

DAS
STIFTUNGSFEST
DER
KAISER-WILHELMS-UNIVERSITÄT

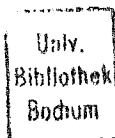
STRASSBURG

AM 1. MAI 1900.

STRASSBURG
Universitäts-Buchdruckerei von J. H. Ed. Heitz
(Heitz & Mündel)
1900.

T.S. 1500
Stiftungsfest
Kaiser-Wilhelms-Universität
Strassburg

Standort: B
Signatur: UMB 3443
Akz.-Nr.:
Id.-Nr.:



II 119 H4 84/37

ÜBER DIE ENTWICKLUNG
UNSERER MECHANISCHEN NATURANSCHAUUNG
IM 19. JAHRHUNDERT.

REDE

GEHALTEN VON DEM

REKTOR DR. HEINRICH WEBER
ORD. PROFESSOR DER MATHEMATIK.

Hochansehnliche Festversammlung!

Überall an deutschen Hochschulen hat man in diesen Tagen Rechenschaft abgelegt über die Ergebnisse des scheidenden Jahrhunderts auf dem Gebiete der Kunst, der Wissenschaft und der allgemeinen Menschengeschichte. So fordert denn der heutige Tag, an dem wir wie alljährlich den Geburtstag unserer Universität festlich begehen, dazu auf, dass auch wir Umschau halten über das, was uns das zu Ende gehende Jahrhundert gebracht und was es dem kommenden hinterlassen hat.

Ich kann mich nicht unterfangen, Sie auf einen hohen Aussichtspunkt zu führen, von dem aus Sie die grosse Menschengeschichte im Ganzen übersehen könnten. Ich muss mich damit begnügen, Ihnen in grossen Zügen ein Bild eines Gebietes vor Augen zu führen, das ich von meinem wissenschaftlichen Standpunkt aus übersehe.

Man hat oft mit Stolz auf die Erfolge der Naturwissenschaften in unserem Zeitalter hingewiesen, und in der That: was noch zu Anfang des Jahrhunderts Eigenthum der Gelehrten war, was kaum aus den Mauern der Laboratorien heraustrat, das drängt sich heute jedem auf der Strasse auf und ist mit unserem wirthschaftlichen und geselligen Leben mannigfach verknüpft und verwebt.

Wo früher die Postwagen langsam ihres Weges zogen und hochbeladene Güterwagen das Bild der Landschaft belebten, da führt jetzt die Eisenbahn Güter und Reisende in tausendfach vermehrter Zahl und Menge, und wie wäre es möglich, diesen Verkehr mit seinen unendlichen Ver-

schlingungen zu bewältigen und zu regeln, die Gefahren für Leib und Leben auf ein so geringes Maass zu beschränken, wenn nicht der electriche Telegraph die Signale mit der Geschwindigkeit des Blitzes vermittelte.

Wo sonst in stiller Einsamkeit der Waldbach ein Mühlrad oder ein Hammerwerk trieb, da sehen wir heute düstere weitläufige Fabrikgebäude, wo die Kraft des Dampfes tausende von Rädern in Bewegung setzt, tausende von Spindeln dreht, und die Wasserkräfte der Natur erzeugen jene geheimnissvolle Kraft, die Electricität, die den Hütten des Bauern wie den Palästen der Städte ein feenhaftes Licht spendet.

Was soll ich weiter aufzählen, was Sie alle täglich vor Augen sehen, die Umgestaltung unseres ganzen Lebens auf dem Gebiete des Verkehrs und des Gewerbfleisses. An allen aber hat die Wissenschaft ihren Antheil. Wo wären die Erfolge der Electrotechnik, wenn nicht die Galvani, Volta, Faraday, Weber, Ampère und wie die grossen Forscher alle heissen, hundert Jahre lang die Electricität studiert hätten, ohne an den praktischen Nutzen zu denken, der sich in den bescheidenen Anfängen der ersten Jahrzehnte auch nicht entfernt ahnen liess.

Die Technik hat aber auch der Wissenschaft zurück-
erstattet, was sie von ihr empfangen hat. Nicht nur dass sie die Augen der ganzen Welt auf ihre Fragen und Aufgaben gelenkt hat; sie hat neue Fragen gestellt, neue Methoden geschaffen, die allen Zweigen der Wissenschaft förderlich gewesen sind. Sie hat uns die Wirkung der Naturkräfte in einem Maassstabe kennen gelehrt, der niemals in den engen Grenzen wissenschaftlicher Laboratorien erreichbar gewesen wäre.

Zeiten grosser wissenschaftlicher Fortschritte sind immer zugleich fruchtbar für die Technik gewesen, und viele unter den bedeutendsten Entdeckern auf wissenschaftlichem Gebiete gehörten dem Ingenieurberuf an.

Die mechanischen Kunstwerke eines Archimedes sind, wie die alten Schriftsteller berichten, in ihrer Zeit nicht weniger angestaunt worden, wie heutzutage der Laie die Leistungen unserer Technik bewundert. Nicht umsonst hat der grosse Kenner der Menschenseele, Goethe, an seinem eigenen Lebensabend den gereiften Faust nach dem wissenschaftlichen Ringen seiner Jugendjahre in der praktischen Thätigkeit des Ingenieurs Befriedigung und Erlösung finden lassen.

Darum ist es unhistorisch und unphilosophisch, wenn in unseren Tagen bisweilen ein Gegensatz, selbst eine Art Feindschaft zwischen Theorie und Praxis geschaffen wird. Sie sind Zweige eines Stammes; sie können einander nicht entbehren und nur in ihrer Verbindung werden sie das höchste Ziel erreichen.

Die Trennung beider in Forschung und Lehre, wie sie äussere Verhältnisse geschaffen haben, ist ein Hemmniss für beide, und ich darf hier der Hoffnung Ausdruck geben, dass es unserer Strassburger Universität beschieden sein möge, an ihrer Wiedervereinigung mitzuwirken.

Aber nicht von der Technik und ihren Gaben will ich heute zu ihnen sprechen. Ich wollte Bericht erstatten über den Stand unserer mechanischen Weltanschauung, über unsere Kenntnisse der Naturgesetze, über den Wandel der Vorstellungen von Wesen der Naturkräfte, der sich im 19. Jahrhundert vollzogen hat.

Das Ende des 18. und der Anfang des 19. Jahrhunderts gehören trotz der politischen Stürme, die damals in Europa wütheten, zu den fruchtbarsten Zeiten in unserer Wissenschaft, und es waren nicht zum wenigsten die Franzosen, deren Arbeit während der grossen Revolution und der Napoleonischen Kriege wir diese Erfolge verdanken.

Zweihundert Jahre zuvor hatte Galilei die Wissenschaft der Mechanik aus dem langen Todesschlaf erweckt,

in den sie durch die Scholastik des Mittelalters gebannt war, und Newton, der im Todesjahr Galileis geboren ist, hatte durch die Entdeckung der allgemeinen Schwere der Mechanik ein neues hohes Ziel gesteckt. Die Erkenntniss, dass dieselbe Kraft, die die Körper unserer Umgebung zur Erde zwingt, auch die Bewegung der Himmelskörper lenkt, hatte dem Mathematiker die Aufgabe gestellt, alle Einzelheiten der Vorgänge am Sternenhimmel durch die Rechnung zu verfolgen und ihren Verlauf vorher zu sagen, und an dieser grossen Aufgabe hat sich die analytische Mechanik entwickelt, für deren Stand das classische Werk von Lagrange, das heute noch nicht übertroffen ist, als ein bleibendes Denkmal erwähnt zu werden verdient.

In der Physik hatte das 18. Jahrhundert dem folgenden die Entdeckung des Galvanismus als Erbe hinterlassen, und es galt nun, dieses neue Gebiet zu durchforschen, die vielfachen Wirkungen und Erscheinungsformen dieser Naturkraft kennen zu lernen. Dies war vorzugsweise das Arbeitsfeld des Experiments, das in jener Zeit unerwartete Erfolge aufzuweisen hat; von der gleichzeitigen unfruchtbaren und auf unzulänglichen Grundlagen ruhenden Naturphilosophie wandte sich die Naturforschung feindselig ab.

Aber auch die der echten Naturwissenschaft nöthwendige Durchdringung mit gesundem philosophischem Geist hatte darunter zu leiden, und es mag damit zusammenhängen, dass die bedeutendste wissenschaftliche Errungenschaft des Jahrhunderts, — am Anfang der vierziger Jahre — so wenig Beachtung und Verständniss fand.

Ich meine die Entdeckung des Satzes von der Erhaltung der Kraft.

Dass die Materie etwas bleibendes, unzerstörbares sei, die ohne einen Schöpfungsact weder entstehen noch vergehen kann, das ist ein Satz von axiomatischer Gewissheit, von dessen Wahrheit wir nicht erst durch die Wage oder den Maassstab überzeugt werden. Eine Ahnung,

dass es ausser der Materie noch etwas anderes mit der Bewegung im Zusammenhang stehendes geben müsse, was sich in allem scheinbaren Wechsel gleich bleibt, lässt sich bis in die Zeiten der griechischen Naturphilosophie zurück verfolgen.

Diesem Suchen nach dem Constanten, Unveränderlichen, »nach dem ruhenden Pol in der Erscheinungen Flucht«, entsprang der berühmte Streit über die Schätzung der Kraft, der im 18. Jahrhundert zwischen Philosophen und Mathematikern geführt wurde. Er war veranlasst durch die Einwendungen, die Leibniz gegen die Art und Weise erhob, wie Descartes und seine Schule die Erhaltung der Bewegung lehrten, und hatte weite Kreise der gelehrten und literarischen Welt ergriffen. Kant hatte sich in seiner Schrift, »Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte«, in der er das Kraftmaass des Cartesius gegen Leibniz vertheidigt, ausser vielen anderen auch mit Voltaires gelehrter Freundin, der Marquise du Chatelet auseinander zu setzen.

Die Dauer und Heftigkeit des Streites ist uns ein Beweis, wie schwer es noch damals war, zu einer klaren und hinlänglich allgemeinen Auffassung des Kraftbegriffes zu gelangen, und der Grund der Meinungsverschiedenheit bestand eben darin, dass die hadernden Parteien mit den gebrauchten Worten verschiedene Begriffe verbanden.

Von unserem Standpunkt müssen wir sagen, dass, je nach der Bedeutung, die wir den Worten geben, kein Theil im Unrecht war, und in der heutigen Mechanik finden beide Anschauungen ihre Stelle, die eine, die Cartesische, als Mass für das, was wir heute Kraft nennen, die Leibnizsche lebendige Kraft als Mass für die Energie.

Aber erst dem 19. Jahrhundert ist es vorbehalten geblieben hier zur klaren Erkenntnis und zur bestimmten Formulierung eines allgemeinen Gesetzes zu gelangen, das alle Gebiete der belebten wie der unbelebten Natur be-

herrscht. An Stelle des früher schwankend gebrauchten Ausdruckes Kraft, die man als lebendige und tote Kraft oder Spannkraft unterschied, gebraucht man jetzt den Ausdruck Energie und spricht demgemäss von dem Gesetze der Erhaltung der Energie.

Wenn ein schwerer Körper aus der Höhe herabfällt, nimmt seine Geschwindigkeit fortwährend zu, und die Wirkung, die er beim Auffallen auf die Erde hervorbringt, ist um so grösser, je grösser die bewegte Masse und deren Geschwindigkeit, also die Fallhöhe ist. Ist der Körper aber auf der Erde zur Ruhe gekommen, so wird er nicht weiter zu wirken im Stande sein, es sei denn, dass er durch eine andere Kraft, z. B. Menschenhand, wieder in die Höhe gehoben und aufs neue der Anziehung der Erde überlassen wird.

An diesem einfachen Beispiel sehen Sie zwei Formen der Energie, die sich gegenseitig austauschen, in ihrer Gesamtheit aber erhalten bleiben; die eine Form ist die Höhe, auf die der Körper gehoben ist, die andere ist zu suchen in der Geschwindigkeit die er beim Fallen erlangt hat. Die erste nennen wir potentielle Energie oder Spannkraft. Sie ist ein Maass für die Leistungsfähigkeit die noch unverbraucht in dem Körper enthalten ist. Die zweite heisst die kinetische Energie oder die lebendige Kraft. Um ebenso viel wie die eine wächst, nimmt die andere ab.

Ist der Körper nach dem Aufschlagen auf die Erde zur Ruhe gekommen, so geht seine Energie wieder in eine andere Form über, die sich hauptsächlich als Wärme, aber auch als Schall oder durch eine bleibende Veränderung der Unterlage zu erkennen geben kann.

Wenn die Sonne aus dem Meere Wasserdunst in die Höhe zieht, so hebt sie ein Gewicht, das, so unmerklich im einzelnen, im grossen ganzen eine gewaltige Menge ausmacht. Wenn dieses Wasser als Regen und Schnee und dann als Bach und Fluss wieder in die Tiefe fällt,

so verwandelt sich die durch die Sonnenwärme geschaffene potentielle Energie wieder in kinetische, die der erfindungsreiche Mensch nach seinen verschiedenen Zwecken zur Arbeitsleistung benutzt.

Was hier die Anziehung der Erde thut, können auch andere Kräfte leisten, unter denen die mächtigste die chemische Anziehung ist. Die Kohle hat, wie die Chemie sich ausdrückt, Verwandtschaft zu dem Sauerstoff. Beide üben, so lange sie getrennt sind, eine Anziehungskraft auf einander aus. In ihrer Trennung ist potentielle Energie vorhanden, genau so wie in der Entfernung eines schweren Körpers von der Erdoberfläche.

Bei der Verbindung beider Stoffe, nämlich der Verbrennung der Kohle, verwandelt sich diese Energie in eine andere Form, in Wärme, die man, wenn auch einstweilen nur hypothetisch, zur kinetischen Energie rechnet. Und diese wird dann, z. B. in den Dampfmaschinen, in mannigfacher Form zur Arbeitsleistung verwandt.

Wenn Kohle und Sauerstoff zu einer chemischen Verbindung, der Kohlensäure, vereinigt sind, so ist keine Spannkraft mehr darin enthalten.

Erst die Trennung beider durch eine andere Kraft kann sie wieder erzeugen, wie dort das gefallene Gewicht erst wieder gehoben, die Uhr gleichsam wieder aufgezogen werden musste.

Dies leistet uns wiederum die Sonne durch ihr Licht und ihre Wärme, besonders in dem Lebensprocess der Pflanzen.

Leppige Wälder, die in vergangenen Jahrtausenden auf der Erde gegrünt haben, sind untergegangen: sie haben aber in den Kohlenlagern, die der Schoos der Erde birgt, einen reichen Schatz an Energie zurückgelassen, den wir jetzt verbrauchen. Schon rechnen Geologen und Statistiker, wie lange dieser Vorrath noch ausreichen könnte, dem ja kein dem Verbräuche entsprechender Nach-

wuchs wird. Man hat nicht gar viele Jahrhunderte herausgerechnet.

Ist dieser Vorrath aufgezehrt, dann steht uns in den Gezeiten des Meeres noch ein unermesslicher Reichtum zu Gebote, der jetzt ungenutzt verloren geht. Hier ist es die Bewegungsenergie der Himmelskörper selbst, auf deren Kosten in der Meeresfluth fortwährend Bewegung erzeugt wird, die wie eine Reibung auf die Verminderung der Geschwindigkeit der Weltkörper wirkt.

Auch die Form electrischer Spannungen kann die Energie annehmen, und die einzige Form, in der uns die Natur selbst diese Energieart bietet, die Entladung der Gewitterwolken, stammt ohne Zweifel, wenn auch in noch unbekannter Weise, gleichfalls aus der Sonnenwärme. Für unsere menschlichen Zwecke zeichnet sich die electrische Energie ganz besonders durch die Leichtigkeit und Bequemlichkeit der Uebertragung von einem Ort zum anderen, und ihre vielseitige Verwendbarkeit aus. Ihre Anwendung besteht aber immer in einer Rückverwandlung in andere Energieformen, in Licht, Wärme, Bewegung oder, bei der Electrochemie, in der Erzeugung chemischer Spannung.

Die Umwandlung der Energie aus einer Form in die andere, um sie den verschiedenartigen Zwecken dienstbar zu machen, ist die hauptsächlichste Aufgabe der Technik. Sie kann dabei mit dem vorhandenen Vorrath mehr oder weniger gut haushalten, ihn mehr oder weniger vollständig für die beabsichtigten Zwecke ausnutzen. Neue Energie schaffen kann sie nicht. Der alte Traum des perpetuum mobile, d. h. einer Maschine, die aus sich selbst heraus ohne Verbrauch fortwährend Arbeit leistet, ist definitiv zu den Toten getragen.

Es ist nun für die Mechanik eine der wichtigsten Fragen, wie man diese verschiedenartigen Formen der Energie nach Maass und Zahl mit einander vergleichen

kann, und eben diese Abmessung bildet die festeste Grundlage der ganzen Theorie.

Schon früher war man gewohnt, die Grösse einer Arbeitsleistung mit der Anstrengung zu vergleichen, die erforderlich ist, ein bestimmtes Gewicht auf eine bestimmte Höhe zu heben. Nach unserem heutigen Maasssystem nimmt man als Einheit für die Arbeit das Meter-Kilogramm, d. h. die Arbeit, durch die ein Kilogramm um die Höhe eines Meters gehoben wird.

Diese Arbeit ist äquivalent oder gleichwerthig einer bestimmten Energiemenge und wird als Maass für die Energie überhaupt gebraucht.

Die Brücke zu den übrigen Formen bildet die Wärme, und so war es also die nächste Aufgabe, die Energie der Wärme durch die Arbeitseinheit auszudrücken. Dies ist die Bestimmung des sogenannten mechanischen Äquivalentes der Wärme, wonach die Wärmemenge, die erforderlich ist, um die Temperatur eines Kilogramms Wasser um einen Grad zu steigern, eine Arbeit zu leisten im Stande ist, die ein Gewicht von 427 Kilogramm um ein Meter hebt.

Eine noch anschaulichere Vorstellung giebt die Berechnung, dass durch Verbrennung eines Kilogramms Kohle eine Energiemenge in Form von Wärme erzeugt wird, die zu einer Arbeitsleistung von etwa drei Millionen Meter-Kilogramm ausreichen würde.

Dass unsere Maschinen diese oberste Grenze des Nutzeffectes bei weitem nicht erreichen, liegt nur zum Theil in der Unvollkommenheit ihrer Einrichtung. Es hat noch einen tieferen Grund, der in einer Ergänzung des Energiegesetzes zu suchen ist, die uns über die Art und Weise der Energieverwandlung gewissermassen über ihre Richtung, belehrt.

Wenn etwa ein Eisenbahnzug seine Reise antritt, so wird zunächst die Energie der brennenden Kohle

in Bewegung verwandelt. Ist der Zug am Ort seiner Bestimmung angelangt und wieder zur Ruhe gekommen, so ist die kinetische Energie wieder verschwunden. Aber auch die potentielle Energie ist, wenn der zurückgelegte Weg horizontal war, nicht vermehrt. Was ist hier aus der Spannkraft der verbrannten Kohle geworden? Zum grossen Theil ist sie verbraucht zur Ueberwindung der Reibung an den Axen, des Luftwiderstandes, der Stösse an den Schienenköpfen und ähnlicher Hindernisse. Sie hat dabei die Form der Wärme angenommen, die aber für uns nicht mehr nutzbar ist, sondern sich durch Ableitung an die kältere Umgebung ausgeglichen hat.

Dies Verhalten aber entspricht einem allgemeinen Gesetz. Es besteht in der Natur ein Bestreben nach dem Ausgleich aller Spannungen, der nie wieder vollständig rückgängig gemacht wird. Dadurch aber geht die Welt der völligen Ruhe und damit dem Untergang und der Erstarrung entgegen. Denn Bewegung und Leben ist nur da möglich, wo Verschiedenheiten bestehen, Verschiedenheiten der Massenvertheilung, der electrischen Spannung, der Temperatur. Allgemeine Gleichheit ist der Tod. Und dieses Gesetz würde auch umgekehrt auf eine ursprüngliche übernatürliche Mittheilung der Gleichgewichtsstörung, auf eine Schöpfung schliessen lassen, wenn es sich um ein endliches Massensystem handelte. Aber es liegt für uns nirgends ein Grund vor, eine Grenze der materiellen Welt anzunehmen, und ebensowenig wie von einer bestimmten Grösse aller Massen dürfen wir von einer bestimmten Energiemenge des ganzen Weltalls reden.

Ueber das Räthsel des ersten Anfangs und des letzten Endes aller Dinge bleiben wir also im alten Dunkel. Hier stehen wir vor einer unübersteigbaren Schranke unseres Verständnisses der Welt.

Es ist der Versuch gemacht worden, die beiden Energiearten, die kinetische und die potentielle, auf die kinetische

allein zurückzuführen. Dazu gab nicht nur die grössere Einfachheit, sondern besonders auch die Dunkelheit und Unverständlichkeit des Kraftbegriffs den Anlass.

Dieses Bestreben findet seinen reifsten und geistvollsten Ausdruck in dem Werke über Mechanik, das uns der geniale, uns so früh entrissene Heinrich Hertz als Vermächtniss hinterlassen hat. In diesem Werke sollen die mechanischen Bewegungen ohne Benutzung des Kraftbegriffs aus der Annahme von Verbindungen bewegter Massen allein abgeleitet werden, wobei ausser den sichtbaren noch unbekannte verborgene Massen zu Hilfe gerufen werden.

Die mathematische Durchführung dieses Gedankens ist bewundernswürdig und für den Mathematiker in hohem Grade bestechend. Aber von einer überzeugenden, nach allen Seiten befriedigenden, abschliessenden Beantwortung der Frage sind wir noch weit entfernt.

Dass sich diese Anschauung der alten Hypothese von Descartes annähert, die die Bewegungserscheinungen in der Natur auf gewisse Wirbelbewegungen einer unbekannten Weltmaterie zurückzuführen sucht, ist unverkennbar. Aber diese neuen Versuche ruhen auf einer fortgeschrittenen Kenntniss der Thatsachen und auf einer viel höher entwickelten mathematischen Analyse.

Bei einem so allgemeinen Grundsatz, wie das Energiegesetz, dem sich an Bedeutung für das Verständniss der physischen Welt, an überzeugender Kraft der Wahrheit in der Geschichte der fortschreitenden menschlichen Erkenntniss wenig an die Seite setzen lässt, ist für den Geschichtsforscher der Wissenschaft die Frage nach dem Entdecker von grossem Interesse.

Wie alle Entdeckungen hat auch diese ihre Vorgeschichte; um von den schon erwähnten Vorläufern aus früheren Jahrhunderten zu schweigen, finden sich in unserem Jahrhundert unter anderen bei Carnot und Fara-

day, Anschauungen, die sich der Wahrheit schon nähern, und so ist es natürlich, dass sich als die Zeit genügend vorbereitet war, in den vierziger Jahren unseres Jahrhunderts, mehrere Forscher von verschiedenen Seiten her mit dem Gegenstand beschäftigten.

Es kann aber keinem Zweifel unterliegen, dass der erste, der das Gesetz vollkommen richtig, klar und bestimmt ausgesprochen hat, und ihm durch die Bestimmung des mechanischen Aequivalentes der Wärme seine feste zahlenmässige Grundlage gegeben hat, der Arzt Robert Mayer in Heilbronn gewesen ist, ein unglücklicher Mann, der nicht nur unter persönlichen widrigen Schicksalen, sondern auch unter der Verkenennung und Ungerechtigkeit berufener Fachmänner viel zu leiden hatte. Sein Verdienst wird dadurch nicht gemindert, dass bald darauf andere, vorab der Engländer Joule, unser Helmholtz, und Clausius mit besseren experimentellen und theoretischen Hilfsmitteln die Frage aufnahmen und weiterführten.

Die Wechselbeziehung und der innige Zusammenhang, den das Energiegesetz unter den verschiedenartigen Naturerscheinungen herstellte, hatte tiefeingreifende Folgen für die Wissenschaft.

Die ältere Physik nahm zur Erklärung eines jeden einzelnen Erscheinungsgebietes zunächst einen eigenthümlichen Stoff, ein Fluidum, ein Imponderabile an, dem man nach Bedürfniss besondere Eigenschaften und Kräfte zuschrieb, wie sie zur Erklärung der wahrgenommenen Erscheinung gerade geeignet waren. So war es mit dem Phlogiston, dem Feuerstoff der Chemiker des 18. Jahrhunderts, mit der Lichtmaterie, auf die Newton die Optik gründete, dem Wärmestoff, der Electricität, dem Magnetismus.

Diese Stoffe sah man als unveränderlich an, wie die chemischen Elemente, nur dass man sie nicht direct sondern nur in ihren Wirkungen wahrnehmen konnte. Man

ist sich zum Theil wohl bewusst gewesen, dass diese Annahme nur ein Nothbehelf ohne innere Wahrscheinlichkeit sei, dass die mannigfachen Beziehungen der Naturerscheinungen unter einander dadurch nicht hinlänglich erklärt seien. Aber man hat durch dieses Hilfsmittel doch vorzügliche und werthvolle Erfolge erreicht, die auch dann nicht verloren sind, wenn die Grundhypothese später durch eine andere ersetzt wird.

Die Thatsache der Verwandlung der Energie, die allen Erscheinungsgebieten gemeinschaftlich ist, hat aber dem Gedanken zum Siege verholfen, dass hier auch eine einheitliche Grundlage vorhanden sein müsse. Vollständig ist der Wärmestoff aus dem Vorstellungskreis der Physiker verschwunden; denn die allerverbreitetste Form der Energieverwandlung ist der Uebergang der Bewegung in Wärme, so dass man jetzt geneigt ist, die Wärme selbst als eine besondere Bewegungsform der Materie aufzufassen, und an der so entstandenen mechanischen Wärmetheorie ist vorzugsweise unsere Einsicht in die Bedeutung dieses Gesetzes gewachsen.

Die Newtonsche Optik war schon um die Mitte des Jahrhunderts vollständig durch die Wellentheorie des Lichtes verdrängt, die sich besonders in den Händen von Fresnel sehr viel tauglicher erwiesen hatte, die mannigfaltigen Lichterscheinungen, die eine fortgeschrittene Beobachtung kennen gelehrt hatte, zu erklären.

Aber auch hierbei ist die Wissenschaft nicht stehen geblieben. Sie hat in der electromagnetischen Lichttheorie den Gedanken verfolgt, dass Licht, Electricität und strahlende Wärme eine und dieselbe Grundlage haben. Ein inniger Zusammenhang zwischen diesen Gebieten war durch verschiedene Thatsachen immer wahrscheinlicher geworden. Faraday hatte im Jahr 1846 einen directen Einfluss des Magnetismus auf das Licht, die magnetische Drehung der Polarisationssebene, entdeckt, und in den elec-

trodynamischen Maassbestimmungen von Wilhelm Weber hatte sich eine Zahl eingestellt, die in höchst merkwürdiger Weise mit der Geschwindigkeit des Lichtes übereinstimmte. Die innere Gleichartigkeit von Electricität und Licht ist aber zur Gewissheit geworden durch die Experimente von Hertz, dem es gelungen ist, eine wellenartige Fortpflanzung electrischer Wirkungen hervorzurufen, die in allen wesentlichen Stücken mit den Gesetzen der Optik übereinstimmt. Diese Thatsachen fordern eine einheitliche Theorie, die auf Grund der Anschauungen von Faraday durch Maxwell gegeben und seit dem von vielen Forschern, auch nach der mathematischen Seite hin, schon ziemlich weit entwickelt ist, wenn auch noch viel zu thun bleibt, bis sie in allen ihren Consequenzen durchgeführt ist. Nach dieser Lehre werden die Anziehungen und Abstossungen electrischer und magnetischer Körper nicht mehr als das Ergebniss einer Wirkung in die Ferne, sondern eines Spannungszustandes in der Umgebung dieser Körper und in dem sie enthaltenden Raume betrachtet. Die Fortpflanzung von Aenderungen in dieser Spannung geschieht durch Wellen, die sich mit der Geschwindigkeit des Lichtes fortbewegen, und die je nach der Wellenlänge und sonstigen Beschaffenheit als Licht, als Wärmestrahlen, als Electricität wahrgenommen werden. Auch die so viel besprochenen merkwürdigen Röntgenstrahlen werden sich, wenn ihre Natur erst genauer bekannt sein wird, in diesen Anschauungskreis einfügen.

Es ist eine grossartige Einfachheit und Einheitlichkeit, die sich hier unter den Naturkräften offenbart, und wir geben die Hoffnung nicht auf, dass es noch gelingen wird, die allgemeine Schwere, und damit die Gesamtheit der Naturkräfte derselben Anschauung unterzuordnen, wenn auch bis jetzt dafür noch kein Ansatz gegeben ist.

Neben dieser Theorie fristen die electrischen und magnetischen Flüssigkeiten nur noch ein kümmerliches

Dasein; sie werden nur da noch der Kürze und Anschaulichkeit des Ausdruckes wegen herangezogen, wo die Entwicklungen der neuen Theorie noch nicht weit genug gediehen sind. Der Glaube an die reale Existenz dieser Fluida ist überall im Schwinden begriffen, oder vereinfacht sich wenigstens wesentlich.

Denn freilich, irgend ein materielles Substrat müssen wir auch für die Bewegungsvorgänge voraussetzen, und da aus den weitesten Fernen wenigstens Lichtstrahlen zu uns dringen, so können wir uns auch den Weltraum nicht leer vorstellen. So haben wir für die Uebertragung aller Wirkung eine Substanz nöthig, der man den Namen Aether gegeben hat, der wir sehr complicierte Eigenschaften zuschreiben müssen, obwohl wir sie nicht direct wahrnehmen. Ob dieser den ganzen Raum erfüllende Stoff, den wir wohl auch als den physischen Raum bezeichnen können, am letzten Ende als etwas von der wägbaren Materie verschiedenes angenommen werden muss, das ist eine Frage auf die wir heute keine Antwort haben.

Die wachsende Anerkennung und Durchführung des Energiegesetzes, die sich in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts auf allen Gebieten vollzogen hat, fällt zeitlich und wohl auch ursächlich mit dem Erstarken des philosophischen Geistes zusammen, und es war ein Glück für die Naturwissenschaft, dass in diesem Zeitraum philosophischer Sinn verbunden mit mathematischer Fähigkeit bei den ausgezeichnetsten experimentellen Forschern vereinigt war, von denen ich unter den Deutschen nur die beiden Namen Helmholtz und Hertz anzuführen brauche.

So wenig es möglich ist, rein deductiv, aus den Gesetzen unseres Denkens eine Naturwissenschaft zu construieren, ebenso ist eine Forschungsart unfruchtbar und unwissenschaftlich, die ohne Leitung durch einen theoretischen Gedanken, nur den Erscheinungen nachgeht. Wir wollen die Welt nicht bloss im Einzelnen kennen lernen

und beschreiben; wir wollen die Erscheinungen unter allgemeine Gesetze zusammenfassen, die uns einen sicheren Schluss auf künftige Vorgänge gestatten, und wir wollen diese Gesetze auch verstehen; und das kann nichts anderes bedeuten als ihre Zurückführung auf die einfachsten Anschauungen unserer täglichen Erfahrung.

Erst eine so geleitete Forschung, unterstützt durch die Hilfsmittel der mathematischen Deduction, die den zahlenmässigen Vergleich zwischen Theorie und Erfahrung gestattet, wird dem Experiment und der Beobachtung die richtigen Wege zeigen.

Newton hat seine Vermuthung des Gesetzes der allgemeinen Schwere jahrelang mit sich herumgetragen, und es erst dann als gesichert angenommen, als eine berichtigte Kenntniss des Erdumfanges die genaue Uebereinstimmung der Fallbeschleunigung des Mondes gegen die Erde mit der aus diesem Gesetze gefolgerten Grösse gezeigt hatte.

So sehr sich aber die Lehre von der allgemeinen Gravitation durch astronomische Beobachtungen als richtig erwiesen hatte, so erregte die von Newtons Anhängern daraus gezogene mehr philosophische Folgerung einer unvermittelten Wirkung der Materie in die Ferne einen Sturm des Widerspruchs. Cartesius hatte durch seine mathematisch freilich gar nicht durchgeführte Hypothese der Weltwirbel die Bewegung der Himmelskörper auf directe Einwirkung einander stossender und treibender Massen zurückzuführen versucht, und bei der herrschenden Stellung, die die Cartesische Philosophie in jener Zeit einnahm, schien die Lehre Newtons von einer Fernewirkung, wonach unbelebter Stoff zu anderen Körpern, die in weiter Entfernung von ihm liegen, ohne materielle Ueberzeugung eine Beziehung haben sollte, vielen unverständlich, übernatürlich und bei einer wissenschaftlichen Naturerklärung unzulässig.

Newton selbst hat die hierin liegende Schwierigkeit

wohl empfunden und sich vorsichtig über die Möglichkeit einer Erklärung durch ein Zwischenglied ausgedrückt. Seine Anhänger aber haben mit Entschiedenheit aus der Anziehung in die Ferne eine nicht weiter erklärbare fundamentale Eigenschaft der Materie, eine Art von Dogma gemacht, und die Erfolge dieser Lehre in der Astronomie sind auch in der That von der Art, dass jede weitere Hypothese, die etwas anderes als eine Ableitung des mathematischen Ausdruckes von Newtons Gesetz ergäbe, unbedingt verworfen werden müsste.

So hatte sich die Wissenschaft mit der Vorstellung einer Fernewirkung der Materie abgefunden, und Helmholtz hat noch in der Einleitung zu seiner berühmten Abhandlung über die Erhaltung der Kraft im Jahre 1847 als das Ziel der Naturerklärung hingestellt, dass die Erscheinungen auf unveränderliche letzte Ursachen zurückgeführt werden sollten, die in nichts anderem bestehen können als in Kräften, die zwischen Massenpunkten wirken, und die nur von deren gegenseitigen Entfernung abhängen.

Die alten Bedenken gegen die unvermittelte Fernewirkung sind aber nie ganz verstummt, und haben zu einer grossen Zahl von mehr oder weniger glücklichen Versuchen geführt, die allgemeine Schwere aus dem Bau oder der Bewegung der Materie zu erklären. Keine von allen diesen Theorien hat es zu einer allgemeinen Anerkennung gebracht, und schon ihre grosse Mannigfaltigkeit beweist, dass keine vor der anderen eine innere Wahrscheinlichkeit oder Evidenz für sich hat.

Diese Schwierigkeit und Dunkelheit die dem Kraftbegriff anhaftet, hat in unseren Tagen zu einem Standpunkt der Resignation geführt, von dem aus die physikalischen Theorien gar nicht mehr auf ihre objective Wahrheit geprüft, sondern nur als Bilder für den Zusammenhang der Erscheinungen betrachtet werden.

Riemann fragt, mit Anlehnung an kantische Ideen: Wann ist unsere Auffassung der Welt wahr? und seine Antwort ist, wenn der Zusammenhang unserer Vorstellungen dem Zusammenhang der Dinge entspricht. Gegen diesen Satz ist sicherlich nichts einzuwenden. Die neuere kritische Richtung, geht aber weiter: sie setzt an Stelle der Dinge der Aussenwelt nicht Vorstellungen sondern Bilder, d. h. gedachte Dinge, und nennt eine Theorie wahr, wenn der Zusammenhang im Bilde dem Zusammenhang in der Aussenwelt entspricht. Sie fragt z. B. nicht darnach, ob die Materie in Wahrheit atomistisch aufgebaut ist, oder den Raum stetig erfülle, sondern nur darnach ob die physikalischen und chemischen Thatsachen, die wir kennen, besser unter dem Bilde eines Haufens getrennter Körperchen oder eines stetig erfüllten Raumes dargestellt werden. Dabei verdient ein Bild den Vorzug, wenn es einen möglichst grossen Kreis von Erscheinungen in möglichst einfacher Weise darstellt, und wenn es auch in noch nicht beobachteten Fällen nachträglich seine Bestätigung findet.

Diese Auffassung der Wissenschaft umgeht alle Schwierigkeiten principieller Art, und ist logisch unanfechtbar. Nach dem Stand unserer Kenntnisse sind wir auch in vielen, vielleicht in den meisten Fällen gezwungen, uns damit zu begnügen.

Es ist auch nicht zu bestreiten, dass die Hypothesen einem fortwährenden Wechsel unterworfen sind, dass oft alte Theorien aus längst vergangenen Tagen in neuem Gewande wiedergekehrt sind, und dass trotzdem die Wissenschaft selbst immer fortgeschritten ist.

Aber das unbefangene Urtheil wird nicht von der Ueberzeugung loskommen, dass von zwei entgegengesetzten Annahmen nur die eine zulässig ist, und wird die Hoffnung nicht aufgeben, im Fortschritt der Erkenntniss durch Beobachtungen und Schlüsse einen Theil der hypothetisch angenommenen Erklärungsgründe auf die Stufe der

Gewissheit zu erheben, die eine beobachtete Thatsache hat.

Dass die Tonerpfindungen bedingt sind durch gewisse nach bestimmten Gesetzen erfolgenden Erschütterungen der Luft, die selbst in das Gebiet der Erscheinungen gehören, hat wohl noch niemand bezweifelt.

Die letzten Betrachtungen führen uns aus dem Gebiet der Naturwissenschaften heraus in die Erkenntnistheorie. Es liegen aber hier Fragen vor, denen sich der denkende Naturforscher nicht entziehen kann, wenn er sich über den Werth und die Bedeutung seiner Forschung klar werden will. Gleichwohl werden auf diese Fragen noch die verschiedenartigsten Antworten gegeben.

Ziehen wir aber die Summe der thatsächlichen Ergebnisse naturwissenschaftlicher Forschung, so werden wir sagen dürfen, dass das 19. Jahrhundert mit seinem Erbe gut gewuchert hat. Der oberflächlichste Vergleich zeigt schon den äusseren Fortschritt vom Anfang bis zum Ende des Jahrhunderts.

Die werthvollste wissenschaftliche Errungenschaft ist und bleibt aber die Entdeckung des Gesetzes von der Erhaltung der Energie. Durch den Sieg dieses Princips auf allen Gebieten der Naturwissenschaft ist ein gewisser Abschluss erreicht, und wenn es auch unmöglich ist, vorherzusagen, was kommende Jahrhunderte bringen werden, so spricht doch eine grosse Wahrscheinlichkeit dafür, dass wir hiermit ein Stück bleibender Wahrheit errungen haben.

Was in der Gegenwart die Physik am tiefsten ergriffen hat, das ist das Streben nach einer Einheitlichen Erklärung scheinbar getrennter Gebiete, wie es in der Maxwell'schen electromagnetischen Theorie seinen Ausdruck findet.

Hier aber stehen wir erst am Anfang einer Entwicklung, die, soviel neues sie auch schon gebracht und altes be-

friedigend erklärt hat, doch noch mehr Fragen und Räthsel stellt, und vielleicht noch tiefgreifenden Umgestaltungen entgegen geht.

So dürfen wir wohl am Ende des Jahrhunderts dem Gefühl der Befriedigung Ausdruck geben über das, was erworben und erarbeitet ist, über das Leben der Wissenschaft in unseren Tagen. Nicht in dem selbstzufriedenen Stolz Wagners «wie wir es so herrlich weit gebracht». Denn jeder Fortschritt zeigt uns neue Räthsel, stellt uns neue Aufgaben so dass der ernste Beobachter mit Iphigenie sprechen möchte:

«Das wenige verschwindet leicht dem Blick,

Der vorwärts sieht, wie viel noch übrig bleibt».

Die ganze Wahrheit ist nicht für uns Menschen; aber auch der Fluch ewigen Irrthums wäre der Tod für unseren Erkenntnisstrieb.

Der Lohn redlichen Strebens ist das Bewusstsein, dass sich unser Denken in der Richtung nach der Wahrheit hin bewegt und nicht von ihr ab oder rückwärts führt. Auf die Länge des zurückgelegten Weges kommt nichts an.

Lassen Sie mich die Worte anführen, mit denen der grössten einer, Isaac Newton, das Ergebniss seines wissenschaftlichen Lebens zusammenfasst.

«Ich weiss nicht, als was ich der Welt erscheinen mag, aber mir selbst erscheine ich wie ein Knabe, der am Meeresstrande spielt, und sich daran erfreut, von Zeit zu Zeit einen glatteren Kiesel oder eine schönere Muschel als gewöhnlich zu finden, während der grosse Ocean der Wahrheit unentdeckt vor mir liegt.»

Wer darf sich vermessen, die Aufgabe der Wissenschaft für kommende Zeiten vorher zu bestimmen? Wir können nicht nach einem festen, vorher bestimmten Plane bauen; wir können nur wie der geringste Arbeiter Baustein an Baustein reihen an den Gebäuden der Wissen-

schaft. Aber das ist unsere Ueberzeugung und Hoffnung, dass der Bau auch im nächsten Jahrhundert nicht unterbrochen wird, dass er nach abermalz hundert Jahren wieder um ein Stück gewachsen sein wird.

Möge auch unserer Kaiser Wilhelms Universität, die nach heissen Tagen als Wahrzeichen ununterbrochen und von nationalen Leidenschaften ungestörten Lebens der Wissenschaft gegründet ist, bescheiden sein, an ihrem bescheidenen Theil durch Lehre und Forschung an dem Baue mitzuwirken getreu unserem Wahlspruch:

Litteris et Patriae.