefunden. Jezt ist die Anziehung noch verstärkt und zur Hebung des Deckels bedarf es *eines noch grösseren* Gegengewichtes; das Produkt desselben in seine Höhe wird $> Ph + p$; es sey $= Ph + p + x$. Auf h erhalten wir den zweiten el. Effekt z' u. s. f. Bei jeder Senkung ist nun das gewonnene Produkt $= Ph + p$, bei jeder Erhebung aber das verlorene Produkt $= Ph + p + x$.

Während wir also jedesmal einen mechanischen Effekt $= x$ aufwenden, gewinnen wir den el. Effekt $z + z'$. So ist folglich:

$$x = z + z'.$$

Der Schluss ist einfach. Aus Nichts wird Nichts. Die Elektrizität des Harzkuchens kann, da sie sich unvermindert erhalten hat, die fortlaufende Summe el. Effekte nicht hervorgebracht haben; der bei jedem Turnus verschwundene mechanische Effekt kann nicht zu Null geworden seyn. Was bleibt übrig, wenn man sich nicht in einem doppelten Paradoxon gefällt? nichts, als auszusprechen: der mechanische Effekt ist in Elektrizität verwandelt worden *). Die el. Unterscheibe, wie der Hebel, die Retorte, ist nichts weiter als ein Instrument, dessen sich der Experimentator bedient, eine Metamorphose zu bewerkstelligen.

---

*) Aus der näheren Betrachtung der Grösse x in der Aequation $x = z + z'$, ergibt sich, dass die Grösse der el. Kraft, oder das Quantum der Elektrizität, proportional ist dem Quadrate der el. Spannung, oder dem Quadrate der sog. Dicke der el. Schicht.

Bew. Die gegebene — el. Spannung des Harzkuchens sey $= S$, die Spannung der $+$ E des Deckels, nach Ableitung seiner — E, $= {}^1/_q\, S$ (wo q eine Constante, die mit der wachsenden Vollkommenheit des Apparates sich der Einheit nähert). Die Grösse der Anziehung oder Abstossung zweier el. Körper ist nach den direkten Messungen *Coulomb's* gleich dem Produkte ihrer Spannungen. Die Anziehung zwischen der — el. Harzscheibe und dem $+$ el. Deckel ist also bei der Berührung $= \frac{1}{q} S^2$ oder es ist dieselbe dem Quadrate der gegebenen Spannung des Kuchens proportional. Da nun die Grösse der Anziehung in jedem Punkte der Bahn umgekehrt proportional ist dem Quadrate der Entfernung, so ist der mechanische Effekt $p + x$, welcher aufgewendet werden muss, um den aufliegenden $+$ el. Deckel aus der — el. Atmosphäre zu entfernen und auf h zu

Ein in Schwingung versetztes Pendel macht, wenn man Reibung und Luftwiderstand beseitigt, gleichförmige Excursionen. Schwingt aber ein metallenes isolirtes Pendel an einem elektrisirten Nichtleiter, z. B. an einem el. Harzkuchen, vorbei, und entzieht man dem Pendel abwechselnd in der Anziehungsphäre des el. Körpers einen $\mp$, in der Entfernung von demselben einen $\pm$ Funken, so wird durch die jetzt eintretenden Anziehungsverhältnisse der Elongations-Winkel fortwährend kleiner. Der als Pendelschwingung gegebene mechanische Effekt wird successiv in el. Effekte verwandelt.

Die Erzeugung der Reibungs-Elektrizität erfolgt ebenfalls unter dem Aufwande von mechanischem Effekt. Die sich berührenden Stoffe halten sich mit den gebildeten entgegengesetzten Elektrizitäten fest; die zur Erregung el. Effekte nothwendige Trennung dieser Stoffe kann ohne Aufwand an mechanischem Effekte nicht vor sich gehen. Bekannt ist auch, dass bei der Bildung von Reibungs-Elektrizität die Reibungswärme fehlt.

---

heben, der Grösse der Anziehung, oder auch S^2 direkt proportional. Nun sieht man ein, dass sowohl das Verhältniss $p : x$, als das von $z : z'$, von der Grösse S unabhängig ist, dass also $p + z$ sowohl als z, und $z + z'$ sowohl als z', dem Quadrate von S, oder dem Quadrate von $\frac{1}{q}$ S proportional ist; da aber $(\frac{1}{q} S)^2$ gleich ist der Spannung der $+$ E des Deckels auf h, z' aber gleich dem el. Effekt, der dem Deckel auf h zukommt, so verhält sich der Effekt, oder die Grösse der el. Kraft, wie das Quadrat der Spannung, und es ist

die Grösse der el. Kraft, bei stattfindender gleichförmiger Ausbreitung, = dem Produkte der Oberfläche in das Quadrat der Spannung.

Bei der „Mittheilung“ der Elektrizität kehren sich die so eben erörterten Anziehungsverhältnisse um, und es wird unter einem Aufwand von elektrischer Kraft mechanischer Effekt erzeugt. Bei jeder Mittheilung wird ein Theil der Elektrizität, wie die Bewegung beim unelastischen Stosse, neutralisirt. Die wichtigsten hieher gehörigen Gesetze sind dieselben, wie sie schon bei der Neutralisation der Bewegung S. 22 aufgeführt wurden. Was bei der Bewegung „Masse und Geschwindigkeit“, das ist bei der Elektrizität „Oberfläche und Spannung“. Die Dynamik der Bewegung kann sich indessen auf die Betrachtung zweier Kräfteformen, der Bewegung und der Wärme, beschränken und ist desswegen in ihrer Darstellung einfacher, als die der Elektrizität, welche drei Kräfte zugleich ins Auge zu fassen hat.

Der Elektrizitäts-Erzeugung ganz analog lässt sich der Magnetismus unter Aufwand von mechanischem Effekt durch Vertheilung erregen. Der gegebene Magnet spielt die Rolle des Elektrophors; durch ein Magnetischwerden der zuvor indifferenten Stahlstange treten ganz dieselben Anziehungsverhältnisse ein, wie sie oben in dem Beispiele vom Elektrophor genauer betrachtet wurden. Das Resultat ist ein gleiches wie dort: Aufwand von mechanischem Effekt, Erzeugung einer $\left\{\begin{array}{l}\text{elektrischen}\\ \text{magnetischen}\end{array}\right\}$ Spannung.

V.

Den räumlichen Abstand der Masse, *in specie* der Erde und eines Gewichtes, haben wir oben als eine Kraft

kennen gelernt. Ein Gramme-Gewicht in unendlicher *) Entfernung — oder wie wir kürzer sagen wollen: in mechanischer Trennung von der Erde, stellt eine Kraft dar; durch den Aufwand dieser Kraft, d. h. durch die mechanische Verbindung beider Massen, wird eine andere Kraft erzeugt: die Bewegung eines Gramme-Gewichtes mit der Geschwindigkeit von 34450′; durch den Aufwand dieser Bewegung lässt sich ein Gramme Wasser um 17356° erwärmen.

Die Erfahrung lehrt nun, dass derselbe Effekt, wie bei der mechanischen Verbindung, eine Wärmeentwick-

*) Der Begriff einer unendlichen Entfernung ist hier im physischen und nicht im mathematischen Sinne zu nehmen, und unter demselben „die physische Grenze der Anziehungssphäre" der Erde zu verstehen. Eine solche Grenze ist allerdings mathematisch nicht vorhanden, es dürfen aber bei physikalischen Untersuchungen von ihr mit eben demselben Rechte als von einer Grenze der elektrischen Atmosphäre etc. gesprochen werden. Setzt man beispielsweise statt einer unendlichen Entfernung von der Erde eine von 10000 Erdhalbmessern, so genügt eine solche für die hier betrachteten Fälle vollkommen. — Die mathematische Exposition der Gravitations-Erscheinungen muss mit der Betrachtung entweder eines unendlich grossen oder eines unendlich kleinen Raumes beginnen und zu concreten messbaren Räumen sofort entweder ab- oder aufsteigen. Keine dieser beiden Methoden kann die andere überall ersetzen. Vom physikalischen Standpunkte aus betrachtet hat aber die Methode, mit dem unendlich Grossen zu beginnen, den entscheidenden Vorzug, dass die wahre Natur der Anziehung, ihre in die Entfernung abnehmende Intensität nemlich, von vorn herein in den Begriff aufgenommen ist. Nur auf diese Weise lässt sich der Zusammenhang, die innere Einheit, mechanischer, elektrischer und chemischer Processe zur völligen Klarheit bringen. Die andere Methode beginnt mit der Vernichtung des physischen Begriffes der Anziehung, indem sie die Anziehung als eine — in dem unendlich kleinen Raume — constant wirkende Grösse betrachtet. (Vergl. oben S. 19.)

lung nemlich, erzielt wird durch die chemische Verbindung gewisser Materien. Das chemisch-getrennt Vorhandenseyn, oder kürzer:

die chemische Differenz der Materie ist eine Kraft.

Die chemische Verbindung von 1 Gramme Kohlenstoff und 2,6 Gramme Sauerstoff ist äquivalent der mechanischen Verbindung von ½ Gramme Gewicht mit der Erde; durch beide werden 8500° Wärme erhalten. Die chemische Verbindung von 1 Gramme Wasserstoff (die Verbrennungswärme desselben nach *Dulong* = 34743° angenommen) mit 8 Gramme Sauerstoff ist äquivalent der mechanischen Verbindung von 2 Gramme Gewicht mit der Erde; die Wärmeentwicklung bei beiden ist = 34700°.

Wenn für kleine Raumabstände und Geschwindigkeiten die Energie der mechanischen Effekte, den ausgezeichneteren chemischen Kräften gegenüber, sehr in den Hintergrund treten, so finden wir umgekehrte Verhältnisse, wenn wir die Blicke über unsere Umgebungen hinweg, den Himmelsräumen zuwenden.

Unter allen irdischen Stoffen liefert das Knallgas bei seiner Verbindung die grösste Wärmemenge; 1 Grm. giebt bei der Umwandlung in Wasser 3850°; 1 Grm. Kohlen- und Sauerstoffgemenge giebt 2370°. Da aber 17356° Wärme aufgewendet werden müssen, um 1 Grm. Gewicht aus der Anziehungssphäre der Erde zu entfernen, so folgt daraus, dass auf Erden keine chemische Differenz existirt, durch deren Aufwand soviel Wärme gewonnen würde, als zur mechanischen Trennung der neuentstandenen Verbindung von dem Erdkörper erforderlich ist. Dagegen werden auf dem Monde

450° Wärme hinreichen, um ein Grm. Gewicht seinem Bereiche zu entführen.

Die Erde bewegt sich in ihrer Bahn mit einer mittleren Geschwindigkeit von 93700′. Um diese Bewegung durch Verbrennung von Kohlenstoff zu erzeugen, müsste das 15-fache Gewicht der Erde als Kohle verbrannt werden, und die dadurch entbundene Wärmemenge würde wiederum hinreichen, um ein der Erde gleich schweres Quantum Wasser auf 128000° zu erhöhen; ein kleiner Theil der Kraft, mit der die Erde sich in ihrer Bahn bewegt, wäre mithin im Stande, allen mechanischen Zusammenhang der irdischen Massentheile völlig aufzuheben. — Angenommen aber, eine der Erde gleich schwere Masse liege ruhend auf der Sonnenoberfläche, so wäre um diese Last in die Entfernung zu heben, in welcher unsere Erde sich befindet und um ihr hier die Geschwindigkeit von 93700′ zu ertheilen, (die Entfernung der Erde = 215 Sonnenhalbmesser gesezt) ein noch 429mal grösserer Kraftaufwand oder ein 6435faches Gewicht der Erde an Kohlenstoff erforderlich u. s. w.

Da die chemischen Kräfte zur Hervorbringung solcher Effekte als unzureichend erscheinen, so kann gefragt werden, wie man sich einen Kraftaufwand vorstellen könne, der die planetarischen Bewegungen einstens möchte hervorgebracht haben? Angenommen: die Erde sey „am Anfang“ 430 Sonnenhalbmesser vom Mittelpunkte der Sonne entfernt und ruhend gewesen und von hier aus 215 Halbmesser gegen die Sonne bis in ihre nunmehrige Entfernung herabgefallen, so müsste sie durch diesen Fall ihre jetzige Bewegungsgrösse erlangt haben. Das nemliche lässt sich von allen Planeten sagen. Die grossen Axen ihrer Bahnen geben das Mass für die ursprünglich gegebene

Entfernung der zuerst als ruhend gedachten Himmelskörper; die grossen Axen sind der Ausdruck für die von dem Schöpfer jedem Planeten gegebenen Grösse des mechanischen Effektes; sie stehen fest wie die Vergangenheit.

Fragt man, warum die zuerst als ruhend angenommenen Planeten nicht senkrecht auf die Sonne herabgefallen sind, warum die Planeten fast alle mit geringer Excentricität ihrer Bahnen in einer und derselben Ebene und in der nemlichen Richtung um die Sonne laufen u. dergl. m., so müssen abermals Hypothesen und immer neue Hypothesen die Antwort seyn, denn:

Das eben ist der Fluch der bösen That,
Dass sie, fortzeugend, immer Böses muss gebären. —

Merkwürdiger Weise giebt es auch Verbindungen, deren Trennung unter Entwicklung von Wärme und mechanischem Effekte vor sich geht. Solche Verbindungen entstehen niemals für sich allein, sondern erfolgen nur in Gemeinschaft mit chemischen Processen, welche von einer Wärmeentbindung begleitet sind. Wir müssen annehmen, dass die Wärme, welche bei der einen Verbindung entsteht, nach chemischer Ausdrucksweise: *im status nascens*, in die detonirende Verbindung theilweise eingeht. Wird eine gleiche Menge Chlorgas das einemal mit einer Salmiak- das anderemal mit einer Ammoniakauflösung vereinigt, so ist, wie der Verfasser fand, die Wärmeentwicklung im letzten Falle viel beträchtlicher, als im ersten. Den Grund hievon müssen wir zum Theil darin suchen, dass bei der Bildung des Chlorstickstoffs Wärme „latent“ wird, die bei der Zersetzung als freie Wärme und als mechanischer Effekt wieder erscheint.

Das was Chlor und Wasserstoff in chemischer Trennung,

das ist Chlor und Stickstoff in chemischer Verbindung: eine Kraft. Vergleichen wir damit gewisse mechanische Verhältnisse: Ein gehobenes Gewicht ist eine Kraft; ein gesenktes Gewicht, das unter Aufwand von mechanischem Effekte eine starke Feder niedergedrückt hat und nach Entfernung des Widerstandes in die Höhe geschleudert wird, stellt in seinem tiefsten Stande ebenfalls eine Kraft dar. Die Feder aber und den Widerstand kennen wir bei der chemischen Verbindung nicht, denn die Elasticität des freigewordenen Chlors und Stickstoffs lässt sich der Spannung der Feder nicht vergleichen, insofern diese Elasticität Folge und nicht Ursache ist von der bei der Zersetzung entwickelten Kraft.

Fasst man eine Zink- und eine Kupferplatte an isolirenden Stäben, bringt sie mit einander in Berührung und trennt sie sofort wieder, so hat die erste Platte eine + die zweite eine — elektrische Spannung erhalten. Vor der Berührung waren die Metalle neutral, nach der Berührung sind sie entgegengesetzt elektrisch; um die Trennung zu bewirken, ist also ein Aufwand von mechanischem Effekt, wie bei der Erregung von Vertheilungs-Elektrizität durch den Elektrophor, erforderlich. Andere Verhältnisse treten ein, wenn die Platten vereinigt bleiben. An die Stelle der mechanischen Kraft tritt hier eine chemische; unter dem Aufwande der chemischen Trennung von Metall und Sauerstoff entsteht eine Summe von Wirkungen, wie wir sie bereits im Einzelnen betrachtet haben. Mittelst des Hebels verwandeln wir eine gegebene Fallkraft in eine andere, wir

opfern einen gegebenen räumlichen Abstand auf, um einen andern räumlichen Abstand zu erzeugen. Der wunderbare Hebel des Chemikers ist die Säule; die Reduktionserscheinungen und die Entwicklung von Wärme und mechanischem Effekt, welche wir als Wirkungen der Säule auftreten sehen, verdanken ihre Entstehung dem Aufwande einer Kraft, dem gegebenen Abstand von Metall und Sauerstoff, von Salz und Säure. Die Gleichheit von Ursache und Wirkung wird durch den *Grove'schen* Gasapparat zur unmittelbaren Anschauung gebracht.

Fassen wir das Resultat bisheriger Untersuchungen in einem allgemeinen Satze zusammen, so erhalten wir wieder das Eingangs aufgestellte Axiom. Es heisst:

Bei allen physikalischen und chemischen Vorgängen bleibt die gegebene Kraft eine constante Grösse.

Zur Uebersicht der bisher betrachteten Hauptformen der Kräfte diene folgendes Schema:

I.	**Fallkraft**	*mechanische Kräfte, mechanischer Effekt.*
II.	**Bewegung**	
	A. *einfache.*	
	B. *undulirende, vibrirende.*	
III.	**Wärme**	IMPONDERABILIEN.
IV.	**Magnetismus**	
	Elektrizität, Galvanischer Strom	
V.	**Chemisches Getrenntseyn** gewisser Materien.	*chemische Kräfte.*
	Chemisches Verbundenseyn gewisser anderer Materien.	

An die Aufstellung von fünf Hauptformen der physischen Kraft reiht sich die Aufgabe, die Metamorphosen dieser Formen durch fünfundzwanzig Experimente zu beweisen. Aus der Zahl der einfachsten und wichtigsten Thatsachen stellen wir hier folgende übersichtlich zusammen:

1. Die Verwandlung einer ***Fallkraft*** in eine zweite: durch den Hebel;
2. einer ***Fallkraft*** in ***Bewegung:*** durch den freien Fall und durch den Fall auf vorgeschriebenen Wegen.
3. Die Verwandlung einer ***Bewegung*** in eine zweite: vollständig durch den centralen Stoss gleich grosser elastischer Massen, unvollständig durch Stoss und Reibung;
4. einer ***Bewegung*** in ***Fallkraft:*** bei aufwärtsgehender Richtung der Bewegung. Alternirend erfolgt eine Verwandlung beider Kräfte: bei den Pendelschwingungen und den Centralbewegungen der Himmelskörper.

5. & 6. Verwandlung von ***mechanischem Effekt*** in ***Wärme:*** bei der Compression elastischer Flüssigkeiten, bei Stoss und Reibung; die Aufsaugung des Lichtes besteht in einer Verwandlung von vibrirender Bewegung in Wärme.

7. & 8. Die Verwandlung der ***Wärme*** in ***mechanischen Effekt*** erfolgt bei der Ausdehnung der Gasarten unter einem Druck, in der Dampfmaschine; in vibrirende Bewegung: beim Leuchten und Strahlen erhitzter Körper.

9. Verwandlung der gegebenen ***Wärme*** in eine andere: durch Leitung;
10. von ***Wärme*** in ***chemische Differenz:*** wenn Verbin-

dungen durch Wärme zerlegt werden, die unter Wärmeentwicklung eingegangen wurden; z. B. die Verbindungen von Schwefelsäurehydrat mit Wasser, von Kalkerde mit Wasser.

11. Die Verwandlung von *chemischer Differenz* in *Wärme* erfolgt bei der Verbrennung.

12. 13. 14. Die Verwandlung *chemischer Differenz* in den *galvanischen Strom* und wieder in eine andere *chemische Differenz*, so wie die des *Stromes* in *chemische Differenz:* bei den Actionen der Säule.

15. 16. 17. Die Verwandlung der *Elektrizität* in *Wärme* und *mechanischen Effekt:* bei den Glühungserscheinungen des Leitungsdrahtes, den elektrischen Funken, den elektrischen und elektromagnetischen Anziehungsbewegungen, den elektrischen Schlägen, insbesondere bei dem Blitzstrahle.

18. Eine theilweise Verwandlung eines *Stromes* in einen anderen giebt der inducirte Strom.

19. Die *Wärme* wird in *Elektrizität* verwandelt: bei den Erscheinungen der Thermoelektrizität und bei der Kälteerzeugung in der galvanischen Kette nach *Peltier*.

20. 21. Bei der Erregung der Elektrizität durch Reibung und Zertheilung wird *mechanischer Effekt* in *Elektrizität* verwandelt, und endlich erfolgt

22—25. die Verwandlung von *mechanischem Effekt* in *chemische Differenz*, und die der *letzteren* in den *ersteren:* mittelbar durch Umwandlung der gegebenen Kraft in Elektrizität und in Wärme.

Vorurtheile, sanktionirt durch Alter und Verbreitung, die ersten Sinneseindrücke mit ihrem zweideutigen und doch

so bestechenden Zeugnisse, nicht die Naturerscheinungen treten in Widerspruch mit den aufgestellten Sätzen. Gegen jene appelliren wir an die Geschichte aller Wissenschaften.

Während wir der ***Bewegung*** das Recht zu Seyn, die Substanzialität, ***alta voce*** vindiciren, müssen wir der ***Wärme*** und der ***Elektrizität*** eine Materialität unbedingt absprechen. Denn wäre es nicht gar zu ungereimt, das Wesen der Bewegung und des räumlichen Abstandes der Massen in einem Fluidum suchen, oder ein abwechselnd bald materiell — bald immateriell — Seyn eines und desselben Objectes statuiren zu wollen?

Sprechen wir es aus, die grosse Wahrheit: „Es gibt keine immateriellen Materien!“

Wohl fühlen wir, dass wir mit den eingewurzeltsten, durch grosse Autoritäten kanonisirten Hypothesen in den Kampf gehen, dass wir mit den ***Imponderabilien*** die lezten Reste der Götter Griechenlands aus der Naturlehre verbannen wollen; aber wir wissen auch, dass die Natur in ihrer einfachen Wahrheit grösser und herrlicher ist, als jedes Gebild von Menschenhand und als alle Illusionen des erschaffenen Geistes.

Die Sonne ist eine nach menschlichen Begriffen unerschöpfliche Quelle physischer Kraft. Der Strom dieser Kraft, der sich auch über unsere Erde ergiesst, ist die beständig sich spannende Feder, die das Getriebe irdischer Thätigkeiten im Gange erhält. Bei der grossen Menge von Kraft, welche unsere Erde in den Weltenraum als wellenförmige Bewegung fortwährend hinausschickt, müsste ihre Oberfläche, ohne beständigen Wiederersatz, alsbald in Todeskälte erstarren. Das Licht der Sonne ist es, welches in Wärme verwandelt, die Bewegungen in unserer Atmosphäre bewirkt und die Gewässer zu Wolken in die Höhe hebt und die Strömung der Flüsse hervorbringt; die Wärme, welche von den Rädern der Wind- und Wassermühlen unter Reibung erzeugt wird, diese Wärme ist der Erde von der Sonne aus in Form einer vibrirenden Bewegung zugesendet worden.

Die Natur hat sich die Aufgabe gestellt, das der Erde zuströmende Licht im Fluge zu haschen und die beweglichste aller Kräfte, in starre Form umgewandelt, aufzuspeichern. Zur Erreichung dieses Zweckes hat sie die Erdkruste mit Organismen überzogen, welche lebend das Sonnenlicht in sich aufnehmen und unter Verwendung dieser Kraft eine fortlaufende Summe chemischer Differenz erzeugen.

Diese Organismen sind die *Pflanzen*. Die Pflanzenwelt bildet ein Reservoir, in welchem die flüchtigen Sonnenstrahlen fixirt und zur Nutzniessung geschickt niedergelegt werden; eine ökonomische Fürsorge, an welche die physische Existenz des Menschengeschlechtes unzertrennlich geknüpft ist und die bei der Anschauung einer reichen Vegetation in jedem Auge ein instinktartiges Wohlgefallen erregt.

Die reducirenden Wirkungen, welche das Sonnenlicht auf anorganische und organische Substanzen ausübt, sind allenthalben bekannt. Die Reduktion erfolgt am stärksten im hellen Sonnenlichte, schwächer im Schatten, und fehlt ganz im Dunkeln und beim Kerzenlichte; sie beruht nach dem Obigen auf der Umwandlung einer gegebenen Kraft in eine andere, auf der Umwandlung von mechanischem Effekt in chemische Differenz.

Die Zeit liegt nicht ferne hinter uns, wo die Streitfrage verhandelt wurde, ob die Pflanze während des Lebens chemische Urstoffe zu verwandeln, oder gar zu erzeugen im Stande sey. Thatsachen, Experimente schienen bejahen zu wollen, eine genauere Prüfung aber hat das Gegentheil gelehrt, und die Wissenschaft hat mit Ueberzeugung ein einstimmiges „Nein“ ausgesprochen. Wir wissen, dass die Materien, um welche eine Pflanze zunimmt, und die, welche von der Pflanze ausgeschieden werden, in Summa den aufgenommenen Materien gleich sind. Der Baum, welcher viele tausend Pfunde wiegt, hat jeden Gran Materie von seiner Umgebung aufgenommen. Es findet in der Pflanze nur eine Umwandlung nicht eine Erzeugung von Materie statt.

Dieser Satz bildet die verbindende Brücke zwischen Chemie und Pflanzenphysiologie; seine Wahrheit ist mehr *a priori* einleuchtend, als durch Versuche, welche über-

all keine Einrede zulassen würden, in den einzelnen Fällen zu erweisen. Die gleichen Gründe wie dort bestimmen uns nun, anzunehmen, dass die Pflanzen auch eine *Kraft* nur zu verwandeln, nicht aber zu erschaffen vermögen.

Die Pflanzen nehmen eine Kraft, das Licht, auf, und bringen eine Kraft hervor: die chemische Differenz. Das Gesetz des logischen Grundes nöthigt den Naturforscher, die Leistung mit dem Aufwande in Causal-Zusammenhang zu bringen. Dieser Aufwand, oder die Lichtaufnahme, ist, wie wir seit *Saussure* wissen, das nothwendige Erforderniss zu einer Leistung, zur Reduktion.

Zuerst muss nun gefragt werden, ob das Licht, welches auf lebende Pflanzen fällt, wirklich eine andere Verwendung findet, als das Licht, welches todte Körper trifft; d. h. ob die Pflanzen *ceteris paribus* durch das Licht weniger stark erwärmt werden als andere dunkle Flächen? Die Resultate, welche die hierüber im Kleinen angestellten Beobachtungen geben können, scheinen innerhalb der Fehlergrenzen solcher Versuche zu fallen; dagegen lehrt die alltägliche Erfahrung, dass die erhitzende Wirkung der Sonnenstrahlen auf weite Flächen Landes durch Nichts so sehr gehemmt wird, als durch eine reiche Vegetation, obgleich die Pflanzen, der dunkeln Farbe ihrer Blätter wegen, einen grösseren Theil des auf sie fallenden Sonnenlichtes aufnehmen müssen, als der kahle Boden. Wenn nun zur Erklärung dieser Thatsache die Ausdünstung der Pflanzen nicht ausreicht, so muss obige Frage ohne Widerspruch bejaht werden.

Die zweite Frage geht nach der Ursache der durch die Pflanzen gelieferten chemischen Differenz. Diese Differenz ist, wie oben erörtert wurde, eine physische Kraft; sie ist

der bei der Verbrennung der Pflanzen gewonnenen Wärme gleich. Entsteht nun diese Kraft durch den Lebensprocess, ohne den Aufwand einer gegebenen Kraft? Die Erschaffung einer physischen Kraft, schon an und für sich selbst kaum denkbar, erscheint um so paradoxer, wenn man die Erfahrung berücksichtigt, dass die Pflanze einzig mit Hülfe des Sonnenlichtes ihre Leistung zu vollbringen im Stande ist; durch die Annahme einer solchen hypothetischen Action der „Lebenskraft" wird jede weitere Forschung abgeschnitten, und die Anwendung der Gesetze exacter Wissenschaften auf die Lehre von den Lebenserscheinungen unmöglich gemacht; ihre Bekenner werden, gegen den Geist des Fortschrittes, der sich in der Naturforschung jetziger Zeit kund giebt, in das Chaos ungezügelter Phantasiespiele zurückgeführt. Der Verfasser glaubt daher auf das Einverständniss seiner Leser rechnen zu dürfen, wenn er der folgenden Untersuchung als axiomatische Wahrheit den Satz unterlegt: dass während des Lebensprocesses nur eine *Umwandlung*, so wie der Materie, so der Kraft, niemals aber eine *Erschaffung* der einen oder der anderen vor sich gehe.

Zugegeben nun, dass die Erzeugung der chemischen Differenz nicht ohne entsprechenden Aufwand einer anderen Kraft statt finden kann, so entsteht die weitere Frage: ob dieser Aufwand wirklich nur in der Consumtion des Sonnenlichtes bestehe und nicht etwa aus einer anderen Quelle fliesse?

Die Vermuthung, dass die Pflanzen von ihrer Umgebung freie Wärme in sich aufnehmen und mit Hülfe derselben die chemische Differenz hervorbringen könnten, wäre allerdings eine naheliegende; allein die Erfahrung widerspricht dieser

Conjectur, sofern sie lehrt, dass Wärme für sich allein niemals im Stande ist, den Reduktionsprocess zu unterhalten; es bleibt also eine Aufnahme von Licht die *conditio sine qua non* des Reduktionsprocesses. Die Fähigkeit der Pflanzen, eine Umwandlung physischer Kraft vorzunehmen, scheint somit auf die Metamorphose des Lichtes (und der Elektrizität?) beschränkt.

Zur Zeit der Keimung, in der Dunkelheit und zum Theil auch während der Befruchtung nehmen die Vegetabilien Sauerstoff auf und geben ein beinahe gleich grosses Volumen Kohlensäure zurück. Die hier aufgewendete chemische Kraft muss die Erzeugung einer anderen Kraft bewirken. Welches ist nun diese Kraft?

Es lassen sich hier zwei Fälle als möglich denken. Entweder: die chemische Differenz wird in freie Wärme verwandelt, wie solches bei der Befruchtung nachgewiesen ist; oder: die Pflanzen verwenden nach Art der galvanischen Säule eine gegebene chemische Differenz zur Hervorbringung anderweitiger chemischer Processe, die eine Kraft-Consumtion bedingen, sey es nun, dass diese Processe in Trennung, oder in Verbindung von Materien bestehen. In dem letzteren Falle wird keine, oder nicht die der Oxydation des Kohlenstoffes entsprechende, Wärme in der Pflanze ausgeschieden.

Hat man die in jeder Nacht wiederkehrende Kohlensäurebildung der Pflanzen im Auge, so wird man es unwahrscheinlich finden, dass diese Organismen in Vollbringung ihrer wichtigen Aufgabe, Kraft anzuhäufen, durch die mathematisch-geographischen Verhältnisse ihres Standpunktes nicht nur nicht gefördert, sondern vielmehr geradezu gestört werden sollten. Die Pflanzen, indem sie einen Theil

des im Lichte gewonnenen Kohlenstoffs in der Dunkelheit zur Wärmeausscheidung wieder verwendeten, würden bei Tage zwei Schritte vorwärts, bei Nacht einen Schritt rückwärts gehen. Zieht man in Betracht, dass vermöge des geringen Neigungswinkels der Erdaxe zur Ebene der Ekliptik, und vermöge der Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde die regelmässigste Vertheilung von Tag und Nacht in die Zone der üppigsten Vegetation fällt, und dass die Sauerstoffaufnahme in der Dunkelheit für das Leben der Pflanzen nothwendig erforderlich ist, so erscheint es wahrscheinlicher, dass die während der nächtlichen Oxydation des Kohlenstoffs gewonnene Kraft in der Pflanze ihre wichtige Verwendung finde, als dass diese Kraft in Form freier Wärme excernirt werden sollte. Fortgesetzte physiologisch-chemische Untersuchungen über das Nachtleben der Pflanzen, und genaue experimentale Bestimmungen über die Verbrennungswärme vegetabilischer Substanzen werden allein im Stande seyn, über den noch dunkeln Gegenstand das gehörige Licht zu verbreiten.

Die durch die Thätigkeit der Pflanzen angesammelte physische Kraft fällt einer andern Classe von Geschöpfen anheim, die den Vorrath durch Raub sich zueignen und ihn zu individuellen Zwecken verwenden. Es sind dieses die *Thiere*.

Das lebende Thier nimmt fortwährend aus dem Pflanzenreiche stammende brennbare Stoffe in sich auf, um sie mit dem Sauerstoff der Atmosphäre wieder zu verbinden. Parallel diesem Aufwande läuft die das Thierleben charakterisirende Leistung: die Hervorbringung mechanischer Effekte, die Erzeugung von Bewegungen, die Hebung von Lasten. Diese Leistung ist Mittel und Zweck im thierischen Organismus; sie ist Bedingung jedweden animalischen Lebensprocesses. Zwar auch die Pflanzen bringen mechanische Effekte hervor, sie bewegen und heben; offenbar ist aber, bei gleicher Zeit und gleicher Masse, die Summe der von einem Pflanzenindividuum geleisteten Effekte der thierischen Leistung gegenüber eine verschwindend kleine; während also in der Pflanze die Erzeugung mechanischer Effekte eine quantitativ und qualitativ sehr untergeordnete Rolle spielt, ist die Verwandlung chemischer Differenz in individuell nutzbaren mechanischen Effekt der unzertrennliche Begleiter, das charakteristische Merkmal des Thierlebens.

Die Grösse der mechanischen Leistung eines Thieres

wird bequem ausgedrückt durch ein Gewicht, das mittelst dieser Leistung auf eine gewisse Höhe gebracht werden kann. Man rechnet, dass ein Pferd durch die Anstrengung seiner willkürlichen Muskeln acht Stunden lang des Tages in jeder Minute 27000 ℔ (à 500 Grm.) ein par. F. hoch zu heben im Stande ist. Für die Stunde wird die Leistung = 1'620000 ℔, für den Tag = 12'960000 ℔ auf 1' Höhe. Jede andere, momentane oder fortgesezte, Leistung eines Thieres werden wir als einen aliquoten Theil oder als ein Vielfaches der Leistung unseres Normal-Pferdes betrachten können, und was von dem einen gilt, muss auch, *mutatis mutandis*, auf das andere seine Anwendung finden.

In dem Thierorganismus wird fortwährend eine Summe von chemischen Kräften aufgewendet. Ternäre und quaternäre Verbindungen erleiden während des Lebens in ihrer Zusammensetzung die wichtigsten Veränderungen und werden grossentheils in Form binärer Verbindungen, als verbrannte Stoffe, nach kurzem Verweilen wieder ausgeschieden. Die Grösse dieser Kraft, beziehungsweise die Wärmemenge, welche durch diese Processe geliefert werden kann, ist auf experimentalem Wege keineswegs genügend eruirt; es kann jedoch hier, wo es sich hauptsächlich um Feststellung eines Princips handelt, genügen, die Verbrennungswärme des reinen Kohlenstoffs den Rechnungen zu unterlegen, indem die so erhaltenen Zahlenwerthe, wo in Zukunft die Experimentalphysik über die kraftliefernde Wirkung der in Betracht kommenden chemischen Vorgänge genauere Data liefert, durch die einfachste Reduktion verändert werden können.

Die Verbrennungswärme des Kohlenstoffes setzen wir, wie oben S. 16, nach *Dulong* = 8558°, die Lasterhebung,

welche der Verbrennung von 1 Gewichtstheile Kohlenstoff entspricht (siehe ebend.) = 9'670000 Gewichtstheile auf 1' Höhe.

Drückt man nun den Aufwand an chemischer Differenz, den ein Pferd zur Hervorbringung obiger Leistung machen muss, durch ein Gewicht von Kohlenstoff aus, so findet man, dass das Thier in einem Tage 1,34 ℔, in einer Arbeitstunde 0,167 ℔ in einer Minute 0,0028 ℔ = 22,5 Gran (Nürnb: Med. Gew.) Kohlenstoff zu mechanischen Zwecken verbraucht.

Nach gangbaren Bestimmungen ist die Leistung eines starken Arbeiters $^1/_7$ von der eines Pferdes. Ein Mann, der in einem Tage 1'850000 ℔ 1' hoch hebt, muss hiezu 0,19 ℔ Kohlenstoff verwenden. Dieses beträgt für eine Arbeitstunde (den Tag zu 8 Stunden gerechnet) 0,024 ℔, für eine Minute 0,0004 ℔ = 3,2 Gran Kohlenstoff. Ein Kegelspieler, der eine 8 ℔ schwere Kugel mit einer Geschwindigkeit von 30' abwirft, verwendet zu dieser Arbeit $^1/_{10}$ Gran Kohlenstoff; ein Mann, der sein Körpergewicht von 150 ℔ 8' hoch hebt, verbraucht dazu 1 Gran Kohlenstoff; beim Besteigen eines 10000' hohen Berges beträgt der Aufwand, den bei jedem Tritte durch unelastischen Stoss verloren gehenden mechanischen Effekt ungerechnet, 0,155 ℔ = 2 Unzen 4 Drachmen 50 Gran Kohlenstoff.

Wenn der animalische Organismus den disponibeln Brennstoff einzig zu mechanischen Zwecken verwenden würde, so müssten die berechneten Kohlenstoffmengen für die angegebenen Zeiten hinreichen. In Wirklichkeit kommt aber zu der Produktion mechanischer Effekte im Thierkörper noch eine beständige Wärmeerzeugung. Die chemische Kraft, welche in den eingeführten Nahrungsmitteln und in

dem eingeathmeten Sauerstoffe enthalten ist, ist also die Quelle zweier Kraftäusserungen, der Bewegung und der Wärme, und die *Summe* der von einem Thiere producirten physischen Kräfte ist gleich der Grösse des gleichzeitig erfolgenden chemischen Processes.

Sammelt man die in einer gewissen Zeit von einem Thiere gelieferten mechanischen Kraftäusserungen, verwandelt dieselben durch Reibung oder sonst auf eine Weise in Wärme, und addirt hiezu die in gleicher Zeit von dem Körper unmittelbar entwickelte Wärme, so wird man genau die Wärmemenge erhalten, welche dem stattgehabten chemischen Processe an und für sich entspricht. Auf der einen oder der anderen Seite ein *Plus* oder *Minus* anzunehmen, verbietet das Gesetz des logischen Grundes *Ex nihilo nil fit; nil fit ad nihilum.*

Die einzige Ursache der thierischen Wärme ist ein chemischer Process, in *specie* ein Oxydationsprocess.

Es ist ein grosses und anerkanntes Verdienst *Liebig's*, die Wahrheit dieses aus den Entdeckungen *Lavoisier's* resultirenden Satzes gegen erhobene Zweifel und Bedenklichkeiten siegreich vertheidigt zu haben. Wo es sich um Constatirung eines Wunders, der Erschaffung einer physischen Kraft, handelt, da können die berühmten Experimente von *Dulong* und *Despretz* nicht auf die geringste Beweiskraft Anspruch machen, und zwar, von den Fehlergrenzen solcher Versuche abgesehen, aus folgenden Gründen:

1. Da das Athmen dem chemischen Processe im Thiere parallel läuft, so muss angenommen werden, dass das warmblütige Thier bei ungehinderter Respiration in der Ruhe ge-

rade soviel Wärme bildet, als zur Constant-Erhaltung seiner Temperatur erforderlich ist. Geht nun ein Thier von dem Zustande freier Respiration in den der gehinderten über, so muss die Wärmeerzeugung verringert werden, und das Thier wird während eines gewissen Zeitraumes mehr Wärme abgeben als erzeugen. In einem Zustande durch Angst beengter Respiration befanden sich nun die Thiere während der 1—2 St. dauernden Versuche *D's* und *D's*, folglich musste in dieser Zeit von den Thieren mehr Wärme ausgeschieden als gebildet werden; sie mussten also einen Theil ihrer Eigenwärme verlieren. (*Liebig*).

Gegen die Richtigkeit dieses Argumentes lässt sich kein gerechter Zweifel erheben. Jedermann kennt die objectiven Temperaturveränderungen der Körperoberfläche bei verschiedenen Gemüthszuständen. Deprimirende Gemüthsaffekte drücken den chemischen Process herab; die Haut erkaltet, denn es wird mehr Wärme abgegeben als erzeugt. Durch die höchst interessanten Versuche *Scharling's* (*Wöhler* u. *Liebig's* Annalen, Bd XLV.) wird die Abhängigkeit der chemischen Processe im Thierkörper von vorübergehenden inneren Zuständen direkt bewiesen. Ein 10jähriges Mädchen athmete in dem *stadium prodromorum* einer leichten Uebelkeit viel weniger Kohlensäure aus, als vor und nach diesem Vorfalle, und zwar im Verhältnisse etwa wie 5 : 8.

Vorauszusetzen nun, dass die Thiere in *Dulong's* und *Despretz* Versuchen ihr Athmungsgeschäft nicht durch Angst verändert fortgesetzt hätten, und auf ein kleines *Manco* sofort das grosse Resultat der Wunderwirkung der Lebenskraft zu fundiren, — dieses Verfahren verdient den Namen eines ächt wissenschaftlichen nicht, und wenn *Kohlrausch* (Physiologie und Chemie in ihrer gegenwärtigen Stellung,

Götting. 1844) meint, die Menge des im Apparate vorgeschützten Wassers könne auf ein Missverhältniss zwischen Erzeugung und Abgabe thierischer Wärme corrigirend influiren, so zeigt er damit nur, dass er durch seine Polemik gegen das *Liebig*'sche Argument sich auf einen Irrthum hat führen lassen.

2. *Dulong* und *Despretz* bestimmten bei ihren Versuchen den verzehrten atmosphärischen Sauerstoff und die Menge der gebildeten Kohlensäure, und berechneten hiernach die zur Wasserbildung verbrauchte Sauerstoffmenge; sie giengen also von der Voraussetzung aus, dass der activ verbrennende Sauerstoff einzig von der Atmosphäre herrühre. Da nun aber der Stoffwechsel im Thiere nicht in einem Umsatze von Kohlenstoff und Wasserstoff in anorganischer Form, sondern in einer Zersetzung ternärer und quaternärer Sauerstoffverbindungen besteht, so liegt hierin eine mögliche Quelle von Fehlern. Organische Stoffe können ohne Sauerstoffaufnahme durch chemische Veränderungen Wärme entbinden; dies beweisst der Process der geistigen Gährung. Hätte man zu dem Thiere unter den Apparat eine Flasche gährenden Weinmostes gestellt und dann nach *Dulong* und *Despretz* die entwickelte Wärmemenge mit dem verschwundenen atmosphärischen Sauerstoff verglichen, so hätte man das Missverhältniss zwischen der berechneten und der gefundenen Wärme noch grösser gefunden.

3. *Dulong* und *Despretz* nahmen die Verbrennungswärme des Kohlen- und Wasserstoffs bei ihren Versuchen zu klein an. Spätere direkte Verbrennungsversuche von *Dulong* u. a. beweisen dieses. Auf diesen entscheidenden Umstand hat *Liebig* (Annalen der Chemie von *Wöhler* und *Liebig* Bd. LIII.) aufmerksam gemacht und zugleich nach-

gewiesen, dass nach Vornahme der nöthigen Correktionen die Differenzen zwischen Experiment und Rechnung verschwinden!

Aus dem Angeführten geht zur Genüge hervor, dass die höchst werthvollen Versuche der genannten Naturforscher, weit entfernt, eine Widerlegung des Grundsatzes: *ex nihilo nil fit* zu enthalten, vielmehr die angefochtene Wahrheit auf dem Erfahrungswege bestätigen. Diese Versuche lehren, dass der Erzeugung thierischer Wärme ein chemischer Process, eine Verbrennung, parallel läuft, und dass die ausgeschiedene Wärme der berechneten Oxydation von Wasserstoff und Kohle nahe genau entspricht; sie lehren dagegen nicht, dass die gebildete Wärmemenge in Wirklichkeit grösser sey, als sie der chemische Process zu liefern vermag, und am allerwenigsten lehren sie die Quote der durch den Lebensprocess erschaffenen Wärme kennen. Wäre diese Quote einmal festgestellt, wäre auch noch ein qualitativer Unterschied zwischen der durch Chemismus erzeugten gemeinen, und der durch den Lebensprocess erschaffenen vitalen Wärme nachgewiesen, dann, aber auch erst dann wäre es Zeit, zum Mysticismus umzukehren und an einer rein wissenschaftlichen Behandlung der Lebenserscheinungen zu verzweifeln *). —

*) Auf welch' sonderbare Ideen die sog. Vitalisten noch heutzutage verfallen können, ist u. a. aus *Reich's* Lehrbuch der prakt. Heilkunde nach chemisch-rationellen (?) Grundsätzen, Berl. 1842 zu ersehen. *R.* hält die thierische Wärme für ein Erbstück, das dem Neugebornen mit auf den Weg gegeben wird! Für diesen heiteren Gedanken wünschen wir besagtem Herrn einen Stubenofen, der die von Vater Hochofen überkommene Wärme spende für und für.

In dem thätigen Thiere ist der Stoffwechsel viel grösser als in dem ruhenden. Die Grösse des in einem gewissen Zeitraume vor sich gehenden chemischen Processes sey im ruhenden Individuum = x, in dem thätigen Individuum = x + y. Würde nun während der Arbeit dieselbe Menge freier Wärme ausgeschieden, als in der Ruhe, so müsste der Mehraufwand an chemischer Kraft = y der Bildung mechanischer Effekte genau entsprechen. Durchschnittlich wird aber der thätige Organismus mehr freie Wärme bilden, als der ruhende, da schon die verstärkte Respiration einen vermehrten Wärmeverlust bedingt, der durch eine vermehrte Erzeugung gedeckt werden muss. Während der Arbeit wird also x + einem Theil von y zu Wärme, der Rest aber zu mechanischen Effekten verwendet werden.

Es folgt hieraus klar, dass die Produktion mechanischer Effekte mit der der freien Wärme bis auf einen gewissen Grad im Antagonismus stehen muss. Je grösser nemlich der zur Wärmebildung verwendete Bruchtheil von y ist, um so kleiner wird der den mechanischen Zwecken gewidmete Rest, und umgekehrt.

Die stündliche Erfahrung lehrt dieses. Es ist eine allbekannte Regel, dass man, um weit zu kommen, langsamen Schrittes anfangen müsse. Das Sprichwort sagt: „Eile mit Weile.“ Der Arbeiter sucht der Transpiration auszuweichen, um seine Kraft zu sparen, und der Fuhrmann liebt es nicht, wenn seine Pferde „warm“ werden. Im gemeinen Leben sagt man: der Schweiss verzehrt die Kraft; in der wissenschaftlichen Sprache heisst dieses: die vermehrte Erzeugung von Wärme geht auf Kosten der Bildung mechanischer Effekte. Bei gleichem Verbrauche wird das phlegmatische Temperament, sey es ein menschliches oder ein

thierisches, den grösten Nutzeffekt zu liefern im Stande seyn.

Auf den zwischen der Produktion von Wärme und mechanischem Effekt bestehenden Antagonismus werden wir weiter unten zurückkommen. Es muss nun nachgewiesen werden, dass der von dem arbeitenden Individuum gemachte Mehraufwand an Combustibilien erfahrungsgemäss die zur Hervorbringung der Bewegungen nöthige Kraft wirklich enthält.

Ein starkes Pferd, das Tag für Tag der Ruhe pflegen darf, wird mit 15 ℔ (à 500 Grm.) Heu und 5 ℔ Hafer reichlich genährt; hat aber jezt das Thier, wie oben angenommen wurde, täglich 12'960000 ℔ 1' hoch zu heben, so kann es bei dieser Nahrung offenbar nicht bestehen. Wir legen ihm, um es in gutem Stande zu erhalten, 11 ℔ Hafer (= ½ Simri würt.) zu. Nun enthalten obige, der vorhin erwähnten Grösse x proportionale, 20 ℔ Nahrungsmittel nach *Boussingault* (*Ann. de Chim. et de phys. LXX.*; *Liebig*, die organ. Chemie in ihrer Anw. auf Phys.) 8,074 ℔ Kohlenstoff. Die 11 ℔ Hafer, welche der Grösse y entsprechen, enthalten nach ebendemselben 4,734 ℔. Nach *Boussingault* verhält sich ferner die eingeführte zu der in brennbarer Form excernirten Kohlenstoffmenge ungefähr wie 3938 : 1364,4; hiernach berechnet, ist also x, d. h. die von dem ruhenden Thiere verbrannte Kohlenstoffmenge, = 5,2766 ℔, y aber = 3,094 ℔. Der zu mechanischen Effekten verbrauchte Kohlenstoff aber beträgt nach dem obigen 1,34 ℔, welche Grösse wir = z setzen wollen.

Ietzt ergeben sich folgende Verhältnisse: 1) die mechanische Leistung zum Gesammtverbrauche $= z : x + y = 0{,}16$, 2) die mechanische Leistung zu dem Mehrverbrauche des

arbeitenden Thiers = z : y = 0,43, 3) die Wärmebildung in der Ruhe zu der in der Arbeit = x : x + y — z = 0,75.

Nach *Liebig* (die organ. Chemie in ihrer Anw. auf Phys. u. Path.) erhalten die Gefangenen im Arresthause in Giessen, denen jede Bewegung mangelt, täglich 17 Loth (64 Lth. = 1 Kil.) Kohlenstoff. Das Verhältniss des eingeführten zum unverbrannt excernirten Kohlenstoff kann nach *L.* (a. a. O. 1te Aufl. S. 292) etwa = 290 : 12 angenommen werden. Die von einem Gefangenen oxydirte Kohlenstoffmenge ist hiernach = 255 Grm. = 0,51 ℔. Ein kasernirter Soldat geniesst täglich (siehe ebendas.) 29 Loth Kohlenstoff. Gönnen wir aber unserem Arbeiter zur Vollbringung seiner schweren Leistung noch weitere 8 Loth, so wird er täglich 36 Loth einführen, oder nach dem angeführten Verhältnisse 540 Grm. = 1,08 ℔ Kohlenstoff verbrennen*). Davon verwendet er zu mechanischem Effekte 0,19 ℔ = 95,7 Grm. Es verhält sich also 1) der mechanische Effekt zum Gesammtverbrauche = 95,7 : 540 = 0,177, 2) die mechanische Leistung zu dem Mehrverbrauche = 95,7 : 285 = 0,336, 3) die Wärmeentwicklung in der Ruhe zu der in der Arbeit = 255 : 540 — 95,7 = 0,57.

Bei diesen Rechnungen ist nur der umgesetzte Kohlenstoff in Betracht gezogen worden. Will man die Verbrennungswärme der eingeführten Nahrungsmittel gleich dem in ihnen enthaltenen Kohlenstoff + Wasserstoff setzen, so kann man die hinzuzuaddirende Verbrennungswärme des Wasser-

---

*) Die von *Lavoisier*, *Andral* u. v. a. gefundene Zahlen sind bedeutend kleiner. Die Respirations-Experimente müssen offenbar Minimal-Werthe geben, da sie nur an ruhenden Individuen angestellt werden können.

stoffes nahe = $\frac{1}{4}$ von der des Kohlenstoffs annehmen. Es versteht sich aber von selbst, dass die hier gegebenen Grössenbestimmungen auf eine allgemeine Gültigkeit keinen Anspruch machen wollen. Nach der verschiedenen individuellen Constitution und nach den verschiedenen Lebensverhältnissen muss die Leistung und der Verbrauch grossen Schwankungen unterliegen. Immerhin werden aber diese Angaben dazu dienen können, folgendes als erfahrungsgemäss zu begründen.

1. Der Mehraufwand, den der arbeitende Organismus an Combustibilien macht, reicht, auch wenn man das *Plus* der erzeugten Wärme im Auge behält, vollkommen aus, um die Produktion der mechanischen Effekte auf natürlichem Wege zu erklären.

2. Der von dem angestrengt thätigen Säugethiere zu mechanischen Zwecken verwendete Kohlenstoff wird als Maximum kaum $\frac{1}{5}$ vom Totalaufwande betragen. Die übrigen $\frac{4}{5}$ werden zur Wärmebildung verbraucht.

Um die Verwandlung von chemischer Kraft in mechanischen Effekt bewerkstelligen zu können, dazu sind die Thiere mit specifischen Organen ausgerüstet, deren die Pflanzen gänzlich ermangeln. Es sind dieses die Muskeln.

Zur Thätigkeitsäusserung eines Muskels gehört zweierlei: 1) der Einfluss eines motorischen Nerven als Bedingung, und 2) der Stoffwechsel als Ursache der Leistung.

Wie der ganze Organismus, so hat auch das Organ, der Muskel, seine psychische und seine physische Seite; zu

jener zählen wir den Nerveneinfluss, zu dieser den chemischen Process.

Dem Willen des Steuermann und des Maschinisten gehorchen die Bewegungen des Dampfbootes. Der geistige Einfluss aber, ohne welchen das Schiff sich nicht in Gang setzen, oder am nächsten Riffe zerschellen würde, er lenkt, aber er bewegt nicht; zur Fortbewegung bedarf es einer physischen Kraft, der Steinkohlen, und ohne diese bleibt das Schiff, auch beim stärksten Willen seiner Lenker, todt.

Im ersten Theile dieser Schrift wurde die Rolle, welche der Verbrennungsprocess in anorganischen Bewegungsapparaten, den Dampfmaschinen spielt, ihren Hauptpunkten nach erörtert*). Unsere jetzige Aufgabe ist es, die hier einschlagenden Lebenserscheinungen im Zusammenhange mit ihrer physikalischen Ursache zu betrachten, und das auf dem Boden exacter Wissenschaft Gewonnene zur Begründung physiologischer Lehrsätze anzuwenden.

Der Muskel ist nur das Werkzeug, mittelst dessen die Umwandlung der Kraft erzielt wird, aber er ist nicht der zur Hervorbringung der Leistung umgesetzte Stoff.

Nach dem obigen (S. 45.) verarbeitet ein angestrengt thätiger Mann in einem Tage 0,19 ℔ Kohlenstoff zu mecha-

---

*) Ueber den gleichen Gegenstand findet man in *Wöhler* u. *Liebig's* Annalen, Maiheft 1842, von dem Verfasser eine kurze Abhandlung, betitelt: „Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur."

nischen Effekten. Das Gewicht der gesammten Muskulatur eines 150 ℔ schweren Arbeiters = 64 ℔ gesetzt, bleiben, nach Abzug von 77% Wassergehalt, circa 15 ℔ trockene combustible Muskelsubstanz. Angenommen nun, (obschon nicht zugegeben), die Wärmegebende Kraft dieser Materie komme (bei 40% Sauerstoff und Stickstoff) der des reinen Kohlenstoffes gleich, so müsste die ganze Muskulatur des Mannes, wenn sie den Stoff zur Krafterzeugung liefern sollte, in längstens 80 Tagen oxydirt werden.

Noch augenfälliger wird diese arithmetische Deduktion, wenn man die Leistung eines einzelnen Muskels, die des Herzens nemlich, in Betracht zieht. Wir setzen mit *Valentin* (Lehrbuch der Physiologie des Menschen, Bd. 1. S. 488) die von dem linken Ventrikel bei jeder Systole beförderte Blutmenge im Mittel = 150 Kubikcentimeter, den hydrostatischen Druck des Blutes in den Arterien nach *Poiseuille* = dem Drucke einer 16 Centimeter hohen Quecksilbersäule. Der mechanische Effekt, den der linke Ventrikel bei einer Systole liefert, lässt sich hieraus berechnen; er ist gleich der Hebung einer Quecksilbersäule von einem Quadratcentimeter Grundfläche und 16 Centimeter Höhe auf 150 Centimeter. Das Gewicht des Quecksilbers beträgt 217 Grm. Der Effekt einer Systole, reducirt, ist somit

$$= \left\{ \begin{array}{lll} 325{,}6 & \text{Grm. auf} & 1^{m} \\ 2 & \text{℔} \quad \text{„} & 1' \end{array} \right\},$$

welches (s. oben S. 15) äquivalent ist mit 0°,887 Wärme, oder (S. 16) äquivalent der Verbrennung von 0,0001037 Grm. Kohlenstoff. Rechnet man nun für eine Minute 70, für einen Tag 100800 Pulsschläge, so ist der mechanische Effekt des linken Vertrikels in einem Tage = 202000 ℔ auf 1' =

89428° Wärme = der Verbrennung von $\left\{ \begin{array}{l} 10{,}45 \text{ Grm.} \\ 168{,}3 \text{ Gran} \end{array} \right\}$ Kohlenstoff. Nach *Valentin* ist die Leistung des rechten Ventrikels die Hälfte von der des linken. Der von beiden Kammern gelieferte mechanische Effekt ist hiernach in einem Tage = 303000 ℔ auf 1′ = 134143° Wärme

$$= \left\{ \begin{array}{l} 15{,}67 \text{ Grm.} \\ 252{,}4 \text{ Gran} \end{array} \right\} \text{Kohlenstoff.}$$

Das Gewicht des ganzen Herzens zu 500 Grm. angenommen, und hievon 77% Wasser abgezogen, bleiben 115 Grm. trockene brennbare Materie. Setzt man diese Materie, wie oben, dem reinen Kohlenstoff äquivalent, so folgt, dass das ganze Organ, wenn es den Stoff zu seiner Leistung selbst abgeben sollte, in längstens 8 Tagen oxydirt seyn müsste. Setzt man aber das Gewicht beider Ventrikel allein, nach den Wägungen *Valentin's* (a. a. O. S. 433), = 202 Grm., so müsste, unter der nemlichen Bedingung, die totale Umsetzung dieser Muskelgebilde binnen 3½ Tagen vollbracht seyn!

Es steht aber die Annahme einer raschen Umsetzung (Verbrennung und Neubildung) der normal thätigen Muskelfaser mit physiologischen Thatsachen und mikroscopischen Forschungen in offenbarem Widerspruche, und es beweisen also die gefundenen Zahlenwerthe von 3½ bis 80 Tagen zur Evidenz, dass ein erheblicher Theil des zu der Leistung verbrauchten Brennstoffes von der Muskelfaser selbst nicht herrühren kann.

Zu einem entgegengesetzten Resultate gelangt *Liebig* in seinem berühmten Werke: die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie, Braun-

schweig 1842, und müssen wir aus diesem Grunde die hieher gehörigen Theorieen *Liebig's* näher in's Auge fassen.

L. geht bei seiner Lehre: „Die Bewegungserscheinungen im Thierorganismus“ von einer Lebenskraft aus, welche im Zustande der Ruhe einer chemischen Kraft, der Affinität des Sauerstoffes zu den thierischen Gebilden, das Gleichgewicht hält. Zur Aufhebung mechanischer Widerstände, zur Hervorbringung von Bewegungen wird Lebenskraft aufgewendet, die chemische Kraft erhält dadurch das Uebergewicht, und der seiner Lebenskraft beraubte Theil der organisirten Materie wird von dem atmosphärischen Sauerstoffe verzehrt. Schluss: die Produktion mechanischer Effecte ist mit einem vermehrten Stoffwechsel verbunden.

Wenn wir diesen Schluss, der eine wohl den ersten Menschen schon bekannte Thatsache: das vermehrte Nahrungsbedürfniss bei vermehrter Arbeit, ausspricht, als unbezweifelt richtig anerkennen, so müssen wir dagegen die Prämissen verwerfen, und zwar aus folgenden Gründen:

Offenbar verdankt der ganze Abschnitt „die Bewegungs-Erscheinungen im Thierorganismus“ sein Daseyn einer logischen Inconsequenz, einem jener inneren Widersprüche, die sich nicht selten in den Schriften des geistreichen Chemikers finden.

So lesen wir S. 33 a. a. O.: „Es ist nun schlechterdings unmöglich, dass eine gegebene Menge Kohlenstoff „oder Wasserstoff, welche verschiedene Formen sie auch „im Laufe der Verbrennung annehmen mögen, mehr Wärme „hervorzubringen fähig ist, als wie sie liefert, wenn sie „im Sauerstoffgas oder in der Luft direct verbrannt wird.

„Wenn wir Feuer unter eine Dampfmaschine machen „und die erhaltene Kraft benutzen, um durch Reibung

„Wärme hervorzubringen, so kann diese in keiner Weise „jemals grösser seyn, als die Wärme, die wir nöthig ge- „habt haben, um den Dampfkessel zu heizen, und wenn „wir in einer galvanischen Säule den Strom zur Hervor- „bringung von Wärme benützen, so ist diese unter allen „Umständen nicht grösser, als wir sie haben können durch „die Verbrennung des Zinks, was sich in der Säure auf- „löst.

„Die Contraction der Muskeln erzeugt Wärme, die „hierzu nöthige Kraft äussert sich durch die Organe der „Bewegung, die sie durch einen Stoffwechsel empfangen. „Die letzte Ursache der erzeugten Wärme kann natürlich „nur dieser Stoffwechsel seyn.“

Wenn unser Autor sagt: die letzte Ursache der durch Muskelcontraction erzeugten Wärme kann nur ein Stoffwechsel seyn, so heisst dieses: die Ursache der Wärme ist die Muskelkontraktion, *die Ursache der Muskelkontraktion ist ein Stoffwechsel.*

Wort für Wort mit dem Citate einverstanden, haben wir nur zu bedauern, dass *L.*, statt auf diesem Wege fortzuschreiten, den Leser in eine Sandwüste von Hypothesen führt, wo keine Oase grünt. Im offenen Widerspruche mit der angeführten Stelle spricht *L.* den leitenden Gedanken seiner Bewegungserscheinungen S. 225 a. a. O. dahin aus:

„Aus diesem ganz bestimmten Zusammenhange des „Stoffwechsels im Thierkörper mit der durch mechanische „Bewegung verzehrten Kraft kann kein anderer Schluss „gezogen werden, als dass die in gewissen, belebten „Körpertheilen active oder verwendbare Lebenskraft die „Ursache ist der mechanischen Effekte des Thierkörpers.

„Die bewegende Kraft stammt zweifellos von belebten „Körpertheilen, sie besassen ein Kraft- oder Bewegungs- „moment, was sie in eben dem Grade verloren, als andere „ein Kraft- oder Bewegungsmoment empfangen haben; „sie verlieren ihre Fähigkeit der Zunahme an Masse, ihr „Vermögen, Widerstand gegen äussere Ursachen von Stö- „rungen zu leisten; es ist klar, die letzte Ursache, die „Lebenskraft, von denen sie diese Eigenschaften erhielten, „sie hat zur Hervorbringung der mechanischen Kraft ge- „dient, sie ist als Bewegung verzehrt worden.“

Der Stoffwechsel, welcher zuerst für die Ursache der Muskelleistung erklärt wurde, wird hier zu ihrer Folge gemacht. Zuerst treibt, um mit einem Beispiele *Liebig's* zu reden, der Fluss die Mühle, und nachher die Mühle den Fluss.

Eine specifische Widerstands-Fähigkeit lebendiger Gewebe „gegen äussere Ursachen von Störungen“, gegen die Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffes, gegen faulige Zersetzung, als Wirkung einer eigenthümlichen Lebenskraft im Sinne *Liebig's*, können wir desshalb nicht zugeben, weil wir uns nicht für berechtigt halten, specifische Ursachen hypothetisch einzuführen, wo keine specifischen Wirkungen nachgewiesen sind; mit andern Worten, weil wir nichts denken dürfen ohne Grund.

L. führt als Wirkung seiner Lebenskraft eine eigenthümliche Widerstandsfähigkeit der lebenden Gewebstheile gegen chemische Actionen auf. Eine solche Widerstandsfähigkeit kommt in der That u. a. dem geschmolzenen Eisenoxydul zu, das bekanntlich den Einwirkungen der stärksten Säuren widersteht. Der Grund dieses Widerstandes liegt vielleicht in der Härte, oder wenn man einen ungenaueren

Ausdruck vorzieht, in der Cohäsions-Kraft dieser Substanz. Es fragt sich nun, kommt der lebenden thierischen Faser eine anologe Widerstandsfähigkeit gegen chemische Actionen zu, wobei an die Stelle der „Cohäsions-Kraft“ die „Lebenskraft“ zu setzen wäre? Weder *Liebig* noch irgend ein anderer Chemiker hat etwas derartiges nachgewiesen; nirgends erwähnt *Liebig*, zur Unterstützung einer solchen Hypothese, einer einzigen Thatsache.

L. räumt zuvörderst, dem Organismus gegenüber, der chemischen Affinität des atmosphärischen Sauerstoffes eine grosse Macht ein, und stempelt so die Luft des Lebens zu der des Todes, erblickt aber in der Lebenskraft den Schutz gegen diese feindliche Einwirkung.

Zur Erklärung der Thatsache, dass der lebende Körper nicht vom Sauerstoff der Atmosphäre verzehrt wird, sind zwei naheliegende, vollwichtige Gründe vorhanden. Die thierischen Gewebe haben, ihren entfernten Bestandtheilen, dem Kohlenstoff, dem Wasserstoff, dem Stickstoff ähnlich, bei der gewöhnlichen Temperatur nur eine geringe Neigung, sich mit dem Sauerstoff direct zu verbinden; getrocknete Membranen erhalten sich in der atmosphärischen Luft und im Sauerstoff viele Jahre lang unverändert. Eine solche Neigung aber auch vorausgesetzt, so ist dem Sauerstoffe der Zutritt zu den Geweben, insbesondere zu der Muskelfaser, um die es sich hier vorzüglich handelt, verwehrt; der Sauerstoff gelangt gebunden an das arterielle Blut in die Tiefe des Organismus; hat er Neigung, mit organischen Stoffen binäre Verbindungen einzugehen, so wird er ohne Zweifel die ihm zunächst liegenden Theile, wie er sie im Blute selbst reichlich und in aufgelöstem Zustande vorfindet, wählen. Warum der gebundene Sauerstoff von dem Arte-

rien-Blute sich losreissen und die Gefässwandungen exosmotisch durchdringen sollte, um die Muskelfaser aufzusuchen, davon lässt sich ein Grund wahrhaftig nicht einsehen.

Mit scheinbar grösserem Rechte liesse sich in der Lebenskraft ein Schutz erblicken gegen eine andere chemische Action, gegen die Selbstentmischung nemlich, der die organischen Theile nach dem Tode entgegengehen. Die Selbstentmischung organischer Verbindungen, die Gährung, die Fäulniss, die Verwesung, wie sie bei gewissen Temperatur-Graden, unter der Anwesenheit von Wasser und z. Thl. mit, z. Thl. ohne Aufnahme von atmosphärischem Sauerstoff erfolgt, ist ein Process, der bis zu einem gewissen Punkte mit zunehmender Beschleunigung vor sich geht. Es kann in dieser Hinsicht die Selbstentmischung passend mit dem Herabfallen einer Last gegen die Erde aus kosmischer Höhe verglichen werden; diese Last nähert sich mit zunehmender Beschleunigung der Erde; der schwächste Faden würde in einer gewissen Höhe hingereicht haben, das Herabfallen einer grossen Masse zu verhindern, während im späteren Verlaufe des Fallens von dem stürzenden Gewichte das stärkste Hinderniss überwunden wird.

Wenn wir ein gesundes Thier tödten, und wenige Tage nachher das Cadaver in rascher Selbstentmischung finden, so können wir uns allerdings veranlasst sehen, naturphilosophische Reflexionen über die Energie der Lebenskraft, die im Stande war, den mächtigen Process der Fäulniss zu verhindern, anzustellen; in Wahrheit laufen wir aber bei solchen Medidationen Gefahr, einen Spinnenfaden mit einem Kabeltau zu verwechseln. Ein anderes ist es, der Entstehung einer Feuersbrunst zuvorzukommen, ein anderes, dem entfesselten Elemente Schranken zu setzen. In den ersten Mi-

nuten oder Stunden nach dem Tode ist die Neigung zur Selbstentmischung (und dieser Neigung entspricht in dem mechanischen Processe des Fallens die Anziehung) eine sehr geringe; sie wächst durch ihre eigene Wirkung, durch die Anwesenheit der putreficirten Stoffe; in dem lebenden Organismus ist diese Neigung nach mathematischen Gesetzen kleiner noch, als in der Minute nach dem Tode, im Leben ist die Neigung zur Fäulniss ein verschwindend Kleines, die Kraft, welche wir dieser Neigung entgegenzusetzen haben, ist deren Grösse proportional, sie ist verschwindend klein, sie ist Null.

Ein Fass voll frisch ausgepressten Traubensaftes wird bei mässiger Wärme und bei Anwesenheit von etwas Sauerstoff binnen kurzer Zeit in volle Gährung gerathen; angenommen aber, es liesse sich die Einrichtung treffen, dass die Gährungsprodukte im Momente ihrer Bildung stets wieder entfernt würden, (wie dieses durch ein fortwährendes Filtriren der ganzen Masse theilweise geschehen könnte) so wäre, mittelst eines geringen täglichen Zusatzes von frischem Traubensafte, das Fass beständig voll von süsser, gährungsfähiger Masse zu erhalten. Eine allgemeine Gährung würde, solange die Ab- und Zufuhr regelmässig fortdauert, nimmermehr zu Stande kommen.

Der ausgezeichnete Techniker, Hr. G. Schäuffelen in Heilbronn, hat im Kamine der Dampfschiffe einen Aspirator angebracht, — ein Rad, das von der Maschine selbst getrieben, einen starken Luftstrom durch die brennenden Steinkohlen hindurchzieht, — und erzielt damit, dass das Brennmaterial, ohne Russ und schwarzen Rauch zu geben, in Form binärer Sauerstoffverbindungen austritt. Es beruht dieser Apparat auf einer glücklichen Nachahmung des Lebensprocesses;

mechanischer Actionen unbekannt, waren die Physiologen ausser Stande, diese einfache und allbekannte Thatsache richtig zu erklären. So sagt *Valentin*, *Physiol.* Bd. I. S. 576: „Ein Mensch, welcher einen Berg besteigt, athmet „mühsamer, weil er behufs der Correktion der Verän- „derung seines Schwerpunktes seinen Oberkörper nach „vorn beugen muss und weil auf diese Weise, indem „zugleich Gehbewegungen vollführt werden, die Thä- „tigkeit seiner Athemmuskeln auf bedeutendere Schwie- „rigkeiten stösst. Aus ähnlichen Gründen verstärkt sich „auch die Respiration eines Menschen, welcher läuft, „springt, tanzt u. dergl.“

Das Irrige dieser Erklärungsweise liegt auf der Hand. In der Ruhe tritt auch bei der unbequemsten Körperstellung keine vermehrte Respiration ein, und gerade beim Springen und Tanzen, beim Laufen bergab und bergan und auf der Ebene, beim Besteigen einer hohen Treppe &c. stösst die Thätigkeit der Athemmuskeln auf keinerlei Schwierigkeit, insbesondere aber bleibt die Vermehrung der Lufteinfuhr, des Sauerstoffverbrauches, der Kohlensäure-Produktion, des Bedürfnisses nach Combustibilien, wie sie bei der Arbeit, beim Bergsteigen &c. constant statt findet, so lange unerklärt, als statt des vermehrten Erfolges nur die vermehrte Anstrengung bei der Respiration des Arbeiters einseitig in's Auge gefasst wird.

Wenn die Verstärkung des chemischen Processes im Organismus eingeleitet ist, so wird damit auch freie Wärme in grösserer Menge producirt (Vergl. o. S. 52.), die Temperatur der Körperoberfläche wird erhöht, und es erfolgt Transpiration. Bemerkenswerth aber ist, dass die

thätigsten Körpertheile am wenigsten zu schwizen pflegen. Kräftige Bauernmädchen, deren Hände beim Stricken u. dergl. in starken Schweiss gerathen, können schwere Feldarbeiten verrichten, ohne dass die Haut ihrer Arme und Hände feucht wird. Auf die Schweissbildung, welche an dem, keine mechanischen Effekte producirenden, Kopfe während der Arbeit erfolgt, deutet schon *Moses* hin, wenn er Gott zu Adam sprechen lässt: „Im Schweiss deines Angesichts sollst du dein Brod essen;“ — ein neuerer Dichter aber sagt:

Von der Stirne heiss
Rinnen muss der Schweiss.

Die Fähigkeit eines lebendigen Gewebes, chemische Kraft in mechanischen Effekt verwandeln zu können, heisst *Irritabilität.*

Um eine möglichst klare Einsicht in die Natur dieser organischen Qualität zu gewinnen, wollen wir dieselbe mit einer Eigenschaft gewisser anorganischer Materien zusammenstellen, mit der Fähigkeit der Gasarten, Wärme in mechanischen Effekt zu verwandeln — mit der *Expansibilität*, und müssen zu dem Ende einige Hauptsätze, welche sich auf die Wärme- und Bewegungsverhältnisse der expansibeln oder elastisch flüssigen Materien beziehen, in Kürze hier anführen.

Wenn zu einer unter constantem Drucke sich befindenden Gasart eine bestimmte Menge von Wärme = x hinzutritt, so wird ein Theil dieser Wärme zur Temperaturerhöhung des Gases verwendet, und dieser Theil = y besteht

als freie Wärme fort, ein anderer Theil wird „latent“ und bringt den mechanischen Effekt = z hervor. Es ist nun

$$x = y + z.$$

Setzen wir den in den Capillaren eines Muskels vor sich gehenden Oxydationsprocess, oder die diesem entsprechende Wärme = x′, die wirklich entwickelte freie Wärme = y′, und den gelieferten mechanischen Effekt = z′, so ist wieder

$$x' = y' + z'.$$

Nach der in der Mechanik befolgten mathematischen Methode wird die physische Kraft z oder z′ als ein Produkt aus einem Druck oder Zug in den Wirkungsraum dargestellt. Es ist nun dieser Druck bei Gasen sowohl als bei Muskeln dem Wirkungsraume umgekehrt proportional. Der von einem Gase ausgeübte Druck steht mit der Expansion des Gases in umgekehrtem Verhältnisse: Boyle'sches oder Mariotte'sches Gesetz. Die Stärke des Zuges nimmt proportional der Zunahme der Contraction des Muskels ab: Schwann'sches Gesetz *).

---

*) Man kann sich die Entstehung des mechanischen Effektes z oder z′ so vorstellen, dass bei der Ausdehnung des Gases, oder bei der Zusammenziehung des Muskels, ein Gewicht P in vertikal aufsteigender Richtung den Weg h zurücklegt. Der Druck ist nun = P, der Wirkungsraum = h, und es ist z = P × h. Da aber von dem Gase oder dem Muskel durch den Wirkungsraum hindurch kein gleichförmiger, sondern ein abnehmender Druck ausgeübt wird, so muss dem Gewichte P auf jedem Punkte von h ein anderer Werth zukommen. Man bezieht nun, um einen bestimmten Werth von P zu erhalten, den Druck zunächst nicht auf die explicite Linie h, sondern nur auf einen Punkt dieser Linie, oder man setzt den Wirkungsraum h = 0. Mit dem Factor h wird auch das Produkt z = 0. Für den speciellen Werth z = 0, und x = y, heisst P der „statische

Da die Elasticität der Gase und die Irritabilität der Muskeln Eigenschaften sind, die sich auf die Metamorphose gegebener Kräfte beziehen, so ist die Existenz dieser Eigenschaften nothwendig an die Existenz der respectiven Kräfte geknüpft. Wo nichts ist, da lässt sich auch nichts umwandeln. Ohne Wärme ist keine Elasticität, ohne chemische Differenz, oder ohne chemischen Process, keine Irritabilität denkbar.

Der Temperaturgrad, bei welchem die Elasticität erlischt, ist *ceteris paribus* bei verschiedenen Gasarten bekanntlich sehr verschieden. Es gründet sich hierauf die Eintheilung in permanente Gasarten und in Dämpfe.

Das Daseyn der Irritabilität ist an das Vorhandenseyn von capillarem Sauerstoff und Kohlenstoff geknüpft; das Mass der nothwendigen Menge physischer Kraft, oder das mögliche Minimum derselben, ist aber, wie bei den Gasarten, so auch hier bei verschiedenen Muskelfasern, sehr verschieden. Es gründet sich darauf die bekannte graduelle Verschiedenheit der *Irritabilitäts-Permanens*, oder der Lebenszähigkeit verschiedener Thierclassen.

Bei grosser Permanens können Thiere ihren Lebensfunctionen unter Einfuhr einer geringen Sauerstoffmenge obliegen, der Respirationsact kann längere Zeit ohne Nachtheil unterbrochen werden, und asphyktische Zustände gehen nur allmählig in wahren Tod über. Bei Thierarten mit geringer Permanens ist dagegen eine ununterbrochene reich-

---

Druck", und auf diesen beziehen sich die im Texte genannten Gesetze. Für den Muskel wird $x' = y'$, und $z' = 0$, wenn der Vorrath von arteriellem Blute in den Capillaren ein unveränderlicher bleibt, (wie beim Gase die Temperatur) und auf diesen Fall ist das Schwann'sche Gesetz zu beziehen.

liche Sauerstoffaufnahme die unerlässliche Bedingung der Muskelirritabilität, und die Schwächung des chemischen Processes führt alsbald zu Asphyxie und Tod.

Nach eingetretenem Tode sind die Muskeln der ersten Kategorie noch geraume Zeit im Stande, sich kräftig zusammenzuziehen, dagegen sinkt die Leistungsfähigkeit nicht permanenter Muskeln mit dem Augenblick des Todes plötzlich herab und ist in Kurzem spurlos verschwunden.

Die Bewegungs-Apparate kaltblütiger Thiere zeigen sich im Allgemeinen den permanenten Gasen, die der warmblütigen Thiere aber den Dämpfen analog.

Der Zeitraum, binnen dessen die Muskeln eines getödteten Thieres die Fähigkeit, sich zusammenzuziehen, behalten, oder die Dauer der Reizbarkeit, hängt von zweierlei Momenten ab; erstens von der Irritabilitäts-Permanens des Muskels an und für sich, und zweitens von der Anwesenheit des zur chemischen Action nöthigen Materials. Wo das Letztere fehlt, da erlischt die Irritabilität auch bei der grössten Permanens; ist dagegen dieses Material reichlich vorhanden, so kann, einer geringen Permanens ungeachtet, noch Reizbarkeit gefunden werden.

Es wurde oben, S. 16. angegeben, dass durch die Verbrennung von einem Gewichtstheile Kohlenstoff eine Last von 9'670000 Gewichtstheilen 1', oder von 116 Millionen Gewichtstheilen 1'' hoch gehoben werden könne. Der zu einzelnen schwachen Contractionen nöthige Verbrauch muss hiernach seiner Kleinheit wegen aufhören, eine wahrnehmbare Grösse zu seyn; erst durch Summirung der Einzelleistungen wird dieser Verbrauch mehr und mehr bemerkbar. Durch wiederholte Leistungen muss durchgängig die Dauer der Reizbarkeit abgekürzt werden, denn der Vorrath

an Oxygen und Brennstoff wird durch die Actionen erschöpft. Ein permanent irritabler Muskel mag im Stande seyn, noch einige kräftige Leistungen zu vollbringen, nachdem ein grosser Theil seines capillaren Blutes durch Wasser-Injection entfernt worden war, an Ausdauer aber muss er dem nicht injicirten Muskel nothwendig nachstehen. Der Zutritt von atmosphärischer Luft und eine den chemischen Process begünstigende mässige Wärme verlängert aus leicht begreiflichen Gründen die Dauer der Reizbarkeit, am kräftigsten aber wird der zusammensinkenden Irritabilität durch Zufuhr von Oxygeniphoren unter den Arm gegriffen; mithin, wenn die Irritabilität des Herzens aus Mangel an chemischem Material zu erlöschen droht, so lässt sich oft noch durch die Transfusion Hilfe schaffen. Die oben S. 89 gegebene beiläufige Berechnung gab das Resultat, dass bei einer kräftigen Zusammenziehung der Wadenmuskeln circa $^1/_3$ des disponibeln capillaren Sauerstoffes und $^1/_{4200}$ des Kohlenstoffes zu mechanischem Effekte verbraucht werde. Das gleiche Verhältniss muss für die Herz-Action gelten. Aus diesen Zahlen ergibt sich unmittelbar die bekannte praktische Lehre, dass „das belebende Princip" in den Blutkörperchen, und nicht in dem *liquor sanguinis* enthalten sey *).

Bei den Reptilien ist die Dauer der Reizbarkeit durchschnittlich grösser, als bei den Fischen; hieraus dürfen wir jedoch noch nicht auf eine grössere Irritabilitäts-Permanens schliessen, da jene Dauer von dieser Permanens und von

---

*) Die verderblichen Folgen, welche nach der Infusion einer, wenn auch nur geringen, Quantität heterogener Blutkörperchen schnell eintreten, lassen sich dermalen nicht erklären.

der in den Capillaren vorhandenen disponibeln Sauerstoffmenge zugleich abhängig ist.

Das Arterien- und Venenblut der Reptilien vermengt sich beständig miteinander; viele Blutkörperchen legen, ohne neuen Sauerstoff aufgenommen zu haben, wiederholt den Weg durch die Körper-Capillaren zurück. Hieraus ist zu schliessen, dass die Blutkörperchen der Reptilien die Bestimmung haben, nur allmählig ihren Sauerstoff in dem Körper abzugeben, und dass sie diesen Sauerstoff fester zurückhalten, als die Blutkörperchen derjenigen Thierklassen, bei denen keine Mengung von Arterien- und Venenblut statt hat. Die Reptilien sind durch ihre Lebensverhältnisse zum Theil darauf angewiesen, eine geraume Zeit ohne Sauerstoffzufuhr auszudauern, in irrespirable Gasarten, in Wasserstoff oder Stickstoff gebracht, fahren sie eine Zeit lang Kohlensäure zu bilden fort. Zieht man dabei noch in Betracht, dass den Reptilien der Sauerstoff in einer viel concentrirteren Form dargeboten ist, als den Fischen, so gelangt man zu dem Schlusse, dass die Blutkörperchen der Reptilien in ihren physiologischen Verhältnissen sich von den Blutkörperchen der Fische unterscheiden: 1) durch eine in den Capillaren der Respirationsorgane erfolgende stärkere Ladung mit Sauerstoff, und 2) durch eine successive Entladung in den Capillaren des Körpers.

Je grösser ein Blutkörperchen ist, um so mehr Sauerstoff wird dasselbe aufzunehmen und zurückzuhalten im Stande seyn. Es ergibt sich hieraus eine einfache Beziehung zwischen den physiologischen Verrichtungen der Blutkörperchen und ihren Volumens-Verhältnissen, und wir müssen zugleich in der Grösse dieser Körperchen ein be-

deutungsvolles Moment für die Dauer der Reizbarkeit anerkennen. In der That finden sich die grösten Blutkörperchen und die längste Dauer der Reizbarkeit: bei den nackten Amphibien; mittlere Grösse und mittlere Dauer: bei den beschuppten Amphibien; die kleinsten Blutkörperchen und die geringste Dauer unter den kaltblütigen Wirbelthieren: bei den Fischen.

Es wurde oben gesagt, dass durch gute Dampfmaschinen ungefähr $1/20$, durch Geschütze $1/10$ *), durch Säugethiere $1/5$ der Verbrennungswärme in mechanischen Effekt umgewandelt werden könne. Fragen wir jezt, wie gross ist der von den Muskeln in mechanischen Effekt verwandelte Theil der aufgewendeten Kraft? Heisst diese Kraft x', der mechanische Effekt z', so wird gefragt, wie gross ist $\frac{z'}{x'}$? oder, wie wir der Kürze wegen diesen Bruch nennen wollen, wie gross ist der mechanische Quotient des Muskels? Je grösser dieser Quotient ist, je mehr er sich der Einheit nähert, um so vortheilhafter, oder um so ökonomischer arbeitet der Muskel.

Bei dem Mangel an experimentalen Bestimmungen, deren Auffindung hier mit kaum überwindlichen Schwierigkeiten verknüpft ist, müssen wir uns mit Vermuthungen und Wahrscheinlichkeiten begnügen. Diese in kurze Worte zusammengefasst, gelangen wir zu folgenden allgemeinen Sätzen: 1) Je stärker in einem Thiere der chemische Process oder die Kohlensäurebildung ist, um so kleiner ist der mechani-

*) Bei diesen beispielsweise gegebenen Bestimmungen wurde die Verbrennungswärme von Stein- und Holzkohlen der des Kohlenstoffes gleich gesetzt.

sche Quotient, und um so geringer ist im Verhältniss zur Wärmeproduktion die mechanische Leistung. 2) Nach Analogie der elastischen Flüssigkeiten ist der mechanische Quotient bei permanent irritabeln Muskeln am grössten.

Es ergeben sich hieraus für die Wirbelthiere folgende Verhältnisse:

Kohlensäurebildung am stärksten, mechanischer Quotient und Irritabilitäts-Permanens am kleinsten: bei den Vögeln.

Kohlensäurebildung etwas schwächer, mechanischer Quotient und Permanens etwas grösser: bei den Säugethieren.

Kohlensäurebildung gering, Quotient und Permanens gross: bei den Reptilien.

Geringste Kohlensäurebildung, grösster Quotient und grösste Permanens (?) bei den Fischen *).

In dem Fötus ist der chemische Process weit schwächer, als in dem Neugeborenen; dieses geht schon aus dem im Fötus-Zustande fehlenden Farbenunterschiede der beiden

---

*) Unter den Wirbelthieren kommt offenbar den warmblütigen bei gleicher Körpergrösse die grösste dauernde Leistungsfähigkeit zu. Sie wurde von der Natur unter Aufopferung ökonomischer Rücksichten erzielt, denn die warmblütigen Thiere verbrauchen im Verhältniss ihrer Leistung mehr Brennmaterial als die kaltblütigen. Die lezteren oxydiren wenig; bei reichlich eingeführter Nahrung nehmen sie entweder schnell an Masse zu, oder sie entleeren grosse Mengen von Combustibilien durch den Darm und das Genitalien-System. Die Dampfmaschinen sind den warmblütigen Thieren zur Seite zu stellen; sie haben grosse Leistungsfähigkeit und kleinen mechanischen Quotienten. Ob es aber der Technik gelingen werde, „kaltblütige“ und zugleich wirkungskräftige Bewegungs-Apparate herzustellen, ist vom physiologischen Standpunkte aus zu bezweifeln.

Blutarten hervor. Die Produktion mechanischer Effekte durch Herz und willkürliche Muskeln ist dagegen vor und nach der Geburt ungefähr gleich gross. Es folgt hieraus, dass der mechanische Quotient vor der Geburt viel grösser seyn muss, als nach derselben. Mit der Geburt ändert sich auch die *Irritabilitäts - Permanens* plötzlich; die Prognose in asphyctischen Zuständen ist bei geathmeten Kindern ganz anders zu stellen, als bei ungeathmeten. Es ist also:

Der chemische Process klein, der m. Quotient und die I. Permanens gross: beim Fötus.

Der chemische Process gross, der m. Quotient und die I. Permanens klein: bei dem Geborenen. —

Wird die zwischen der Elasticität der Gase und der Muskel-Irritabilität gezogene Parallele weiter fortgeführt, so theilt sie das Schicksal aller Analogieen; die anfangs naturgemässe Vergleichung wird bald eine gekünstelte und verliert sich zuletzt in Paradoxen. Die Gase sind formlose Materien, die Muskeln aber sind organisirt, und ihre Actionen hängen mehr oder weniger von dem Einflusse der motorischen Nerven ab; diesen specifischen Einfluss, dem die expansibeln Flüssigkeiten an und für sich nichts Entsprechendes zeigen, nennen wir *Innervation.*

Die Innervation, die Irritabilität und der chemische Process sind die drei Faktoren der Muskelthätigkeit. Die erste hat ihren anatomischen Sitz in dem Gehirn- und Nervenmark, die zweite in der Primitiv-Faser des Muskels, und der Heerd des dritten liegt in den Capillar-Gefässen.

Die Action des Muskels, die Umwandlung von chemischer Kraft in mechanischen Effekt, wird auf geheimnissvolle Weise durch einen Contact-Einfluss bedingt, der erfahrungs-

gemäss dem Nervensysteme zukommt. Insoferne die Bewegungs-Apparate in verschiedenem Grade von diesem Einflusse abhängig sind, werden sie eingetheilt in willkürliche und unwillkürliche. Stellen wir uns eine Dampfmaschine vor, von der ein Theil arbeitet, sobald Dampf erzeugt wird, ein anderer Theil aber nur auf Veranstaltung des Maschinisten sich in Bewegung setzt, so haben wir auch hier willkürliche und unwillkürliche Bewegungs-Apparate. Der Maschinist vermag nur mittelst eines gewissen Kraftaufwandes seinen Einfluss auf die ihm zur Disposition gegebenen Apparate geltend zu machen; dieser Kraftaufwand aber ist, verglichen mit der herbeigeführten Maschinen-Leistung, ein verschwindend Kleines, und lässt sich überhaupt bei wachsender Vervollkommnung des Apparates kleiner als jede gegebene Grösse machen. Ebenso nun müssen wir es nicht nur für möglich, sondern sogar für wahrscheinlich erklären, dass die Innervation, ohne Aufwand einer physischen Kraft, ohne eine elektrische Strömung und ohne einen chemischen Process überhaupt, ihre Herrschaft auf die Muskelaction ausübe.

Gewisse Veränderungen in der Innervation und im chemischen Processe stellen die Ermüdung und Erschöpfung dar.

Sobald die Leistung im Verhältniss zu dem gegebenen physiologisch-chemischen Processe zu gross wird, so muss örtliche oder allgemeine Erschöpfung eintreten. Wenn sich die zum chemischen Process nöthigen Materialien, nach eingestellter Leistung, wieder sammeln, so erfolgt die Herstellung der Leistungsfähigkeit; es kann dieses in einigem Grade selbst in dem todten Muskel noch geschehen.

Das physiologische Dogma von einem Verbrauche der Reizbarkeit durch die Action beruht, in seiner Allgemeinheit aufgefasst, offenbar auf einem Irrthum. Die unermüdliche Thätigkeit der wichtigsten Muskeln in der thierischen Oekonomie müsste als Ausnahme betrachtet werden, und ein Grundgesetz, von dem so bedeutende Ausnahmen gelten sollen, steht auf schwacher Basis.

So lange der chemische Process in angemessener Weise vor sich geht, so lange ist auch keine innere Nothwendigkeit vorhanden, dass die Leistung des Muskels ein Ziel finden müsste. Werden die Muskeln eines kräftigen Individuums mässig angestrengt, und fehlt es dabei weder an atmosphärischem Sauerstoff, noch an hämatischem Brennstoff, so bleibt auch bei fortgesetzter Arbeit die Irritabilität eine unveränderliche Grösse.

Der Schlaf, dessen das *Sensorium commune* sich nicht entbrechen kann, hebt zuletzt die Innervation auf und setzt so der willkürlichen Produktion mechanischer Effekte ein Ziel. Die Muskeln und die Nerven aber schlafen nicht. Die dem Willen dienenden Muskeln können im tiefsten Schlafe Bewegungen vollbringen; ein passendes Mahl und die zur Sanguification nöthige Ruhe bringt dem durch körperliche Anstrengung Erschöpften grössere Stärkung, als ruhiger Schlaf bei leerem Magen. Pferde restauriren stehend ihre erschöpfte Kraft; reichliche Nahrung dient ihnen besser, als gepolsterte Kissen.

Die Cetaceen setzen ihre Schwimmbewegungen auch während des Schlafes fort, und die Zugvögel mögen zum Theil instinctartig, wie die Nachtwandler, ihren Weg verfolgen. An jeder Stelle im weiten Ocean lassen sich Land-

vögel (namentlich Schwalben) blicken; diese Thiere legen eine Strecke von tausend und aber tausend Meilen *) in ununterbrochenem Fluge zurück.

Erschöpfung tritt ein, wenn bei fortgesetztem Verbrauche kein angemessener Wiederersatz statt findet, oder wenn der chemische Process durch zu grosse Anstrengung über das physiologische Mass gesteigert wird; hier haben wir also stets ein absolutes oder relatives Uebermass producirter mechanischer Effekte.

Indessen können auch Anstrengungen, mit denen keine mechanische Leistungen verknüpft sind, Ermüdung herbeiführen, und es steht diese mit dem chemischen Processe, oder mit dem Blute, in keiner Beziehung.

Die Anstrengung darf nicht verwechselt werden mit der Leistung. Zu einer Leistung ist durchaus erforderlich, dass die eigene oder eine fremde Last wirklich in die Höhe gehoben, oder fortbewegt werde; die Grösse der Leistung wird gemessen durch diese Last, multiplicirt mit der Höhe, oder mit dem Quadrate der Geschwindigkeit. Die Leistung eines Mannes, der mit grosser Anstrengung ein Gewicht frei hält, oder Stundenlang unbeweglich gerade steht u. s. w. ist = Null; ein Gleiches, ja noch viel mehr, kann auch eine hölzerne Figur vollbringen **).

---

*) Man darf sich nicht vorstellen, als ob die Vögel in offener See einen bestimmten Cours einhielten, wie die Delphinenschaaren und die Schiffe, welche den nächsten Weg suchen. Diese Vögel durchkreuzen vielmehr zur See, wie auf dem Festlande, in jeder Richtung die Luft.

**) In Beziehung auf die Quantität einer mechanischen Leistung ist man leicht grosser Täuschung unterworfen. Diesen Umstand wissen die Jongleurs zu benützen und sich durch Gewandt-

Die Ermüdung scheint hier von dem anhaltenden Druck auf die Nervenverzweigungen herzurühren; die damit verbundene Sensation ist dem sog. Einschlafen eines Gliedes nicht unähnlich. Die Arbeiter *Coulomb's* weigerten sich, einen Tag lang unbelastet Treppen auf und abzusteigen. Diesem psychischen Acte, den man unter den Begriff „Gewissen" subsumiren kann, steht eine somatische Verrichtung der Nerven zur Seite; sie mahnen das Individuum, von zweckwidrigen Unternehmungen abzustehen. Um ein Gewicht frei schwebend zu erhalten, dazu ist weder der Thierorganismus, noch die Dampfmaschine das passende Instrument; die besten Dienste leistet hier ein hänfener Strick. *Suum cuiqui.*

Die schmerzhafte Ermüdung, welche ohne erhebliche Produktion mechanischer Effekte eintritt, unterscheidet sich, so weit man ausschliesslich physiologische Verhältnisse im Auge hat, von der durch Stoffverbrauch bedingten Erschöpfung in zwei Hauptpunkten. Da die Primitiv-Nervenfasern unter sich nicht anastomosiren, so bleibt die nervöse Ermüdung auch in ihren höchsten Graden stets local, sie beschränkt sich ohne Ausnahme auf die wirklich in Anspruch genom-

---

heit den Anschein grosser Kraftentwicklung zu geben. Auch bei der Betrachtung krankhafter Zustände kann man leicht durch das Schreckenerregende &c. irregeleitet, auf grosse mechanische Leistung da schliessen, wo nur ein geringer, oder gar kein Effekt producirt wird. Die Kraftentwicklung ist während furibunder Delirien gewiss nie so bedeutend, als bei einer angestrengten physiologischen Thätigkeit. Der Gesammt-Effekt, den der Epileptische während des Anfalles producirt, kann nur sehr gering seyn. Die Leistung der Kaumuskeln im Trismus ist = Null; ebenso die Leistung der Gesammt-Muskulatur in der Todtenstarre.

menen Muskelgruppen. Die Erschöpfung dagegen, wenn sie nicht durch ein nur momentanes Uebermass der Leistung schnell vorübergehend erzeugt wurde, verbreitet sich gleichförmig über das ganze Muskelsystem. Der Arm, der von einer anhaltenden Extension ermattet niedersinkt, vermag unmittelbar darauf sich kräftig zu beugen; den ruhenden Arm der entgegengesetzten Seite befällt die Ermüdung nicht; dagegen sind nach einer anstrengenden Fuss-Tour die Arme so wenig, als die Füsse zu weiteren Leistungen aufgelegt. Da ferner bei der Anstrengung ohne Leistung kein Verbrauch zu mechanischen Zwecken statt findet, so schliesst die Ermüdung *sine materie* auch in ihren höheren Graden die Leistungsfähigkeit keineswegs aus: es besteigt der Gelehrte, welcher gegen die Regeln der Diätetik den Tag über an dem Pulte sich müde gestanden, am Abend zu seiner Erholung noch einen nahe gelegenen Berg. Die Erschöpfung dagegen, ein Vorgang *cum materie*, hebt jede Leistungsfähigkeit auf; zur Wiederherstellung der letzteren bedarf es der Zufuhr geeigneter Stoffe. Der Hunger, welcher in Folge der Arbeit eintritt, hängt von der Grösse des producirten mechanischen Effektes, und nicht von dem Grade der Anstrengung an und für sich, ab, und dem entsprechend ist auch der Sauerstoffverbrauch nur bei wirklicher Leistung gesteigert *).

Ausser dem Blut und den Nerven kommen bei der Ermüdung

---

*) Während einer grossen Anstrengung pflegt man den Athem anzuhalten, um aus dem Brustkorbe eine feste Stütze für die Bewegungs-Organe sich zu schaffen; hieran knüpft sich jedoch noch nicht nothwendig ein vermehrter Verbrauch. Beim Holzspalten, Treppensteigen u. dgl. m., wird Niemand den Athem an sich zu halten versucht seyn.

auch noch die Cohäsions-Verhältnisse der muskulösen und fibrösen Theile in Betracht. Durch zu grosse Belastung, Zerrung der Faser, werden die motorischen Apparate in ihrer Thätigkeit gestört, und es wird dadurch eine besondere Art von Ermüdung herbeigeführt, die sich nicht in kurzer Frist, nicht durch Ruhe, noch durch Stoffzufuhr, beseitigen lässt, sich vielmehr gerade während der Ruhezeit mehr und mehr entwickelt, und, dem coxalgischen Schmerze gleich, durch Bewegung sich wieder vermindert. In diese Kategorie gehört der spannende Schmerz, den man in dem *m. rectus femoris* &c. empfindet, wenn man Tags zuvor von einer steilen Anhöhe rasch herabgestiegen ist. In den höheren und höchsten Graden stellt die Zerrung der Faser chirurgische Krankheitsformen, das Verziehen, Verstauchen, Verrenken dar.

Die verschiedene Momente nun, die der Thätigkeit gesunder Bewegungsapparte hemmend in den Weg zu treten vermögen, combiniren sich in den Einzelnfällen auf eine wechselvolle Weise. Hier, wie in jedem physiologischen und pathologischen Processe, spielt Organologisches und Chemisches, Solidares und Humorales, Nerv und Blut gleichzeitig seine Rolle, und es mögen die Lebenserscheinungen einer wundervollen Musik verglichen werden, voll herrlicher Wohlklänge und ergreifender Dissonanzen; nur in dem Zusammenwirken aller Instrumente liegt die Harmonie, in der Harmonie nur liegt das Leben.

Druckfehler.

S. 25. Z. 7. v. u. statt: der Spannung, lies: dem Quadrat der Spannung.

S. 27. Z. 15. v. o. statt: dürfen, lies: darf.

S. 52. Z. 13. v. o. statt: 8 Loth, lies: 7 Loth.

---

ein kleiner Theil des auf Kosten der Verbrennungs-Wärme erzeugten mechanischen Effektes wird verwendet, um den Zutritt der Lebensluft mechanisch zu befördern und die Bildung zweckwidriger Produkte dadurch zu verhüten.

Zahlreiche Apparate sind nun im lebenden Thiere unausgesetzt beschäftigt, zu filtriren, zu aspiriren, die chemischen Processe, z. Thl. unter Aufwand von mechanischer Kraft, zu regeln, die Intensität dieser Processe zu erhöhen, ihre Extensität zu vermindern, die Zersetzungsprodukte in abgesonderten Räumlichkeiten niederzulegen und sie sofort zu entfernen, vor allem aber der Bildung und Ansammlung putrider Fermente vorzubeugen.

Bringt man in die Säftemasse des lebenskräftigsten Mannes einen Gran faulender Jauche, so vermag weder Natur noch Kunst der rasch folgenden Entmischung, dem schnell tödlichen Faulfieber, Schranken zu setzen. Wo bleibt hier die Lebenskraft? wo das Vermögen, „Widerstand zu leisten gegen äussere Ursachen von Störungen“? *Hic Rhodus, hic salta!*

Den Sitz seiner Lebenskraft verlegt *L.* ausschliesslich in die festen Theile des Organismus. Er sagt S. 202:

„Die Aeusserungen der Lebenskraft sind abhängig von „einer gewissen Form ihrer Träger und einer bestimmten „Zusammensetzung der Substanz des lebendigen Kör„pertheils.

„Die Fähigkeit der Zunahme an Masse in einem be„lebten Körpertheil wird bedingt durch die unmittelbare „Berührung mit Stoffen, die sich zu einer Zersetzung „eignen, oder deren Elementartheile zu Bestandtheilen des „Trägers der Lebensthätigkeit übergehen können.

Nach *L* kann also von einer Lebenskraft formloser oder flüssiger Theile keine Rede seyn. Seite vorher sagt *L.*:

„Als Widerstand gibt sich die Lebenskraft in belebten „Körpertheilen zu erkennen, insofern durch sie, durch ihr „Vorhandenseyn in ihren Trägern, die Elemente derselben „das Vermögen erlangen, Störungen und Aenderungen „in ihrer Form und Zusammensetzung durch äussere „Thätigkeiten zu widerstehen, eine Fähigkeit, die sie für „sich als chemische Verbindungen nicht besitzen.“

Nun ist es eine allbekannte Thatsache, dass Flüssigkeiten, welche an und für sich zur Selbstentmischung wohl geneigt sind, im Innern des lebenden Körpers lange Zeit unzersetzt verweilen können; es fragt sich also: ist die Widerstandsfähigkeit flüssiger organischer Materien, vom chemischen Standpunkte aus betrachtet, durchgehends viel grösser, als die der festen Theile? *L.* muss dieses angenommen haben, da er sich veranlasst gesehen hat, den festen Theilen unter dem Namen der Lebenskraft einen besonderen Succurs gegen chemische Actionen zuzusenden, dessen die Flüssigkeiten entbehren. Oder, wenn *L.* von der Annahme einer solchen misslichen Hypothese abstrahiren will, wodurch erklärt er, dass Flüssigkeiten ihre Existenz gegen chemische Affinitäten ohne Lebenskraft aufrecht zu erhalten vermögend sind? Sollen wir an eine mystische, transcendente Emanation der Lebenskraft, an eine Ausbreitung derselben von den festen Theilen auf die eingeschlossenen Säfte, glauben?

Indem man von der Lebenskraft überhaupt Umgang nimmt, wird man sich die fraglichen Verhältnisse leicht und einfach erklären können.

Wenn stagnirende Flüssigkeiten *) in Berührung mit lebendigen Gebilden sich lange Zeit unverändert erhalten, während sie ohne solche Berührung unter sonst gleichen Umständen sich entmischen würden, so müssen wir daraus schliessen, dass die festen Theile durch Secretion und Resorption einen Einfluss ausüben, durch welchen diese Flüssigkeiten nach rein chemischen Gesetzen in ihrer Mischung erhalten werden. Man erinnere sich hier an das, was kurz zuvor von einem Süssbleiben des gährungsfähigen Weinmostes beispielsweise erwähnt wurde. Diese nothwendige Annahme einer resorbirenden und secernirenden Thätigkeit der eine solche Flüssigkeit umgebenden Fläche steht mit bekannten anatomischen, physiologischen und pathologischen Verhältnissen im Einklange.

Die flüssigen Materien besitzen, ihrer verschiedenen chemischen Beschaffenheit nach, eine sehr verschieden grosse Neigung zur Selbstentmischung; die Milch, der Wein, ein fettes Oel, der absolute Alcohol verhalten sich in dieser Beziehung höchst ungleich. Je reicher an organischen Bestandtheilen die im Körper eingeschlossene Flüssigkeit ist, um so grösser wird im Allgemeinen auch ihre Zersetzungneigung seyn. Die Wechselwirkung zwischen den umschliessenden Festtheilen und der eingeschlossenen Flüssigkeit, oder die resorbirende und secernirende Thätigkeit der Höhlenwandung muss nun um so grösser seyn, je grösser die Zersetzbarkeit der eingeschlossenen Materie ist. Da nun diese Thätigkeit wiederum mit dem Gefässreichthum der betreffenden Theile im Verhältniss steht, so muss folglich die Zersetzbarkeit des Exudates in Pro-

*) Von den circulirenden Säften, dem Blute und der Lymphe, wird weiter unten die Rede seyn.

portion stehen mit der Vaskulosität der umkleidenden Membran.

Die Zersetzbarkeit und Vaskulosität ist im Minimum vorhanden bei den normalen Flüssigkeiten des Auges, dem *humor aqueus et vitreus*, und den entsprechenden Umhüllungen. Gering sind ferner beide in vielen hydropischen Ausschwitzungen, Sackwassersuchten, bei der Hydrocele. Wenn nach wiederholter Paracentese der Bauch- oder Brusthöhle das Exudat reicher wird an organischen Stoffen, so verdickt sich auch gleichzeitig die serose Haut und wird blutreicher. Die Galle und die leicht zersetzbare Milch sind von gefässreichen Schleimhäuten umgeben, sie können sich bei fehlender Excretion lange unzersetzt erhalten. In ihrem anatomischen und physiologischen Verhalten sind den Schleimhäuten die Abscess-Wandungen ähnlich. Nach Oeffnung des Abscesses erhält der atmosphärische Sauerstoff Zutritt zu der angesammelten eitrigen Flüssigkeit, wodurch die Tendenz zur Entmischung ohne Zweifel gesteigert wird; zur Verhütung der fauligen Zersetzung muss der Blutreichthum der Abscess-Wandungen und die Wechselwirkung zwischen festen und flüssigen Theilen gesteigert werden. Man erinnere sich an die Operation des Empiem's, an die Eröffnung grosser lympathischer Abscesse, an die des Psoas-Abscesses.

Hat der örtliche pathologische Process eine gewisse Zeit lang gedauert, hat er eine gewisse Ausdehnung erhalten, so theilt er, wie die Erfahrung lehrt, der ganzen Säftemasse eine Zersetzungs-Tendenz mit; die normwidrige Veränderung, welche ein Theil des Blutes in den Abscess-Wandungen fortwährend zu erleiden hat, um die faulige

Zersetzung des Eiters zu verhindern, wird, nach erlangter allgemeiner Ausbreitung, zum Consumtions-Fieber.

Kommt der Eiter auf seiner Wanderung oder Ausbreitung mit einer Knochenfläche in Berührung, so wird er an dieser Stelle seiner schützenden schleimhautähnlichen Umhüllung beraubt und erhält so eine Gelegenheit, zu verjauchen. Der Knochen wird entweder in den Zersetzungsprocess hineingezogen, oder er überzieht sich im günstigeren Falle mit einer gefässreichen Haut, er granulirt, und der Eiter erhält eine bessere Beschaffenheit.

Blut-Extravasate, welche nicht binnen kurzer Zeit resorbirt werden, können nur durch gefässreiche einschliessende Wandungen und durch eine gesteigerte secernirende und resorbirende Thätigkeit derselben, unter Entzündung und Eiterung einer fauligen Zersetzung entgehen; diese Zersetzung erfolgt aber unfehlbar in den Tamponen der Nasen- und Genitalien-Höhlen und in der zurückgebliebenen Placenta.

Das Gesetz des zwischen der Zersetzungsneigung einerseits und einem nothwendigen chemischen Processe andernseits bestehenden Grössenverhältnisses muss nicht nur bei stagnirenden, pathologisch angesammelten Exudaten gelten, es muss auch auf die Flüssigkeiten *) überhaupt und deren Umwandlung, auf den ganzen Organismus und den Stoffwechsel seine Anwendung finden. Die Kohlensäurebildung im lebenden Organismus, als ein Ausdruck des Stoffwechsels, kann nicht unter einen gewissen Punkt herabsin-

*) Die festen Theile des Organismus haben unter normalen Verhältnissen und dem Ausschluss von freiem Sauerstoff eine ohne Zweifel sehr geringe Zersetzungsneigung.

ken, ohne dass der Thierkörper seiner Auflösung entgegengeführt wird. Dieses physiologische Minimum des chemischen Processes muss für verschiedene Temperatur-Grade verschiedene Werthe haben; die Zersetzungsneigung thierischer Stoffe ist, wie bei der geistigen und sauren Gährung, in der Wärme grösser, in der Kälte geringer. Thiere, welche in der Ruhe nur so viel Kohlensäure bilden, als zur Erhaltung ihrer Säftemischung nothwendig ist, d. h. Thiere, welche sich mit dem Minimum des chemischen Processes begnügen, müssen in der Wärme eine grössere Menge von Kohlensäure bilden, als in der Kälte. Es erklärt sich dadurch vielleicht, dass bei den kaltblütigen Thieren und bei Säugethieren während des Winterschlafes, nach den Beobachtungen von *Treviranus* u. a., die Kohlensäure-Produktion mit der Temperatur zugleich zunimmt, während dieses bei Thieren von constanter Eigenwärme sich umgekehrt verhält.

Da wir in einem chemischen Processe, in dem Stoffwechsel, einen vollwichtigen Grund von dem Fortbestande lebender Organismen erblicken, so müssen wir gegen die Aufstellung einer Lebenskraft im Sinne *Liebig's*, *Autenrieth's*, *Hunter's* u. s. w. Protest erheben. Was aber die Hypothese *Liebig's* von der Verwendung einer Lebenskraft zu mechanischen Effekten betrifft, so erscheint dieselbe noch gewagter, als die Statuirung einer solchen *vis occulta* an und für sich allein.

Liebig sagt a. a. O. S. 248. „So eng mit einander verknüpft nun auch die Bedingungen der Wärme- und Krafterzeugung zu mechanischen Effekten sich der Beobachtung darstellen mögen, so kann die Wärmeentwicklung

„für sich allein in keiner Weise als die Ursache der me-
„chanischen Effekte angesehen werden.

„Alle Erfahrungen beweisen, dass es im Organismus
„nur eine Quelle von mechanischer Kraft giebt und diese
„Quelle ist der Uebergang belebter Körpertheile in leb-
„lose Verbindungen.“

. . . . .

„Die Ursache des Verbrauchs ist die chemische
„Action des Sauerstoffs, ihre Aeusserung ist ab-
„hängig von einer Entziehung von Wärme, so wie von
„der Verwendung der Lebenskraft zu mechanischen
„Effekten.

„Der Act des Verbrauchs heisst Stoffwech-
„sel, er tritt ein in Folge der Aufnahme von
„Sauerstoff in die Substanz belebter Körper-
„theile; diese Aufnahme von Sauerstoff findet
„nur dann statt, wenn der Widerstand, welchen
„die Lebenskraft belebter Körpertheile der che-
„mischen Action des Sauerstoffs entgegensetzt,
„kleiner ist als diese chemische Action selbst,
„und dieser schwächere Widerstand wird be-
„dingt durch Entziehung von Wärme oder durch
„Verwendung der in den Körpertheilen thätigen
„Kraft zu mechanischen Bewegungen.“

Wenn *Liebig* nicht in Abrede zieht, dass durch Verwendung von Wärme ein mechanischer Effekt erzeugt werden kann, so tritt nach diesem Schriftsteller die Lebenskraft bei der organischen Erzeugung der Bewegung an die Stelle der Wärme. Die Wärme, welche in der Dampfmaschine verwendet wird, um eine Million Pfunde einen Fuss hoch zu heben, muss *äquivalent* seyn der zu gleicher Leistung von

einem Menschen, einem Pferde &c., verbrauchten Lebenskraft, die wiederum ihrerseits ein *Aequivalent* für die von dem Thiere erzeugten Reibungswärme darstellt. (Vergl. *L.* a. a. O. S. 33.) Die Ursache des mechanischen Effektes ist in der Dampfmaschine der Verbrennungsprocess, im Thierkörper aber die Lebenskraft, *i. e.* die Widerstandsfähigkeit lebendiger Körpertheile gegen chemische Actionen, woraus nothwendig folgt, dass diese Widerstandsfähigkeit *äquivalent* sey dem Verbrennungsprocesse. Es gibt nun in der That Materien, wie der Gadolinit, das Chromoxydul, Eisenoxyd, die Zirkonerde, antimonsaures Kupferoxyd und Zinkoxyd u. m. a., welche eine Aenderung ihrer Widerstandsfähigkeit gegen chemische Actionen erleiden können, und es ist dieser Process in der That, als das *Aequivalent* einer Verbrennung, mit einer Kraft- oder Wärmeentwicklung verbunden. Diese Materien aber, indem sie Wärme entbinden, erwerben insgesammt eine Widerstandsfähigkeit gegen chemische Actionen, während nach *L.* die belebten Körpertheile durch Kraftentwicklung ihre Widerstandsfähigkeit verlieren sollen; so lange also keine Stoffe aufgefunden sind, die im Gegensatz zum Gadolinit &c. unter Entwicklung von Wärme oder mechanischem Effekt an Widerstandsfähigkeit verlieren, so lange hat auch *L'.s* Hypothese von einer Verwendung der Lebenskraft zu mechanischen Effekten jedenfalls die Analogie ganz gegen sich.

Aber auch aus anderem Grunde, als aus dem der Analogie, ist der Causalzusammenhang von Lebenskraft und mechanischem Effekt für unstatthaft zu erklären. Wie eine Wirkung nicht von selbst entsteht, so vergeht auch keine Ursache ohne entsprechende Wirkung. Die binäre Verbindung von Kohle und Sauerstoff kann nicht erfolgen, der

Gadolinit &c. jene Widerstandsfähigkeit nicht erwerben, ohne eine entsprechende Entwicklung von Wärme (oder einer äquivalenten Kraft). *L.* sagt a. a. O. S. 249. „Die Summe der zu mechanischen Effekten verwendbaren Kraft muss gleich seyn der Summe von Lebenskraft aller zum Stoffwechsel geeigneten Gebilde.“ Welche Wirkung äussert nun diese Kraft nach eingetretenem Tode? Nach *L'.s* Theorie müsste die Leiche des Enthaupteten vor Eintritt der Fäulniss eine grosse Summe mechanischer Effekte, oder eine entsprechende Wärmemenge produciren; die Erfahrung bestätigt aber hievon nichts *).

Hätte *L.* bei Abfassung seiner „Bewegungserscheinungen im Thierorganismus“ ein richtiges Maas des Untersuchungs-Objectes, der Leistung oder des mechanischen Effektes, vor Augen gehabt, so wäre ohne Zweifel jene ganze Lehre in einer anderen Gestaltung an das Licht getreten. Nach L., am Eingang des Abschnittes, S. 206, ist die Wirkung der bewegenden Kraft = Kraftmoment = dem Produkte aus der Masse in die *Geschwindigkeit* = Bewegungsgrösse; dagegen ist das Bewegungsmoment = dem Produkte aus der Masse in die Höhe, mithin auch = dem Produkte aus der Masse in das *Quadrat* der Geschwindigkeit = der lebendigen Kraft der Bewegung = dem mechanischen Effekt. Diese zwei ganz heterogene Grössen, das Produkt aus der Masse in die *Geschwindigkeit* und das in das *Quadrat* der Geschwindigkeit, sein Kraftmoment und sein Bewegungs-

*) Frage: Was wird aus der Lebenskraft nach dem Tode? Antw. Nichts. Schluss: Also ist die Lebenskraft = Nichts. — *Nil fit ad nihilum.* Eine Kraft oder Ursache, die ohne eine Wirkung zu äussern vergehen kann, ist keine Kraft.

moment stellt L. sogleich, S. 207 friedlich zusammen, ja er gebraucht diese Ausdrücke später (S. 253.) sogar synonym (!), führt aber unter dieser Benennung Dinge auf, welche nach der gegebenen Definition weder Kraftmomente noch Bewegungsmomente sind. Statt die Grösse der mechanischen Leistung in der Art zu geben, wie sie schon von *Daniel Bernoulli* richtig bezeichnet wurde, bringt *L.* die öconomische Bestimmung einer speciellen Leistung nach *Coulomb*, die gar nicht dorthin gehört. Bei dieser Ungenauigkeit sind wir ausser Stand gesetzt, an die S. 253—256 gegebenen Ziffern einen klaren Begriff zu knüpfen.

Den Schlaf stempelt *L.* zu einem wichtigen vegetativen Acte, die Nerven kennt er als die Leiter und Verbreiter mechanischer Effekte *), und zwar mit zweifelloser Gewissheit (!) (S. 224.) und gelangt endlich in seiner Theorie der Krankheit zu dem Resultate, dass im Fieber die Erzeugung von Kraft (von mechanischem Effekt + Wärme) vermehrt sey.

Gewiss ist noch für lange Zeit keine Aussicht vorhanden, dass es gelingen werde, die richtige Erklärung der krankhaften Zustände aufzufinden, und *L'.s* Theorie der

---

*) Während des Schlafes wird nach *L.* die zu mechanischen Effekten verbrauchte Lebenskraft restituirt. Das nie schlafende Herz kann keine Kraft produciren; ihm muss die Kraft durch die Nerven, wie durch Leitungsdrähte, zugeführt werden. Die Leistung des Herzens müsste hiernach von der Integrität der Nerven viel abhängiger seyn, als die der periodisch schlafenden willkürlichen Muskeln; ferner müsste die Herzaction während angestrengter Arbeit, insbesondere bei schwächlichen Individuen, sich bedeutend vermindern, und in der Ruhe wäre ein Grund zu vermehrter Herzthätigkeit vorhanden. Die Beobachtung lehrt von dem allem das Gegentheil.

Krankheit, obschon durch sie in manchen Aerzten sanguinische Hoffnungen rege gemacht wurden, hat uns dem Ziele um keinen Schritt näher gebracht, wie auch die Untersuchungen eines *Lotze, Wunderlich* u. a. in dieser Beziehung der Wissenschaft nur negative Resultate gewähren konnten. Leichter wird man eine Quinterne treffen, als eine Reihe verwickelter Naturprocesse durch Suppositionen errathen *).

Unter Aufnahme von atmosphärischem Sauerstoffe und unter Bildung und Ausscheidung binärer Verbindungen geht in dem thierischen Organismus beständig ein chemischer Process vor sich, als dessen Wirkung wir die Erzeugung von Wärme und mechanischem Effekt kennen gelernt haben.

Um sich zuerst über den Ort der Verbrennung zu vergewissern, könnte eine thermometrische Messung der Organe und der verschiedenen Blutarten als das einfachste Mittel erscheinen. Den Lungen wird durch die Zufuhr kalter Luft und durch Wasserverdampfung beständig Wärme entzogen; da nun die Lungen keine niedrigere Temperatur zeigen, als die übrigen Centralorgane, noch viel weniger aber das geathmete Blut kälter gefunden wird, als das Körper-Venenblut, so könnte schon hieraus auf eine Wärmeentwicklung in den Lungen geschlossen werden. Nach *Holtzmann* erfordert 1 Grm. Wasser bei 37°,5 zu seiner Ver-

---

*) Diese zunächst der Pathologie geltende Bemerkung mag *mutatis mutandis* nicht minder auf die Therapie eine Anwendung finden. Glücklich — wenn auch der Arzt mit unbekannten Funktionen rechnet — dass Schicksal und Natur ein Facit ziehen!

dampfung 564° Wärme. Die Wasserverdampfung in den Lungen in 24 St. zu 1 ℔ gerechnet, gibt 282000° Kälte. Nimmt man ferner an, dass in den Lungen in jeder Minute 12000 Cubikcentimenter Luft um 20° C. erwärmt werden, so beträgt dieses für den Tag, die Wärmecapacität der Luft = 0,267, das specifische Gewicht = 0,0013 gesetzt: 120000°, Summa 402000° Kälte. Die bei jeder Systole beförderte Blutmenge klein, = 100 Cubikcentimenter gesetzt, so gehen bei 70 Pulsschlägen 10'080000 Cubikcentimeter Blut in einem Tage durch die Lungen. Die Wärmecapacität und das specifische Gewicht des Blutes dem des Wassers gleich gesetzt, finden wir, dass das Blut der *arteria pulmonalis* bei einer äusseren Temperatur von 17°,5 durchschnittlich $\frac{1°}{25}$ wärmer, als das der Lungenvenen seyn müsste, wenn in den Lungen keine Wärme erzeugt würde. Rechnet man noch, dass der von dem rechten Ventrikel gelieferte mechanische Effekt in den Lungen in Wärme sich verwandelt, so findet man diese Reibungswärme des Lungenblutes (Vergl. o. S. 56) = 29809°; diese von obigen 402000° Kälte abgezogen, wird die Wärmedifferenz beider Blutarten = $\frac{1°}{27}$. Setzt man aber wie oben S. 55. die Herzcapacität = 150, so beträgt diese Differenz nicht mehr als $\frac{1°}{42}$.

Verlegt man auf der andern Seite die Wärmebildung ausschliesslich in die Lungen, und nimmt man den wärmeliefernden chemischen Process möglichst gross, = der täglichen Verbrennung von 1 ℔ Kohlenstoff = 4'279000° Wärme an, so könnten in den Lungen, nach Abzug von 402000° Kälte, 3'877000° thermometrisch wahrnehmbare Wärme erzeugt werden. Wird die Herzcapacität wiederum klein, =

100 gesetzt, so folgt, dass das Blut der Lungenvenen um $^2/_5{}^0$ wärmer, als das der *art. pulmonalis* seyn müsste; die Herzcapacität = 150 gesetzt, würde der Temperaturunterschied $^1/_4{}^0$ betragen, und um eben soviel müsste auch die Wärme der Lungen die der anderen inneren Organe übertreffen.

Die über den Wärmeunterschied beider Blutarten angestellten Untersuchungen haben bekanntlich zu keinen übereinstimmenden Resultaten geführt. Zieht man in Betracht, dass die Circulations- und Oxydations-Verhältnisse eines der Vivisection unterworfenen Thieres ohne Zweifel von der Norm abweichen werden (Vergl. o. S. 47), und dass die gegen Wärmeverlust geschützten sehr blutreichen Haupthöhlen des Körpers, (und dadurch auch die von ihnen ausgehenden Blutströmungen) constant eine höhere Temperatur zeigen müssen, als die Aussenwerke des Organismus und das von diesen zurückkehrende Blut, so wird man leicht einsehen, dass die an dem Blute einzelner Arterien- und Venen-Stämmen beobachteten Temperatur-Differenzen *), (welche das so eben berechnete mögliche Maximum von $^1/_4{}^0$ bis $^2/_5{}^0$ C. in vielen Fällen sogar bedeutend übersteigen) zu einem Schlusse auf den Ort der Wärmeerzeugung keineswegs berechtigen.

Der chemische Process und die Kraftentwicklung geht, wie wir sehen werden, sowohl in den Lungen als in den übrigen Körpertheilen vor sich. Das Blut nimmt in den Lun-

---

*) *Mayer* (*Meckel's* Arch. 3. 337) fand das Blut der Carotis um 1—2° R. wärmer, als das Blut der Jugularvenen; dagegen konnte er zwischen den Blutarten beider Herzhälften keinen Temperaturunterschied wahrnehmen.

gen Sauerstoff auf und führt ihn allen Körpertheilen zu. Unter Verwendung dieses Sauerstoffes erfolgt der chemische Process. Nach aufgehobener Respiration hört der Farbenwechsel des Blutes, die Wärmeproduktion und die Muskelbewegung auf. Mit welchen Massentheilen combinirt sich nun der atmosphärische Sauerstoff des arteriellen Blutes? Welche Materien dienen dem Organismus als Brennstoff? Geht der in Rede stehende chemische Process innerhalb der Blutgefässhöhle vor sich, oder erstreckt er sich über die Gefässwandungen hinaus, auf die festen Gewebstheile?

Von dem Blute, das der linke Herzventrikel hinaussendet, gelangt ein grosser Theil zum rechten Herzvorhofe zurück, ohne auf seiner Wanderung durch den Körper die Gefässhöhle verlassen zu haben; vermöge der Herzaction aber übt das Blut einen beständigen Druck gegen die Gefässwandungen aus, und dadurch wird ein Theil des Blutes (und zwar der dünnflüssigste) aus der Röhrenleitung hinausgetrieben. In den netzförmig anastomosirenden Capillar-Gefässen muss der hydrostatische Druck des Blutes gegen die Gefässwandungen nahezu gleichförmig seyn, und dieser Druck wird auch den ausgepressten Theil des Blutes am Wiedereintritt in die Gefässhöhle verhindern, während endosmotische und exosmotische Tendenzen, (soweit nicht secernirt wird) sich das Gleichgewicht halten. Nun sind aber andere Röhren vorhanden, in denen der von dem Herzventrikel ausgehende Druck fehlt, und diese sind bereit, die ausgetretene Flüssigkeit, die Lymphe *), in sich aufzuneh-

---

*) Den Beweis des Zusammenhanges von Blutflüssigkeit und Lymphe hat *Müller* geliefert. (Handb. der Phys. 1te Aufl. S. 245) Die aus dem Blutgefässsystem tretende Lymphe wird bei vorhandenem Tonus der festen Organtheile durch den *impetus a*

anastomosi?

men. Diese Röhrenleitung heisst das lymphatische Gefässsystem. Lymphe

Es unterliegt keinem Zweifel, dass das Wachsthum und die Wiedererzeugung der Gewebstheile nur durch die aus der Gefässhöhle tretende Protein- und salzhaltige Flüssigkeit vermittelt werden kann. Die Frage ist aber hier die: spielt diese Flüssigkeit bei dem in Rede stehenden Oxydationsprocesse eine gewichtige Rolle, oder nicht? Um dieses zu entscheiden, müssen wir die Quantität der von dem Blute sich abscheidenden Lymphe ins Auge fassen. *Magendie* erhielt bei einer Vivisection aus dem durchschnittenen *ductus thoracicus* eines eben gefütterten Hundes mittlerer Grösse in 5 Minuten ½ Unze = 15 Cubikcentimeter Lymphe, wovon für den vorliegenden Zweck der Chylus abzuziehen wäre. Uebertragen wir dieses Quantum auf die Lebens-

---

tergo, durch den vom Herzen ausgehenden Druck, in die verhältnissmässig weiten Anfänge der lymphatischen Gefässe hinein — und in denselben weiter fortgeführt. Abwechselnder Druck durch Muskelcontraction befördert die Strömung der Lymphe wie des Venenblutes. Im weiteren Verlaufe gesellt sich als mächtiges Agens die Pectoralaspiration hinzu, und zugleich wächst, bei der angebrachten Klappeneinrichtung, der hydrostatische Druck der Lymphe gegen ihre Gefässwandung im Hauptstamme durch die Verengerung des *Lumens*, die der *Ductus thoracicus* im Verhältniss zu seinen Verzweigungen zeigt, und so erfolgt, begünstigst noch durch die Herzaspiration in der Nähe des rechten Vorhofes, der Wiedereintritt der Lymphe in das Blutgefässsystem ohne Schwierigkeit. Klar ist aber, dass jedes Hinderniss in Respiration und Circulation durch Schwächung der Pectoralaspiration oder durch Vermehrung des hydrostatischen Blutdruckes in der *vena subclavia sinistra*, der Lymphbewegung hemmend entgegentreten und dadurch zu ödematösen Anschwellungen &c. disponiren muss. Chylus?

verhältnisse eines gesunden Mannes, so werden wir als gewiss annehmen dürfen, dass bei diesem der *ductus thoracicus* in 5 Minuten nicht über 100 Cubikcentimeter reiner Lymphe liefern werde. In dem gleichen Zeitraume befördert aber der linke Ventrikel, die Capacität desselben nur = 100 angenommen, ein 350mal grösseres Flüssigkeitsquantum. Aus diesen beiläufigen Bestimmungen, bei denen die Action der Secretionsorgane füglich ausser Rechnung gelassen werden durfte, lässt sich mit Sicherheit entnehmen, dass von der, durch den linken Ventrikel ausgeschickten Flüssigkeit kein volles Procent, (vielleicht kaum ein *per mille*) die Gefässhöhle verlässt, dass mithin von 100 Theilen umkreisender Flüssigkeit 99 Theile (+ einem Bruchtheile) den Weg vom linken zum rechten Herzen, in der Röhrenleitung des Blutgefässsystemes stetig fortrückend, zurücklegen. Die physiologischen Thatsachen lehren nun, dass das von dem Körper zurückkehrende Blut der warmblütigen Thiere ohne erneuerte Sauerstoffaufnahme nicht im Stande ist, den chemischen Process im Körper zu unterhalten, dass mithin der in den Lungen von dem Blute aufgenommene Sauerstoff bei jedem Circuitus vollständig (oder nahe vollständig) zur Unterhaltung des chemischen Processes verwendet wird. Wollte man nun auch annehmen, dass der aus den Lungen dem Körper zugeführte atmosphärische Sauerstoff gleichförmig über die Blutflüssigkeit verbreitet sey, mit anderen Worten: wollte man auch, allen chemischen und physiologischen Thatsachen zum Trotz, die wichtige Rolle, welche die Blutkörperchen beim chemischen Processe spielen, zu Gunsten der Lymphe negiren, so dürfte doch immer noch behauptet werden, dass kein volles Pro-

cent des aufgenommenen atmosphärischen Sauerstoffes aus der Gefässhöhle auswandert, oder:

dass nicht der hundertste Theil des Oxydationsprocesses im Körper ausserhalb der Gefässwandungen erfolgt.

Dieser Satz wird durch physiologische Beobachtungen direkt bestätigt. Die nothwendige und nächste Folge des aufgehobenen Oxydationsprocesses ist das Aufhören der Produktion von Wärme und mechanischem Effekt, und im weiteren Verlaufe das Eintreten der Fäulniss. Allgemein geschieht dieses z. B. nach Verschliessung der Luftröhre, und örtlich sowohl nach Unterbindung einzelner Schlagadern als auch der Venen (*Segalas*). Die Verschliessung des *ductus thoracicus* dagegen wirkt ganz anders, als die der Luftröhre; sie bedingt zunächst nur lymphatische Ausschwitzung und Vernichtung der Chylopoese. Da nun die Bewegung des ausserhalb der Blutgefässe sich befindenden Plasmas nach Unterbindung des Brustganges alsbald ein Ziel finden muss, der Oxydationsprocess nichts destoweniger aber fortdauert, so ist hieraus der Schluss zu ziehen, dass dieser *liquor extra muros* bei dem vitalen Oxydationsprocesse eine jedenfalls nur sehr untergeordnete Rolle zu spielen habe. Der Heerd dieses Processes ist die Höhle des Blutgefässsystemes, das Blut aber, eine langsam brennende Flüssigkeit, ist das Oel in der Flamme des Lebens.

Unverkennbar üben die festen Theile des Organismus, die Gefässwandungen und mittelbar die Gewebstheile, insbesondere die Nervenfasern, auf die chemische Metamorphose des Blutes einen mächtigen Einfluss aus, — einen Einfluss, durch den im allgemeinen die Energie des Oxydationsprocesses erhöht, oder die Affinität gesteigert wird.

Jedermann weiss, dass in zahlreichen Fällen chemische Actionen von der blosen Anwesenheit gewisser Stoffe bedingt werden, die für sich selbst an der vor sich gehenden Veränderung keinen Antheil nehmen. Will man voraussetzunglos einer constatirten Thatsache einen Namen leihen, so kann man die Rolle, welche bei solchen Vorgängen die unverändert bleibende Materie spielt, mit dem Ausdruck „Contact-Einfluss" bezeichnen; sonst pflegt man wohl auch bekanntlich von „katalytischer Kraft" und „katalytischer Wirkung" zu sprechen; wenn aber unter Kraft nur „die, einer messbaren Wirkung proportionale messbare Ursache" verstanden werden soll *), so darf aus begreiflichen Gründen der fraglichen Erscheinung eine specifische Kraft nicht unterschoben werden.

Das durch Sauerstoff geröthete Blut behält, sich selbst überlassen, seine helle Farbe eine Zeit lang unverändert bei, verliert aber dieselbe augenblicklich während seines Durchgangs durch die Capillargefässe des Körpers; offenbar erleidet also das Blut seine chemische Veränderung unter dem Contact-Einflusse der Gefässwandungen, einem Einflusse, der sich nur in den feineren Gefässen, in denen die Berührungsfläche im Vergleich mit den dickeren Röhren beinahe bis in das Unendliche vergrössert ist, bemerkbar macht. Diese capillare Ausbreitung des Blutes findet nun in den

---

*) „Katalytisch" heisst eine Kraft, soferne sie mit der gedachten Wirkung in keinerlei Grössenbeziehung steht. Eine Lawine stürzt in das Thal; der Windstoss oder der Flügelschlag eines Vogels ist die „katalytische Kraft", welche zum Sturze das Signal gibt und die ausgebreitete Zerstörung bewirkt. — Das „katalytische" oder „paralytisehe" dieser Kraft bezieht sich zu allernächst auf die Logik, oder das Causal-Gesetz.

Lungen ebensowohl statt, als im Körper, und es erhellt hieraus, dass die Bedingungen zu einem chemischen Processe hier wie dort vorhanden sind.

Das lebende Blut besteht aus zwei mechanisch, chemisch und physiologisch wohl zu unterscheidenden Theilen, aus dem flüssigen Plasma, *liquor sanguinis*, und aus den pulverförmigen Blutkörperchen Der *liquor* hat keine, oder nur sehr geringe, die Blutkörperchen dagegen haben eine grosse Neigung, Sauerstoffgas in sich aufzunehmen. Dieses bekannte Verhalten nöthigt zu dem Schlusse, dass die Blutkörperchen es sind, die in den Lungen den atmosphärischen Sauerstoff aufnehmen, und es beruht demgemäss der vitale chemische Process im wesentlichen darauf, dass der von den Blutkörperchen resorbirte Sauerstoff mit combustibeln Blutbestandtheilen zu Kohlensäure und Wasser sich vereinigt. Die Blutkörperchen spielen in dieser Beziehung bei dem Lebensprocesse, wie das Stickstoffoxyd bei der Schwefelsäurebereitung, die Rolle eines Sauerstofflräger s.

Dass die organische Materie der Blutkörperchen an der Verbrennung Antheil nehme, dass sie nach und nach in binäre Verbindungen zerfalle, kann nicht wohl bezweifelt werden; gewiss rührt aber auch ein grosser Theil des Brennmaterials von dem flüssigen Theil des Blutes her. Berechnen wir die mittlere Blutmenge eines Mannes zu 20 ℔ und die normale Quantität der Blutkörperchen nach *Andral* à 127 pro mille, so giebt dieses 1270 Grm. Blutkörperchen, deren Kohlenstoffgehalt à 50% zu 635 Grm. angenommen werden kann. Wenn nun die Kohlensäureproduktion auf Kosten der Blutkörperchen allein erfolgen sollte, so müsste die Gesammtmasse derselben je in ohngefähr zwei Tagen verbrannt und wieder erneuert seyn. In der Anä-

mie beträgt der Gehalt an Blutkörperchen nach *Andral* häufig nur die Hälfte, bisweilen nur ein Sechstel von der normalen Menge; der Totalumsatz dieses Stoffes müsste somit hier in noch viel kürzerer Zeit vollbracht seyn *). Mit der Annahme einer solch' raschen physiologischen Metamorphose steht aber die Schwierigkeit, mit der bekanntlich die Blutkörperchen sich reproduciren, in unvereinbarem Widerspruche.

Die Blutkörperchen besitzen, der Kohle und anderen porösen Stoffen scheinbar analog, die Fähigkeit, Gasarten zu resorbiren; der Sauerstoff wird von ihnen weit stärker angezogen, als die Kohlensäure; auf diesem Verhalten beruht die physiologische Action dieser Organtheilchen. *Liebig* (a. a. O. S. 272 & seq.) leitet diese Eigenschaft von dem Eisengehalt her, und nimmt an, dass in dem schwarzen Blute das Metall als Oxydul, in dem rothen als Oxyd vorhanden sey; — eine geistreiche und exacte Theorie, womit sich alle chemischen und physiologischen Thatsachen in Einklang bringen lassen.

Wenn schwarzes Blut mit Sauerstoff in Berührung gebracht wird, so nehmen die Blutkörperchen, die sich da-

---

*) Unter sonst gleichen Umständen muss mit der Anzahl der Blutkörperchen zugleich die Sauerstoffaufnahme, der Verbrennungsprocess und die Wärmeerzeugung vermindert seyn; die Natur hat aber Mittel, diesem verderblichen Sinken der chemischen Action entgegenzuarbeiten; der Herzschlag wird frequent und stürmisch, die Circulation ist mit besonderen Geräuschen begleitet, die Respiration ist angestrengt, die einzelnen Blutkörperchen nehmen mit verstärkter Energie den Sauerstoff auf, daher nicht selten ein florides Aussehen dieser Kranken Es erklären sich hieraus die plethorischen Zustände der Bleichsüchtigen; — ein Symptomencomplex, der nicht uneben mit dem Namen *febris alba* bezeichnet wurde.

durch röthen, Sauerstoff auf, die eisenfreie Blutflüssigkeit dagegen verhält sich zunächst indifferent. Der aufgenommene arterielle Sauerstoff kann nun durch zweierlei Umstände veranlasst werden, mit organischer Materie sich zu Kohlensäure und Wasser zu combiniren. Erstens kann dieses geschehen unter Anwesenheit von überschüssigem Sauerstoff, und zweitens unter blosem Contact-Einflusse der Gefässwandungen und der Organe*). Im ersten Falle, wenn z. B. Blut mit vieler atmosphärischer Luft durch Schütteln in genaue und wiederholte Berührung gebracht wird, bleibt das Blut hellroth und die gebildete Kohlensäure wird gasförmig abgeschieden; im zweiten Falle wird das Blut schwarz und die gebildete Kohlensäure wird von den Blutkörperchen aufgenommen. In den Lungen finden beide, den Uebergang des Sauerstoffes an die organische Substanz bedingenden Momente, nemlich die Anwesenheit von überschüssigem Sauerstoff und der Contact-Einfluss, zugleich statt, und es muss unter diesen Umständen ein Theil des aufgenommenen Sauerstoffes durch das Blutroth, wie durch einen Leiter, hindurch wandern, während der übrige Theil in den Blutkörperchen bleibt und die rothe Farbe derselben bedingt; der erste Theil bildet mit organischer Materie des Blutes Kohlensäure und Wasser, der andere Theil tritt an die Stelle der venösen Kohlensäure der Blutkörperchen, und sämmtliche Kohlensäure wird bei dem im Ueberschusse vorhandenen Sauerstoff, vielleicht nach dem Diffusions-Gesetze (?) ausgeschieden.

Da unter dem Contact-Einflusse der Lungencapillaren der Kohlen- und Wasserstoffgehalt des strömenden Blutes Sauer-

*) Allmählig erfolgt dieser Process auch von selbst in dem aus der Arterie gelassenen Blute.

stoff- entziehend auf die Blutkörperchen influirt, so lässt sich voraussehen, dass die lezteren in den Lungen nicht vollständig sich sättigen können, und findet man z. B., dass die Lungen des todtgeborenen Kindes durch Lufteinblasen höher geröthet werden, als die gesunden Lungen durch die Respiration.

Jedes Individuum ist während seines Lebens oftmals äusseren Veränderungen unterworfen, und der chemische Process im Körper muss, wenn Existenz und Gesundheit bewahrt werden sollen, sich gleichzeitig bald erhöhen bald vermindern, die Oxygenation der Blutkörperchen in den Lungen und die Reduktion im Körper muss unter verschiedenen Umständen in verschiedenem Grade vor sich gehen können, der ganze Process darf sich nicht innerhalb zu enge gesteckter Grenzen bewegen. Hierauf beruht die sog. Breite der Gesundheit.

Beobachtungen, die ich in den Tropen machte, lehrten mich die Rolle kennen, welche die Blutkörperchen bei dem Verbrennungsprocesse im Körper spielen. Während einer hunderttägigen Seereise war bei der aus 28 Köpfen bestehenden Equipage kein erheblicher Krankheitsfall vorgekommen; wenige Tage aber nach unserer Ankunft auf der Rhede von Batavia verbreitete sich epidemisch *) eine acute (katarrhalisch-entzündliche) Affection der Lungen. Bei den reichlichen Aderlässen, welche ich machte, hatte das aus der Armvene gelassene Blut eine ungemeine Röthe, so, dass ich der Farbe nach glauben konnte, eine Arterie getroffen zu haben. Zugleich war das Blut sehr reich an Faserstoff **),

*) In der Seesprache heisst die Schiffsmannschaft „Volk".

**) Eine Ausnahme machte ein Matrose, Bornet. Von Brustleiden

der Kuchen blieb fest an den Wandungen der Schüssel hängen, und nach 12 — 16 St. hatten sich gewöhnlich nur einige Löffel voll wasserhellen Serums abgesondert; niemals aber zeigte sich eine *crusta phlogistica*. Nach drei Wochen, binnen derer wir nach Surabaya gesegelt waren, verschwanden die Brustleiden, bald aber traten Ruhren und acute Leberkrankheiten auf, welche, so wie das von schwarzen Schönen überkommene Contagium, unser Schiff bis zum Kap der guten Hoffnung zurück begleiteten. Da die Militär-Aerzte von dem Hospital Simpang auf Surabaya mir die Venäsectionen bei akklimatisirten Europäern als gewagt bezeichnet hatten, so beschränkte ich mich fast durchgängig auf örtliche Blutentziehungen. Bei einer reichlichen Aderlässe, welche ich zwei Monate nach unserer Ankunft in Java an einem kräftigen, von einer Leberentzündung befallenen Matrosen anstellte, fand ich eine normale schwarze Farbe des Blutes.

Aus den bisher betrachteten Gesetzen folgt mit Nothwendigkeit, dass der Temperaturunterschied zwischen der Eigenwärme des Organismus und der Wärme des umgebenden Mediums in einer Grössenbeziehung mit dem Farbenunterschiede beider Blutarten, des Arterien- und des Venenblutes stehen müsse. Je grösser dieser Temperaturunterschied, oder die Kraftproduktion, um so grösser muss auch der Farbenunterschied, und je kleiner der Unterschied der Temperatur, um so kleiner auch der der Farbe seyn. Dieser Farbenunterschied ist ein Ausdruck für die Grösse

---

verschont, wurde er zur nemlichen Zeit von einer heftigen *iritis syphilitica* befallen, gegen welche unter anderem zwei Venäsectionen in Anwendung gebracht wurden. Das Blut war reich an dunkelschwarzem Cruor, an Faserstoff dagegen arm.

des Sauerstoffverbrauches, oder für die Stärke des Verbrennungsprocesses im Organismus.

Wir erinnern hier an die Temperatur- und Farbenverhältnisse der kaltblütigen Thiere, der Winterschläfer, des Fötus, der Blausüchtigen, an die helle Röthe des Blutes, die *Thackrah* beobachtete, als er einem Patienten im warmen Bade zur Ader liess, endlich an die Farbenverschiedenheit des venösen Blutes in den verschiedenen Jahreszeiten, wie sie seit Autenrieth bekannt ist. In die letzte Kategorie fallen die so eben angeführten Beobachtungen. Die Temperaturdifferenz hatte in offener See 15 und mehr Grade betragen, die Luft war bewegt, kühlend; an der Javanischen Küste war die Differenz durchschnittlich kaum 5°, die Luft selten stark bewegt, oft ganz stagnirend. Die Natur hatte nun die Aufgabe, in einem entsprechenden Grade den chemischen Process zu vermindern *), und dieses geschah zunächst dadurch, dass die arteriellen Blutkörperchen in den Capillaren des Körpers nur unvollkommen reducirt wurden, woher die arterielle Farbe des Venenblutes. Bei längerem Aufenthalte in der heissen Zone treten aber andere Verhältnisse ein; in Folge eines veränderten Einflusses des Lungengewebes auf das in ihren Capillaren enthaltene Blut, — in Folge einer Umstimmung des Organs, die wir nicht näher zu bezeichnen im Stande sind —, und wahrscheinlich auch

*) Verminderung des Nahrungsbedürfnisses konnte ich gleichwohl nicht wahrnehmen, was sich aber aus einem zufälligen Umstande erklären mag. Es herrschte nemlich von Anfang bis zu Ende der schändlichste Geiz auf dem Schiffe *Java*, Kapitän *Zeemann*, Rheder *N. J. De Cok* in Rotterdam. Nach langer Hungerkur konnte der Organismus die Gelegenheit zu einem Wiederersatze seiner geschwundenen Vorräthe nicht unbenützt vorüber gehen lassen.

in Folge einer chemischen Veränderung der Blutkörperchen, werden diese in den akklimatisirten Individuen die Träger einer geringeren Menge von Sauerstoff, und während zuvor das Venenblut an Röthe dem Arterienblute nahe kam, wird jetzt das Arterienblut durch seine Schwärze dem Venenblute der kälteren Zone ähnlich; die Röthe der Wangen geht verloren und der Akklimatisirte erhält die bekannte atrabilarische Gesichtsfarbe.

Wie das Blatt der Pflanze einen gegebenen mechanischen Effekt, das Licht, in eine andere Kraft, in chemische Differenz verwandelt, so erzeugt der Muskel auf Kosten der in seinen Capillargefässen aufgewendeten chemischen Differenz den mechanischen Effekt. Die freie Wärme vermag weder der Pflanze für die Sonnenstrahlen, noch dem Thiere für den chemischen Process Ersatz zu bieten; jede thierische Bewegung geht unter Verbrauch von Sauerstoff, unter Bildung von Kohlensäure und Wasser vor sich; jeder Muskel, dem die Zufuhr von atmosphärischem Sauerstoff abgeschnitten wird, stellt seine Funktionen ein.

Während die Fasern sich beugen, und der Muskel, ohne eine Volumensveränderung zu erleiden, sich verkürzt, wird die bald bedeutende, bald geringe Leistung hervorgebracht; gleichzeitig geht in den Capillaren des Muskels ein Oxydationsprocess von statten, dem eine Wärmeproduktion entspricht; von dieser Wärme wird bei der Action des Muskels ein Theil „latent“ oder aufgewendet, und dieser Aufwand ist proportional der Leistung, oder dem Produkte aus dem gehobenen Gewichte in die Höhe, oder dem Produkte aus

dem bewegten Gewichte in das Quadrat der Geschwindigkeit, oder überhaupt: dieser Aufwand ist proportional dem erzeugten mechanischen Effekt. Der Muskel, um in einer bekannten Terminologie zu reden, verwendet Wärme im *status nascens* zu seiner Leistung.

Näheres über die Art und Weise, *wie* das Organ, der Muskel, die Metamorphose einer chemischen Differenz in mechanischen Effekt vollbringt, wissen wir nicht zu sagen. In unzähligen Fällen gehen die Umwandlungen der Materien und der Kräfte auf anorganischen und organischen Wegen vor unseren Augen vor, und doch enthält jeder dieser Processe ein für das menschliche Erkenntnissvermögen undurchdringliches Mysterium. Die scharfe Bezeichnung der natürlichen Grenzen menschlicher Forschung ist für die Wissenschaft eine Aufgabe von praktischem Werthe, während die Versuche, in die Tiefen der Weltordnung durch Hypothesen einzudringen, ein Seitenstück bilden zu dem Streben des Adepten. —

Kennt man die Grösse der Leistung eines Muskels, so kennt man *eo ipso* auch die Grösse der verwendeten chemischen Kraft; bei den meisten willkurlichen Bewegungen combiniren sich aber die Actionen einer ziemlich grossen Anzahl von Muskeln, und die Leistungen, welche ein und derselbe Muskel bei verschiedenen Contractionen vollbringt, sind von so verschiedener Grösse, dass es schwer hält, allgemeine quantitative Bestimmungen aus den speciellen Fällen zu abstrahiren.

Ueber die Leistung und den Verbrauch des Herzens wurden oben S. 55. annähernde Berechnungen angestellt; wir wollen damit nun eine willkürliche Muskelaction, die der

Wadenmuskeln nemlich, vergleichen, wobei wir die von *Valentin* (Lehrbuch der Physiologie des Menschen, II. 169) gegebenen Zahlen zu Grunde legen. Wir nehmen an, dass ein starker Mann durch eine mässig kräftige Zusammenziehung dieser Muskeln, auf einem Fusse stehend, sein Körpergewicht einen par. Zoll hoch heben kann, wobei der, der Verlängerung des mittleren Ansatzes der Achillessehne entsprechende Punkt der Fusssohle nahe an $1\frac{1}{2}$ Zoll vom Boden entfernt wird. Hiernach ist nun, wenn man das Körpergewicht zu 150 ℔ annimmt, die durch die einmalige Contraction des *m. gastrocnemius*, *soleus* und *plantaris* bewirkte Leistung = 6250 Grm. auf 1′ gehoben, was der Verbrennung von $\left\{\begin{array}{l}0{,}646 \text{ Milligrm.}\\ 0{,}0104 \text{ Gran}\end{array}\right\}$ Kohlenstoff, oder $5^{0}{,}53$ Wärme äquivalent ist. Das Gewicht der in Rede stehenden drei Muskeln betrug bei einer von *Valentin* vorgenommenen Wägung 896,9 Grm., und hiernach schätzen wir die Menge des in den Capillargefässen dieser Muskeln enthaltenen rothen Blutes im Minimum auf $\frac{1}{15}$ der Fleischmasse, oder auf 60 Grm. (= 2 Unzen); der Kohlenstoffgehalt von Fibrin und Albumin beträgt 2,7 Grm., folglich beträgt der bei einmaliger kräftiger Contraction verbrauchte Kohlenstoff etwa $\frac{1}{4200}$ von dem im capillaren Plasma des wirkenden Muskels enthaltenen Kohlenstoffes.

Die zur Verbrennung obiger 0,646 Milligrm. Kohlenstoff erforderliche Sauerstoffmenge ist = 1,7 Milligrm. Wir nehmen nun mit *Liebig* an, dass in dem rothen Blute das Eisen (annähernd) als Oxyd, in dem schwarzen Blute als Oxydul vorhanden sey, und finden, dass die in 60 Grm. Blut enthaltenen 48 Milligrm. Eisenoxyd bei ihrem Durchgang durch die Capillargefässe der genannten Muskeln 4,8

Milligrm. Sauerstoff abgeben, welches beinahe das dreifache der exigirten Quantität beträgt.

Bei dieser Rechnung wäre noch zu berücksichtigen, dass ein Theil des verwendeten Sauerstoffes mit Wasserstoff zu Wasser sich verbindet, und dass dieser Theil etwas mehr Wärme gibt, als der, welcher Kohlensäure bildet (etwa im Verhältniss = 4 : 3); dass ferner durch die Reduktion des Eisenoxyds in Oxydul, und durch Verbindung der gebildeten Kohlensäure mit dem Oxydul etwas Wärme einerseits „latent" andernseits frei wird. Endlich kommt noch hinzu, dass wir die Grösse der Wärmeliefernden Fähigkeit organischer Materien nicht kennen, sondern nur nach ihrem Kohlen- und Wasserstoffgehalt zu schätzen vermögen, wobei wir insbesondere über die Rolle, welche der integrirende Sauerstoff bei der Wärmeerzeugung spielt, in Ungewissheit sind. Aus dem Allem geht hervor, dass hier nur annähernde Resultate gewonnen werden konnten; immerhin wurde aber die Muskelleistung gross genug, und die Blutmenge, resp. der chemische Process, klein genug angenommen, um aus vorstehenden Zahlen mit Sicherheit den Schluss ziehen zu können, dass der chemische Process in Wirklichkeit mehr als hinreiche, um den zur Leistung nöthigen Aufwand zu bestreiten; ja wir müssen sogar als höchst wahrscheinlich den Satz aussprechen, dass der Muskel auch bei der angestrengtesten Zusammenziehung nicht im Stande sey, die ganze aus dem chemischen Processe resultirende Kraft, ohne gleichzeitige Entwicklung freier Wärme, in mechanische Leistung zu verwandeln; mit anderen Worten: dass der chemische Process stets grösser sey, als der Nutzeffekt. Gleiches findet bei den anorganischen Bewegungsapparaten, den Dampfmaschinen und Schiessgewehren, statt. (Vergl. o. S. 16.)

Die Leistung der linken Herzkammer wurde oben (S. 55.) = der Hebung von 1000 Grm. auf 1′ gefunden; auf gleiche Massen reducirt, verhält sich nun bei einmaliger Contraction die Leistung der Wade zu der des Herzens

$$= 6250 \times 136 : 1000 \times 896{,}9 = 20 : 21.$$

In Verbindung mit den myodynamometrischen Messungen *Schwann's* u. a. leitet dieses Resultat zu dem Satze: dass die mittlere Leistung eines Muskels bei einmaliger Contraction proportional ist der Masse des Muskels, oder dem Produkte aus der Zahl seiner Primitivfasern in deren Länge.

Diese These, welche sich durch Einfachheit und innere Wahrscheinlichkeit empfiehlt, kann aber keine Anwendung finden, wo es sich um eine fortgesetzte Arbeit verschiedener Muskelparthien handelt. Nehmen wir wiederum das Gewicht des linken Ventrikels nach *Valentin* = 136 Grm., das der gesammten Muskulatur aber = 32000 Grm., und setzen wir wie oben (S. 55.) die tägliche Leistung des linken Ventrikels = 202000 $\mathfrak{A}$, die tägliche Gesammtleistung der willkürlichen Muskeln (S. 45.) = 1′850000 $\mathfrak{A}$, so verhält sich die Leistung des Herzens zu der der übrigen Muskulatur, auf gleiche Massen reducirt,

$$= 202000 \times 32000 : 1'850000 \times 136 = 25 : 1,$$

und es ist also im Verhältniss zur Masse die tägliche Leistung des Herzens 25mal grösser, als die der willkürlichen Muskeln, ja selbst während der Arbeitszeit (diese zu 8 St. gerechnet) ist das Herz noch mehr als achtmal thätiger.

Auch mit der Leistung einer einzelnen Muskelgruppe verglichen, stellt sich die Präponderanz des Herzens auf das augenfälligste heraus. Hievon kann man sich sehr leicht überzeugen. Wenn man auf einem Fusse stehend mittelst

des *m. gastrocnemius*, *soleus* und *plantaris* (so man einen solchen besitzt) — übrigens unter Ausschluss der Mitwirkung des *m. tibialis posticus*, *peronäus longus et brevis* — die Ferse 1½″ in die Höhe hebt, so entspricht diese Leistung, die Niemanden schwer fällt, ungefähr einer Systole der Herzventrikel; will man aber diese Arbeit den Pulsschlägen isochronisch fortsetzen, so wird man sich gar bald genöthigt sehen, von der Concurrens mit dem Herzen abzustehen, denn wie gelähmt werden die Muskeln auch dem angestrengtesten Willen den Dienst versagen; nach kurzer Pause kann die Arbeit von Neuem beginnen u. s. f. Die Thatsache ist jedem Menschen bekannt, ihre richtige Erklärung aber ist ein physiologisches Problem von Wichtigkeit; sie folgt aus dem bisherigen von selbst. Es setzt die Muskelleistung einen entsprechenden Vorrath von atmosphärischem Sauerstoff, von arteriellem Blute voraus; da nun der Wiederersatz des Verbrauchten an eine bestimmte Zeitdauer geknüpft ist, so findet die Summe der Leistungen hierin eine Grenze, die in einer gegebenen Periode nicht überschritten werden kann; wenn der Vorrath von arteriellen Blutkörperchen in den Capillaren des Muskels verbraucht ist, so hat die Action ein Ende. Bei einmaliger Zusammenziehung wird nun die Leistungsfähigkeit nahe proportional seyn der arteriellen Blutmenge, die in den Capillaren des ruhenden Muskels sich aufzuhalten pflegt — dem Blutvorrathe, der widerum mit der Masse des Muskels im Verhältnisse steht —; wo es sich aber um die Summe der Leistungen handelt, welche ein Muskel in längerem Zeitraume hervorzubringen fähig ist, da verliert die ursprünglich gegebene Blutmenge ihre Bedeutung, und es kommt an ihrer Stelle die grössere oder geringere Leichtigkeit des fortlaufenden Wiedersatzes in Betracht; mit an-

dern Worten: es hängt dann die Productivität des Muskels einzig von der Menge des durchströmenden Blutes ab. So ist also die dauernde Leistungsfähigkeit nicht der Masse des Muskels, sondern sie ist der Masse des durchkreisenden Blutes proportional. Die momentane Leistung hängt mit den myologischen, die dauernde mit den angiologischen Verhältnissen des Bewegungsapparates zusammen.

Das Herz, welches allen Organen das Blut zusendet, hat sich selbst bei dieser Austheilung wie billig zuerst bedacht. Zwei Schlagadern von verhältnissmässig sehr beträchtlicher Grösse führen seiner Substanz das arterielle Blut zu, dessen Circulations-Geschwindigkeit grösser ist, als in allen anderen Organen. Es folgt dieses aus der Ursprungsstelle der Kranzarterien am Anfange der Aorta, aus der Kürze des Weges, den das Blut zurückzulegen hat, und aus der Anordnung der Herzvenen; diese ergiessen sich in eine gemeinschaftliche kelchartige Ausmündung, *ostium venä magnä*, unmittelbar in den rechten Vorhof, und bieten so der Aspiration eine bedeutende Fläche dar, wodurch, während das Venenblut anderer Organe gegen einen centrifugalen Druck zu kämpfen hat, das Blut des Herzens in centripetaler Richtung fortgezogen wird.

Wird das Herz durch die Regulatoren seiner Thätigkeit, durch die Nerven vom Rückenmarke aus zu vermehrten Actionen veranlasst, so wird diesem Muskel gerade durch die vergrösserte Leistung unmittelbar auch der nöthige Stoff in grösserer Menge zugeführt; bei sehr verminderter Thätigkeit dagegen erhält sich die Circulation im Herzen selbst am längsten, und dieses Organ kann noch fortfahren, che-

mische Kraft sich zuzuführen und zu verarbeiten, wenn der Pulsschlag am Handgelenke schon lange aufgehört hat.

Im Gegensatze mit dem, zu grosser Thätigkeit berufenen, Herzen zeichnet sich das Fleischpolster, womit uns Natur den Rücken gedeckt hat, ebensowohl durch indolentes Verhalten, durch geringe tägliche Leistung, als durch Gefässarmuth aus; die Muskeln der Extremitäten aber liegen in Beziehung auf Leistungsfähigkeit und Gefässreichthum in der Mitte, und zwischen diesen und dem Herzen liegen die unermüdlichen Intercostalmuskeln und das Zwerchfell. Durch Uebung werden die Muskeln vasculös, in anhaltender Ruhe aber werden sie blass. Muskeln, welche durch irgend eine Veranlassung andauernd dienstunfähig geworden sind, degeneriren in eine blutlose Masse; die Natur befolgt in weiser Sparsamkeit den Grundsatz: wer nicht arbeitet, soll auch nicht essen. Die Gebärmutter ist bald von Blute entblösst zu Leistungen unfähig, bald vermag sie, blutreich, kräftige Zusammenziehungen auszuüben. Die Wandungen der Blutgefässe selbst bedürfen, um sich activ zusammenziehen zu können, einer arteriellen Blutzufuhr; durch blosse Elasticität dagegen wird kein mechanischer Effekt producirt, daher vermögen die gelben elastischen Bänder, ohne functionelles Blut zu erhalten, ihren Zweck zu erfüllen.

Die in den Capillaren des Körpers allenthalben vor sich gehende Oxydation von Brennmaterial erzeugt eine entsprechende Menge von Wärme. Der ruhende Muskel verhält sich hier wie jeder andere bewegungslose Theil, der thätige Muskel dagegen verwendet Brennmaterial zur Produktion mechanischer Effekte. Bei jeder Muskelaction wird Wärme im *status nascens* „latent“. Wenn nun der Blutdurchlauf oder der chemische Process im Muskel nicht gleichzeitig und ver-

hältnissmässig mit der Leistung verstärkt ist, so muss die Wärmeproduktion im Muskel während der Arbeit geringer seyn, als in der Ruhe.

Besteht die Leistung in der Erhebung von 150 ℔ auf 1″, so beträgt die latente Wärme (S. o. pag. 147) 5°,53; wenn nun diese Leistung, wie oben angenommen wurde, als das Resultat einer Zusammenziehung von 896,9 Grm. Muskelsubstanz erfolgt, so beträgt der Wärmeverlust dieser Muskelmasse (die Wärmecapacität des Fleisches = der des Wassers gesetzt) bei einmaliger Contraction

$$\frac{5^0,53}{896,9} = \frac{1^0}{160}.$$

Bei fortgesetzter Arbeit summirt sich dieser Wärme-Defekt und kann durch Beobachtung wahrgenommen werden. Hieher gehört, was oben S. 50. über den Antagonismus von Wärme- und Bewegungs-Produktion allgemein gesagt wurde. *Douville (Journal de Chim. méd. VIII. Ann. Fevr.)* fand die Temperatur

bei einem Neger faul und unthätig		in der Kabane	37°
desgl.	desgl.	in der Sonne	40°,20
desgl.	thätig	in der Sonne	39°,75.

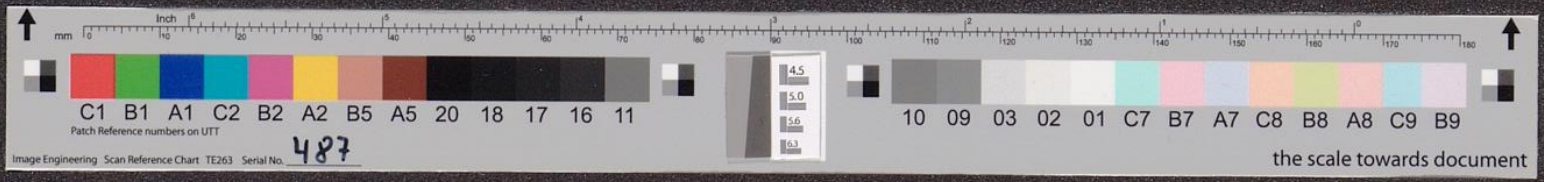
Wenn man bei grosser Kälte eine anstrengende Arbeit beginnt, so empfindet man ein Frostgefühl in den thätigen Körpertheilen. Der Holzsäger wechselt des Winters beim Beginn seines Tagewerkes häufig mit der Säge, denn durch den Handschuh hindurch friert ihn, bis er sich warm geschafft hat, in den arbeitenden Arm. Das Sägenblatt &c. erhitzt sich; den Ursprung dieser Wärme kennen wir genau; sie verdankt ihr Daseyn einer Oxydation in den Capillaren der Muskeln. Ein gewandter Schmied bringt ein

kaltes Stück Eisen durch Hämmern in's Glühen; diese Wärme aber entsteht auf Kosten der Temperatur seines Armes. *Ex nihilo nil fit.*

Der Wärmeausfall während der Arbeit würde weit bemerkbarer seyn, und die Leistungsfähigkeit der willkürlichen Muskeln wäre in enge Grenzen eingeschlossen, wenn nicht während der Arbeit sowohl örtlich als allgemein der chemische Process erhöht wäre. Der angestrengte Körpertheil turgescirt; öffnet man hier eine Vene, so entströmt das Blut in verstärktem Masse. Die Respirations- und Circulations-Bewegungen werden reflectorisch erhöht, wenn der Organismus mechanische Effekte producirt; bei jeder angestrengten Arbeit beschleunigen sich Athem und Herzschlag, und zwar für eine gleiche Leistung aus leicht begreiflichen Gründen um so stärker, je schwächer der chemische Process in dem ruhenden Individuum vor sich geht; eine Leistung, die dem Kräftigen nur wenige Athemzüge kostet, kann in blutleeren, chlorotischen, cyanotischen, scorbutischen Subjecten turbulente Vermehrung der Respiration und Circulation, Erstickungszufälle und Herzzappeln, hervorrufen.

Aber auch die kräftigsten Menschen und Thiere gerathen bei starker Produktion von mechanischem Effekte, z. B. beim raschen Besteigen einer Anhöhe, zumal belastet, in Athem und Herzklopfen. Die Natur ist darauf bedacht, ihrem Geschöpfe das nöthige Material zu seiner Anstrengung beizuschaffen *). Mit dem Zusammenhange chemischer und

*) Bei fortgesetzter und übermässig gesteigerter Anstrengung kann der quantitativ erhöhte Stoffwechsel eine qualitative Veränderung erleiden und in einen pathologischen Process ausarten. Die septischen Erscheinungen, welche man an den zu Tode gehetzten Thieren wahrnimmt, lassen sich hieraus erklären.


Inch
mm
C1 B1 A1 C2 B2 A2 B5 A5 20 18 17 16 11
Patch Reference numbers on UTT
Image Engineering Scan Reference Chart TE263 Serial No. 487
4.5
5.0
5.6
6.3
10 09 03 02 01 C7 B7 A7 C8 B8 A8 C9 B9
the scale towards document