

DIE  
**FEIERLICHE SITZUNG**

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

AM

**30. MAI 1860.**

ÜBER GRUNDGESETZE  
DER  
**NATURWISSENSCHAFT**  
UND IHRE GELTUNG  
IM PRAKTISCHEN LEBEN.



**EIN VORTRAG**

GEHALTEN IN DER FEIERLICHEN SITZUNG DER KAISERLICHEN AKADEMIE  
DER WISSENSCHAFTEN

AM XXX. MAI MDCCCLX

**DR. ANDREAS FREIH. V. BAUMGARTNER.**

Vor zwei Jahren, wo mich ein Fest wie das heutige an den Platz rief, den ich so eben einnehme, habe ich den Geist der Naturforschung unserer Zeit zu schildern versucht und dieser Schilderung einige auf dem betretenen Wege erlangte Resultate angeschlossen, letzteres nur, um die Fruchtbarkeit der neuen Richtung in der Erforschung der natürlichen Dinge zu zeigen. Erlauben Sie mir, dass ich heute in eine nähere Charakteristik des in der Kenntniss der Natur gewonnenen Standpunktes eingehe und die Anschauungen der Wissenschaft mit jenen des praktischen Lebens vergleiche.

Akademien der Wissenschaften haben in der Regel die Bestimmung, die Grenzen der Wissenschaften zu erweitern, und namentlich wird dieses als der Zweck unserer Akademie in ihren Statuten bezeichnet. Es gehören sonach in ihren Bereich eigentlich nur Arbeiten, welche die Wissenschaft bereichern. Solche waren auch immer ausschliesslich der Gegenstand unseres inneren akademischen

Wirkens. Was dadurch für die Wissenschaft gewonnen worden, zeigen die zahlreichen akademischen Publicationen. Sie sind in geräuschloser Thätigkeit zu Stande gekommen, weil man glaubte, dem Reiche der Gedanken zieme die andächtige Stille eines Tempels mehr als der laute Lärm eines öffentlichen Marktes.

Heute treten wir aber aus dem Kreise des inneren akademischen Strebens heraus und dürfen darum auch von Dingen sprechen, die dem Manne der Wissenschaft nicht mehr völlig neu sind, wenn sie nur dem Freunde wissenschaftlicher Fortschritte, der vermöge seiner Lebensverhältnisse literarischen Bestrebungen nicht ununterbrochen folgen kann, willkommen erscheinen, indem sie ihn in den Stand setzen, die vorausseilende Forschung ohne anderen Kraftaufwand als den einer kurzen Aufmerksamkeit einzuholen.

Vielleicht gewährt es auch dem selbstthätigen Forscher einiges Vergnügen, wenn ihm bereits erworbene und in Sicherheit gebrachte wissenschaftliche Schätze von Neuem vorgezählt werden, und er dabei vernimmt, welchen Werth sie auf dem Weltmarkte des praktischen Lebens derzeit haben.

Ein Grundsatz, den die Naturforschung gegenwärtig als eines der obersten Hausgesetze

der Natur betrachtet, ist der von der Beharrlichkeit des Quantum der Materie. Ein Stoff kann sich in seiner Form und in seinen Eigenschaften ändern, aber sein Quantum kann nur einer Verminderung unterliegen, wenn ein Theil vom Ganzen getrennt, oder einer Vermehrung, wenn ein fremder Theil dem Ganzen beigefügt wird. Das Totalquantum an Stoff in der Welt ist absolut unveränderlich, eine Vernichtung der Materie kann eben so wenig eintreten als ein Entstehen aus Nichts.

Diesen Satz haben schon die griechischen Philosophen anerkannt. Die älteste ihrer Schulen, die jonische, hat es ausgesprochen, „die Substanz der Dinge erhalte sich immer, nichts vergehe noch werde es“. Nur darüber war man verschiedener Ansicht, woraus alles Seiende entstanden. Man nahm die Beharrlichkeit der Substanz als ein Axiom an, das keines Beweises bedürfe. Erst Lucrez (erstes Buch von der Natur der Dinge) unternimmt es, zu beweisen, dass die Dinge nicht aus Nichts werden können. Seit den Zeiten der griechischen Philosophen hat man an der Beharrlichkeit des Stoffes nicht gezweifelt, aber erst gegen Ende des vorigen Jahrhunderts hat diese Wahrheit Lavoisier zum Leitstern bei wissenschaftlichen Forschungen erhoben und man ver-

wirft ein gewonnenes Resultat unbedingt, wenn es mit ihr im Widerspruche steht.

Im gemeinen Leben herrschen aber noch viele ihr geradezu widersprechende Vorstellungen. Der gemeine Verstand meint, wenn Wasser in einem offenen Gefässe nach und nach verschwindet, so sei es gänzlich abhanden gekommen. Er lässt das Holz im Ofen und das Öl in der Lampe durch Verbrennen, den Leichnam im Grabe durch Verwesung zu Nichts werden; er sieht das Wachsen des Baumes nicht als die Folge der Aneignung fremden Stoffes, sondern als eine Vermehrung seiner Masse aus sich selbst an, und wenn ein Samenkorn zehnfachen Ertrag liefert, so denkt er, es seien aus einem deren zehn entstanden. Es ist nicht so lange her, als es Leute gab, die es gläubig hinnahmen, dass ein berühmter Tausendkünstler dieselbe Stadt zu gleicher Zeit durch zwei Thore verlassen, dass also sein Leib doppelt existirt habe.

Als zweites Grundgesetz der Natur muss die Beharrlichkeit der Kraft angesehen werden. Im Sinne dieses Gesetzes ist alle Kraft unzerstörbar und in ihrer Grösse unveränderlich. Eine Wirkung erfolgt nur in so fern und in dem Masse, als sie von einem Träger in einen andern übergeht, sie verschwindet in Folge dieses in jenem und wird dafür in diesem in gleichem Werthe wieder ange-

troffen. Sie kann weder aus Nichts gewonnen noch in Nichts verwandelt werden. Wenn zwei gleiche Kräfte einander direct entgegenwirken, vernichten sie sich nicht, sondern es ist nur die Wirkung der einen durch die der andern suspendirt, sie machen sich gegenseitig latent, und so wie eine entfernt wird, tritt die Wirkung der andern in voller Grösse hervor.

Dieses Gesetz ist selbst von Gelehrten lange Zeit gar nicht oder doch nicht im ganzen Umfange erkannt worden, ja es wird ihm theilweise noch jetzt von einigen die Anerkennung versagt, wobei man sich auf unbezweifelte Thatsachen beruft. Man sieht die Keimkraft der Samen mit der Zeit verlöschen, Pflanzen ohne irgend eine Beschädigung verwelken, Thiere hinsterven, und glaubt daraus auf Zerstörbarkeit der ihnen eigenen Kraft schliessen zu können. Andererseits kann man sich auf Kraftwirkungen berufen, die seit Jahrhunderten ohne Unterbrechung in stets gleicher Stärke fort-dauern, und glaubt darin einen Beweis für die Unerschöpflichkeit von Kräften zu sehen. Der Graf Albert von Bollstädt, der im dreizehnten Jahrhunderte lebte und wegen seiner, alle Wissenschaften der damaligen Zeit umfassenden Gelehrsamkeit Albertus Magnus genannt wird, schrieb eine Abhandlung: *De virtutibus herbarum*,

*lapidum et animalium*, worin er Edelsteinen, die man bei sich trägt, nicht blos höchst wunderbare, aus allem Zusammenhang gerissene, sondern auch durch keine Zeitdauer verminderte Wirkungen zuschreibt. Der Onyx soll Traurigkeit, Furcht und schreckliche Phantasien erregen, der Lasurstein die Melancholie verscheuchen und das Fieber heilen, der Achat herzhaft, gefällig und angenehm machen, der Smaragd ein gutes Gedächtniss und wenn man ihn unter der Zunge trägt, die Kunst wahrzusagen verleihen, der Amethyst gegen Trunkenheit schützen und gelehrt machen. Den Korallen wird nachgerühmt, dass sie Stürme stillen und vor Wassergefahr schützen, dem Diamant, den man an der linken Seite trägt, dass er gegen Feinde, ungezähmte und giftige Bestien Schutz verleihe, dem Beryll, dass er in Streitigkeiten siegen und den Feind in die Flucht schlagen helfe etc. Gegenwärtig ist die Wissenschaft wohl von so groben Irrthümern frei, aber die Unerforschlichkeit gewisser Kräfte der Natur wird noch immer von einigen und zwar selbst von Gelehrten nicht geringen Ranges in Schutz genommen. Ein schwerer Körper, heisst es \*), übt auf eine Unter-

---

\*) C. H. Pfaff, Parallele der chemischen Theorie und der Volta'schen Contacttheorie der galvanischen Kette. Kiel, 1845.

lage, die ihn im Fallen hindert, ohne Unterlass und mit stets gleicher Stärke einen bestimmten Druck aus, und wenn das Hinderniss beseitigt ist, bewegt er sich gegen den Mittelpunkt der Gravitation mit stets wachsender Geschwindigkeit, wie sie nur bei einer ununterbrochenen Wirksamkeit der Schwerkraft stattfinden kann. Allein ein solcher Druck ist anhaltend, weil die Kraft der Schwere wie jede Naturkraft unzerstörbar ist, und unveränderlich, weil ein Übergang der Kraft an die Unterlage wegen deren Unbeweglichkeit nicht eintreten kann. Die Gravitation ist zwischen allen Körpern wechselseitig und wenn ihrer Bewegung in der Richtung dieser Kraft kein Hinderniss im Wege steht, wird ununterbrochen Schwerkraft von einem in den andern und umgekehrt übertragen und es findet somit jeder Abgang augenblicklich wieder vollen Ersatz.

Man führt an, dass ein schweres Pendel oder eine elastische Saite, einmal in Schwingungen versetzt, dieselben ununterbrochen ohne Unterlass fortsetzen würde, wenn dieser Bewegung nicht durch Reibung oder Luftwiderstand ein Ende gemacht würde. Allein solche Schwingungen treten nur in Folge einer äusseren Anregung durch eine Kraft ein. Die Fortdauer der dadurch erzeugten Bewegung ist eine Consequenz der Unzerstörbarkeit

dieser Kraft, die Schwere des Pendels oder die Elasticität der Saite bewirken bei der hiezu erforderlichen Befestigungsweise nur, dass die Bewegung eine schwingende ist, nicht aber, dass sie ohne Unterlass fort dauert.

Ein Magnet, sagt man, ist im Stande durch Streichen einer unbeschränkten Anzahl Stahlstangen dauernden Magnetismus zu ertheilen, ohne selbst die mindeste Schwächung zu erleiden. Wäre seine Kraft nicht unerschöpflich, so müsste ein Abnehmen desselben bemerklich sein. Allein zum Streichen gehört Annäherung und Bewegung, zu beiden aber ein bestimmter Kraftaufwand, und eben diesem entspricht der erzeugte Magnetismus. Dass er nicht im Verhältnisse zum angewendeten Kraftaufwande steht, hat seinen Grund darin, dass der Magnetismus im Stahl durch Streichen nicht erst erzeugt, sondern nur geordnet wird. Denn jedes Stahlmolecül ist von Natur aus ein Magnet, seine Kraft kann aber nicht nach Aussen wirken, weil sich die Pole der unzähligen, in unregelmäßiger Lagerung befindlichen, magnetischen Molecüle gegenseitig neutralisiren. Erst wenn alle gleichnamigen Pole nach einerlei Richtung gekehrt sind, kann eine Wirkung nach Aussen eintreten, und gerade dieses soll durch das Streichen bewirkt werden. Die angeführten Fälle beweisen also

keineswegs, dass es unerschöpfliche Naturkräfte gebe und es muss als feststehend angesehen werden, dass jede Kraft in Folge ihrer Wirkung und nach Massgabe derselben verausgabt werde, wie eine Summe Geldes, für welche man sich einen bestimmten Besitz erkaufte. Daraus folgt von selbst, dass man mit einer der Grösse nach gegebenen Kraft nicht eine sich fortwährend ohne Unterlass erneuernde Wirkung hervorbringen könne. Dieses ist der wichtigste Grund gegen die Annahme, dass durch Berührung zweier heterogener Metalle oder eines Metalls und einer Flüssigkeit ein dauernder elektrischer Strom unterhalten werden könne.

Bei den sich widersprechenden Anschauungen, die in Betreff des Gesetzes über die Beharrlichkeit der Kräfte in der Wissenschaft so lange herrschend waren und zum Theile noch gegenwärtig sich geltend zu machen versuchen, ist es kein Wunder, dass auch im praktischen Leben klare Einsicht förmlich vermisst wird. In allen Dingen, die einer wissenschaftlichen Pflege unterliegen, geht das praktische Leben der Wissenschaft nach, und Irrthümer in ersterem waren meistens auch früher irrige Lehrsätze der letzteren. Ein Zeitalter unterscheidet sich hierin von einem andern nur durch die Grösse des Abstandes zwischen beiden. Wen mag es unter

solchen Umständen Wunder nehmen, dass die im gemeinen Leben gangbaren Vorstellungen über das fragliche Gesetz der Natur unversöhnliche Widersprüche in sich schliessen und dass man bei einer Forschung läugnet, was man bei einer anderen zugegeben hat, ungeachtet beide demselben Gebote unterstehen? Der gemeine Verstand würde es für eine starke Abweichung von dem gewöhnlichen Gange der Dinge ansehen, wenn ein Stein plötzlich auf ebenem Boden fortzurollen anfinge, wenn die Möbel in einem Zimmer plötzlich an oder aus einander rückten, Thüren und Fenster sich öffneten, wenn eine Violine an der Wand eine Melodie ertönen liesse, ohne dass man irgend etwas diese Veränderungen Erzeugendes bemerken könnte. Man weiss ja, dass einem bewegten Körper eine Kraft innewohnt, durch die er wieder andere in Bewegung setzen kann und sträubt sich gegen den Gedanken, dass diese Kraft aus Nichts entstanden sein soll. Die Wärme an den ungeschmierten Axen eines bewegten Wagens nimmt man aber ohne Anstand als aus der Bewegung entstanden an. Dass der Knoten einer Schnur fest hält und nicht von selbst aufgeht, bedarf nach der gemeinen Vorstellung gar keiner Kraft, und doch liegt beiden letztgenannten Erscheinungen dieselbe Ursache, nämlich Reibung, zum Grunde. Man findet es ganz

natürlich, dass eine auf ebenem Boden fortrollende Kugel immer langsamer sich bewegt und endlich ruhig liegen bleibt, dass also ihre Kraft nach und nach verschwunden ist. Man hat wiederholt und nicht ohne Aufwand von Scharfsinn Vorrichtungen erdacht, durch welche ein mächtiger, in voller Eile dahin rollender Wagenzug plötzlich zum Stehen gebracht werden soll und musste daher wohl sich vorstellen, es könne jene Kraft in einem Augenblicke vernichtet werden; denn um sie an einen anderen Körper zu übertragen, dazu braucht es bestimmte Zeit. Viele halten es für eine Verschwendung von Brennstoff, dass man dem Rauche im Schornstein eine seine Umgebung übertreffende Temperatur belässt, weil sie nicht bedenken, dass eben diese höhere Temperatur den Luftzug für das Feuer hervorbringen muss, den man sonst durch ein Gebläse erzeugen müsste, da er doch nicht aus Nichts entstehen kann.

Ein drittes oberstes Gesetz der Natur ist das der Umwandelbarkeit einer Kraft in eine andere nach einem bestimmten Äquivalentverhältnisse. Wenn eine Kraft  $A$  unter bestimmten Verhältnissen wirksam ist, verschwindet sie und es tritt dafür eine andere Kraft  $B$  auf und umgekehrt. Das Quantum der verschwundenen Kraft steht zu dem der an ihre Stelle getretenen in einem festen Verhält-

nisse. Nach diesem vertreten sie sich wechselseitig und es ist eine das Äquivalent der anderen. So z. B. kann chemische Anziehung in Wärme, Wärme in mechanische Arbeitskraft, Arbeitskraft in Elektrizität, Elektrizität wieder in chemische Anziehung umgesetzt werden. Beim Verbrennen der Kohle wird die Anziehung zwischen ihr und dem Sauerstoff der Luft verbraucht und es tritt dafür Wärme auf. Diese kann eine Dampfmaschine in Bewegung setzen, wobei eine entsprechende Quantität Wärme verausgabt und an deren Stelle Arbeitskraft gewonnen wird. Durch Arbeit kann eine gewöhnliche oder magnetische Elektrisirmaschine in Bewegung kommen und Elektrizität gewonnen werden, diese endlich lässt sich im strömenden Zustande dazu verwenden, um den Bestandtheilen des Wassers, dem Sauerstoff und Wasserstoff, die bei ihrer Vereinigung zu Wasser verbrauchte Affinität wieder zurückzustellen, das heisst, das Wasser zu zersetzen.

Ob bei der Umsetzung einer Kraft in eine andere ein bestimmtes Quantum der ersteren latent und dafür ein entsprechendes bisher schlummern- des Quantum der letzteren geweckt werde, oder ob eine förmliche Umwandlung einer lebendigen Kraft in die andere stattfinde, darüber herrscht noch nicht volle Gewissheit. Für letzteres spricht die grössere Wahrscheinlichkeit. Strahlendes Licht

erzeugt Wärme, das heisst: es wird Licht verbraucht und dafür Wärme hervorgerufen. Nach der durch überwiegende Gründe unterstützten Ansicht wird hier fortschreitende Ätherschwingung vernichtet und dafür stehende Schwingung ponderabler Körpertheile erzeugt, ohne dass dadurch die lebendige Kraft der Bewegung Abbruch erleidet oder Zuwachs erhält. Wenn man durch Reibung Wärme oder aus Wärme Arbeitskraft erzeugt, so verwandelt man eigentlich Massenbewegung in Molecularbewegung und umgekehrt, ohne Änderung der lebendigen Kraft. Bei diesen Processen hat man es offenbar mit einer Umsetzung von Bewegungen und da hier die Form der Bewegung es ist, die uns als Naturkraft wirksam erscheint, mit Umsetzung von Kräften zu thun. Sollte wohl bei anderen Kraftumsetzungen ein anderer innerer Verlauf stattfinden?

Die Umsetzung einer Kraft in eine andere erfolgt nur unter gewissen Bedingungen. Nach dem dermaligen Standpunkte unseres Wissens wird zum Eintritt einer solchen Kraftmetamorphose vor allem erfordert, dass die umzusetzende Kraft im Übergange an ein anderes Substrat begriffen sei. Ruhende Kraft kann als solche nicht eine Umwandlung in eine andere erfahren. Strahlendes Licht behält seine Natur unverändert bei, so lange Äther

der Träger der Wellenbewegung ist. So wie seine Bewegung in ein anderes materielles Substrat übergeht, wird Licht in Wärme, chemische Anziehung etc. umgesetzt. Der Vorgang, wenn Lichtstrahlen einen undurchsichtigen und dunklen Körper bescheinen, wenn sie eine präparirte photographische Platte treffen, liefert einen Beleg für diese Behauptung. Soll mechanische Kraft in Wärme umgesetzt werden, so muss die Molecularbewegung vor der Bewegung der Masse als Ganzes begünstigt sein, welches der Fall ist, wenn hervorragende Theilchen die Bewegung zuerst aufnehmen. Daher nur Erwärmung bei solcher Bewegung, wo Reibung stattfindet. Kann sich die Bewegung in den kleinsten Theilchen der sich reibenden Körper nicht mit gleicher Leichtigkeit fortpflanzen, das heisst, sind sie ungleiche Leiter, so erfolgt Umsetzung von Arbeitskraft theils in Wärme, theils in Elektrizität. Reibung zwischen gleichen Leitern erzeugt nur Wärme. Soll Wärme Arbeitskraft liefern, so muss sie von einem wärmeren Körper in einen minder warmen übergeführt werden und in letzterem einen Leitungswiderstand finden. Würde die einem Dampfeylinder aus dem Kessel mittelst des Dampfes zugeführte Wärme eben so schnell durch die Cylinderwände und den Kolben abgeleitet, so könnte eine Umsetzung in Arbeits-

kraft nicht stattfinden. In einem Metallbogen, wo von einer Stelle aus nach entgegengesetzten Richtungen ein verschiedener Leitungswiderstand herrscht, weckt eine Temperaturänderung einen elektrischen Strom. Es genügt daher für einen solchen ein einziges Metall, wenn es nur von einer oder mehreren Stellen aus ungleich leitet. Man findet wahrscheinlich kein Metall, wo solche Stellen ungleicher Leitung gänzlich fehlen. Daher gibt es in der thermo-elektrischen Kette zweierlei Veranlassungen zur Elektrizitätsentwicklung, nämlich ungleiche Leitung der heterogenen Metalle und solche verschiedener Stellen desselben Metalls. Es ist klar, dass unter diesen Umständen die thermo-elektrische Reihe der Metalle nicht mit jener der Unterschiede ihrer Leitungswiderstände übereinstimmen kann.

Die Umsetzung der Kräfte zeigt sich im grössten Umfange an einer geschlossenen elektromotorischen Kette. Wäre die Geschichte der Erfindung dieser Kette nicht bekannt, so müsste man glauben, sie sei blos zu dem Zwecke ausgedacht worden, um die Gesetze und Bedingungen der Kraftumsetzung zu studiren. In einer galvanischen, aus zwei heterogenen Metallen und einem oder auch zwei zersetzungsfähigen flüssigen Leitern bestehenden Kette geht das Spiel der Kräfte nach der gegenwärtig am meisten vertretenen Ansicht

von einer chemischen Wirkung, z. B. von der Zerlegung des Wassers, Oxydation des Zinkes und Bildung von Zinkvitriol aus. Die nächste Folge davon ist Verbrauch von chemischer Kraft. Elektrizität, Wärme, Licht, mechanische Bewegungskraft, inducirende Wirkung etc. sind nur Effecte der Umsetzung der Kräfte. Die elektrische Wirkung der Kette selbst ist nur das Abbild des das ganze Spiel anregenden chemischen Vorganges, sie ist in überwiegender Masse zerlegend, während der ursprüngliche Process ein vereinigender war; in jenem wird chemische Anziehung erzeugt, in diesem verbraucht. Sowohl diese Umsetzung als alle anderen Vorgänge erfolgen nach bestimmten Äquivalenten. Sie sind insgesamt Glieder einer Reihe, deren jedes selbst der Ausgangspunkt für alle anderen werden kann. In der galvanischen Kette ist es der chemische Process, der den Reigen beginnt, bei einer Elektrizirmaschine mechanische Kraft, bei einer elektro-magnetischen Maschine der Magnetismus, bei einer thermo-elektrischen Kette die Wärme etc. Demnach kann jede Kraft elektromotorisch wirken, die ein Glied der in Wechselverkehr stehenden und sonach in einander umsetzbaren Kräfte ist.

Die allgemeinen Gesetze der Natur, von denen bisher die Rede war, können in Bezug auf mecha-

nische und chemische Kräfte, auf Licht und Wärme, Elektrizität und Magnetismus als gesichertes Eigenthum der Naturwissenschaften angesehen werden; und es erübrigt nur, dass dieselben auch für die Grundursachen der Lebenserscheinungen organisirter Körper, wenn diese überhaupt von den vorgenannten Agentien verschieden sind, Gültigkeit haben.

Die Gesetze der Beharrlichkeit der Materie und der Kraft werden bezüglich der Vorgänge beim Lebensprocesse nicht in Zweifel gezogen. Das Verlöschen der Keimkraft der Samen, das Absterben von Pflanzen und Thieren ohne bemerkliche Beschädigung, Erscheinungen, welche vielleicht als mit diesen Gesetzen in Widerspruch stehend angesehen werden könnten, lassen sich leicht aus dem Mangel an jenen äusseren und inneren Bedingungen, an welche die vitalen Processe gebunden sind, genügend erklären. Es erübrigt sonach nur mehr, von der Umsetzbarkeit der Ursachen vitaler Vorgänge in die allgemeinen vorher genannten Naturkräfte und umgekehrt zu sprechen. Dieses dürfte selbst jenen nicht überflüssig erscheinen, die das Dasein selbstständiger Lebenskräfte in Abrede stellen, weil ihnen durch den Nachweis der Möglichkeit eines Überganges der Erscheinungsursachen des Lebens in Arbeitskraft,

Wärme, elektrische oder chemische Kraft und umgekehrt der Beweis bedeutend erleichtert wird, dass man der Hypothese einer selbstständigen Lebenskraft gar nicht bedürfe, und dass das Leben der Thiere und Pflanzen nicht von anderen Agentien abhängt, als jene sind, welche die leblose Natur beherrschen.

Das Leben der Thiere und Pflanzen ist merkwürdiger Weise an dieselben äusseren Bedingungen gebunden, wie die spontane Zersetzung organisirter Körper, nämlich an Wasser, Luft und Wärme und das der letzteren verwandte Licht. Wasser und Luft üben vermöge ihrer chemischen Kräfte materiellen Einfluss, jener der Wärme ist aber ein rein dynamischer. Die Nothwendigkeit dieses Agens in jedem Stadium des Lebens der Pflanzen und Thiere kann als ein Fundamentalsatz angesehen werden, und es wird durch zahlreiche Thatsachen erwiesen, dass zwischen der Lebenthätigkeit eines Individuums und der ihm von Aussen zugeführten Wärme eine bestimmte Relation herrsche. Nach Boussingault nimmt jede jährige Pflanze vom Stadium der ersten Entwicklung bis zur Blüthe und Reife des Samens eine bestimmte Menge Licht und Wärme auf, sie mag in der heissen oder gemässigten Zone wachsen, und ihr Wachsthum steht im Verhältniss zu dem in

einer bestimmten Zeit aufgenommenen Quantum dieser Agentien. Jede Pflanze fordert zum Blühen eine, gewisse Grenzen nicht überschreitende Temperatur. Durch reichlichere und sparsamere Zufuhr von Wärme innerhalb gewisser Grenzen kann man die Zeit des Keimens von Samen beliebig beschleunigen oder verzögern. Dasselbe gilt von der Ausbildung der Larven in den Eiern der Insecten. Gewisse vitale Processe, z. B. ein Entwicklungsprocess, fordern mehr Wärme als einfaches Wachsthum. Tritonen verlangen, damit abgetrennte Gliedmassen wieder ersetzt werden, mehr Wärme als damit ihr Körper fortwachse. Kaltblütige Thiere ertragen ungünstige äussere Einflüsse, ohne abzusterven, länger bei geringerer als bei höherer Temperatur, versteht sich innerhalb gewisser Grenzen. Frösche in eine bestimmte Wassermasse eingeschlossen und verhindert über der Wasserfläche Luft einzuathmen, sterben nach Edward's Versuchen beim Gefrierpunkt ( $0^{\circ}$  C.) erst nach 367 bis 498 Minuten, bei  $50^{\circ}$  F. ( $10^{\circ}$  C.) nach 350 bis 375 Minuten, bei  $72^{\circ}$  F. ( $22.2^{\circ}$  C.) nach 35 bis 90 Minuten und bei  $90^{\circ}$  F. ( $32.2^{\circ}$  C.) schon nach 12 bis 32 Minuten. Warmblütige Thiere sind zwar von äusserer Wärmezufuhr weniger abhängig, doch steht auch ihre Lebensthätigkeit unter der Herrschaft dieses Agens. Nach Chossal können

Vögel und Säugethiere nur bei einer Temperatur fortleben, die nicht um mehr als 30° F. unter dem ihnen eigenen Wärmemass steht, sobald ihr Körper einmal alles Fett und andere brennbare Bestandtheile eingebüsst hat. Wird aber einem solchen schon dem Tode nahen Thiere Wärme zugeführt, so erholt es sich wieder.

Alles dieses deutet darauf hin, dass Wärme für Thiere und Pflanzen mehr sei, als ein blosses Mittel, schlummernde Kraft zu wecken, dass sie vielmehr eine Wirkungsform annehme, welche Lebensfunctionen zur unmittelbaren Folge hat.

Bei Pflanzen und den untersten Thierclassen stehen die Lebensfunctionen denen einer sich unbewussten Maschine nahe, welche alle durch Abnützung unbrauchbar gewordenen Theile selbstthätig wieder herstellt; aber bei den höheren Thierclassen gewinnt das Leben eine höhere Bedeutung und zwar durch Intervention des Nervensystems. Dieses ist gleichsam die oberste Behörde im Reiche des Organischen; denn alle an die Aussenwelt gerichteten Thätigkeiten gehen von ihm aus, alle Einwirkungen von Aussen gelangen an dasselbe und alle Processe, an welche Wachsthum, Ernährung und Reproduction gebunden ist, werden von ihm vermittelt und unterhalten. Die Wechselwirkung der Nervenkraft mit den allgemeinen Natur-

kräften erscheint darum für unsere Aufgabe von besonderer Wichtigkeit.

Die Functionen der Nerven bestehen darin, im Gehirn, in den Muskeln und Drüsen solche Veränderungen hervorzubringen, welche Empfindung, Bewegung und Absonderung zur Folge haben, und es dient zu jeder dieser Verrichtungen eine besondere Classe von Nerven, ja bei den Gefühlsnerven entsprechen sogar jeder specifisch verschiedenen Empfindung eigene Nerven. Damit ein Nerv seine Function vollziehe, muss er vorerst gereizt werden. Solche Reizmittel sind: mechanische und chemische Kraft, Wärme, Licht und Electricität, also alle jene allgemeinen Naturkräfte, die mit einander in Correlation stehen und gegenseitiger Umsetzung fähig sind. Schon dieses ist der Ansicht günstig, dass auch Nervenkraft zu den umsetzbaren Kräften gehöre. Die Fähigkeit eines Nerves, durch einen der vorgenannten Reize erregt zu werden, wird durch zu starke, zu anhaltende und zu rasch auf einander folgende Erregungen geschwächt und kann auch zeitweilig, ja sogar für immer aufgehoben werden. Dieses ist eine natürliche Folge des Umstandes, dass die durch einen Reiz im Nerv angeregte Thätigkeit an das Gehirn, einen Muskel oder eine Drüse übertragen wird und dass daher die Nervenkraft einer Erschöpfung

unterliegt, bis durch den Lebensprocess wieder Ersatz eintritt.

Jedes der vorbenannten Erregungsmittel bringt in einem bestimmten Nerv, wenn es ihn überhaupt zu erregen vermag, dieselbe specifische Wirkung hervor. So z. B. antwortet der Sehnerv mit Lichtempfindung, er mag durch Druck, Elektrizität oder Ätherwellen angeregt werden, ein Bewegungsnerv durch Contraction, der einwirkende Reiz mag in einem Druck, einer chemischen Affection, in Wärme oder Elektrizität bestehen. Daraus lässt sich folgern, dass jeder solche Reiz, indem er auf einen bestimmten Nerv wirkt, in demselben eine der Natur dieses Nerves entsprechende Wirkungsform annehme, d. h. in dieselbe Kraftform übergehe. Dieses findet in Folgendem eine weitere Unterstützung: Ein bestimmter Reiz, der auf specifisch verschiedene Nerven wirkt, erzeugt in jedem eine der Natur des Nerves correspondirende Leistung. So z. B. bringt Elektrizität in einem Bewegungsnerv Erregung und in Folge dessen in dem betreffenden Muskel Contraction, im Auge einen Lichtschein, im Ohr ein Poltern, in der Nase ein Prickeln wie von Schnupftabak, auf der Zunge einen eigenthümlichen Geschmack hervor.

Während eine bestimmte Art der Nerventhätigkeit Folge und Wirkung eines Reizmittels ist, kann

derselbe Vorgang Wirkung einer Nerventhätigkeit werden. Ätherwellen rufen die spezifische Thätigkeit des Sehnerves hervor und Nerventhätigkeit erzeugt bei vielen Thieren ein Leuchten. Elektrizität weckt alle physiologischen Nervenfunctionen, und ihrem Geheisse folgen Bewegungs-, Empfindungs- und Drüsenerven. Umgekehrt geht von der Nerventhätigkeit der sogenannten elektrischen Fische die merkwürdige elektrische Ladung und Entladung in diesen Thieren aus. Es enthalten nämlich diese Fische einen eigenen Apparat, der wie eine elektrische Batterie geladen und entladen werden kann. Er ist mit den Nervenmittelpunkten des Thieres mittelst grosser Nervenstränge verbunden und es gehen in seine verschiedenen Theile zahlreiche Verästlungen der Nerven. Wird diese Verbindung aufgehoben oder beschränkt, so ist dem Fische auch die Fähigkeit ganz oder theilweise benommen, die elektrische Ladung oder Entladung zu bewerkstelligen. Bei einer solchen Entladung treten alle Erscheinungen ein, die der Strom einer galvanischen Kette liefert und es ist hier die Nervenkraft das erste Glied einer Reihe von Kraftumsetzungen gerade so, wie dieses bei der galvanischen Kette ein chemischer Process, bei der Elektrisirmaschine Arbeitskraft ist.

Durch alles dieses dürfte der Beweis hergestellt sein, dass die Nervenkraft zu den einer gegenseitigen Umsetzung fähigen Kräften gezählt werden müsse oder dass sie gar in ihrer inneren Natur mit einer dieser allgemeinen Naturkräfte zusammenfalle. Welches Glied dieser Alternative der Fall der Natur sei, kann dermalen noch nicht zur vollen Überzeugung gebracht werden, doch fehlt es nicht an Gründen, welche für die letztere Alternative sprechen. Meiner subjectiven Ansicht stellt sich der Zusammenhang der fraglichen Vorgänge in folgender Weise dar: Ein erregbarer, einem lebenden Körper einverleibter Nerv ist der Sitz von Thätigkeiten, welche dahin zielen, ihn in seiner Integrität zu erhalten und für das durch den Lebensprocess Abgenützte Ersatz zu verschaffen. Dieses hat ein Nerv mit allen lebenden organischen Gebilden gemein. Der in jedem Nerv, auch im nicht erregten oder ruhenden Zustande, thätige Ernährungs- und Reproductionsprocess ist ein überwiegend oxydirender oder einem solchen gleichgeltender, daher mit Verbrauch von chemischer Kraft und in Folge dieses mit Wärmeentwicklung verbunden. Es steht nicht mit dem anatomischen Bau eines Nerves im Widerspruche anzunehmen, dass die Wärmeentwicklung nach der Längendimension eine gleichförmige, senkrecht auf

diese aber an verschiedenen Stellen eines Querschnittes verschieden sei und dass somit darin Veranlassung zum Entstehen solcher thermo-elektrischer Ströme liegen könne, die senkrecht auf der Längensaxe kreisen. Solche Ströme sind in der That von du Bois-Reymond schon im ruhenden Nerv durch sehr sorgfältige und sinnreich angestellte Versuche aufgefunden worden und es verhält sich ein erregbarer Nerv wie eine geschlossene Säule, deren positiver Pol gegen die Längensaxe, der negative gegen den Querschnitt gerichtet ist. Die Ströme eines Nerves haben sonach grosse Ähnlichkeit mit denen, welche um die Molecüle eines Magnetes kreisend angenommen werden. Es unterscheidet sich hierin ein Nerv wesentlich von andern Gebilden lebender thierischer Körper.

Wird ein Nerv durch irgend einen Reiz erregt, so muss der Stoffverbrauch in ihm grösser, und dadurch die Wärmeentwicklung als das Ergebniss des Verhältnisses zwischen Stoffaneignung und Stoffabnützung, folglich auch der daraus hervorgehende elektrische Strom geändert werden; erst nach einiger Ruhe kann der anfängliche Zustand wieder zurückkehren. In der That hat du Bois-Reymond gefunden, dass jede Erregung eines Nerves mit Abnahme des elektrischen Stromes

verbunden sei, dass eine solche Schwächung so lange anhalte als die erhöhte Thätigkeit des Nerves dauert, dass aber nach Beseitigung der Erregung die ursprüngliche Stromstärke wieder zurückkehre.

Es ist somit der chemische Umsatz der in einem Nerv enthaltenen Stoffe die erste Quelle der Nervenkraft, die Elektrizität ihre letzte Wirkungsform. Die Umsetzung der ersteren in letztere ist darum wesentlich, weil Elektrizität zur raschen Fortleitung einer Kraft in allen Stoffen, welche zu den Leitern gehören, vor allen andern Naturkräften geeignet ist, wie denn auch in einer galvanischen Kette chemische Kraft von den Zellen nur durch Elektrizität auf weit entfernte Stellen des Schliessungsdrahtes, freilich durch wiederholte Umsetzung und darum im entgegengesetzten Sinne, übertragen wird. Wie aber bei den Sinnesnerven aus einem ursprünglich chemischen Anfange und zuletzt aus Elektrizität Empfindungen und hieraus gar Gedanken entstehen, wie der Gedanke den Willen erweckt, der Wille das Gehirn afficirt, um einen Muskel zur Contraction zu bestimmen, ist uns gänzlich unbekannt und überhaupt eine der Naturwissenschaft fremde Aufgabe. Hier verlässt der physische Vorgang den materiellen Boden und tritt in ein ganz neues Gebiet über, wo die Kräfte anderen Gesetzen folgen.

Die Umsetzung der Kräfte, die wir hier im ganzen Umfange in Betrachtung gezogen haben, ist eine dem praktischen Leben völlig fremde Vorstellung; man macht zwar von ihr den ausgedehntesten und erspriesslichsten Gebrauch, kümmert sich aber nicht viel um den Ursprung der Kräfte, die man in Anwendung bringt. Der Branntweintrinker denkt nicht daran, dass die geistige Flüssigkeit in seinem Körper dem Wesen nach dieselbe Verwendung findet, wie Weingeist, den man anzündet, um von der frei gewordenen Wärme Gebrauch zu machen; dem gemeinen Mann interessirt es nicht, dass das Licht, welches einer brennenden Stearin- oder Unschlittkerze entströmt, von der chemischen Kraft stamme, welche zwischen Sauerstoff der Luft und dem Kohlenstoff und Wasserstoff des thierischen Fettes herrscht oder dass die bewegende Kraft eines Locomotives im Wesentlichen denselben Ursprung habe, wie die Kraft eines Pferdes oder eines anderen Zugthieres. Fast überall, wo Arbeit von den Schultern des Menschen an die Natur übertragen wird, geschieht dieses durch Kraftumsetzung. Durch sie macht sich der Mensch zum Herrn der Naturkräfte. Was aber im gemeinen praktischen Leben in kleinem Massstabe vorgeht, das tritt im Haushalte der Natur in unermesslichen Dimensionen ein.

Durch den Umsatz der Kräfte wird die Mannigfaltigkeit der Naturerscheinungen erhöht und der Eintönigkeit vorgebeugt. Dieselbe Kraft ist unter verschiedenen Umständen auf verschiedene Weise thätig. Man weiss, dass Elektrizität in einem festen Körper Wärme, in einer leitenden zersetzbaren Flüssigkeit chemische Zersetzung, im Eisen Magnetismus, in einem lebenden Muskel Zuckungen hervorruft. Ein Sonnenstrahl erzeugt auf einer photographischen Platte bloß chemische Wirkung, auf der Netzhaut des Auges ist seine letzte Wirkung Lichtempfindung.

Auf dem Wege des Kräfteuwandels erhält die Natur wieder zurück, was sie früher verausgabt hat. Das Licht eines faulenden Holzes ist ein Rückersatz des Sonnenlichtes, unter dessen Einfluss der Holzkörper sich gebildet hat; die Kraft, welche ein Zugpferd aus dem Hafer schöpft, ist eine Erstattung der Arbeitskraft, welche der Zugochse beim Pflügen des Haferfeldes daran gewendet hat.

Aus dem Kraftumsatze werden die grossen Wirkungen erklärlich, die oft aus geringen Ursachen hervorgehen. Ein kleiner Funke kann eine grosse Feuersbrunst erregen oder in einer Pulvermasse die zerstörendsten Kräfte hervorrufen. Die geringste Reibung an einem Knallpräparat erzeugt eine heftige Explosion; Wärme, die sich kaum

mit  $\frac{1}{1000}^{\circ}$  C. an einem gewöhnlichen Thermometer ankündigt, lenkt eine Magnethadel stark ab; Licht, das dem empfindlichsten Auge entgeht, wirkt noch auf eine photographische Platte. Alles dieses durch Übersetzung der Kräfte.

Was man den Kreislauf der Natur zu nennen pflegt, ist nicht eine ewige, eintönige periodische Wiederkehr derselben Zustände, sondern eine Reihe von Kraftumsetzungen, bei welcher zwar dieselbe Kraftsumme wieder hergestellt erscheint, die Summanden aber nicht mehr dieselben sind. Die Sonnenstrahlen vom vorigen Jahre existiren jetzt nur mehr in der Kraft des Kohlenstoffes unserer Pflanzen- und Thierwelt, und die Eiweissstoffe der dermaligen Thierkörper hätte man früher im Ammoniak der Luft und im Stickstoff anderer Verbindungen suchen müssen. Die Kraft manches Muskels von heute war vielleicht vor Kurzem noch Elektrizität oder Wärme, und was gegenwärtig unseren Körper bei behaglicher Temperatur erhält, kehrt vielleicht schon nach einiger Zeit als zerstörender Blitz aus den Wolken zur Erde zurück. Wenn alle Kräfte verbraucht und dafür andere derselben Art an ihre Stelle getreten sind, hat die Natur einen Cyklus vollbracht. Dann ist alles an ihr neu und sie ist doch im Ganzen dieselbe geblieben, wie das Schiff der Argonauten, das nach voll-

endeter Reise kein Stück des ursprünglichen Baues mehr enthielt.

Es ist begreiflich, dass diese allgemeinen Grundsätze auf die Wissenschaft einen starken reformirenden Einfluss nehmen müssen, doch würde es zu weit führen, darauf näher einzugehen, ich kann es aber nicht unterlassen, meine diesfällige Überzeugung dahin auszusprechen, dass durch diesen Einfluss die Naturwissenschaften auf eine neue Basis gestellt werden. Was hierin bereits geleistet worden, ist nicht unbedeutend, aber doch gering gegen das, was die Zeit noch weiteres bringen wird; denn mit Recht sagt Seneca: *Nulla res consummata est, dum incipit.*

---