download unter www.zobodat.at

Kraft und Stoff: und das Gesetz der Beständigkeit beider Prinzipien.

Von Dr. Eugen Dreher, weil. Dozenten an der Universität Halle.

Es war im Anfange der Vierziger Jahre des 17. Jahrhunderts, als Descartes die Prinzipien einer Philosophie entwarf, deren Fruchtbarkeit sich bis auf den heutigen Tag auf's Glänzendste bewährt hat, und die wir wegen ihrer grundlegenden Bedeutung für unsere gegenwärtigen Anschauungen als den Anfang der neueren Philosophie bezeichnen dürfen.

Geist und Materie wurden zum ersten Male von Descartes so scharf und zutreffend geschieden, dass eine Philosophie des Geistes und eine der Materie als zwei prinzipiell verschiedene Wissenschaften entstanden, in denen die Unmöglichkeit: geistige Vorgänge aus materiellen herzuleiten, wie diese ihrerseits aus geistigen, zum vollen überzeugenden Ausdruck gelangte. Um sich aber von der Schärfe dieser Beweisführung eine richtige Vorstellung zu machen, genügt es, daran zu erinnern, dass Naturforscher ersten Ranges, wie Schleiden, du Bois-Reymond u. A., auf Descartes zurückgreifen müssen, um den von den Materialisten leider noch immer nicht anerkannten Beweis zu liefern: dass Bewusstsein aus keinem stofflichen Prozesse zu erklären ist, dass materielles und geistiges Geschehen durch kein Denken zu überbrücken sind.

Indem aber so Descartes Geist und Materie in ihr Recht einsetzte, sorgte er auch für den Aufbau einer Psychologie und einer Physik. Besonders aber war es die Physik, welche Descartes mit Vorliebe und Erfolg bearbeitete, da er in der toten Natur das eherne Walten der Notwendigkeit erkannte, die es gestatte, für jedes Geschehen einen hinreichenden Grund zu verlangen, während die Willensfreiheit des Menschen den strengen Kausalnexus auf geistigem Gebiete, nach dem wir unserer Denkorganisation gemäss forschen müssen, aufhebe.

Wie aber dachte sich Descartes das Wesen der Materie, ein Problem, welches uns hier in erster Reihe interessieren soll?

download unter www.zobodat.at

Gestehen wir zu, dass die Ansichten des grossen Philosophen über das Wesen und den Mechanismus der materiellen Welt nicht widerspruchsfrei sind, wie wir dies bei allen Philosophen finden, die das Senkblei der Erkenntnis bis in die grenzenlosen Tiefen der Erscheinungen zu tauchen suchen.

Nehmen wir jetzt aber Dasjenige von den Descartes'schen Ansichten über das Wesen der Materie heraus, was anregend und fördernd auf die Entwickelung der Naturwissenschaften gewirkt hat, so müssen wir vor allem hervorheben, dass Descartes der Materie als solcher Ausdehnung und Undurchdringlichkeit und die Befähigung, von Kräften bewegt zu werden, zusprach. *)

Unter Ausdehnung der Materie verstand aber Descartes, wie wir dies heute noch thun, die Eigenschaft jedes Körpers, Länge, Breite und Dicke zu besitzen; unter der Undurchdringlichkeit die Eigenschaft der Materie, dass ein und derselbe Raum gleichzeitig von mehreren Stoffmassen nie erfüllt sein kann. Der Raum, den so ein Atom Wasserstoff z. B. ausfüllt, kann nicht gleichzeitig von irgend einer anderen Masse, von einem Stoff noch eingenommen werden. Den Grund der Undurchdringlichkeit des Stoffes verlegt also Descartes in die raumerfüllende Materie selbst, während wir heute zunächst an die abstossenden Kräfte (unendlicher Energie) der Atome denken, welche eine Berührung der Atome, d. h. also eine Berührung der Materien, zur Unmöglichkeit machen, während Kräfte sich und den Stoff durchdringen können.

Auch schied Descartes streng zwischen Materie (im engeren Sinne des Wortes) und sie bewegenden Kräften. Alle diese bewegenden Kräfte, diese Energieen, dachte er sich jedoch als stossartig wirkend, mithin als „aktuelle“ Kräfte, wobei er annahm, dass eine Kraft sich von einer Materie auf die andere verpflanzen könnte. Bei diesem Dualismus hinsichtlich Kraft und Stoff verwarf jedoch Descartes die heute übliche Annahme von „virtuellen“ Kräften, von Kraft-Anlagen also, wie die der Gravitation, der chemischen Verwandtschaft u. s. w., welche erst unter besonderen Umständen zu „aktuellen“, zu antreibenden und fortbewegenden Energien also, Veranlassung geben.

Aus den angeführten Annahmen folgt aber mit logischer Notwendigkeit das bekannte (Descartes'sche) Trägheitsgesetz oder das Axiom vom Beharrungsvermögen des Körpers, welches lehrt, dass behufs jeder Bewegung eines ruhenden Körpers ein von aussen kommender Impuls

*) Oft erklärt jedoch Descartes die Raumerfüllung als die einzige Eigenschaft der Materie und identificirt sie so mit dem Raume, eine unberechtigte Annahme, die ihm viele Angriffe zugezogen hat.

download unter www.zobodat.at

erforderlich sei und dass ein bereits in Bewegung begriffener Körper im Zustande seiner Bewegung beharre, d. h. seine Geschwindigkeit und seine Richtung stets beibehalte, wenn nicht äussere Ursachen wie Stoss, Reibung und Widerstand im weitesten Sinne des Wortes ihn daran hindern. *)

Schon um 1600 herum hatte Galileo Galilei den Grundgedanken dieses Gesetzes entworfen, indem er an einer rollenden Kugel die Betrachtung anstellte, dass dieselbe mit gleichbleibender Geschwindigkeit sich bis in's Unendliche fortbewegen würde, wenn nicht durch Kraftabgabe an Luft, an den Erdboden u. s. w., durch Widerstand also, ihre Schnelligkeit abnähme. Galilei wie Descartes betonen so beide, dass es äussere Anlässe sein müssen, welche die Geschwindigkeit eines sich bewegenden Körpers verändern sollen, indem sie es für ausgeschlossen halten, dass innere Gründe vorliegen könnten, welche eine Veränderung in der Bewegung bewirkten. Ob dem in der That so ist, ob nicht auch in dem Stoffe selber liegende Ursachen die Bewegung der Materie im Laufe der Zeit ändern können, werden wir erst später erörtern, wo wir die Frage zu beantworten haben, ob alle Eigenschaften der Materie, diese im engeren Sinne des Wortes verstanden, mit den ihr von Descartes erteilten Attributen der Raumerfüllung, Bewegbarkeit und Undurchdringlichkeit erschöpft sind. So viel steht fest, dass Galilei sowohl wie Descartes bei ihrer Auffassung von der Materie keinen Grund hatten, eine Geschwindigkeitsänderung eines sich im völlig leeren Raume bewegenden Körpers anzunehmen, sicher auch keinen für die Aenderung der Richtung. Die Bewegung jedes Sterns im Weltraume bot ihnen so das Beispiel eines Perpetuum mobile, weil sie noch keinen Weltäther annahmen, der hemmend auf diese himmlischen Bewegungen einwirken könne. **)

Descartes ging daher soweit, damals schon zu behaupten, dass die gesamte Bewegungsgrösse der Materie im Universum stets dieselbe sein müsse, welchen Gedanken später Leibniz aufnahm und Daniel Bernoulli näher durchführte.***) Dass gegen diese Annahme, mit welcher der fran-

---

*) Descartes leitet jedoch nicht dieses Gesetz aus seinen Hypothesen über das Wesen der Materie her, sondern sucht es mit der Beständigkeit Gottes in unmittelbare Beziehung zu bringen.

**) Wenn auch Descartes keinen eigentlichen Weltäther annahm, so erklärt er sich doch für ein den Weltenraum ausfüllendes Medium, mittels dessen das Auge das Licht tasten sollte. Als Gegner der Atomiostik dachte er sich diesen Stoff continuirlich.

***) Auch Maupertuis' unklarer „Satz von den kleinsten Wirkungen", der fast nur bei Euler Anklang fand, lässt sich allenfalls als eine Vorstufe des Robert Mayer'schen Gesetzes von der Erhaltung der Kraft deuten, insofern

download unter www.zobodat.at

zösische Philosoph die Aufstellung des Robert Mayer'schen Gesetzes von der Erhaltung der Kraft, des Lieblingskindes der modernen Naturwissenschaft, wesentlich anbahnte, die Erfahrung zu sprechen schien, sah Descartes wohl ein, doch wusste er sich hier in höchst scharfsinniger Weise zu helfen. Resultierte z. B. aus zwei einen Körper bewegenden Kräften Ruhe, so nahm er an, dass diese Ruhe nur phänomenal sei, dass in Wirklichkeit der Körper gleichzeitig zwei Bewegungen ausführe, die sich aber in ihrem Resultat aufheben. Um diesen metaphysischen Gedanken verständlich zu machen, wies Descartes auf ein fahrendes Schiff hin, auf welchem, um es schärfer zu kennzeichnen, ein Passagier im entgegengesetzten Sinne mit derselben Geschwindigkeit geht, wie das Schiff fährt, und zeigte, dass dieser Passagier in der That gleichzeitig zwei Bewegungen ausführt; und zwar die, welche ihm das Schiff mitteilt, und die, welche er seinem Willen verdankt.

Phänomenale Ruhe ist hiernach wesentlich verschieden von wirklicher Ruhe, denn, während bei der ersten aktuelle Kräfte wirken, die sich nur in ihren Resultaten das Gleichgewicht halten, ist bei der letzteren keine aktuelle Kraft in Wirksamkeit, sondern der Urzustand der Materie vorhanden.

Mittels dieser Betrachtungen über bewegende Kräfte gelang es Kant, einen neuen Beweis für das so wichtige Gesetz von dem Parallelogramm der Kräfte zu finden, der darauf basiert, dass, wenn zwei Kräfte gleichzeitig auf einen Körper unter einem Winkel wirken, man annehmen kann, eine Kraft von beiden Kräften bewege ihn allein, während die Ebene, auf der der Körper ruht, sich im Sinne der zweiten Kraft verschiebt. *)

Von ganz besonderer Wichtigkeit sind aber diese Betrachtungen des-

---

dieser Satz die Hypothese von der Gleichheit der Kraftgrösse in Ursache und Wirkung im Keime zu tragen scheint. Dasselbe gilt von dem ebenso wenig klaren „Satz von der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung", der schon zu Galilei's Zeiten auftauchte.

*) Die Untersuchung verschiedener Physiker führte im Laufe des 17. Jahrhunderts zu der Entdeckung des Theorems vom Parallelogramm der Kräfte, welches zuerst für Kräfte, welche unter einem Winkel von 90° wirken, bewiesen wurde. Ein recht einleuchtender Beweis dieses Gesetzes stützt sich auf die Annahme, dass es für den End-Bewegungseffekt gleichgültig ist, ob beide Kräfte gleichzeitig wirken, oder ob erst die eine und dann die andere wirkt. Hieraus folgt denn auch, dass es nur eine Resultierende geben kann, so viele und so verschiedene Kräfte auch auf einen Körper antreibend sich erweisen, welchen Satz man auch aus dem Axiom herleiten kann, dass eine Ursache auch nur eine Wirkung im Gefolge haben kann, d. h., dass die Ursache ihre Wirkung bedingt. — Leibniz' Satz vom hinreichenden Grunde.

download unter www.zobodat.at

wegen, weil sie dem Gesetze von der Erhaltung der Kraft ein Fundament verleihen, ohne welches genanntes Gesetz zu einer blossen naturphilosophischen Träumerei hinabsinken würde, bei der wir der Erfahrung auf Grund einer vorgefassten Meinung von mehr oder minder grosser Berechtigung Zwang anthun.

Bevor wir jedoch diese Bedeutung der Descartes'schen Betrachtungen würdigen lernen, müssen wir einige halb philosophische, halb naturwissenschaftliche Betrachtungen über den Begriff der Kraft und den des Stoffes voranschicken. Man würde sich sehr irren, wenn man glaubte, dass hier die Klarheit und Zuverlässigkeit herrscht, mit welcher die Schule diese Begriffe zu erörtern meint, indem sie der Physik das Reich der Kräfte, der Chemie die Materie im Grossen und Ganzen mit pädagogischer und doktrinärer Berechtigung zuweist.

Dass vielfach der Begriff der Materie den der (materiellen) Kraft mit einschliesst, ist zur Genüge bekannt, und mit einem gewissen Rechte behaupten die materialistischen Philosophen: keine Kraft ohne Materie und keine Materie ohne Kraft. Hiernach würde ein Monismus hinsichtlich Kraft und Stoff herrschen, der jedoch durch die Thatsache der Uebertragung der Kraft von einem Körper auf den andern hinfällig wird.

Trotzdem bekennen sich Naturforscher wie du Bois-Reymond und v. Helmholtz, die mit am tiefsten dem Wesen der Materie nachzuforschen trachteten, zu diesem Monismus, indem sie in Materie und Kraft zwei Abstrakta eines und desselben Etwas erkennen, welches der gemeinsame Träger beider Anschauungsformen ist. So betont Emil du Bois-Reymond in seinem Essai: „Ueber die Lebenskraft“:

„Oben liessen wir für den Augenblick die Bestimmung der Kraft als die Ursache der Bewegung gelten. Es ist dies eine bequeme Redeweise, deren man sich nicht leicht entschlagen kann, und sich ihrer auch immerhin bedienen mag. Nur darf man nie vergessen, dass der Kraft in diesem Sinne keine Wirklichkeit zukommt, sobald man an den Grund der Erscheinungen denkt. Geht man auf diesen Grund, so erkennt man bald, dass es weder Kraft noch Materie giebt. Beide sind von verschiedenen Standpunkten aus aufgenommene Abstraktionen der Dinge, wie sie sind. Sie ergänzen einander und sie setzen einander voraus. Vereinzelt haben sie keinen Bestand, so dass unser Denken, indem es das Wesen der Dinge zu zergliedern strebt, keinen Ruhepunkt findet, sondern zwischen beiden Abstraktionen hin und her schwankt.“

Wir werden später sehen, dass ein Keim von tiefer Wahrheit in diesen spinozistisch-monistischen Spekulationen liegt, welcher der Durchführung des Robert Mayer'schen Gesetzes von der Erhaltung der Kraft

download unter www.zobodat.at

unvorhergesehene Schwierigkeiten bereiten wird. In der dargebotenen Form müssen wir uns diesen Anschauungen gegenüber ablehnend verhalten, da unser Denken bei Zugrundelegung der Sinneswahrnehmungen darauf hinweist, dass Kraft und Stoff zu trennen sind, womit die Existenzberechtigung eines jeden Prinzips erwiesen ist. Sehen wir doch z. B. die ruhende Kugel, wenn sie angestossen wird, sich fortbewegen, was unserem Denken nach nur dadurch geschehen kann, dass Kraft in sie eingedrungen ist; sehen wir doch die Körper ihrer Gravitation zufolge sich nähern, was nur dadurch zu erklären ist, dass Kraft von einem Körper in den andern gewandert ist, u. s. w. Was hätte aber auch das Erhaltungsgesetz von der Kraft für eine Berechtigung im Gegensatze zu dem des Stoffes, wenn wir Einheit hinsichtlich Kraft und Materie annehmen! In diesem Falle würde es genügen, die Konstanz der Materie zu beweisen, womit auch die der Kraft gegeben wäre. Der Vollständigkeit halber ist es geboten, hier auf das Gesetz von der Erhaltung des Stoffes einzugehen, indem erst beide Gesetze: das von der Erhaltung der Kraft und das von der Konstanz der Materie in ihrer Gesamtheit die unveränderliche Grösse der gesamten materiellen Welt erweisen.

Schon im Altertum taucht der Gedanke von der Beständigkeit der Gesamtmaterie auf, ohne dass man jedoch im Stande war, ihn erfahrungsgemäss, wie es heute die Wissenschaft verlangt, zu begründen und zu bestätigen. Erst nach Anwendung der Waage war es möglich, diese Konstanz durch überzeugende Versuche festzustellen. Mithin ist es die Gravitation, eine Kraftanlage also, welche uns von der Beständigkeit des Stoffes benachrichtigt, indem sie Veranlassung zu bewegender Kraft giebt. Alle Experimente weisen aber darauf hin, dass die Gravitation mit der eigentlichen Materie so eng verbunden ist, dass stets die Gravitation direkt proportional der Materie wächst, so dass das absolute Gewicht eines Körpers den Maassstab für seine Masse hergiebt. Alle (starre) Masse gleicher Grösse besitzt daher gleiches Gewicht, so dass alle Körper gleich schnell fallen würden, wenn sie keinen Widerstand hierbei zu überwinden hätten. Hiermit ist jedoch nicht gesagt, dass die Masse, die Materie, als solche Gewicht besitzt, da dieses erst die Folge einer Anziehung einer anderen Masse ist, womit eine unerklärliche Wechselwirkung zwischen den Atomen besteht, der zufolge sie sich im Verhältnis ihrer Massen gegenseitig anziehen. Wie haben wir uns aber diese Attraktion zu denken? Ich umgehe hier die Euler-Secchi'schen Ansichten von treibenden Aetherstössen, welche die Körper auf einander schleudern sollen, weil es unmöglich ist, sich ein anschauliches Bild von

download unter www.zobodat.at

dem Mechanismus dieser Aetherstösse zu machen, und diese schon von Euler vertretene Hypothese es nicht einmal gestattet, aus ihr die Fundamentalgesetze der Gravitation herzuleiten. Ich meine die bekannten Thatsachen, dass die Gravitation in dem Maasse wächst, wie es die Masse verlangt, und an Stärke abnimmt, wie es das Quadrat der Entfernung erheischt. Ich wende mich daher der alten Newton'schen Attraktionshypothese zu, da diese behufs der Erklärungen der Gravitationsphänomene im höchsten Grade das leistet, was man von einer Hypothese verlangen kann.

Hierbei verkenne ich am wenigsten, dass diese Hypothese an sich, wie im Grunde genommen jede Hypothese, Widersprüche in sich birgt, so dass sie uns bei ihrer Zergliederung unbefriedigt lässt, ein Schicksal, das sie bei richtiger Besichtigung mit allen ihren Genossinnen teilt, das jedoch der Denker nicht zu allen Zeiten gleich schroff empfindet. Denn schwelgen wir in den Erfolgen, zu denen uns eine Hypothese geführt hat, so übersehen wir nur gar zu leicht ihre Mängel; zergliedern wir hingegen die Hypothese auf ihren Inhalt, so vergessen wir nur zu oft die Dienste, welche sie uns geleistet hat, und verlieren den Grund aus dem Auge, warum wir sie aufgestellt haben.

Was aber an der Gravitationshypothese schon Euler am unangenehmsten berührte, war die Annahme einer **„Wirkung in die Ferne“**, die sie voraussetzt. Wie soll aber ein Atom dort wirken, wo es gar nicht ist, um mit Zöllner zu sprechen? Wie soll der leere Raum das eine Atom von der Gegenwart eines anderen benachrichtigen, so dass dieses weiss, wohin es sich zu bewegen hat?

Alle diese Einwände und noch andere gegen die Newton'sche Gravitationshypothese haben ihre volle Berechtigung, die schon Newton anerkannte, weswegen er es bereits versuchte, die Annahme einer Wirkung in die Ferne dadurch zu umgehen, dass er die Wirkung der Gravitation durch ein den Raum erfüllendes Medium zu erklären trachtete. Da er sich bald von der Erfolglosigkeit dieses Versuches überzeugte, so nahm er wieder zu der Hypothese einer Wirkung in die Ferne seine Zuflucht, wobei er den leeren Raum als den Vermittler der Gravitationskraft, als das „sensorium Gottes“ erachtete.

Doch wie haben wir uns diese Gravitation zu denken?

Nach meiner Meinung bleibt hier nichts Anderes übrig, als anzunehmen, dass von jedem Atom aus nach allen Richtungen des Weltalls hin Kraftstrahlen ausgehen. Diese Kraftstrahlen vermögen in die Atome einzudringen und werden dort in aktuelle Kräfte, also in bewegende Kräfte umgesetzt, welche die Atome im umgekehrten Sinne der Bewe-

download unter www.zobodat.at

gung der Kraftstrahlen rückwärts treiben. Hierbei müssen wir voraussetzen, dass jedes Atom einen unerschöpflichen Vorrat von Kraft besitzt, von dem es räumlich und zeitlich vollkommen gleichförmig ausstrahlt. Diese Ausstrahlung muss aber unendlich schnell erfolgen, weil keine nachweisbare Zeit dazu gehört, damit ein Atom das andere beeinflusst. Diese fast momentane Wirkung der Gravitation bringen wir aber dadurch unserem Verständnisse näher, wenn wir in Betracht ziehen, dass die ausgestrahlte Kraft keinen Widerstand zu überwinden, nichts mit sich fortzuschleppen hat, während aktuelle Kraft sonst, selbst im völlig leeren Raume, Materie bewegt, wodurch dieselbe Kraft eine grössere Masse auch entsprechend langsamer mit sich fortzieht.

So sehen wir denn, dass eine virtuelle Kraft wie die Gravitation zu aktueller Kraft Veranlassung geben kann, welche letztere sich als das Gewicht des Körpers kennzeichnet. Da aber Gewicht und Masse proportional wachsen, so benachrichtigt uns das Gewicht von der Masse des Körpers. Finden wir daher, dass eine Masse nicht an Gewicht verloren hat, wobei wir gewöhnlich die Erdoberfläche mit ihrer Gravitationsintensität als den Ort der Wägungen betrachten, so schliessen wir hieraus, dass sie weder eine Vermehrung noch eine Verminderung erfahren hat.

Die Wirkung in die Ferne müssen wir aber auch bei anderen Kräften, wie bei der chemischen Verwandtschaft, der abstossenden Kraft der Atome u. s. w., annehmen, bei Kräften also, die ohne Vermittelung eines Weltäthers ihre Wirkungen ausüben, ja sogar bei den Atomen des Weltäthers selbst.

Fragen wir uns aber jetzt, was Kraft ist, so müssen wir nach dem Erörterten die Antwort zweifach formulieren, insofern wir zwischen aktueller und virtueller Kraft als zwischen verschiedenen Manifestationen der Energie zu unterscheiden haben.

Aktuelle Kraft ist aber die Ursache der Bewegung eines Körpers, oder, richtiger gesagt, das unwahrnehmbare Agens, welches ihn bewegt oder ihn zu bewegen sucht.

Virtuelle Kraft (oder eine Kraftanlage) ist aber die Vorstufe zu aktueller Kraft, ein Etwas mithin, welches als solches, in dieser unverwandelten Form, nichts bewegt und auch nichts zu bewegen strebt.

Wenn daher die Physik die Wärme, das Licht, die Elektricität und den Magnetismus als „Kräfte“ bezeichnet, so ist dies für den heutigen Standpunkt der Wissenschaft eine nicht zutreffende Benennung, insofern

download unter www.zobodat.at

die Physik, welche einst an imponderabile Stoffe glaubte, selbst den Nachweis geliefert hat, dass die genannten Kräfte Schwingungsformen der kleinsten Massenteilchen, der Moleküle oder Molekel, der (wahrnehmbaren) Körper, mithin stoffliche Bewegungen sind. Dass sich diese Schwingungen auf den Weltäther übertragen und diesen in Vibration setzen, wodurch sich Wärme, Licht u. s. w. fortpflanzen, nimmt diesen Bewegungsformen trotz aller ihrer Geschwindigkeit nicht ihren stofflichen Charakter, da auch der Weltäther, so fein er auch sein mag, als Stoff erachtet werden muss. Der Umstand aber, dass verhältnismässig nur sehr geringe Massen bewegt werden, bedingt mit der grossen Elasticität des Weltäthers diese erstaunliche Schnelligkeit der Fortpflanzung der Aetherwellen. Streng genommen sind also nicht Wärme, Licht, Elektricität und Magnetismus Kräfte, sondern Kräfte sind diejenigen Agentien, welche die genannten materiellen Bewegungsformen, sei es bei der gewöhnlichen Materie, sei es beim Weltäther, veranlassen, Bewegungsformen, welche man früher als imponderabile Stoffe erachtete und so von einem Lichtstoff, Wärmestoff u. s. w. sprach.

Bevor Robert Mayer sein bahnbrechendes Gesetz von der Erhaltung der Kraft in weitestem Umfange aufstellte, welches berufen zu sein scheint, dereinst das Fundament der physikalischen Disciplinen zu bilden, musste die Wahrscheinlichkeit vorliegen, dass Wärme, Licht, Elektricität und Magnetismus Bewegungsformen der Materie seien, damit man diese Molekular-Bewegungen des Stoffes auf Massenbewegungen und umgekehrt zurückführen und in Zusammenhang bringen konnte. Dies geschah teils durch Robert Mayer's eigene Untersuchungen, vor allem aber durch die von Rumford, Joules und Magnus, welche herausstellten, dass eine bestimmte Arbeitsgrösse ein bestimmtes Wärmequantum zu erzeugen vermag wie umgekehrt (Erhitzung des Wassers z. B. bei Bohrversuchen an Kanonen. Rumford). Erwähnung verdient noch, dass Kant bei Zugrundelegung der physikalischen und chemischen Kenntnis seiner Zeit auf rein spekulativem Wege zu dem Ergebnis gelangte, dass Wärme eine Molekular-Bewegung sein müsse, womit auch er ein grösseres Verständnis von dem Zusammenhange der Naturkräfte anbahnte. Dass man den Zusammenhang der Naturkräfte vielfach unrichtig gedeutet hat, indem man die Wirkungen von Wirkungen als unmittelbare Effekte ihrer entfernten Ursachen ansah und sich so ein teilweise trügerisches Bild von einer den ganzen Mechanismus des Alls durchwebenden „Kraftmetamorphose“ machte, die v. Helmholtz in seinem Essai: „Ueber die Entstehung des Planetensystems“ mit dem Walten des Erdgeistes in Goethe's „Faust“ zutreffend vergleicht, herausgebildet

download unter www.zobodat.at

hat, werden wir später erörtern, wo es uns obliegt, die Bedeutung des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft zu kennzeichnen.*) Erwähnung finde jedoch hier, dass Dühring schon richtig erkannte, dass man mehrfach mit dieser Kraftmetamorphose viel zu weit gegangen ist, indem man auch an Kraftumwandlungen glaubte, welche dem Wesen der Kräfte widerstrebten. Hier genügt es, darauf hinzuweisen, dass eine unverkennbare Gleichwertigkeit zwischen Molekular-Bewegungen und Massenbewegungen besteht, welche sich in der von ihnen in einer bestimmten Zeiteinheit verrichteten Arbeit kundgiebt.

Robert Mayer war es nun, der um die Mitte dieses Jahrhunderts das Gesetz von der Erhaltung der Kraft in seiner Allgemeinheit richtig auffasste, wie v. Helmholtz betont, und der meiner Ueberzeugung nach es auch am schärfsten begründete, soweit sich dies eben thun liess. Diese strenge Begründung geschah aber dadurch, dass er kausalgemäss nach der Kraftgrösse von Ursache und Wirkung forschte, und sich so nicht damit begnügte, wie das heute leider vielfach üblich ist, das Auftreten einer neuen Kraft mit einer soeben verschwundenen, wenn beide Energieen nur gleichwertig sind, in direkte Verbindung zu bringen.

Die Grundsätze aber, welche Robert Mayer bei seiner Methode leiteten, waren in dem schon in der Scholastik üblichen Theorem enthalten, dass Ursache und Wirkung (quantitativ) gleichwertig sein müssen, da von dem einmal Bestehenden weder etwas verloren gehen, noch zu dem Vorhandenen etwas hinzukommen könne, Axiome, welche Descartes bei seinen Untersuchungen auch schon geleitet hatten, und die ihn zur Aufstellung des Gesetzes von der Erhaltung der Bewegung, das wir vorher erörtert haben, führten.

Indem nun Robert Mayer einen scharfen Dualismus hinsichtlich Materie und Kraft voraussetzte, so schloss er folgerecht: in der Wirkung müsse dieselbe Kraftgrösse vorhanden sein wie in ihrer Ursache. Hiernach wandert, um mich bildlich auszudrücken, das Kraftfluidum von Ursache zur Wirkung, indem es, der Konstellation des Stoffes in der

*) Daselbst heisst es: „Auch das Weltall hat seinen begrenzten Vorrat an Kraft, der in ihm arbeitet unter immer wechselnden Formen der Erscheinung, unzerstörbar, unvernichtbar, ewig und unveränderlich, wie die Materie.“ Kraft und Materie werden hier also als zwei besondere Prinzipien gegenübergestellt, eine Unterscheidung, die v. Helmholtz in seinem Essai: „Thatsachen in der Wahrnehmung“ noch eingehender begründet, während er im Widerspruche zu dieser dualistischen Auffassung von Kraft und Stoff, wie schon bemerkt, auch einer monistischen das Wort redet. („Lehrbuch der physiologischen Optik.“)

download unter www.zobodat.at

Wirkung sich anpassend, seine neue Form und Verteilung annimmt. Wenn aber dies für jeden Fall gilt, so kann der Kraftvorrat im gesamten Haushalte der Natur keine Aenderung erfahren, indem die einmal vorhandene Kraftgrösse bei allem Wechsel ihrer Form, bei aller Zersplitterung doch konstant bleibt.

Gegen dieses Gesetz von der Erhaltung der Energie in seinem vollen Umfange schienen Robert Mayer jedoch diejenigen Erscheinungen zu sprechen, bei denen ein relativ geringer Anlass eine grosse Wirkung im Gefolge hat, wie dies z. B. bei Explosionen der Fall ist. Hier hielt es Robert Mayer für denkbar, dass die Kraftgrösse der Ursache kleiner sei, als die ihrer Wirkung, womit selbstverständlich die Allgemeingültigkeit seines Gesetzes fallen musste, das auf der Annahme der Gleichwertigkeit der Kraftgrösse von Ursache und Wirkung ruht.

Aber noch ein anderes Bedenken hatte der Heilbronner Arzt gegen sein Gesetz von der Konstanz der Energie. Die Erfahrung lehrt nämlich, dass der Wille, der Geist also, in das Getriebe der materiellen Welt einzugreifen vermag. Damit der Wille aber Bewegungen hervorrufe oder verändere, muss er materielle Kraft hergeben, womit der Vorrat an aktueller Energie im Haushalt der Natur eine Vermehrung erfahren würde, ohne dass irgend welche virtuelle Kraft verloren gegangen ist. Den Willen selbst als einen stofflichen Prozess aufzufassen, wie dies die Materialisten thun, dazu konnte sich Robert Mayer bei seiner streng dualistischen Weltanschauung, die Geist und Materie im Sinne Descartes' als zwei verschiedene Prinzipien erachtete, durchaus nicht bequemen. Bei seinem Scharfsinn verschwieg er sich daher nicht, dass sein Gesetz von der Erhaltung der Energie unversöhnlich mit einem strengen Dualismus hinsichtlich Geist und Materie sei und so der materialistischen Weltanschauung, die stoffliche Vorgänge mit seelischen identificirt, das Wort rede.

E. Dühring tadelt in seinem Werke: „Robert Mayer, der Galilei des Neunzehnten Jahrhunderts" diese Vorsicht des philosophisch denkenden Naturforschers; wir hingegen loben sie, da sie ein Zeugnis davon ablegt, dass Robert Mayer die Unmöglichkeit erkannte, die materielle Welt mit der des Geistes gedanklich zu überbrücken, und da sie gleichzeitig beweist, dass er den Erscheinungen und Thatsachen seiner Theorie zu Liebe keinen Zwang anthun will, wie wir dies auch im vorigen Falle gesehen haben. Robert Mayer bewährt sich mithin hier als wahrer Forscher, der die Erscheinungen zwar dem Denken unter zu ordnen trachtet, nicht aber die Macht der Erfahrung unter das Joch des Denkens auf dem Wege des Zwanges zu bringen sucht. Das Denken hat sich

download unter www.zobodat.at

eben trotz voller Berechtigung seiner Organisation der Erfahrung anzupassen, und, wo es dies nicht kann, steht es vor einem ungelösten Problem.

Jede auf Kausalität sich gründende Erkenntnis ist eine Uebereinkunft zwischen der Denkorganisation unseres Ich und der auf das Ich einwirkenden Erscheinungswelt.

Das Gesetz von der Erhaltung der Energie oder Kraft ist für Robert Mayer mithin kein naturwissenschaftliches Axiom, dem sich die Erfahrungen zu beugen haben, sondern ein wohl motiviertes Theorem, das sich an der Erfahrung immer von neuem zu bewähren hat. Trotzdem dass sich gerade in der modernen Naturkunde eine Richtung geltend macht, welche das genannte Gesetz als einen naturwissenschaftlichen Grundsatz hinzustellen sucht, dem die Erscheinungen Rechnung tragen müssen, teilen wir dennoch den Standpunkt Robert Mayers hinsichtlich genannten Gesetzes, weil diese Auffassung allein als wissenschaftlich bezeichnet werden muss.*)

---

*) So heisst es im „Lehrbuch der Physik und Meteorologie“ von Dr. Joh. Müller (8. Auflage 1881 Seite 254—255) in Betreff der Kontakthypothese über den Ursprung der elektromotorischen Kraft:

„Nach Volta würde also ein Stück Zink und ein Stück Kupfer allein durch ihre Berührung auf beliebig lange Zeit als Elektricitätsquelle auftreten können. Das isolirte Zink-Kupfer-Element würde hiernach die Rolle einer unerschöpflichen Franklin'schen Tafel spielen. So oft man auch die freie Elektricität des Zinks und des Kupfers ableiten würde, immer soll sich dieselbe von neuem ersetzen, ohne dass dazu Etwas verbraucht würde.

Diese Ansicht ist nun im unlösbaren Widerspruche mit dem Gesetze von der Erhaltung der Energie. Denn wäre es möglich, von dem Zink-Kupfer-Element nach und nach beliebig grosse Mengen zu gewinnen, so könnten wir durch Wiedervereinigung dieser Elektricitäten auch beliebige Mengen von Wärme und Arbeit, also überhaupt von Energie erzeugen, also Energie aus Nichts hervorbringen. Das Perpetuum mobile wäre in der That erfunden.“

Man sieht hier deutlich, dass das Gesetz von der Erhaltung der Kraft als Grundsatz hingestellt wird, dem sich die Erscheinungen und Thatsachen fügen müssen. Wie bedenklich es aber ist, von gewissen philosophisch einseitig berechtigten Axiomen auszugehen und zu verlangen, dass die Natur ihnen auch voll und ganz Rechnung trage, lehrt die Geschichte der Naturwissenschaften gerade mit am besten.

Wie anders stand es vor ungefähr 50 Jahren noch, wo sowol die Arbeit von Robert Mayer als die von v. Helmholtz über die Erhaltung der Kraft als unwissenschaftlich von der bekannten Redaktion der Poggendorff'schen Annalen für Physik und Chemie abgelehnt wurde. Schaute die genannte Redaktion nicht den Robert Mayer'schen Lichtgedanken, oder waren es zu viele Bedenken, welche sie gegen die Durchführung eines Gesetzes von der Erhaltung der Energie einnahm?

download unter www.zobodat.at

Bei unserer Beurteilung und Durchführung des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft werden wir daher stets mit Robert Mayer fragen: Bewährt sich auch hier das Gesetz von der Erhaltung der Energie, indem die Kraftgrösse der Ursache gleich der ihrer Wirkung ist? —

Woran erkennen wir aber die Grösse einer Kraft?

Die einzige Antwort, die wir hierauf geben können, lautet: An der Wirkung, welche sie in einer bestimmten Zeiteinheit hervorbringt. Fast überflüssig erscheint es zu bemerken, dass die Zeit in Rechnung gezogen werden muss, um die Grösse einer Kraft aus ihrer Arbeitsleistung zu bestimmen, da ja selbstverständlich die kleinsten Kräfte bei hinreichend langer Zeit die grössten Wirkungen verrichten können, wie die grössten Kräfte in höchst geringer Zeit stets nur kleine Leistungen hervorbringen werden. Immerhin sind so häufige, schwer ins Gewicht fallende Irrtümer dadurch entstanden, dass man eine Kraftleistung ohne Zeitbestimmung für den Massstab der Grösse der die Arbeit bewirkenden Kraft ansah, dass ich es für geboten erachte, auf die Zeit als mit massgebend für die Grösse der Kraft aufmerksam zu machen. Das Produkt aus Masse und Weg bestimmt also blos die Grösse der Arbeitsleistung einer beliebigen Kraft. Ziehe ich hierzu noch die Zeit in Betracht, so ist mit Masse mal Weg auch die Grösse der Kraft selbst gekennzeichnet.

Nun stossen wir aber auf die von Descartes schon erörterte Thatsache, dass, wenn Kräfte bei der Bewegung eines Körpers unter einem Winkel zusammen wirken, scheinbar Kraft verloren geht. Wir erklären uns aber diesen Verlust als einen blos phänomenalen, indem wir mit Descartes annehmen, dass der Körper in diesen Fällen mehrere Bewegungen gleichzeitig ausführt, aus denen seine Ortsveränderung resultiert. Wir müssen aber zu dieser erlaubten Annahme unsere Zuflucht nehmen, wenn wir dem Gesetze von der Erhaltung der Energie voll und ganz Rechnung tragen wollen, wie der Lauf dieses Essai näher herausstellen wird.

Zu welchen zwar klaren, aber immerhin verwickelten Vorstellungen uns das genannte Gesetz aber führt, mag nachfolgender, sehr einfacher Fall lehren. Angenommen: zwei völlig gleiche Kugeln absolut starrer Masse stossen bei gleicher Geschwindigkeit unter einem Winkel von 180° direkt aufeinander, so würde nach dem Gesetze von der Erhaltung der Energie deswegen Ruhe eintreten, weil die Hälfte der Kraft jeder Kugel in die

---

In Betreff der Durchführung der Kontakthypothese des Ursprungs elektromotorischer Kraft verweise ich auf meine Abhandlung: „Ueber die Entstehung der galvanischen Ströme.“ (Die Natur, Halle a. S., Nr. 13, 1890.)

download unter www.zobodat.at

andere Kugel wandert, womit in jeder Kugel zwei gleiche Kräfte vorhanden sind, welche im entgegengesetzten Sinne wirken. Dass diese Ruhe, das Resultat sich entgegenarbeitender gleichwertiger Bewegungen, aber blos phänomenaler Natur ist, haben wir bereits erörtert. Könnten wir mit unseren Sinnen in das Wesen der Körper dringen, so würden wir einen wesentlichen Unterschied zwischen phänomenaler Ruhe und wirklicher (durch Kräfte nicht bedingter) Ruhe wahrnehmen.

Nun aber lehrt die Erfahrung, dass eine nach dem Gesetze vom Parallelogramm der Kräfte resultierende Kraft genau so wirkt, wie eine einfache, das heisst geringer, als die Summe ihrer Komponenten es verlangt. Hiermit fehlt denn der Massstab für die Grösse einer Kraft, da einfache Kräfte, obwohl von geringerer Energie, sich dennoch als gleichwertig zusammengesetzte Kräfte erweisen, so dass die Durchführung des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft an nicht vorausgesetzten Klippen zu scheitern droht.

In dieser Verlegenheit kommt uns aber eine höchst merkwürdige und beachtenswerte Thatsache zu Hülfe, die, obwohl sie zunächst dem Gesetze von der Erhaltung der Kraft augenscheinlich widerstrebt, dennoch, richtig gedeutet, diesem Gesetze eine unverkennbare Stütze verleiht. Ich meine den Umstand, dass bei der Zerlegung einer Kraft nach dem Gesetze von dem Parallelogramm der Kräfte Energie in demselben Maasse gewonnen wird, wie sie bei der Kombination der Kräfte verloren geht. So ist beispielshalber bei dem Fall eines Körpers auf der schrägen Ebene die Summe der Kräfte, mit welcher der Körper gleichzeitig auf die Ebene drückt und mit welcher er die Ebene abwärts gleitet, grösser als die Kraft, mit welcher er, dem Zuge der Erde folgend, zu fallen strebt. Offenbar resultieren aber aus der zuletzt genannten Energie die beiden vorher genannten Kräfte. Bei der Anwendung des Keils findet gleichfalls eine Kraftvermehrung statt.

Wie ist dies aber bei der Prämisse des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft denkbar?

Um dieses Problem nach Verdienst zu würdigen, müssen wir darauf zurückgreifen, wie die Physik diese Kraftzerlegung beweist oder, richtiger gesagt, zu erklären sucht. Wie bekannt, geht man hierbei von der Annahme aus, dass eine einfache (ursprüngliche) Kraft gleichwertig einer kombinierten sei, wenn diese in derselben Zeit dieselbe Arbeit verrichtet. Diese Annahme ist jedoch nicht richtig, da die kombinierte Kraft stets grösser als die einfache ist, indem die Summe zweier Seiten eines Dreiecks stets grösser als die dritte Seite ist. Der Beweis für die Zerlegung einer Kraft nach dem Gesetze von dem Parallelogramm der Kräfte, den

download unter www.zobodat.at

wir der theoretischen Mechanik entlehnt haben, ist daher durchaus nicht zwingend.

Gehen wir aber jetzt von der völlig berechtigten Annahme aus, dass keine Kraft, mit der wir es heute zu thun haben, einfacher (ursprünglicher) Natur ist, sondern eine resultierende von unermesslich vielen Impulsen, aus der man durch passende Operationen wieder Komponenten oder Resultanten aus diesen gewinnen kann, so eröffnet sich eine Perspektive der Möglichkeit, das Gesetz von der Erhaltung der Kraft auch in diesen Fällen aufrecht zu erhalten.

Eine Kraftzerlegung einer ursprünglichen Kraft im Sinne des Gesetzes von dem Parallelogramm der Kräfte ist hiernach unmöglich, es sei denn, dass diese Zerlegung unter 180° erfolgt, in welchem Falle die Kraft einfach eine Teilung erfährt. Die Menge von Energie, die bei der Kombination von Kräften scheinbar verzehrt wird, wenn Kräfte unter einem Winkel einen Körper zugleich angreifen, tritt wieder in Geltung, wenn die kombinierte Kraft eine angemessene Zerlegung nach dem Theorem von dem Parallelogramm der Kräfte erfährt. Aber auch Schwierigkeiten anderer Art türmen sich bei der Durchführung des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft auf.

Denken wir uns z. B., dass sich zwei Körper ihrer Gravitation zufolge anziehen, so lehrt die Empirie, dass eine Kraftvermehrung stattfindet, weil die aktuelle Kraft der Körper sich vermehrt, während ihre virtuelle Kraft, ihre Gravitation, nachweisbar keine Abnahme erfährt. Ich will hier gleich bemerken, dass sich diese Fälle mit dem Gesetze von der Erhaltung der Kraft bei Annahme der von mir vorher erörterten Hypothese von der Wirksamkeit der Gravitation allenfalls aussöhnen lassen. Doch halte ich es jetzt für geboten, darauf einzugehen, wie v. Helmholtz, der sich wohl die meisten Verdienste um die Einbürgerung des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft in der Wissenschaft erworben hat und der behufs Durchführung dieses Gesetzes eine Methode befolgt, die als originell bezeichnet werden darf, genanntes Gesetz zu beweisen trachtet. Diese Methode besteht aber darin, dass v. Helmholtz nachzuweisen sucht, dass in den Fällen, wo eine Kraft verschwindet, eine andere, ihr gleichwertige in Erscheinung tritt.

So erklärt denn v. Helmholtz in seinem Essai „Ueber die Erhaltung der Kraft“: „Wenn nun eine gewisse mechanische Arbeitsmenge verloren geht, so wird, wie die darauf gerichteten Untersuchungen übereinstimmend gelehrt haben, ein entsprechendes Aequivalent von Wärme gewonnen, oder statt dieser auch von chemischer Kraft; und umgekehrt; wenn Wärme verloren geht, gewinnen wir eine äquivalente Menge von

download unter www.zobodat.at

chemischer oder mechanischer Arbeitskraft, und wenn chemische verloren geht, von Wärme oder Arbeit, so dass bei allen diesen Wechselwirkungen zwischen den verschiedenartigen unorganischen Naturkräften Arbeitskraft zwar in einer Form verschwinden kann, dann aber in genau äquivalenter Menge in anderer Form neu auftritt, also weder vermehrt noch vermindert wird, sondern immer in gleichbleibender Menge bestehen bleibt.

Dass dasselbe Gesetz auch für die Vorgänge der organischen Natur gilt, so weit bisher die Thatsachen geprüft sind, werden wir sehen.

Daraus folgt: Dass die Summe der wirkungsfähigen Kraftmengen im Naturganzen bei allen Veränderungen in der Natur ewig und unverändert dieselbe bleibt.“ *)

Wir aber fragen: Ist die neu auftretende, gleichwertige Energie dann auch dieselbe Kraft, welche zuvor verloren gegangen war? Die Bedeutung dieser Frage wird uns aber sogleich einleuchten.

Wir werden jetzt an einigen Beispielen zeigen, dass diese Methode zu schwer wiegenden Irrtümern geführt hat, und hiermit den Nachweis ihrer Unsicherheit liefern.

In Betreff der Gravitation, die wir, auf die Erde bezogen, als Schwerkraft bezeichnen, so bemerkt v. Helmholtz in einem Essai „Ueber die Wechselwirkung der Naturkräfte“: „Unsere Wanduhren treiben wir durch sinkende Gewichte, die Taschenuhren durch gespannte Federn. Ein Gewicht, welches am Boden liegt, eine elastische Feder, welche erschlafft ist, kann keine Wirkung hervorbringen; wir müssen, um solche zu erhalten, das Gewicht erst heben, die Feder spannen. Das geschieht beim Aufziehen der Uhr. Der Mensch, welcher die Uhr aufzieht, teilt ihrem Gewichte oder ihrer Feder ein Gewisses an Arbeitskraft mit, und genau so viel, als ihr mitgeteilt ist, giebt sie in den nächsten 24 Stunden allmählich wieder aus, indem sie es langsam verbraucht, um die Reibung der Räder, den Luftwiderstand des Pendels zu überwinden. Das Räderwerk der Uhr bringt also keine Arbeitskraft hervor, die ihm nicht mitgeteilt wäre, sondern verteilt nur die mitgeteilte gleichmässig auf längere Zeit.“

Wir haben hierauf zu erwidern, dass der Grund des Sinkens des Gewichtes nicht in seiner vorangegangenen Hebung zu suchen ist, wie dies v. Helmholtz betont, sondern in der anziehenden Kraft der Erde, welche das Gewicht auch dann zum Fallen bringen würde, wenn es nicht zuvor gehoben worden wäre. Auch wenn wir mit Euler und Secchi

---

*) Ich sehe keinen Grund ein, warum v. Helmholtz von „wirkungsfähigen“ Kraftmengen spricht.

download unter www.zobodat.at

Aetherstösse als den Anlass der Gravitationsphänomene annehmen, würde nie das Gewicht kraft vorangegangener Hebung fallen.

Der Umstand also, dass die Arbeitsleistung der Hebung des Gewichts als gleichwertig mit der seines Herabsinkens angesehen wird, verleitet v. Helmholtz, in der Hebung des Gewichts die Ursache des Sinkens des Gewichts zu vermuten, woraus eine offenbare Verschiebung der Kausalität resultiert. So erklärt denn auch v. Helmholtz, wie citiert, dass ein Gewicht, welches am Boden liegt, keine Wirkung hervorbringe.

Wir müssen dem widersprechen, da ein solches Gewicht einen Druck auf die Unterlage ausübt, welcher als eine Kraftleistung erachtet werden muss. Dass diese Kraftleistung durch den Widerstand der festen Unterlage kompensiert wird, hebt die Kraft des Druckes als solche nicht auf. Es kann sich hier nur darum handeln nachzuforschen: wie wir den Widerstand aufzufassen, als was für eine Art von Kraftleistung wir ihn anzusehen haben, womit das Gesetz von Erhaltung der Energie eine Erweiterung oder eine Beschränkung erfahren dürfte.

Wir wollen jedoch jetzt den v. Helmholtz'schen Gedanken vom Fall der Körper an einem ähnlichen Beispiel wie dem von der Hebung eines Uhrgewichtes verfolgen und seine Unrichtigkeit gerade an dem Erhaltungsgesetze der Kraft nachweisen, um ein besseres Verständnis von diesem nicht gerade selten schwer durchzuführenden Gesetze anzubahnen.

Denken wir uns bei Ausschluss von Luft- und Aetherwiderstand einen Körper senkrecht in die Höhe geschleudert, so treibt ihn die bei der Schleuderung mitgeteilte Kraft nach oben, während gleichzeitig ihn die beständig wirkende Anziehung der Erde nach unten zieht. Da der Körper keine Hindernisse auf seiner Flugbahn zu überwinden hat, so verliert er Nichts von der Energie, welche der Schleuderung zufolge in ihm aufgespeichert ist, wohl aber vermehrt sich die Kraft, welche ihn nach unten zieht, weil die Erde immer von neuem auf ihn einwirkt und ihn so mit aktueller Energie versieht, die ihn nach unten treibt. Ist letztere so gross geworden, dass sie der nach oben wirkenden Kraft das Gleichgewicht hält, so ruht der Körper, um nachher bei ferner Einwirkung der Anziehungskraft der Erde zu fallen. Aber auch selbst dann noch, wenn der Körper den Erdboden längst wieder berührt hat, wirkt in ihm die mittels der Schleuderung in ihm aufgespeicherte Kraft, deren Effekt jedoch durch den Effekt der nach unten treibenden, von der Erde herrührenden Energie überwogen wird.

Dies Beispiel, welches zeigt, wie verwickelt wir uns oft die Vorgänge in der Natur zu denken haben, wenn wir das Erhaltungsgesetz von der Kraft in sein volles Recht treten lassen, lehrt aber auch, dass

download unter www.zobodat.at

eine Kraft, welche einmal nach oben treibt, wie diejenige, mit der das besagte Uhrgewicht gehoben ist, nicht das Sinken dieses Körpers in dem Sinne veranlassen kann, wie dies v. Helmholtz annimmt. Derselbe Irrtum hinsichtlich der Wirkung der Hebung eines Körpers findet sich auch in dem v. Helmholtz'schen Essai: „Ueber die Erhaltung der Kraft", wo es lautet:

„Bei der Uhr wenden wir ein Gewicht an, um nicht selbst den ganzen Tag am Räderwerk zu stehen, wie wir es müssten, wenn wir sie direkt bewegen wollten. Indem wir die Uhr aufziehen, speichern wir einen Vorrat von Arbeitskraft in ihr auf, der für die Ausgabe in den nächsten 24 Stunden genügt."

Aehnliche Irrtümer finden sich weiterhin in derselben Schrift, wo v. Helmholtz die meteorologischen Prozesse (das Verdampfen des Wassers im vorliegenden Falle) als die Ursache des Herabfliessens der Gewässer von den Bergen betrachtet, statt die Schwere dieser Massen hierfür in Anspruch zu nehmen.

Wir müssen noch einen Irrtum in dieser v. Helmholtz'schen Deduktion aufdecken, der jedoch ein Allgemeingut unserer heutigen theoretischen Mechanik ist. Es ist dies die Annahme, dass die Hebung eines Körpers genau die Arbeit repräsentiert, welche er beim Fallen verrichtet.

Das sogenannte „Fusspfund" der Mechanik bezieht man daher ebensowohl auf die Leistung, welche dazu gehört, 1 Pfund um 1 Fuss zu heben, als auf die, welche 1 Pfund beim Fallen um 1 Fuss vergegenwärtigt. Mathematisch genommen, gehört jedoch zur Hebung eine unendlich kleine Arbeit mehr, als zum Fallen, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man in Erwägung zieht, dass das fallende Gewicht blos eine Kraftleistung verrichtet, welche dem Zuge der Erde entspricht, während bei der Hebung des Gewichtes nicht nur diesem Zuge das Gleichgewicht gehalten werden muss, sondern auch das Gewicht fortbewegt wird. Angenommen z. B.: ein Körper falle 15 Fuss in Folge der Schwerkraft während einer Sekunde, so würde diese Kraftgrösse nicht im Stande sein, ihn 15 Fuss in einer Sekunde zu heben, sondern nur dazu hinreichen, das Gleichgewicht dem Zuge der Erde an allen Punkten der Bahn des Körpers zu halten.

Dass die Leistung der reinen Fortbewegung während der Hebung bei Abzug von jedem Reibungswiderstande, wie üblich, als unendlich klein erachtet werden muss, geht aber aus schon früher angestellten Betrachtungen hervor. Hieraus folgt aber, dass ein Pendel, selbst wenn er ohne jeden Widerstand schwingen könnte, kein (theoretisches) Perpetuum mobile sein würde, wie man dies anzunehmen pflegt, da der Pendel

download unter www.zobodat.at

beim Fallen nicht genügende Kraft sammelt, um die innegehabte Höhe wieder zu erreichen. Ein solcher Pendel müsste also schliesslich ruhen, und sollte auch diese Ruhe erst in der Zeitgrösse eintreten, die der Mathematiker als Unendlichkeit bezeichnet.

Die ungenaue, wenig auf strenge Kausalität Rücksicht nehmende Methode, welche v. Helmholtz bei seinem Begründungsversuche des Gesetzes von der Erhaltung der Energie einschlägt, verleitet genannten Forscher noch zu mehreren Irrtümern, von denen hier noch einige Erwähnung und Widerlegung finden sollen, da sie etwas Bestechendes besitzen, und von einer wissenschaftlichen Grösse ersten Ranges herrührend, auf Widerlegung Anspruch erheben dürfen.

In dem zuletzt genannten Essai erklärt v. Helmholtz ferner: „Wie uns die Dampfmaschine chemische Kräfte in mechanische verwandelt, so verwandelt die magnet-elektrische Maschine mechanische in chemische.“

Thatsache ist jedoch nur, dass chemische Kräfte zu Bewegung Anlass geben können und Bewegung ihrerseits in Anspruch genommene Verwandtschaftskräfte in Freiheit zu setzen vermag, wodurch diese von neuem aktuelle Kräfte zu erzeugen vermögen. Zieht man die letzten (rein theoretischen) Folgerungen aus den von v. Helmholtz angeführten Beispielen, so lauten diese: Die Verbrennung von Kohle erzeugt Wärme; diese veranlasst Massenbewegung, wodurch ein elektrischer Strom in Erscheinung tritt, welcher Wasser zerlegt. Hierbei ist die Kraftgrösse der Verbrennung gleich der der Massenbewegung; diese ihrerseits gleich der des elektrischen Stromes, dessen Stärke die Kraftgrösse der Bindung des Sauerstoffs und Wasserstoffs des zerlegten Wassers vergegenwärtigt. Hieraus folgt aber, dass die Wärme, welche bei der Verbrennung der Kohle erzeugt wird, gleich ist der Wärme, welche sich entwickelt, wenn der Sauerstoff und Wasserstoff des zerlegten Wassers sich wieder zu Wasser verbinden.

Doch ist es durchaus unrichtig anzunehmen, wie dies v. Helmholtz thut, die Kraft der Massenbewegung gehe in die der Molekularbewegung über. Es würde dies ebenso wenig zutreffend sein, als wollte man behaupten, die Kraft des Schlages, den man einer Glocke mitteilt, setze sich in Schall um, während der Schall doch nur die Folge der Wiederherstellung des gestörten elastischen Gleichgewichts der Glocke ist.

Was ist aber aus der Kraft des Schlages geworden, den die Glocke traf?

download unter www.zobodat.at

Diese Frage würde eine ähnliche Beantwortung finden, wie das Problem: was aus der Kraft geworden ist, welche bei dem vorher erwähnten, in die Höhe geschleuderten Körper dem Zuge der Schwerkraft der Erde entgegenwirkte.

Das Gesetz von der Erhaltung der Energie weist hier auf ein phänomenales Latentwerden von Kräften hin, welches daraus resultiert, dass ihre Wirkungen sich aufheben.

Der Vollständigkeit halber sei hier noch bemerkt, dass auch Stoss, Reibung, kurz Massenbewegung nie Licht, Wärme u. s. w. im Gefolge haben würden, wenn wir es mit absolut unelastischen Körpern zu thun hätten, da genannte Bewegungsformen der Moleküle der Körper nur aus der Wiederherstellung eines zuvor gestörten elastischen Gleichgewichts der Moleküle resultieren. Das proteusartige Moment, welches man heute der Kraft zuzusprechen pflegt, bedarf also entschieden der Einschränkung. Würden daher zwei völlig feste Körper mit noch so grosser Gewalt aufeinanderstossen, so könnte weder Wärme, noch Licht, noch Elektricität u. s. w. auftreten, so dass die Veränderung in der Bewegungsform allein dem Gesetze von dem Parallelogramm der Kräfte unterworfen sein würde.

Andererseits kann nicht in Abrede gestellt werden, dass die Kraft, welche Molekularbewegungen veranlasst, auf ganze Massen übergehen und so sich in den Sinnen zugängliche Bewegungen bereitende Kräfte umsetzen kann. Warme Luft treibt so Maschinen und verliert dem entsprechend an Wärme, d. h. an Vibrationsintensität ihrer Molekel.

Wir müssen jetzt noch ein Beispiel erwähnen, an welchem v. Helmholtz das Gesetz von der Erhaltung der Energie zu erörtern sucht, da dieses Beispiel ein sehr lehrreiches ist, insofern es zeigt, dass eine kausalgemässe Durchführung genannten Gesetzes oft viel verwickelter ist, als es zunächst scheint.

In seinem Essai: „Ueber die Wechselwirkung der Naturkräfte“ bemerkt v. Helmholtz, auf diejenigen Fälle Bezug nehmend, bei denen die Kraftgrösse der Wirkung grösser als die ihrer Ursache zu sein scheint:

„In den Kolben einer Windbüchse treiben wir mittels einer Luftverdichtungspumpe eine grosse Menge Luft ein. Wenn wir nachher den Hahn des Kolbens öffnen und die verdichtete Luft in den Lauf der Büchse treten lassen, so treibt sie die eingeladene Kugel mit ähnlicher Gewalt wie entzündetes Pulver heraus. Nun können wir die Arbeit bestimmen, welche wir beim Einpumpen der Luft angewendet haben, und die lebendige Kraft, welche beim Abschiessen der Kugel mitgeteilt ist; aber wir werden letztere nie grösser finden als erstere. Die komprimierte

download unter www.zobodat.at

Luft hat keine Arbeitskraft erzeugt, sondern nur die ihr mitgeteilte an die abgeschossenen Kugeln abgegeben. Und während wir vielleicht eine Viertelstunde gepumpt haben, um die Büchse zu laden, ist die Kraft in den wenigen Sekunden des Abschiessens verbraucht worden, hat aber, weil ihre Thätigkeit auf so kurze Zeit zusammengedrängt war, der Kugel auch eine viel grössere Geschwindigkeit mitgeteilt, als unser Arm durch eine einfache kurze Wurfbewegung gekonnt hätte."

In ähnlicher Weise sucht v. Helmholtz die Wirkungen des Schiesspulvers dadurch zu erklären, dass er annimmt, beim Detonieren desselben werde diejenige Kraft ausgelöst, welche zur Bereitung des Schiesspulvers in Anwendung gebracht wurde.

Wir können dieser Erklärung nicht beistimmen, weil, so bestechend sie auch ist, die erhöhte Elasticität der Luft unstreitig die Arbeitskraft erzeugt, welche die Kugel vorwärts treibt, was v. Helmholtz gerade in Abrede stellt. Um dies zu beweisen, erinnern wir nur daran, dass Luft hätte gar nicht komprimiert zu werden brauchen, um diese Wirkung zu erreichen, wenn die Moleküle der Luft bei gleicher Temperatur von vornherein nur genügend nahe ständen, damit sie sich dem entsprechend abzustossen trachteten. Bevor noch der Hahn geöffnet wurde, wirkte schon die eingeschlossene Luft, indem sie einen starken Druck auf die Wände des Kolbens ausübte, der jedoch nicht in Erscheinung trat, da die Festigkeit der Wände des Kolbens und die Gleichförmigkeit des Druckes nach allen Richtungen hin es verhinderte. Indem aber die Kugel aus der Büchse herausfliegt, äussert sich dieser vorher gleichmässige Druck dadurch, dass er das Geschütz nach hinten schleudert, durch die bekannte Rückwirkung also.

Um den v. Helmholtz'schen Erklärungsversuch noch mehr zu entkräften, erinnern wir noch daran, dass, wenn wir statt der Luft pulverisierte Kieselerde z. B. komprimiert hätten, diese keine Kugel treiben würde, obwohl wir auch bei Komprimierung der Kieselerde eine Arbeitsleistung verrichtet haben. Es gehört also die Luftelasticität dazu, damit die Büchsenkugel fortgeschleudert wird. Dies gilt sowohl von der Windbüchse wie von allen mit Sprengstoffen geladenen Geschützen. Welches ist nun aber der Grund der Entladung, der Detonation?

Bei der Windbüchse die Oeffnung des Hahns; bei den anderen Geschützen der Funke. Die Thatsache also, dass die Kraftleistung der gesammten Büchse, nicht die der blossen Kugel, wie v. Helmholtz annimmt, der Arbeit des Komprimierens entspricht, steht also in keiner direkten ursächlichen Beziehung. (Aehnliches gilt selbstverständlich auch bei Uhren, die mittels Federn getrieben werden, wo die Elasti-

download unter www.zobodat.at

cität der Feder, nicht die Kraft des Aufziehens, wie v. Helmholtz annimmt, die die Uhr treibende Energie hergiebt.)

In der That stehen wir hier vor dem schon von Robert Mayer vermuteten Problem: „Kleine Ursachen: grosse Wirkungen", wenn nicht eine metaphysische Betrachtung der Kausalität mit einem Schlage das Rätsel lösen und in diesen Fällen das Gesetz von Erhaltung der Kraft am Glänzendsten, wo man es zunächst am wenigsten glaubt, gerade bewähren könnte.

Wir haben bis jetzt den Begriff von Ursache und Wirkung auf eine bestimmte Zeitdauer bezogen, in der eine Veränderung, eine Bewegung vorging, und haben die Kraftleistung von Ursache und Wirkung mit einander verglichen. Wir können aber auch den Begriff Ursache und Wirkung auf die Gegenwart beziehen, auf das ausdehnungslose Zeitelement also. In diesem Falle sind Ursache und Wirkung abgeschlossene Zustände zweier sich ablösender Gegenwarten.

Unser Denken ist nun derartig organisiert, dass wir uns den gegenwärtigen Zustand der Dinge als die notwendige Folge des Zustandes der Dinge während der zuletzt verflossenen Gegenwart denken müssen, wie auch als die Ursache, welche den Zustand der Dinge in der nächsten Gegenwart bestimmt. Ursache ist hiernach die Summe aller der Faktoren, welche ein Geschehen, einen Wechsel, bedingen.

Dass in der (ausdehnungslosen) Gegenwart jeder Körper, so schnell er sich auch bewegen mag, ruht, ist klar. Die Bewegung eben ist durch das (zeitlose) Springen eines Körpers von einem Ruhestadium in das andere bedingt, wie die ausgedehnte Zeit durch die Summierung von Gegenwarten. Durchläuft also ein Körper z. B. einen und denselben Weg das zweite Mal doppelt so schnell als das erste Mal, so muss er im ersten Falle doppelt so lange in den Ruhestadien seiner Bahn verweilen.

Diese Betrachtung lehrt aber, dass in einer und derselben Zeiteinheit eine ungleiche Anzahl von Wirkungen verlaufen können.

Wenden wir dies aber auf Detonationen an, so können wir dieselben als die Summen von so schnell sich ablösenden Wirkungen ansehen, dass es scheint, als ob die Detonation plötzlich erfolge. So explodiert denn ein Pulverkörnchen nach dem anderen; so detoniert in Bergwerken mit genügendem Sauerstoff gemengtes Grubengas nicht mit einem Schlage, sondern allmählich, wie man in England vor etlichen Jahren nachgewiesen hat, und auch die Entladung der Windbüchse erfolgt nicht plötzlich. Der Zusammensturz eines Gebäudes, vor allem aber der eines Kartenhauses, macht es den Sinnen allenfalls verständlich, wie schnell

download unter www.zobodat.at

eine Wirkung eine neue Wirkung bedingen kann. Auch der Sturz einer Lawine durch geringe Ueberlastung der im Gleichgewicht befindlichen Schneemassen gehört hierher. Der Mangel an genügend scharfem Zeitgefühl macht es hiernach verständlich, dass die Erscheinung Platz greifen kann, eine Summe von schnell aufeinander folgenden Wirkungen sei der unmittelbare Effekt eines geringen Anlasses.

In allen diesen Fällen gilt also der Satz: Die Kraftgrösse der Ursache ist gleich der ihrer Wirkung, womit das Gesetz von der Erhaltung der Energie in sein Recht tritt.

Wir haben bisher der Materie im engeren Sinne des Wortes zwei Eigenschaften zuerkannt, und zwar die der Raumerfüllung und die der Undurchdringlichkeit. Aber es giebt noch eine Eigenschaft der Materie, welche weder Galilei noch Descartes in Rechnung gezogen haben, obwohl diese Eigenschaft, streng genommen, in dem von ihnen aufgestellten Axiom von Beharrungsvermögen (in der vis inertiae) liegt. Ich meine die Thatsache, dass jede ruhende Materie ihrer Fortbewegung einen Widerstand entgegensetzt, da zu ihrer Fortbewegung Kraft, mag diese auch noch so gering sein, erforderlich ist. Dass dieser Widerstand aber vorhanden ist, beweist die Thatsache, dass im absolut leeren Raume dieselbe Kraft einen Körper dem entsprechend langsamer bewegt, als er mehr Masse besitzt. Hiermit gewinnen wir aber einen neuen Gesichtspunkt für die Materie als solche. Es ist die gewichtslose Masse, welche uns berechtigt, auf das Vorhandensein der Quantität der Materie unmittelbar zu schliessen, während das Gewicht der Materie als eine accidentelle Eigenschaft insofern anzusehen ist, als dieses aus einer Wechselwirkung der Massen resultiert.

Hiermit fällt aber jede Hypothese, welche die Materie in Kräfte oder Kraft aufzulösen trachtet, weil keine Kraft ihrer Fortbewegung Widerstand bietet.

Von welcher nicht gleich vorherzusehenden Tragweite aber dieser Widerstand ist, den die Materie ihrem Ortswechsel entgegensetzt, werden wir erst später erkennen, nachdem wir aus der Geschichte der Physik erkannt haben, dass man zu Euler's Zeiten schon die Wichtigkeit dieses Problems geahnt hat.

In den bekannten „Briefen Euler's an eine deutsche Prinzessin“ sucht dieser Forscher die Einwände zu beseitigen, welche man damals noch gegen das Axiom geltend machte, dass ein im völlig leeren Raum sich bewegender Körper seine Geschwindigkeit nie ändere.

Daselbst heisst es: „Die einen sagen, dass alle Körper einen natürlichen Hang zur Ruhe haben; dass die Ruhe ihr natürlicher und die

download unter www.zobodat.at

Bewegung ein gewaltsamer Zustand für sie sei; dass deswegen ein Körper, wenn er in Bewegung gesetzt wird, vermöge seiner Natur geneigt sei, wieder zur Ruhe zurückzukehren; und dass er sich bemühe, die Bewegung aufzuhalten, ohne durch eine fremde oder äussere Kraft dazu genötigt zu sein. Sie führen zum Beweise die ihrer Meinung nach so einleuchtende Erfahrung an, dass wir keine Bewegung aus der Natur kennen, bei der man nicht diesen Widerstand sichtbar gewahr werde. Sehen wir nicht z. E. auf dem Billard, sagen sie, dass, man mag die Kugel mit noch so grosser Gewalt fortstossen, doch ihre Bewegung sehr bald nachlässt und endlich die Kugel in kurzer Zeit wieder in Ruhe kommt. Ueberhaupt sieht man, dass alle Maschinen nicht länger in Bewegung bleiben, als die äusseren Kräfte, die diese Bewegung verursachen, auf sie wirken. Daraus schliessen sie, dass ein in Bewegung gesetzter Körper so wenig vermöge seiner eigenen Natur einerlei Bewegung fortsetze: dass er vielmehr beständig äusserer Kräfte bedarf, seine Bewegung zu unterhalten.“ *)

Wenn wir auch diesem Raisonnement dieser Denker aus bereits angeführten Gründen entschieden widersprechen müssen, so wollen wir doch nicht verkennen, dass ein Keim von Wahrheit in dem Gedanken liegt, ein bewegter Körper besitze einen Hang zur Ruhe, welcher seine Bewegung hemme.

Wir wollen diese Wahrheit jetzt unseren modernen physikalischen Lehren anpassen und sehen, zu welchen Konsequenzen sie führt.

Der Widerstand, den ein Körper einer ihn bewegenwollenden Kraft entgegensetzt, ist anzusehen als eine **Kraft**, welche der Bewegung des Körpers unter 180° entgegenwirkt. Dass diese Kraft sehr gering sein muss, geht schon aus der Betrachtung hervor, dass die kleinste Kraft im Stande sein muss, einen Körper im völlig leeren Raume zu bewegen. Auch lehren die Versuche. dass ein Pendel bei möglichst geringer Reibung und möglichst geringem Luftwiderstande auffallend lange schwingt, obwohl es ausser den beiden genannten Widerständen noch den des Weltäthers zu überwinden hat.

Immerhin ist die Kraft des Widerstandes, die eine Materie ihrer

---

*) Die Partei, von der Euler in den „Briefen etc.“ spricht, sind die Anhänger der Wolf'schen Schule, einer Schule also, welche die Philosophie Leibniz' zu verbreiten und zu erweitern suchte, dabei aber in Schematismus versank. Diese behaupteten, im Gegensatze zu dem Gesetz von dem Beharrungsvermögen, jeder Körper strebe danach, beständig seinen Bewegungszustand zu ändern u. s. w. Wir übergehen diese Ansicht als durchaus unwissenschaftlich.

download unter www.zobodat.at

Ortsveränderung entgegensetzt, nicht verschwindend klein, d. h. nicht fast Null, da, wie erwähnt, dieser Widerstand direkt proportional der Masse wächst. Ist daher diese Kraft für 1 Wasserstoff-Atom = 1, so ist sie sür 1 Kohlenstoff-Atom schon = 12, für 1 Stickstoff-Atom schon = 14 und für 1 Sauerstoff-Atom schon = 16, u. s. w.

Hiernach würde also allein die Widerstandskraft eines Weltätheratomes als eine der Null sehr nahe gelegene Grösse bezeichnet werden müssen.

Aus diesen Deduktionen folgt aber, dass die Wirkung der Kraft, welche einen Körper zu bewegen sucht, nicht voll und ganz in Erscheinung tritt. Denken wir uns z. B., ein Aetheratom werde mit der Kraft 1 bewegt, so arbeitet dieser Energie eine Kraft von (etwa) $\frac{1}{\infty}$ entgegen, wodurch eine Wirkung in Erscheinung tritt, die blos einer Kraft von $1-\frac{1}{\infty}$ entspricht. — Jetzt wirft sich die Frage auf, ob die Kraft $\frac{1}{\infty}$ nur im Anfange der Bewegung des Körpers wirksam ist, oder ob sie beständig der Ortsveränderung des bereits sich bewegenden Körpers widerstrebt, oder verallgemeinert: hört die Widerstandsfähigkeit des bewegten Körpers auf, wenn er einmal in Bewegung begriffen ist, oder wirkt sie auch während der Bewegung noch fort?

Bekannt ist, dass sich die Physik seit Galilei und Descartes für die erste Annahme entschieden hat. Und doch muss **ich** sie für die unrichtige halten, wie nachfolgende Betrachtungen darthun werden:

Nehmen wir an, dass ein bereits sich bewegender Körper (infolge der Gravitation z. B.) eine Vermehrung an aktueller Energie erfahre. Ich glaube, dass alle Physiker mit mir darin übereinstimmen werden, dass der Widerstand des Körpers sich der neuen Kraft gegenüber geltend machen werde, womit sie zugestehen würden, dass selbst ein sich bewegender Körper seine Widerstandskraft nicht verloren hat.

Doch wir wollen das Problem von einer anderen Seite aus beleuchten: Nehmen wir an, ein Monismus bestehe hinsichtlich Kraft und Materie, so wäre es undenkbar, dass der Körper die Natur seiner Bewegung aus inneren Gründen änderte, weil hierzu eine Zweiheit in Betreff von Stoff und Kraft erforderlich wäre. Der Körper würde sich eben bei gleichbleibender Geschwindigkeit und Richtung bis in die Unendlichkeit fortbewegen, da er auf keinen äusseren Widerstand stösst, der irgendwie eine Aenderung in seiner Bewegung herbeiführen könnte.

Diesen Monismus dürfen wir jedoch nicht annehmen, weil eben eine Kraft von einem Körper zum andern wandern kann, und auf Widerstand stösst, wenn sie diesen bewegen will. Wir müssen also in jedem

download unter www.zobodat.at

bewegten Körper einen Dualismus hinsichtlich Kraft und Materie erblicken und zwar: die Widerstand leistende Masse, die fortbewegt wird, und die Kraft, welche diesen Widerstand überwindet. Hieraus folgt aber, dass der Widerstand des Körpers während der Bewegung beständig wirkt, womit die Widerstandskraft der Materie an dem treibenden Agens ebenso zehrt, wie die beständig wirkende Anziehungskraft der Erde an dem in die Höhe geschleuderten Körper, so dass die Geschwindigkeit des Körpers allmählich abnehmen und er mithin endlich ruhen muss, und sei dies auch erst in jener Raum- und Zeitgrösse, welche der Mathematiker als Unendlichkeit bezeichnet.

Die Richtung des Bewegten bleibt natürlich dieselbe, da für ihre Aenderung kein Grund vorliegt.

Ein Körper, der sich im absolut leeren Raum bewegen würde, wäre mithin als kein Perpetuum mobile zu betrachten, wie man dies in der Physik annimmt.

Behufs Aufrechterhaltung des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft wollen wir gerne zugestehen, dass diese Ruhe eine blos phänomenale sein kann, indem sie aus dem Wirken sich in ihren Leistungen aufhebender Kräfte resultiert. Der Widerstand speichert hiernach Kraft in dem bewegten Körper auf, welche seiner Ortsveränderung unter 180° entgegenwirkt.

Aber wir stossen hierbei auf eine Betrachtung, die eine strenge Durchführung des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft (bei dem heutigen Standpunkte der Wissenschaft wenigstens) zur Unmöglichkeit macht, indem sie lehrt, dass wir nicht so streng zwischen Kraft und Materie als zwei besonderen Prinzipien unterscheiden können, als dies das Gesetz von der Erhaltung der Kraft, wie schon gesagt, durchaus verlangt.

Der Umstand, dass wir annehmen müssen, dass die kraftlose Materie als solche, der wir zunächst nicht einmal Gewicht zusprechen, bei ihrer Bewegung **Kraft** aus sich selbst erzeugt, setzt für den Augenblick dem Gesetze von der Erhaltung der Kraft seine Schranken, da hiermit eine Vermehrung der Kraft im Haushalte verbunden sein würde. Der Wahrheit zu Liebe dürfen wir uns diese Folgerung nicht verhehlen, die gewissermaassen lähmend auf den an sich sehr befruchtenden Gedanken der Konstanz der Energie wirken würde, wenn nicht der Trieb nach Wahrheit die allein nie versiegende Quelle aller Forschung wäre.

Wir haben bis jetzt noch nicht die Frage aufgeworfen, ob nicht auch die Undurchdringlichkeit der blossen Materie eine Kraft-

download unter www.zobodat.at

quelle ist und als solche den Haushalt der Natur um aktuelle Energie vermehrt.

Descartes verlegte, wie gesagt, die Undurchdringlichkeit in die Materie selbst. Dasselbe thut noch Euler, weswegen er die Körper sich wirklich berühren lässt. In den vorher schon erwähnten Briefen erklärt daher Euler:

„Weil also jede Ursache von der Veränderung des Zustandes in einem Körper Kraft heisst: so ist es notwendig die Undurchdringlichkeit der Körper selbst, die die Kräfte zu ihrer Veränderung hervorbringt. In der That, weil die Undurchdringlichkeit nichts anders als die Unmöglichkeit ist, dass zwei Körper sich durchdringen sollten: so widersetzt sich jeder Körper dem Durchdringen, auch wenn es nur in seinen kleinsten Teilen geschehen sollte. Sich aber dem Durchdringen widersetzen, heisst nichts anders, als eine Kraft zur Verhinderung des Durchdringens äussern. Folglich ist allemal, so oft zwei Körper nicht ohne sich zu durchdringen in ihrem Zustande verharren können, die Undurchdringlichkeit die Quelle der Kräfte, durch die sie ihren Zustand so weit verändern als nötig ist, wenn keiner den andern durchdringen soll. Also in der Undurchdringlichkeit der Körper liegt der wahre Ursprung der Kräfte, die den Zustand der Körper in unserer Welt beständig ändern; und das ist die wahre Auflösung des Geheimnisses, das die Philosophen so lange beunruhigt hat.“

Wenn wir auch zugeben müssen, dass Euler die Undurchdringlichkeit als Kraftquelle bedeutend überschätzt, da er die virtuellen Kräfte gar nicht in Betracht zieht, die ebenfalls, wie gezeigt, Kraftquellen sind, so müssen wir es dennoch anerkennen, dass er die Undurchdringlichkeit der Materie als eine Kraftquelle erachtet, womit auch er dem Gesetze von der Erhaltung der Energie vorgearbeitet hat. So meint denn auch Euler mit wohl begründetem Rechte, die Gesetze des Stosses (fester) Körper aus der Undurchdringlichkeit herleiten zu können, was ihm jedoch deswegen nicht gelingt, weil er die Kraftübertragung der Materie nicht in Rechnung zieht.

Hierbei hebt Euler hervor, worin wir ihm beipflichten müssen, dass, wenn die Materie nicht Undurchdringlichkeit besässe, in Bewegung begriffene Körper, die auf einander treffen, sich so durchdringen müssten, wie rein mathematische Körper, also keine Veränderung in ihrer Bewegung erfahren würden. Auch bemerkt er mit Recht, dass die Undurchdringlichkeit der Materie gerade soviel Kraft erzeugt, als nötig ist, den Stoff vor seinem Durchdrungenwerden zu schützen, welchen Umstand er mit Maupertuis' Satz von den kleinsten Wirkungen zusammenbringt.

download unter www.zobodat.at

Die moderne Physik nimmt nun eine eigentliche Berührung der Körper nicht an, da zwei Atome, die sich wirklich berühren würden, untrennbar wie Ein Atom sein müssten, sondern verlegt den Grund der Undurchdringlichkeit des Stoffes zunächst in abstossende Kräfte, welche die Materien vor Berührung schützen. Diese abstossenden Kräfte sollen aber fast nur in nächster Nähe wirken und je nach Umständen verschiedene Intensität entfalten, so dass ein nicht beweglich gedachtes Atom seiner Durchdringung eine unendlich grosse Kraft entgegenzusetzen vermag.

Denken wir uns hiernach z. B. eine bewegte, absolut feste Masse auf eine dreifach so grosse (feste) Masse in gerader Richtung stossen, so würde die Undurchdringlichkeit des Stoffes es bewirken, dass die bewegte Masse so lange ruht, bis sie drei Viertel ihrer aktiven Kraft an die dreimal so grosse Masse abgegeben hat, in welchem Falle alsdann beide Körper mit dem vierten Teile der ursprünglichen Geschwindigkeit der ersten Masse sich fortbewegen. Die dreifach so grosse Masse braucht also nur mit derselben Kraft zu reagieren, wie die einfache Masse, um nicht von ersterer durchdrungen zu werden. (Satz des Maupertuis von den kleinsten Wirkungen.) Dass diese beiden Kräfte sich aber in ihren Wirkungen das Gleichgewicht halten, ist selbstverständlich.

Wie aber geschieht die Kraftübertragung, derzufolge sich beide Körper nachher mit gleicher Geschwindigkeit fortbewegen?

Wir stehen hier vor demselben ungelösten Problem, welches schon Hume benutzte, um den Nachweis anzutreten, dass die Kausalität nur subjektive, d. h. erkenntnistheoretische Berechtigung besitzt. Ob Raum und Zeit Existenzberechtigung zu beanspruchen haben, oder ob sie blos Symbole von Realitäten sind, oder als reine Anschauungsformen der Seele gelten müssen, dies zu entscheiden, würde ganz aus dem Rahmen unseres Themas fallen. Hier genügt es, ihnen volle Berechtigung für unsere Erkenntnis einzuräumen.

Aber die Tragweite des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft erstreckt sich nicht nur auf das Getriebe der materiellen Welt, sondern greift auch tief in das der geistigen ein. Dies jedoch nicht aus dem Grunde allein, weil das Wort Kraft sowohl auf den Stoff als auf den Geist Anwendung findet, sondern weil der Wille in den Kausalnexus der materiellen Erscheinungen einzugreifen und den Kraftvorrat der materiellen Welt zu vermehren vermag.

Diese Annahme wird jedoch für uns hinfällig, wenn wir uns zu einer monistischen Anschauung in Betreff von Geist und Materie bekennen, was wir jedoch aus erkenntnistheoretischen Gründen ablehnen

download unter www.zobodat.at

müssen, weil unser Denken kein einheitliches Band zwischen seelischen und materiellen Vorgängen aufzufinden vermag, welches uns psychische und stoffliche Prozesse als aus Einem Prinzip fliessend kennen lehrt. Es finde daher hier nur Erwähnung, dass schon Descartes, ausgesprochener aber die Okkasionalisten und Leibniz hier ihre Zuflucht zu Gott nahmen, welcher geistige und materielle Vorgänge in Harmonie bringe. *)

Wie steht es aber mit der Lebenskraft? Prof. Preyer hat in neuester Zeit auch für diese als für eine besondere Kraft ein Erhaltungsgesetz aufgestellt. Immerhin können wir fragen: Ist die Lebenskraft eine Kraft für sich, oder ist sie eine Summe beziehungsweise eine Resultierende von chemisch-physikalischen Kräften, oder ist sie nicht ein Plasmabewusstsein, welches physikalische und chemische Kräfte in seine Dienste nimmt? — Nur Eins wollen wir hier bemerken, was von grosser Bedeutung ist, dass alle psycho-physiologischen Untersuchungen darauf hinweisen, dass jedem seelischen Vorgange ein materieller Prozess gleicher Energie oder Intensität entspricht.

Wir stehen hier vor noch zu wenig gelichteten Problemen, als dass unsere Zwecke ein näheres Eingehen auf diese Rätsel wünschenswert machten. Im Anschluss hieran sei jedoch erwähnt, dass im verflossenen Jahre M. Carriere eine Schrift: „Das Wachstum der Energie in der geistigen und organischen Welt“ veröffentlicht hat, in der er den Nachweis zu führen sucht, dass in der materiellen Welt das Gesetz von der Konstanz der Kraft gilt, während in der geistigen Welt eine Vermehrung der Energie stattfindet. Die sogenannte Lebenskraft identificiert Carriere mit geistiger Kraft, wie ich dies bereits in früheren Schriften gethan habe.

Es genügt hier, unwiderleglich dargelegt zu haben: dass die Durchführung des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft auf ganz erhebliche Schwierigkeiten stösst, die teils durch die Unklarheit des Begriffes der Kraft, teils durch die herrschenden Hypothesen bedingt sind, welche

*) Nach Descartes wirkt Gott mittels der Seele, eines mathematischen Punktes geistiger Natur in der Zirbeldrüse, auf den Körper. Die Okkasionalisten nehmen an, Gott richte geistiges und materielles derartig ein, dass beide Vorgänge sich entsprechen, wobei die Willensfreiheit des Menschen nicht ausgeschlossen sei. Leibniz nimmt zur Hypothese einer „praestabilierten Harmonie“ seine Zuflucht, derzufolge Gott geistige und materielle Kausalität so geordnet habe, dass der Kausalnexus der Materie dem des Geistes entspricht. (Zwei gleichgestellten Uhren zu vergleichen, von denen die eine die Stunden zeigt, während die andere sie schlägt.)

In Leipniz' „Monadologie“, in der er alle Materie in geistige Atome, Einzelwesen, „Monaden“ genannt, auflöst, herrscht dieselbe strenge Kausalität, so dass auch hier jede Willensfreiheit wegfällt.

download unter www.zobodat.at

wir uns von dem Wesen des Stoffes und von seinen Kräften machen. Somit ist denn das Gesetz von der Erhaltung der Kraft sicher nicht als ein naturwissenschaftliches Axiom zu betrachten, dem die Erklärung der Erscheinungen anzupassen ist, sondern als eine Leuchte, bei derem Scheine wir das Labyrinth der physikalisch-chemischen Phänomene zu durchmustern haben, ohne die Erfahrungen zu Gunsten dieses Lichtes zu beugen, indem wir nach der Gleichheit der Kraftgrösse der Ursache und ihrer (unmittelbaren) Wirkung forschen.

Müssen wir es aber auch andererseits bedauern, dass das Gesetz von der Erhaltung der Kraft bei seiner Durchführung auf ungeahnte Schwierigkeiten stösst, da es einen kausalgemässen Zusammenhang aller Phänomene anzubahnen strebt und so dem mathematischen Denken, dem Kalkül, alles Geschehen zu unterwerfen sucht, so eröffnen doch gerade andererseits diese Schwierigkeiten, wie wir gesehen haben, so reichhaltige und weittragende Perspektiven der Forschung, dass wir hierdurch reichlich entschädigt werden.

Diese Fernsichten zeigen aber, welche grosse Schätze des Wissens noch in den Fundamenten der Physik und Chemie zu heben sind, womit der Bau der Wissenschaft in gleich berechtigter Weise in der Tiefe wie in der Höhe fortschreiten muss, um das leisten zu können, was wir von ihm als veredelnd und fördernd verlangen müssen. Diese Einsicht lehrt uns aber, mit um so grösserem Ernste dem geheimnisvollen Walten der Natur nachzuforschen, eingedenk der Worte Schiller's:

„Nur dem Ernst, den keine Mühe bleichet,
Rauscht der Wahrheit tief versteckter Born.“ *)

*) Da ich hier nur die Grundzüge von Gedanken in systematischer Reihenfolge erörtern konnte, welche mir im Laufe der Jahre gekommen sind, wo ich das Robert Mayer'sche Gesetz von der Erhaltung der Kraft tiefer als üblich zu begründen suchte, mit dem ich zuerst durch v. Helmholtz' Schriften vertraut wurde, so empfehle ich dem Leser, der das hier Erörterte näher und vielseitiger begründet wünscht, die Lektüre nachfolgender von mir abgefasster Schriften:

„Beiträge zu unserer modernen Atom- und Molekulartheorie.“ (Halle a. S., Pfeffer 1892.)

„Ueber den Zusammenhang der Naturkräfte.“ (Halle a. S., Pfeffer 1884.)

„Ueber den Begriff der Kraft mit Berücksichtigung des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft.“ (Berlin, Dümmler 1885.)

„Erweiterungen im Kalkül der theoretischen Mechanik. („Natur“, Halle a. S., Nr. 26, 27 und 28. 1886.)

„Ueber die Bedeutung der Lebenskraft für das Studium der Biologie.“ Pharmaceutische Zeitung. Berlin 1888. Eine Reihe fortlaufender Aufsätze.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft in Emden

Jahr/Year: 1891/92

Band/Volume: 77

Autor(en)/Author(s): Dreher Eugen

Artikel/Article: Kraft und Stoff: und das Gesetz der Beständigkeit beider Prinzipien. 37-66