

22.3.1887
FH Aachen
G. Wüllner

Die
Entwicklung der Grundanschauungen in der Phy
im Laufe unseres Jahrhunderts.

REDE

zum
Geburtsfeste Seiner Majestät des Kaisers und Königs

in der
AULA DER KÖNIGLICHEN TECHNischen HOCHSCHULE
zu Aachen

am 22. März 1887 gehalten

von
Professor Dr. A. Wüllner.

1887
1232

Aachen, 1887.
DRUCK VON F. N. PALM.

KA
78
1059

k



Unsers Kaisers Majestät vollendet heut sein 90. Lebensjahr. Er sieht zurück auf eine Zeit der Völkerentwicklung, auf eine die Geschichte seines Volkes bedingende Thätigkeit, wie es kaum je einem andern Herrscher gegeben war. In seinem Knabenalter, in jenen Jahren, in welchen sich die Eindrücke für das Leben uns unauslöschlich einprägen, sah er den Niedergang des Staates Friedrichs des Grossen, er sah als mitthätiger Kämpfer den Aufgang seines Volkes in den Befreiungskriegen; er erlebte die Jahre ruhiger Entwicklung des preussischen Staates, in seinen Mannesjahren, jene Jahre, in denen Preussen durch Gründung des Zollvereins nationalökonomisch die Führung Deutschlands erwarb. Nachdem er selbst die Herrschaft übernommen, rief er des deutschen Reiches Herrlichkeit wieder ins Leben, dessen glänzende Krone er jetzt trägt. Wenn unser Kaiser auf die Tage von Jena zurückblickt, so mag er auch heut das Wort aus dem grossen Jahre 1870 wiederholen: Welche Wendung durch Gottes Fügung. In fernem Jahrhunderten wird das deutsche Volk dankbar der glänzenden Gestalt unseres Kaisers gedenken.

Auch als Vertreter der Naturwissenschaften und der technischen Wissenschaften haben wir heut dem Kaiser unsern Dank darzubringen. Als er vor 22 Jahren mit eigener Hand den Grundstein unserer Hochschule legte, als er vor 2 Jahren der technischen Hochschule zu Berlin ihre neue und glänzende Heimstätte in einem feierlichen Staatsacte übergeben liess, zeigte er, wie sehr ihm auch die Fortschritte der Naturwissenschaften und des technischen Wissens und Könnens am Herzen liegen; er anerkannte in feierlichster Weise, dass diese Wissenschaften den lange im Bewusstsein unseres Volkes als höhere geltenden philosophisch-historischen Wissenschaften als gleichberechtigt zur Seite getreten sind. *

Die Naturwissenschaften sind während der Lebenszeit unseres Kaisers zu jenem Prachtbau geworden, den wir jetzt bewundern; sie sind eigentlich erst in dieser Zeit zu praktischer Verwerthung gelangt und haben in Folge dessen das ganze Culturleben umgestaltet. War doch bei der Geburt unseres

* Physik d. 18. J. hat in der Zeit der
des 19. J. die Wissenschaften
? auch zu einem grossen Ausmass
als

Kaisers jene Entdeckung, welche in ihren Folgen neben der Locomotive die bedeutsamste Veränderung im Verkehrsleben der Völker bewirkte, die Entdeckung des galvanischen Stromes, erst 8 Jahre alt.

Ein Tag wie der heutige lässt deshalb auch den Naturforscher auf das Werden der Naturwissenschaften in dieser Zeit zurückblicken, es reizt ihn, den Anfang unseres Jahrhunderts mit dessen Ende, dem wir entgegengehen, zu vergleichen.

Eine Reihe von glänzenden Entdeckungen liess sich hier vorführen; der Chemiker hat das geheimnissvolle Walten der Natur belauscht, er hat es gelernt, in seinen Retorten die Stoffe zu bilden, welche der Lebensprocess in Thieren und Pflanzen hervorzubringen vermag; für den Austausch der Gedanken sind durch die Entdeckungen der Physik Raum und Zeit verschwunden, die Gestirne haben dem Physiker offenbaren müssen, aus welchen Stoffen sie bestehen. Indess die kurze dieser Feier gewidmete Zeit erlaubt nicht, die vielen Entdeckungen der Naturwissenschaften auch nur aufzuzählen, es sei mir deshalb gestattet, Ihnen nur vorzuführen, wie sich die grundlegenden Auffassungen auf einem Gebiete in dieser Zeit entwickelt haben, auf dem mir am nächsten liegenden Gebiete der Physik, und wie diese ein Leitstern geworden sind zu neuen Entdeckungen.

Die Naturwissenschaften haben die Aufgabe, die uns umgebende Körperwelt in ihrem Sein und ihrem Werden zu verfolgen und unserm Verständniss näher zu bringen. Sie haben deshalb zunächst alles zu beschreiben, was um uns ist und was um uns geschieht. Die nothwendige Form unseres Denkens ist nun aber die Verknüpfung der Erscheinungen als Ursachen und Wirkungen. Wir nennen die Verknüpfung einer Erscheinung mit einer vorhergehenden als ihrer Ursache die Erklärung derselben, und in dem Sinne haben die Naturwissenschaften auch die Aufgabe, die Naturerscheinungen zu erklären. Bei dieser Verbindung der Naturerscheinungen als Wirkung und Ursache kommen wir stets auf eine letzte, für welche wir keine Ursache mehr anzugeben wissen, die wir also als gegeben annehmen müssen, welche keiner Erklärung in dem angegebenen Sinne mehr fähig ist. Wie weit wir in der Reihe der Erscheinungen zurückgehen, welche wir als etwas Gegebenes, nicht mehr Erklärbares betrachten, hängt zunächst von dem Umfange unserer Naturerkenntniss ab; eine je grössere Zahl von Erscheinungen wir kennen, um so weiter können wir die letzte Ursache zurückverlegen. Es hängt aber ebenso davon ab, was der Mensch als etwas Selbstverständliches hinzunehmen sich gewöhnt hat.

Wir sind in dieser Weise gewohnt, es als selbstverständlich anzusehen, dass alle Körper auf der Erde schwer sind, das heisst, dass alle einen Antriebe gegen die Erde hin erfahren, dem nachgebend sie zu Boden fallen,

wenn sie nicht unterstützt sind. Als Copernicus das nach ihm benannte Weltsystem aufgestellt, als Keppler im Beginne des 17. Jahrhunderts aus den langjährigen Beobachtungen des dänischen Astronomen Tycho de Brahe die Bahn der Planeten genauer beschrieben hatte, war es deshalb eine Erklärung des Weltsystems, als Newton am Schlusse des 17. Jahrhunderts zeigte, dass die Bewegung des Mondes auf einem Fallen des Mondes gegen die Erde, die Bewegung der Planeten auf einem Fallen derselben gegen die Sonne beruhe, welches sich mit einer den Planeten ursprünglich gegebenen Bewegung zusammensetze. Wenn aber der Mensch sich auch daran gewöhnt hatte, das Fallen des Steines zur Erde als etwas Selbstverständliches zu betrachten, als ihm hier ein Antrieb von Körpern gegeneinander aus Entfernungen entgegentrat, denen gegenüber alle irdischen Entfernungen verschwinden, entstand sofort die Frage, welches denn die Ursache dieses Antriebes, welches also auch die Ursache sei, dass der Stein zu Boden fällt. Newton selbst hat sich begnügt, die Gesetze dieses Antriebes aufzustellen und so den Mechanismus des Weltsystems klar zu stellen. Roger Cotes, der Herausgeber der zweiten Ausgabe des grossen Werkes Newtons, der mathematischen Principien der Naturphilosophie, gab eine Erklärung dieses Antriebes, indem er aussprach, dass die Materie ihrer Natur nach in ihren getrennten Theilen sich anziehe, dass wir es mit einer durch nichts weiter vermittelten Wirkung der Materie in die Ferne zu thun haben. Und obwohl Newton selbst einmal ausgesprochen, es sei unbegreiflich, dass rohe und unbeseelte Materie ohne irgendwelche Vermittlung aus der Ferne direct auf einander einwirke, die Physiker und Astronomen gewöhnten sich an die Auffassung von Cotes, sie nahmen die Anziehung der Materie in die Ferne als etwas Selbstverständliches hin, und fanden in ihr die Erklärung des Weltsystems.

Erst in unserm Jahrhundert hat man die Frage wieder aufgenommen und gesucht, das Mittel aufzufinden, welches den Antrieb von einer Materie zur andern durch den Raum hindurchführe. Der Raum zwischen den Weltkörpern kann kein leerer sein, er muss mit Materie gefüllt sein, das beweist uns das von den Gestirnen zu uns kommende Licht und die zu uns kommende Wärme, welche Vorstellung wir uns auch immer von dem Lichte oder der Wärme bilden mögen. Die Materie des Weltraumes nennen wir, wie es schon die alten Philosophen thaten, den Aether. In dieser Materie des Weltraumes hat man das Mittel zu finden geglaubt, in welchem der Antrieb der Gestirne gegen einander vermittelt wird. Alle Versuche aber, diese Uebermittlung auf andere uns bekannte Bewegungsformen zurückzuführen, haben an Stelle der zu erklärenden Fernwirkung von einer andern Fernwirkung Gebrauch machen müssen, welche an sich ebenso unbegreiflich

ist. Die Erscheinungen der Physik und Chemie lassen sich in einfachster Weise beschreiben durch die Annahme, dass die Materie aus Atomen oder Molekülen besteht, aus kleinsten Theilchen, welche für sich eine selbständige Existenz haben, aus welchen die Materie aufgebaut ist, etwa wie wir eine Mauer aus den einzelnen Ziegelsteinen aufbauen. Es liegt schon in der Annahme dieser Einzelexistenzen die weitere Annahme, dass diese Theilchen sich nicht gegenseitig berühren, dass sie sich in gewissen Entfernungen von einander befinden. Dass diese Annahme nothwendig ist, folgt auch ohne weiteres aus den bekannten Thatsachen, dass die Körper sich zusammenpressen und dass sie sich ausdehnen lassen. Es geht das durch mechanischen Zwang, noch leichter aber dadurch, dass wir die Körper abkühlen oder erwärmen. Die Aenderung der Raumauffüllung eines Körpers kann bei Annahme von Atomen nur dadurch eintreten, dass die Atome oder Moleküle einander genähert oder von einander entfernt werden. Da nun aber alle Körper einen Zusammenhalt ihrer Theile haben, so folgt, dass die Moleküle sich gegenseitig festhalten, dass sie also durch den Raum hindurch in die Ferne hin aufeinander einwirken. Ja die Einwirkung in die Ferne muss eine recht complicirte sein; denn da die gegenseitige Anziehung aus dem Zusammenhalt der Körper folgt, so muss auch eine Ursache vorhanden sein, welche die Moleküle verhindert, sich bis zur Berührung einander zu nähern. Wir nennen diese Ursache eine abstossende Kraft der Moleküle, welche ebenfalls durch den Raum hin wirken muss. Die hier als nothwendig erkannte Wirkung in die Ferne, welche wir als etwas Gegebenes, nicht weiter Erklärbares hinnehmen müssen, wenn wir überhaupt die atomistische Auffassung der Materie zur kürzesten Beschreibung der Naturerscheinungen beibehalten wollen, wirkt allerdings auf für uns unmessbar kleine Entfernungen, während die Antriebe der Massen im Weltsystem auf sehr grosse Entfernungen hingehen. Indess begrifflich ist kein Unterschied zwischen kleinen und grossen Entfernungen; begnügt sich das menschliche Erklärungsbedürfniss für die Einwirkung der Moleküle mit der Annahme der Wirkung in die Ferne, so kann ihm die Annahme der Wirkung in planetarische Räume keine grössere Schwierigkeit bieten. Es ist und bleibt für uns die letzte Erscheinung, für welche eine weitere Zurückführung auf eine andere als ihrer Ursache nicht möglich ist, dass ein Antrieb getrennter materieller Massen, seien sie von molekularer Grösse, seien es Weltkörper, auf einander, vorhanden ist. Ich kann es deshalb nicht als einen Fortschritt im Verständniss der Naturerscheinungen ansehen, wie es manchmal geschieht, wenn man die Fernwirkung zwischen den Weltkörpern auf diejenige zwischen den Molekülen zurückführen will, oder wie man es wohl ausspricht, wenn man die Wirkung in die Ferne durch eine Wirkung in die Nähe erklären will. Erst dann, wenn wir die

atomistische Auffassung der Materie entbehren können, wenn es gelingen würde, die Naturerscheinungen aus der Auffassung der Materie als etwas den Raum stetig Erfüllendes unter einen gemeinsamen Gesichtspunkt zu bringen, würde sich die Uebertragung der Wirkung in die Ferne als durch die Materie selbst vermittelt ergeben.

Wie man bis zum Anfange dieses Jahrhunderts die Wirkung in die Ferne als eine Eigenschaft der Materie betrachtete, so hatte man sich auch ziemlich allgemein daran gewöhnt anzunehmen, dass alle übrigen Naturerscheinungen durch die Eigenschaften verschiedener Substanzen bedingt seien, deren man so viele annahm, als man verschiedene Gebiete der Naturerscheinungen unterscheiden musste. Man sah das Licht als einen Stoff an, welcher von den leuchtenden Körpern ausgeworfen wird, alle Lichterscheinungen wurden den Eigenschaften dieses Stoffes zugeschrieben, jede neue Entdeckung war in diesem Sinne nichts als die Auffindung einer neuen Eigenschaft des Lichtstoffes. Die Wärmeerscheinungen wurden einem Wärmestoff zugeschrieben, dessen Anhäufung die Körper warm, dessen Fortnahme dieselben kalt mache. Die Verbindung des Wärmestoffes mit dem festen Körper sollte denselben in die flüssige Form, die Verbindung des Wärmestoffes mit dem flüssigen denselben in die Form des Dampfes überführen. Die Erscheinungen des Magnetismus wurden den magnetischen, diejenigen der Elektrizität den Eigenschaften der elektrischen Flüssigkeiten zugeschrieben.

Mit dieser Mannichfaltigkeit von Substanzen, mit dieser Vielheit von Naturkräften aufzuräumen, das wurde das Bestreben der Physiker unseres Jahrhunderts. Immer bewusster schritt man im Laufe desselben dahin, die sich scheinbar fremdesten Gebiete zu verbinden und sie auf eine letzte Ursache zurückzuführen, die man als das gegebene ansehen musste, auf die Bewegungsantriebe, welche die Theile der Materie auf einander ausüben.

Es gelang zuerst mit den Erscheinungen des Lichtes in den beiden ersten Jahrzehnten unseres Jahrhunderts. Die Untersuchungen der französischen Physiker, vor allen Augustin Fresnels, bewiesen, dass wir das Licht nicht als die spezifische Eigenschaft eines Lichtstoffes annehmen können, dass es eine Bewegung ist von derselben Art, wie jene, welche unserm Ohre den Schall vermittelt. Ist das Licht ein Stoff, hängt die Helligkeit eines Raumes nur von der Quantität des anwesenden Lichtstoffes ab, so ist eine nothwendige Folge, dass die Hinzufügung einer neuen Lichtmenge zu einer bereits vorhandenen unter allen Umständen eine Vergrösserung der Helligkeit bewirken muss. Wenn aber das Licht eine Bewegung der Materie, ähnlich wie jene des Schalles ist, also eine pendelnde Bewegung, bei welcher die Moleküle um eine feste Lage hin und hergehen, wenn die Fortpflanzung

des Lichtes die Ausbreitung einer schwingenden Bewegung ist derselben Art, wie sich die Wasserwellen ausbreiten, sobald sie an einer Stelle einer Wassermasse erregt sind, so muss es möglich sein, Licht und Licht in der Weise zusammen zu führen, dass vorhandenes Licht durch hinzukommendes geschwächt oder ausgelöscht wird. Denn wenn ein Bewegliches gleichzeitig nach entgegengesetzten Richtungen getrieben wird, kann es sich nur durch die Differenz der Antriebe bewegen, sind die Antriebe gleich, so bleibt das Bewegliche in Ruhe. Es muss sich deshalb, wenn das Licht eine schwingende Bewegung ist, erreichen lassen, dass das Bewegliche an einer und derselben Stelle entgegengesetzt gleiche Antriebe erhält, so dass es in Ruhe bleibt, dass also das Licht ausgelöscht wird. Fresnel ersann einen einwurfsfreien Versuch, und das Resultat war seinen Voraussetzungen entsprechend. Die Lehre vom Lichte wurde damit ein specieller Theil der Mechanik, die Untersuchung der Lichterscheinungen war auf diejenige einer speciellen Form der Bewegung zurückgeführt. Die Ursache des Lichtes war ein Antrieb zur Bewegung, den wir in den leuchtenden Körpern gegeben finden. Die Bewegung wird zu uns übermittelt durch jenen Stoff, welcher den Weltraum erfüllt. Wenn wir auch hier einen vermittelnden Stoff haben, der uns von der Sonne das Licht zuführt, an der Fernwirkung kommen wir auch hier nicht vorbei, denn gerade die Auffassung, dass das Licht eine schwingende Bewegung sei, verlangt nach dem jetzigen Stande unserer Kenntniss die Annahme, dass dieser Weltstoff aus getrennten Theilchen bestehe, deren eines dem andern durch den sie trennenden Raum die Bewegung überträgt. Wie die Bewegung der Gestirne in dem Satze von der Gravitation der Massen gegen einander, ist in dem Satze, das Licht ist eine schwingende Bewegung, das gesammte Gebiet der Lichterscheinungen auf die gleiche letzte Ursache zurückgeführt, auf die Bewegungsantriebe, welche getrennte Theile der Materie auf einander ausüben.

Wie das Licht von den leuchtenden Körpern, so strahlt von den warmen Körpern die Wärme aus, selbst wenn sie nicht leuchtend ist. Wir überzeugen uns davon sofort durch unser Gefühl, indem wir die stechende Wirkung der Wärmestrahlen empfinden, wenn wir in der Nähe eines stark geheizten Ofens sind. Man sah in dieser Strahlung eine direkte Aussendung des Wärmestoffs aus den erwärmten Körpern. Einer genauern Kenntniss der Wärmestrahlung trat der Umstand hindernd entgegen, dass es uns an einem Organe zur Wahrnehmung der Wärmestrahlen fehlt von ähnlicher Feinheit, wie es das Auge für das Licht ist, wir empfinden nur ein mehr oder weniger von Wärme, ob ein Unterschied in diesen Strahlen besteht, ähnlich dem Farbenunterschiede der Lichtstrahlen, vermögen wir nicht zu erkennen. Auch die im Anfange unseres Jahrhunderts bekannten Wärme-

messapparate waren nicht fein und empfindlich genug, um die Eigenschaften der gestrahlten Wärme zu erkennen. Als aber Thomas Seebeck im Jahre 1822 die Entdeckung gemacht hatte, dass in einem geschlossenen metallischen Kreise ein elektrischer Strom entsteht, wenn man denselben aus Drähten zweier verschiedener Metalle herstellt und die eine der Stellen, in welchen die Metalle sich berühren, erwärmt, gelang es den beiden italienischen Physikern Nobili und Melloni, bald einen Apparat zu construiren, den sogenannten Thermomultiplikator, von einer solchen Empfindlichkeit für Wärmewirkungen, dass er uns in der That das uns mangelnde Wärmeauge ersetzt. In rascher Folge wurden die Eigenschaften der Wärmestrahlung aufgefunden und es dauerte nicht 20 Jahre, bis man nachgewiesen hatte, dass die Wärmestrahlen alle jene Eigenschaften besitzen, wie die Lichtstrahlen, ja dass die Lichtstrahlen selbst Wärmestrahlen sind.

Man sollte glauben, dass diese Erkenntniss ohne weiteres dazu geführt hätte, auch mit der Annahme eines Wärmestoffes aufzuräumen. Indess wenn auch einzelne erleuchtete Geister zum Theil schon früher, zum Theil auf Grund dieser Erkenntniss von der Natur der Wärmestrahlen den Schritt zu thun versuchten, auch die Wärmeerscheinungen als Bewegungserscheinungen aufzufassen, das scheinbar so verschiedene Verhalten der Körper gegen die Wärme und gegen das Licht verhinderte die Physiker, mit der Tradition des vorigen Jahrhunderts zu brechen. Es bedurfte jenes Fortschrittes in der Erkenntniss der Naturerscheinungen, welcher der ganzen Physik in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts sein Zeichen aufgedrückt und die Richtschnur gegeben hat, der Erkennung des Princips von der Erhaltung der Arbeit. Drei Namen sind es, welche unauflöslich mit der Erkennung dieses Princips verbunden sind, deren jeder ohne Zweifel selbständig dasselbe aufgefunden haben. Es sind der deutsche Arzt Robert von Mayer, der englische Physiker James Prescott Joule und der deutsche Physiker Hermann von Helmholtz. Mayer sprach im Jahre 1842 in einer Abhandlung, welche den Titel führte über die Kräfte in der unbelebten Natur als eine Forderung unseres Verstandes aus, dass keine Kraft verloren gehen könne, ebensowenig wie wir Kraft aus nichts gewinnen können. Joule sprach diesen Satz nicht als Princip aus, er suchte ihn vielmehr inductiv zu beweisen, indem er auf Versuche zurückging, welche an der Grenzscheide des 18. und 19. Jahrhunderts Graf Rumford zu München und Humphrey Davy in London ausgeführt hatten.

Für die Mechanik der Bewegungen tritt jedesmal ein Verlust an Arbeit ein, wenn zwei Körper an einander reiben. Es muss eine Arbeit geleistet, ein Zug auf eine gewisse Wegelänge ausgeübt werden, wenn ein Körper etwa auf einer rauhen Unterlage vorwärts getrieben werden soll.

Die hierbei aufgewandte Arbeit kann nicht wieder gewonnen werden, während Arbeit, die etwa auf Hebung einer Last verwandt wird, wieder nutzbar gemacht werden kann, indem man die Last niedersinken lässt. Schon Rumford und Davy hatten auf Grund der Anschauung, dass Wärme Bewegung sei, dass somit die Erwärmung eines Körpers eine Erzeugung von Bewegung in demselben, also eine Uebertragung von Arbeit sei, zu zeigen versucht, dass die bei der Reibung entwickelte Wärme durch die Arbeit erzeugt sei. Joule bewies diesen Satz durch den Nachweis, dass die erzeugte Wärme der verlorenen Arbeit proportional sei, dass jedesmal, wenn soviel Arbeit zur Reibung verwandt wird, als man zur Hebung einer Last von 424 Kilogramm auf die Höhe von 1 Meter aufwenden muss, eine Wärmemenge erzeugt wird, welche ein Kilogramm Wasser um 1° C. erwärmt.

Auch Helmholtz ging in seiner Entwicklung des Principis von der Erhaltung der Arbeit, oder wie er es damals nannte, Princip von der Erhaltung der Kraft von einer Forderung unseres Verstandes aus. An der Spitze seiner Epoche machenden Abhandlung steht der Satz, den er eine Annahme nennt, dass es unmöglich sei, durch irgend eine Combination von Naturkörpern bewegende Kraft fortdauernd aus nichts zu schaffen. Als den Zweck seiner Abhandlung stellte er hin, das genannte Princip in allen Zweigen der Physik durchzuführen, theils um die Anwendbarkeit desselben in allen denjenigen Fällen nachzuweisen, wo die Gesetze der Erscheinungen schon hinreichend erforscht sind, theils um mit seiner Hülfe unterstützt durch die vielfältige Analogie der bekanntern Fälle auf die Gesetze der bisher nicht vollständig untersuchten weiter zu schliessen und dadurch dem Experiment einen Leitfaden an die Hand zu geben.

Helmholtz zeigte in der That, dass in allen damals bekannten Erscheinungen und deren Gesetzen das Princip von der Erhaltung der Arbeit sich bewähre, dass auf Gebieten, auf welchen dessen Anwendung noch nicht möglich war, die zu dessen Erkennung nothwendigen Messungen noch nicht vorhanden seien; er leitete gleichzeitig eine Anzahl Folgerungen ab, welche man ohne Anwendung des Principis damals zu ziehen nicht im Stande war, ja selbst solche, welche man damals als unwahrscheinlich ansehen musste. In wenigen Wochen sind es 40 Jahre, dass die Abhandlung von Helmholtz erschien, welche zum erstenmale in umfassender Weise das Princip der Erhaltung der Arbeit durchführte, welches seitdem die Grundlage, ja das Grundgesetz der Physik geworden ist, wie das Princip von der Erhaltung des Stoffes die Grundlage der Chemie ist.

Es kann hier nicht meine Aufgabe sein, da ich nur in kurzen Zügen die Umwandlung der grundlegenden Auffassungen der Physik in unserm

Jahrhundert vorführen will, die allmähliche Erkenntniss der Allgemeinheit dieses Principis darzulegen, die Namen aller derer zu nennen, welche an der Durchführung desselben Theil genommen und den Antheil des einzelnen historisch abzuwägen; ich habe deshalb nur diejenigen drei Namen genannt, welche mit dem Princip von der Erhaltung der Arbeit für immer verknüpft sind wie der Name Newtons mit der Erkennung des Gravitationsgesetzes.

Mit diesem Princip war die Anschauung, dass die Wärme eine Substanz sei, definitiv widerlegt; wenn die Wärme eines Körpers eine gewisse Quantität Arbeit ist, welche in den Körper übertragen ist, so kann sie nur die Form der Arbeit sein, in welcher dieselbe in Massen aufgespeichert werden kann, sie kann nur in einer Bewegung der kleinsten Körpertheile der Moleküle bestehen. Auch die Untersuchung der Wärmeerscheinungen ist damit ein besonderer Theil der Mechanik, der Lehre von den Bewegungserscheinungen geworden, wenn sie auch mit noch erheblich grössern Schwierigkeiten verbunden ist, als die Untersuchung jener Bewegung, welche wir Licht nennen. Denn bei letzterm können wir die Form der Bewegung ziemlich vollständig darlegen, bei den Wärmeerscheinungen sind wir dazu nicht im Stande. Das aber erkennen wir auch hier, das Gebiet der Wärmeerscheinungen hat sich dem des Lichtes angeschlossen, die Erscheinungen der Wärme sind auf die gleiche letzte Ursache zurückgeführt, auf die Bewegungsantriebe, welche getrennte Theile der Materie, hier die Moleküle, auf einander übertragen. In den Strahlen der Sonne wird uns ein Theil des Bewegungsvorrathes, den unser grosser Centraalkörper besitzt, zugeführt, alle Bewegung, alles Leben auf unserm Planeten ist nur eine andere Form des von der Sonne uns gelieferten Arbeitsvorrathes.

Fast ganz unserm Jahrhundert gehört die Entdeckung des grossen Gebietes der elektrischen Erscheinungen. Zwei Jahrtausende boten die elektrischen Erscheinungen kaum mehr als ein Spielzeug. Wenn man auch gegen die Mitte des vorigen Jahrhunderts in einer der grossartigsten Naturerscheinungen, in dem Gewitter, das Walten der elektrischen Kräfte erkannte, der Mensch hatte dieselben noch nicht bändigen gelernt, er konnte sie nur dahin bringen, eine schwache Nachahmung des Blitzes hervorzurufen. Erst die Entdeckung der aus der Berührung der verschiedenen Körper entspringenden Quelle der Elektricität lieferte uns den elektrischen Strom und mit demselben die Kenntniss, dass die elektrischen Kräfte in alle übrigen Formen der Naturkräfte umgewandelt werden können. Eine der für unsere theoretischen Auffassungen folgenreichsten Entdeckungen war die von Oersted und Ampère gegen das Jahr 1820 gemachte über die Wechselbeziehung zwischen dem Magnetismus und der Elektricität, aus

welcher Ampère den durch alle spätern Untersuchungen bestätigten Schluss zog, dass die als Magnetismus bezeichnete Naturkraft nur eine bestimmte Form der elektrischen Kräfte sei. Die beiden früher getrennten Gebiete des Magnetismus und der Elektrizität waren dadurch auf ein einziges zurückgeführt.

Um die elektrischen Erscheinungen der nothwendigen Form unseres Denkens entsprechend als Ursache und Wirkung mit einander zu verknüpfen, war man im vorigen Jahrhundert dahin gelangt, dieselben den Eigenschaften einer oder vielmehr zweier besonderer Materien, nämlich dem positiven und negativen elektrischen Fluidum zuzuschreiben. Und in der That lassen sich die elektrischen Erscheinungen auch jetzt noch in der kürzesten Form beschreiben, wenn man von der Ausdrucksweise Gebrauch macht, dass diese beiden Flüssigkeiten in allen Körpern in unerschöpflicher Menge vorhanden sind, und dass sie in den elektrisirten Körpern von einander geschieden werden, so dass ein positiv elektrischer Körper einen Ueberschuss der positiven, der negativ elektrische Körper einen Ueberschuss der negativen elektrischen Flüssigkeit besitzt.

Die beiden ungleichartigen Elektricitäten ziehen sich, unvermittelt aus der Ferne auf einander wirkend, gegenseitig an, zwei Mengen derselben Elektricität dagegen stossen sich ebenso ab. Im ruhenden Zustande ist das Gesetz der Wechselwirkung dasselbe wie das Gesetz der Gravitation der Materie, sie ziehen sich an beziehungsweise stossen sich ab mit einer Wirkung, welche zunimmt, wie die auf einander wirkenden Quantitäten zunehmen, dagegen abnimmt, wie die Quadrate ihres Abstandes wachsen. Bewegen sich die Elektricitäten gegeneinander, so nimmt die Wirkung je nach der Schnelligkeit dieser Bewegung ab. Auch dem Principe von der Erhaltung der Arbeit schmiegt sich diese Ausdrucksweise auf das innigste an, dasselbe hat hier nicht wie bei den Wärmeerscheinungen zur nothwendigen Folge gehabt, die Elektricität als eine Bewegung der kleinsten Theile der Körper anzusehen. Da die beiden ungleichnamigen Elektricitäten sich gegenseitig anziehen, muss zu ihrer Scheidung, somit zur Herstellung des elektrischen Zustandes dieser Zug überwunden, also Arbeit geleistet werden. Diese Arbeit ist in den elektrisirten Körpern aufgespeichert. Fliessen die Elektricitäten ihrer gegenseitigen Anziehung folgend wieder zusammen, so kann in diesem elektrischen Strome jene bei der Scheidung aufgewandte Arbeit wieder gewonnen werden.

Aber wenn auch alle elektrischen Erscheinungen sich dieser Ausdrucksweise fügen, wir können jetzt es nicht mehr als etwas Selbstverständliches hinnehmen, dass die elektrischen Erscheinungen zweien solchen in die Ferne wirkenden Materien zuzuschreiben seien, es ist für unser Bedürfniss der

Verknüpfung von Ursache und Wirkung nicht mehr ausreichend, diese ganze Erscheinungsgruppe aus den Eigenschaften einer uns unbekannten Substanz abzuleiten. Wir haben durchaus das Bestreben, die elektrischen Erscheinungen auf Eigenschaften jener Materie zurückzuführen, deren Bewegung wir als das Bedingende aller übrigen Vorgänge in der Natur erkannt haben. Den ersten Schritt hierzu that Faraday, indem er die unvermittelte Fernwirkung auf jene zweite Art der Fernwirkung zurück zu führen suchte, welche nur auf molekulare Abstände wirkt. Auf den Schultern Faradays stehend, haben dann William Thomson und Maxwell die Grunderscheinung der elektrischen Wirkungen, die Abstossung gleichnamiger Elektricitäten durch eine Verschiebung der den Weltenraum erfüllenden Materie, des Aethers, zu erklären versucht, jenes Aethers, welcher uns auch die Bewegung übermitteln, welche wir als Licht empfinden. Maxwell, Lorenz und Helmholtz haben auf Grund dieser Auffassung bereits auf innige Beziehungen zwischen der Elektrizität und der Fortpflanzung des Lichtes hinweisen können.

Es ist allerdings noch nicht gelungen, die elektrischen Erscheinungen auf Grund dieser Auffassungen vollständig unter einen gemeinsamen Gesichtspunkt zu bringen, indess der Weg, dahin zu gelangen, ist doch angedeutet. Damit kommen wir dem Ziele, das die jetzige Physik zu erreichen sucht, nahe, dem Ziele, die Naturerscheinungen, in welcher Form sie auch auftreten, auf Bewegung derjenigen Materie zurückzuführen, aus der die materielle Welt besteht. Ob dieses Ziel dasjenige ist, welchem die Naturforschung in spätern Jahrhunderten zustreben wird, wer kann es sagen, wenn man erwägt, welche Summe von Erfahrungen unser Jahrhundert gewonnen hat? Das aber können wir behaupten, dass die Naturwissenschaften in dem Streben, auf die einfachste Weise die grosse Mannichfaltigkeit der Naturerscheinungen zu erklären, das heisst alles auf Bewegung der Materie zurückzuführen, dem menschlichen Causalitätsbedürfnisse am besten entsprechen. Die Materie und das, was sie bewegt, sind das, was wir als gegeben hinnehmen müssen, ob die Menschheit dafür noch eine Erklärung finden, ob sie Materie und Bewegung noch auf ein einfacheres zurückführen wird, wer weiss es; vermessen wäre es zu behaupten, wir seien an der Grenze des möglichen Erkennens angelangt.

H. V. Ich begann mit Worten des Dankes an unsern Kaiser, ich muss auch mit solchen schliessen. Das Haus der Hohenzollern war stets nicht nur Mehrer des Reiches nach aussen, sondern auch für das innere geistige Leben; Kunst und Wissenschaft fanden in Ihnen stets ihre Förderer. Unsers Kaisers Majestät hat die Tradition seines Hauses auch nach der Richtung glänzend fortgeführt. Die Naturwissenschaften danken seiner

Regierung die mächtigste Förderung, sie hat uns die Mittel geliefert, welche zu den Forschungen erforderlich sind, die unsere Zeit als eine der Naturforschung gewidmete charakterisieren. Uns gebührt es deshalb, nicht nur dem Kaiser unsern Dank auszusprechen, der die deutschen Stämme wieder vereint hat, sondern auch dem Schützer des Friedens, dem Förderer der Wissenschaften. Lassen Sie uns diesem Danke Ausdruck geben in dem Rufe: Seine Majestät unser Kaiser Wilhelm lebe hoch!
