

Über die Materie.

Von

Dr. Gottlieb Adler,

Privatdocent an der k. k. Universität in Wien.

Vortrag, gehalten den 4. November 1891.



Über all jene Schwierigkeiten, welche dem Philosophen die Definition des Begriffes „Materie“ bereiten mag, hilft der Physiker sich mit größter Leichtigkeit hinweg. Er sagt: Alles, was wir sehen oder tasten können, all das, was vermöge der Bewegung oder der Wärme oder der Elektrizität, die es enthält, vermöge von Licht oder Schall, das es aussendet, einen oder mehrere unserer Sinne erregt und sich uns dadurch bemerkbar macht — all das nennen wir Materie, also alles, was wir nach deutschem Sprachgebrauch als das Körperliche oder Stoffliche bezeichnen.

Bis in die ältesten Zeiten menschlichen Denkens lässt sich zurückverfolgen, wie sehr das Räthsel der Materie dasselbe beschäftigt hat. Die erste Frage, die wir bei den Griechen aufgeworfen finden, ist die Frage nach dem Urstoff, oder auch nach den Grundstoffen oder Elementen, aus denen alle Materie zusammengesetzt ist. Und während Thales auf das Wasser als diesen Urstoff rieth, Heraklit auf das Feuer, hat Empedokles um das Jahr 400 v. Chr. zuerst jene Lehre aufgestellt von den vier Elementen Feuer, Wasser, Luft und Erde, aus denen alle Materie durch Mischung zu-

sammengesetzt ist, eine Ansicht, welche von Aristoteles mit geringen Modificationen zu der seinigen gemacht wurde und mit der aristotelischen Philosophie durch das ganze Mittelalter hindurch herrschend war, und in welcher wir sogar noch Galilei befangen finden. — Gehen wir auf das Erfahrungsmäßige zurück, was dieser Hypothese zugrunde liegen mag, so finden wir es in derjenigen Erscheinung, welche uns beim Wasser am greifbarsten entgegentritt, in der Erscheinung nämlich, dass die Materie, je nachdem ihr Wärme zugeführt oder entzogen wird — die Begriffe von Wärme und Feuer waren noch am Ausgange des vorigen Jahrhunderts vielfach als gleichbedeutend im Gebrauch — bald fest wie die Erde, bald flüssig wie das Wasser, bald gasförmig wie die Luft uns entgegentritt, oder wie Galilei es ausdrückt: „Wenn die Materie des Feuers die Poren ausfüllt, so können diese dem Körper keine Festigkeit mehr geben und er zerschmilzt; verlässt hingegen das Feuer den Körper, so drängt die Natur vermöge ihres Abscheues gegen das Leere die Theilchen aneinander und der Körper wird fest.“

Wir wissen heute, dass es der Physik mit ihren modernen technischen Hilfsmitteln möglich ist, alle festen Körper mit der einzigen Ausnahme der Kohle flüssig darzustellen und sogar zu verdampfen. Wir wissen, dass es umgekehrt möglich ist, alle Gase ausnahmslos durch Anwendung von sehr hohem Druck und sehr hohen Kältegraden zu verflüssigen und sogar fest zu machen. Es ist bekannt, dass dies zuletzt Pro-

fessor Wroblewski in Krakau mit denjenigen beiden Gasen, welche die atmosphärische Luft zusammensetzen, nämlich mit Sauerstoff und Stickstoff gelungen ist. Die Chemie lehrt aber gleichzeitig, dass diese Veränderung, durch die ein Gas flüssig und fest wird, keine Veränderung ist, die das Wesen des Gases betrifft, weder seine chemische Zusammensetzung, noch sein chemisches Verhalten gegen andere Körper. Ja mehr noch, für das Auge des modernen Physikers haben die Unterschiede fest, flüssig, gasförmig längst aufgehört, elementare Unterschiede zu sein. Dazu sind die Übergänge, welche von einem dieser Zustände zu dem andern überführen, viel zu mannigfach und allmählich.

Wenn ich Ihnen aus der sehr großen Reihe einschlägiger Erfahrungsthatfachen eine hervorheben kann, so wäre es die folgende: Es hat Professor Thomson in Glasgow in einem Keller, dessen Temperatur jahraus jahrein eine und dieselbe ist, einen Metalldraht aufgehängt und an diesem Metalldraht ein Gewicht befestigt. Bekanntlich bewirkt das Aufhängen eines Gewichtes eine Verlängerung des Drahtes. Die Frage ist: Ist diese Verlängerung eine ein- für allmalige oder bewirkt das fortwährende Angehängtsein des Gewichtes auch eine dauernd wachsende Verlängerung des Drahtes? eine Frage, die nur mit der Zeit beantwortet werden kann. Dieser Draht befindet sich schon seit dreißig bis vierzig Jahren in physikalischer Beobachtung und verlängert sich noch immer unter dem Einflusse des an ihm befestigten Gewichtes. Was der Draht thut, hat

eine große Ähnlichkeit mit demjenigen, was mit einem Honigtropfen geschieht, den man über den Rand eines Löffels hinaushängen lässt. Gerade so wie dieser sich spinnt zu einem Faden, der immer länger und in dem Maße, als er sich verlängert, auch dünner wird, genau dasselbe geschieht mit dem Drahte: er fließt aus unter der fortdauernden Wirkung einer auf ihn thätigen Zugkraft. Ein anderes Beispiel wäre folgendes. Bekanntermaßen befinden sich die Gletscher in einer unaufhörlichen, wenn auch sehr langsamen Bewegung thalwärts, aber nicht so wie ein Stein, den wir einen Bergabhang hinunterrollen lassen, so dass alle seine Theilchen gleichmäßig abwärts sich bewegen. Hat man eine Pflockreihe quer über den Gletscher in einer geraden Linie geschlagen, so zeigt sich, dass der mittelste Pflock am raschesten bergab wandert, die am Rande befindlichen am langsamsten; mit anderen Worten, der Gletscher, trotzdem er aus fester Masse besteht, fließt thalwärts genau so wie ein Wasserstrom, der ja auch in seiner Mitte die größte Geschwindigkeit hat und die kleinste in der Nähe des Uferrandes.

Ich wollte damit nur nachweisen, dass jene Unterschiede, welche zu der Lehre von den vier Elementen geführt haben, vom Standpunkt der gegenwärtigen Physik als wesentliche Gesichtspunkte nicht mehr aufrecht erhalten werden können, da sie lediglich an der äußeren Erscheinungsform der Materie gehaftet haben. Wollen wir überhaupt über die Materie etwas Wesentliches erfahren, so müssen wir jenen Weg

einschlagen, den Leonardo da Vinci zuerst der modernen Naturwissenschaft gewiesen hat, wenn er sagt: „Es gibt keine Gewissheit in den Naturwissenschaften, die nicht von der Mathematik in gewisser Beziehung abhänge.“ Mit anderen Worten: Wir können ein wesentliches Wissen über die Materie nur dann erlangen, wenn es möglich ist, die auf dieselbe bezüglichen Erfahrungsthatfachen ziffermäßig zu fassen. Auf welche Weise sind wir nun im Stande, die Materie ihrer Menge nach zu bestimmen? Die Antwort lautet: Mit der Wage. Seitdem Newton zuerst nachgewiesen hat, dass alle Materie schwer ist und dass sie um so schwerer ist, je mehr von ihr vorhanden ist, seitdem ist die Erkenntnis, dass wir die Menge der Materie mit der Wage bestimmen, eine Erkenntnis, die immer mehr und mehr, wir können sogar sagen vor unseren Augen, im täglichen Verkehr, an Boden gewinnt. Ob wir jetzt in einer Apotheke Chinin nach dem Gramm einkaufen, ob Zucker und Kaffee nach dem Kilo, stets ist dasjenige, was uns dabei leitet, die Überzeugung, dass wir ein und dieselbe Menge des gewünschten Stoffes erhalten, wenn wir dasselbe Gewicht desselben verlangen. Und die Hausfrau weiß z. B., dass sie sicherer geht, dasselbe Quantum Kohle zu bekommen, wenn sie dieselbe centnerweise kauft, als wenn sie sie tragbuttenweise bestellen würde.

Sowie aber das einmal festgestellt war, dass man die Menge der Materie mit der Wage bestimmen kann, war die Entscheidung über eine wesentliche die Materie

betreffende Frage möglich: Ist es möglich, Materie zu vernichten? So hat Lavoisier die Materie verfolgt durch alle ihre mannigfachen Veränderungen, durch welche sie, wie z. B. in den Lösungen und chemischen Verbindungen, sich unseren Sinnen gänzlich entziehen kann. So hat er im besonderen die Verbrennung untersucht. Und indem er von der verbrannten Materie nicht allein den festen Rückstand gewogen hat, der natürlich leichter war wie die verbrannte Materie selbst, sondern auch den Rauch und die gasförmigen Verbrennungsproducte sorgfältig auffieng und gleichfalls abwog, konnte er nachweisen, dass Asche und flüchtige Verbrennungsproducte zusammen sogar mehr wiegen als die verbrannte Materie, nämlich um das Gewicht des aufgenommenen Sauerstoffes, in dessen Aufnahme eben die Verbrennung besteht. — So konnte er zuerst den Fundamentalsatz aussprechen, der einen ersten Punkt unseres Wissens über die Materie enthält, und das ist der Satz, dass Materie nicht vernichtet werden kann, mit anderen Worten, dass der Vorrath der in der Welt befindlichen Materie ein unveränderlicher ist, der Satz von der Erhaltung der Materie.

Die Materie hat aber noch eine zweite wesentliche Eigenschaft, und das ist, dass alle Materie Trägerin ist eines gewissen Arbeitsvorrathes, und dass umgekehrt alle Arbeitsfähigkeit, welche in der Welt vorhanden ist, gebunden ist an Materie, welche sie trägt. Die Frage, welche nun an uns herantritt, ist die: „In welcher

Form ist der Arbeitsvorrath oder die Energie an die Materie gebunden?“

Aristoteles sagt im 20. Capitel seiner Mechanik, es sei äusserst merkwürdig, dass eine noch so sehr mit Gewichten belastete Axt nicht im Stande sei, in einen Holzblock einzudringen, dass es aber unverhältnissmäßig leichter ist, Holz zu spalten durch eine mäßig bewegte Hacke. Deutlicher spricht Leonardo da Vinci von der Wucht, die jeder bewegte Körper in der Richtung seiner Bewegung besitze und durch die er zur Arbeitsleistung befähigt erscheine. Nach Leibniz, der zuerst die Gesetze dieser Arbeitsfähigkeit erkannt hat, nennen wir die Arbeitsfähigkeit, welche Materie durch die sichtbare Bewegung ihrer Theile besitzt, lebendige Kraft. — Eines der augenfälligsten Beispiele von lebendiger Kraft bietet die Kugel unseres Mannlichergewehres. Die Kugel unseres neuen Repeatinggewehres wiegt nicht mehr als 15 Gramm. Sie vermöchte sich also vermöge ihres Gewichtes kaum durch halbwegs härtere Butter durchzuarbeiten. Ertheilen Sie aber dieser Kugel die Geschwindigkeit, die sie in unserem neuen Gewehre erlangt, eine Geschwindigkeit, durch welche die Kugel in der ersten Secunde 600 Meter zurücklegt — und Sie haben ihr eine lebendige Kraft mitgetheilt, welche sie befähigt, in das härteste Tannenholz 80 *cm* tief einzudringen, einen Sandhaufen von 90 *cm* Dicke oder eine Ziegelmauer derart zu durchschlagen, dass sie einen durch diese gedeckten Mann noch tödlich zu treffen im Stande ist.

Es tritt nun an uns die Frage heran: Wovon hängt die Größe dieser lebendigen Kraft ab? Eine Abhängigkeit ist schon von Galilei erkannt worden, und sie ist Ihnen allen klar, wenn Sie eine und dieselbe Geschwindigkeit das einemal einer Flintenkugel, das anderemal einer Kanonenkugel ertheilt denken. Es klingt sehr plausibel, dass die lebendige Kraft der letzteren sovielmal größer ist, als ihre Masse die der Flintenkugel übertrifft.

Schwieriger war es, die Abhängigkeit der lebendigen Kraft vom Betrage der Geschwindigkeit festzustellen. Der diesbezüglich lange Jahre zwischen den Physikern bestandene Streit wurde endgiltig zugunsten Leibniz' entschieden, welcher behauptet hatte, dass lebendige Kraft mit den Quadratzahlen der Geschwindigkeit wachse. So hatte beispielsweise die Kugel unseres früheren Werndlgewehres ein Gewicht von 24 Gramm, und eine Anfangsgeschwindigkeit von 400 Meter; gleichwohl ist die lebendige Kraft der bloß 15 Gramm wiegenden Mannlicherkugel, bezogen auf ein Quadratcentimeter ihres Querschnittes, mehr als doppelt so groß wie die des Werndlgewehres. — Ein weiteres Beispiel dafür, dass die lebendige Kraft mit der Geschwindigkeit viel rascher wächst als diese letztere selbst, möchte ich anführen: die gewaltige lebendige Kraft, welche die verhältnismäßig geringe Wassermasse eines Wildbaches oder Wasserfalles, dessen Theile sich aber sehr rasch bewegen, in sich enthält, gegenübergehalten der verhältnismäßig geringen lebendigen Kraft, welche

die große Wassermasse eines träge fließenden Stromes in seinem Unterlaufe repräsentiert.

Es kann aber Materie noch in einer zweiten Form Trägerin von Energie sein. Denken Sie sich eine Kugel etwa aus einer Zimmerpistole vertical nach aufwärts losgeschossen. Sie wird sich nach aufwärts bewegen, aber mit immer mehr und mehr abnehmender Geschwindigkeit, weil unausgesetzt etwas thätig ist, was der Kugel ihre Geschwindigkeit mindert, und das ist die Anziehung der Erde. In einer gewissen Höhe angelangt — nehmen Sie an, es sei die Höhe des Stephansthurmes — wird die Kugel gar keine Geschwindigkeit haben, und jemand, der daselbst sich befände, könnte also die Kugel gefahrlos mit der Hand auffangen, weil sie infolge des Einbüßens ihrer Geschwindigkeit auch keine Durchschlagskraft mehr besitzt. In nichts unterscheidet sich dann die Kugel auf der Höhe des Stephansthurmes von einer unten befindlichen — scheinbar. Und doch würde jemandem, der sich gerade vertical unter dieser Kugel befindet, einigermaßen ungemüthlich zumuthe werden; denn er weiß, die Kugel kann hinunterfallen und dadurch, dass sie hinunterfällt, schließlich jene Geschwindigkeit wiedererlangen, die sie ursprünglich nach dem Verlassen des Pistolenlaufes besessen hatte, durch welche sie eben gerade befähigt war, bis zur Höhe des Stephansthurmes sich zu erheben. Die Kugel enthält also dadurch, dass sie in einer gewissen Höhe ober dem Erdboden sich befindet, eine gewisse Arbeitsfähigkeit in sich, die sie zu jedem von uns ge-

wünschten Momente wieder in lebendige Kraft umzusetzen vermag, und diese Arbeitsfähigkeit, welche Materie durch ihre Lage zu besitzen vermag, nennen wir Energie der Lage.

Es vermag aber Materie noch in einer dritten Form Trägerin von Energie zu sein, und auch diese möchte ich Ihnen an dem Beispiele unserer Kugel vorführen. Denken Sie sich nun unsere Kugel von der Höhe des Stephansthurmes thatsächlich hinunterfallen, so wird sie, je tiefer sie hinunterkommt, eine immer größere und größere Geschwindigkeit und damit eine immer wachsende lebendige Kraft erlangen, mit dieser etwa auf das Granitpflaster aufschlagen und plattgedrücktregungslos liegen bleiben. Für einen oberflächlichen Beobachter wird es sonach den Anschein haben, als wäre die ganze lebendige Kraft, welche die Kugel im Momente ihres Aufschlagens in der sichtbaren Bewegung ihrer einzelnen Theile enthielt, einfach verloren gegangen. Berühren Sie aber die plattgedrückte Kugel mit einem Thermometer, so finden Sie sie erwärmt, und zwar ungefähr um 10^0 Celsius. Geben Sie aber der Kugel eine größere Geschwindigkeit, als sie bei diesem Falle erlangen kann, schießen Sie also z. B. die Kugel aus unserem Mannlichergewehre los gegen eine harte Stahlplatte, an der sie sich plattdrücken muss, so entsteht durch die Vernichtung der sichtbaren lebendigen Kraft der Kugel eine Erwärmung, die so bedeutend ist, dass die Kugel schmilzt, was ungefähr einer Temperaturerhöhung auf 325^0 Celsius entspricht.

Diese Erfahrung nun, dass, so oft lebendige Kraft in Form sichtbarer Bewegung der Materie zum Verschwinden gebracht wird, immer und unter allen Umständen ein und derselbe äquivalente Betrag von Wärme zum Vorschein kommt, dass also durch das Verschwinden der doppelten lebendigen Kraft die doppelte Erwärmung bewirkt werden wird u. s. w. f. — dieser Satz ist zuerst von Julius Robert Mayer und durch vielfache messende Experimente von Joule festgestellt worden. Indem dann weiter Helmholtz zuerst und nach ihm andere Forscher für alle die übrigen Erscheinungsformen, in denen die Energie in der Materie auftreten kann, durch Rechnung und experimentelle Untersuchungen festgestellt haben, in welchen Betrag dieser Energieformen sich verschwindende lebendige Kraft oder Wärme umsetzt, konnte der zweite Fundamentalsatz unseres Wissens über die Materie festgestellt werden, und das ist der Satz: „Wie mannigfach auch jene Wechselwirkungen der Materie sind, durch welche die Energie, deren Trägerin sie ist, ihre Erscheinungsformen zu ändern vermag, durch alle diese Änderungen bleibt Eines erhalten, und das ist der Betrag dieser Energie selbst“ — oder die Summe des an die Materie gebundenen Arbeits- oder Energievorrathes ist ebenso unveränderlich wie die Menge der Materie selbst — der Satz von der Erhaltung der Energie.

Diese beiden Sätze, die ich Ihnen kurz auseinandersetzen mich bestrebt habe, bilden das physikalische Wissen über die Materie. Und nun muss ich Sie bitten,

das Gebiet unseres Wissens über die Materie zu verlassen und mir mit einiger Geduld auf das Gebiet der physikalischen Hypothese über die Materie zu folgen. Ich möchte zunächst jene Hypothese berühren, in welche der Physiker seine Vorstellung über die Form, in welcher die Materie die Wärme enthält, gefasst hat.

Der Physiker hat die Anschauung, dass auch die Wärme eine lebendige Kraft sei, also in einer Bewegung bestehe, aber nicht in einer sichtbaren Bewegung des Körpers als Ganzen, sondern in einer Bewegung seiner kleinsten, nicht mehr weiter theilbaren Theile, seiner Molecüle. Das Charakteristische jener Bewegung, welche die Wärme bildet, soll aber das sein: sie soll eine wirre, regellose, ungeordnete Bewegung der Molecüle sein, derart, dass die lebendige Kraft der einzelnen Molecüle den Körper das eine dahin, das andere dorthin zu ziehen strebt — so zwar, dass der Körper trotz der intensiven Bewegung seiner Molecüle als Ganzes in Ruhe bleibt. Der Physiker nimmt weiter an, dass, je höher die Temperatur eines Körpers ist, desto größer die Geschwindigkeit, mithin die lebendige Kraft dieser regellosen Bewegung ist. Was aber die Art dieser Bewegung anlangt, so nimmt der Physiker an, dass sie verschieden ist, je nachdem der Körper fest, flüssig oder gasförmig ist.

Für einen festen Körper nimmt der Physiker an, dass die Molecüle desselben ein jedes in seiner Lage durch die Nachbarn festgehalten wird, und zwar mit

einer erheblichen Kraft, so dass die Nachbarn nicht gestatten, dass sich das Molecül allzuweit aus der Gleichgewichtslage entfernt. Das Molecül eines festen Körpers wird also lediglich schwingende, hin- und hergehende Bewegungen um seine Gleichgewichtslage vollziehen und sich aus dieser letzteren nur sehr wenig entfernen; seine Bewegung ist ähnlich der, wie sie das Pendel einer Uhr um seine Gleichgewichtslage ausführt. Steigern Sie nun die Temperatur des Körpers, so werden — nimmt der Physiker an — diese Schwingungen immer ausgreifender, das Molecül wird sich immer mehr aus der Gleichgewichtslage entfernen, die Theile des Körpers werden immer weiter auseinandertreten, wir werden sagen: der Körper hat sich durch die Wärme ausgedehnt. Endlich kann es dahin kommen, dass die lebendige Kraft, mit der die einzelnen Molecüle aus der Gleichgewichtslage wegstreben, jener Kraft das Gleichgewicht hält, mit denen die Nachbarn sie zurückziehen. Sie sehen ein, dass es dann geringe Arbeit kosten würde, den Körper in Theile zu zerlegen. Wir werden den Körper bei dieser Temperatur flüssig oder geschmolzen haben. Erhöhen Sie die Temperatur des Körpers noch weiter, so steigert sich hiedurch die lebendige Kraft der Molecüle so weit, dass sie von ihren Nachbarn gänzlich sich loslösen und hinausfliegen in den Raum, so lange geradlinig, bis sie auf einen Widerstand treffen, der die Richtung ihrer Geschwindigkeit ändert — und Sie haben dann den Körper in demjenigen Zustand, in dem er verdampft, die weggeflogenen

Molecüle selbst aber in demjenigen Zustande, den wir als den gasförmigen bezeichnen.

Ein Gas stellt sich der Physiker so vor. Es sei ein leerer Raum, etwa vom Inhalte eines Liters, rings mit festen Wänden abgegrenzt. — Dann denken Sie sich in die Mitte desselben eine sehr große Menge — eine Menge, die nach Billionen zählt — von Molecülen hineingebracht, welche Sie durch Anwendung einer sehr großen Kraft beisammenhalten, und denken Sie sich diese Kraft plötzlich beseitigt, die Molecüle also sich selbst überlassen — so werden die Molecüle auseinanderstieben (infolge der vollständigen Regellosigkeit der Richtungen ihrer Geschwindigkeit), sie werden losprasseln gegen die Wände des Gefäßes und werden, von diesen zurückgeworfen, im Zickzack herumfliegen; die Gesammtheit der Molecüle wird auf die Gefäßwände ein Bombardement eröffnen, mit dem sie die Gefäßwände zu zersprengen strebt. Die Stöße sind viel zu zahlreich und folgen viel zu rasch aufeinander, als dass wir im Stande wären, sie einzeln wahrzunehmen. — Was wir wahrnehmen, ist nur der Gesamteffect aller dieser Stöße des Bombardements, und dieser Gesamteffect wird uns erscheinen als Druck, den das Gas auf die Gefäßwände ausübt. Geben Sie in diesen Raum die doppelte Menge von Molecülen hinein, so wird die Anzahl der Stöße verdoppelt, mit anderen Worten, der Druck wächst mit der Dichte des Gases (Mariotte'sches Gesetz). Erhöhen Sie andererseits die Temperatur des Gases, so heißt das gemäß den Vorstellungen, die ich

über die Natur der Wärme entwickelt habe, Sie erhöhen die lebendige Kraft der einzelnen Molecüle und damit die Intensität der einzelnen von ihnen ausgeübten Stöße — mit anderen Worten, mit gesteigerter Temperatur wächst auch der Druck des Gases auf die Gefäßwände. — Indem man solchergestalt aus der so gefassten Hypothese über die moleculare Zusammensetzung der Gase durch Rechnung Folgerungen der mannigfachsten Art ableiten und alle diese durch Experimente als mit der Erfahrung ziffermäßig übereinstimmend befinden konnte, hat diese Ansicht über die Constitution der Gase und über die Art und Weise, wie die Wärme in ihnen enthalten ist, für den Physiker außerordentlich an Wahrscheinlichkeit gewonnen.

Ich muss mir nun gestatten, noch auf einen früheren Punkt zurückzukommen, weil ich fürchte, dass derselbe zu einer missverständlichen Auffassung Veranlassung gegeben haben könnte. Ich versuchte Ihnen an dem Beispiele unserer Kugel das Princip der Erhaltung der Energie zu veranschaulichen. Ich sagte: Die Kugel, das einemal, wo sie sich auf der Höhe des Stephansthurmes befindet und das zweitemal, wo sie, von dieser Höhe herunterfallend, eine sichtbare lebendige Kraft in ihrer Bewegung als Ganzes enthält, und endlich dann, wo sie platt gedrückt ruhig daliegt und an Stelle der scheinbar verschwundenen lebendigen Kraft lediglich wärmer geworden ist — enthält in allen diesen drei Zuständen ein und denselben Energiewert in sich. Es ist nun die Frage, die

sich Ihnen wahrscheinlich aufdrängen wird, die: Ja, wenn das wahr ist, warum ist es dann nicht möglich, diese ganze Erwärmung, welche die abgeplattete Kugel erfahren hat, zu zwingen, sich in dieselbe sichtbare lebendige Kraft, aus der sie entstanden ist, zurückzuverwandeln, also diese Wärme zu zwingen, dass sie bewirke, dass die plattgedrückte Kugel aufschnelle und die ganze lebendige Kraft, mit der sie auf dem Pflaster aufgetroffen, sich wieder in sichtbare, geordnete Bewegung umsetze? Oder ist es nicht möglich, und wenn nicht, warum nicht, diejenige Energieform, welche in der Gestalt von Wärme vorhanden ist, zur Gänze in sichtbare lebendige Kraft umzusetzen? — Gestatten Sie mir einen kleinen Vergleich anzustellen, um Ihnen das Problem, um das es sich handelt, zu veranschaulichen. Denken Sie sich, es käme der Besitzer einer Million auf den Einfall, seine Million an hunderttausend einzelne Individuen, die er gar nicht kennt und von denen er sich auch keine Gegenscheine ausstellen lässt, in Beträgen von je zehn Gulden zu verborgen. Es ist klar, dass auch nach dieser Vertheilung dieselbe Million noch immer vorhanden ist. Aber früher, da sie in der Hand eines einzigen Besitzers, immer nach einer einzigen bestimmten Richtung, die nur von dem Willen dieses Einen abhängig war, ausgegeben werden konnte, war sie uns unzweifelhaft sinnenfälliger als in ihrer neuen Vertheilungsform, wo sie sich in den Händen von hunderttausend Individuen zu so kleinen Beträgen vorfindet, die überdies

je nach der Laune des einzelnen verausgabt werden — ja man wird sogar im landläufigen Sinne des Wortes davon sprechen können, dass die Million verstreut worden sei. Nun denken sie sich, es würde diesem Millionär eines Tages einfallen — er möchte seine Million wieder zurück haben! Und da er die einzelnen Schuldner nicht persönlich kennt, also nicht persönlich fassen kann, erlasse er etwa einen Aufruf, sie mögen seine Million eben zu den Zehngulden-Beträgen, zu denen er sie verborgt hat, zurückerstatten. Sie sehen, dieses Problem ist erheblich schwieriger wie das erste, das sich gewissermassen von selbst gelöst hat. So ist's auch mit unserer Kugel.

Die Kugel, da sie vom Stephansturm herunterfiel, enthielt in ihrer sichtbaren Bewegung eine gewisse lebendige Kraft in einer sinnenfälligen Weise, weil alle Molecüle nach einer einzigen, bestimmten Richtung sich bewegt haben. Die Kugel, welche jetzt am Fuße des Thurmes regungslos daliegt, aber wärmer geworden ist, hat genau dieselbe lebendige Kraft in sich wie vorhin. Der einzige Unterschied ist, dass jetzt die einzelnen Molecüle, jedes in seiner individuellen Weise, diese lebendige Kraft besitzen. Unsere Forderung, die Molecüle sollen alle ihre lebendige Kraft nach einer einzigen bestimmten Richtung vereinigen, so dass die Kugel wieder sichtbar als Ganzes nach aufwärts fliegt, ist dasselbe ungefähr wie das Verlangen des Millionärs, der jene einzeln verborgten Beträge zur Gänze wieder zurück haben will.

Es stehen uns allerdings thatsächlich Mittel zugebote, die ungeordnete Bewegung der Molecüle, ihre Wärme, in geordnete Bewegung, also sichtbare lebendige Kraft umzusetzen. Ein solches Mittel ist z. B. die Dampfmaschine. Nach dem, was ich Ihnen über die Vorstellung, welche der Physiker von dem Wesen der Wärme hat, mitgetheilt habe, hätten wir uns also die Art und Weise, wie die Dampfmaschine Wärme in Arbeit umsetzt, etwa so vorzustellen. Das Wasser im Dampfkessel wird erhitzt, dadurch bekommen die einzelnen Molecüle des Wassers eine so große lebendige Kraft, dass sie von den Nachbarn sich lösen und als Dampfmoecüle wegfliegen. Denken Sie sich diesen Dampf in einen zweiten Kessel geleitet, in dem seine Temperatur noch weiter gesteigert oder in dem er — wie der technische Ausdruck lautet — überhitzt wird, so wird die Geschwindigkeit der einzelnen Dampfmoecüle noch größer werden. Denken Sie sich diese Dampfmoecüle mit der riesigen Geschwindigkeit, die sie nun besitzen, durch eine Schiebervorrichtung in den Cylinder der Dampfmaschine von unten hereintreten, so werden diese Dampfmoecüle losprasseln gegen die Wände des Dampfeylinders und somit auch gegen den beweglichen Kolben, der den Cylinder quer versperrt, und sie werden diesen Kolben nach aufwärts stoßen, weil letzterer eben nur aufwärts geht. Wenn wir nun weiters durch jene Vorrichtung bewirken, dass in jenem Augenblicke, wo der Kolben oben sich befindet, die Molecüle von obenher kommen, werden sie den Kolben wieder hin-

untertreiben. Man kann also bewirken, dass die ungeordnete, wirre, regellose Bewegung der einzelnen Molecüle, ihre Wärme, verwandelt wird in eine geordnete und infolge dessen sichtbare Bewegung, nämlich in die sichtbare Bewegung des Kolbens der Dampfmaschine nach aufwärts und abwärts, welche durch mechanische Verbindungen auf das Schwungrad und von diesem durch Transmissionen weiter übersetzt werden kann. Wir haben also ein Mittel, um ungeordnete lebendige Kraft oder Wärme in Arbeit zu verwandeln. Aber was wir nie werden bewirken können mit unseren maschinellen Hilfsmitteln, ist das, die Dampfmoecüle zu zwingen, ihre ganze lebendige Kraft ausnahmslos an den Kolben der Dampfmaschine abzugeben, sie etwa davon abzuhalten, wie sie es vermöge der Unordnung ihrer Bewegung thun müssen, auch gegen die Seitenwände des Dampfeylinders anzuprallen. — Unsere Unmöglichkeit, Wärme oder ungeordnete lebendige Kraft im allgemeinen zur Gänze in sichtbare lebendige Kraft umzusetzen, scheidert an der Construction unserer Maschinen, welche nicht fein genug sind, die Molecüle einzeln zu fassen und einzeln zu zwingen, die ganze lebendige Kraft, die sie besitzen, in geordnete Bewegung umzuwandeln. Und da bei allen unseren Maschinen ausnahmslos stets ein Theil ihrer sichtbaren geordneten Bewegung in ungeordnete, das heißt in Wärme verwandelt wird — was durch unvermeidliche Reibungen der einzelnen Bestandtheile aneinander geschieht — und da wir nicht im Stande sind, eben diese Wärme zur Gänze

wieder in lebendige Kraft umzusetzen, so sehen wir, dass es unmöglich ist, ein Perpetuum mobile zu schaffen.

Als ein Resultat, betreffend den Grad der Möglichkeit, Wärme in Arbeit umzusetzen, möchte ich beispielsweise anführen, dass die mechanische Wärmetheorie den Nachweis liefern kann, dass bei dreiatmosphärischen Dampfmaschinen nicht mehr als ein Viertel der Wärme in nutzbare mechanische Arbeit umgesetzt werden kann. Aber eins möchte ich noch betonen, einen Punkt, der von bedeutenden Forschern wie Thomson und Maxwell hervorgehoben wurde, und das ist, dass in der belebten Welt, welche mit Organen ausgestattet ist von unendlich feiner Structur, die Möglichkeit vorliegt, dass diese die Molecüle einzeln fassen können und sie zwingen, ihre ungeordnete lebendige Kraft in einem viel höheren Grade in geordnete Energie umzusetzen, als dies mit unseren rohen maschinellen Hilfsmitteln gelingt. Ich betone diese Möglichkeit nicht zum letzten aus dem Grunde, um hervorzuheben, wie es gewagt ist, dasjenige, was wir für die unbelebte, unorganische Welt von vornherein als möglich oder unmöglich anerkennen, schlechterdings und ohne jede Prüfung auch für die organische, belebte Welt als in gleicher Weise für möglich oder unmöglich zu erklären, wie es von extrem materialistischer Seite häufig zu geschehen pflegt.

Meine Damen und Herren! Ich habe Sie mit den letzten Punkten meines Vortrages hart an ein Grenzgebiet der Physik geführt, und es ist in jedem Sinne

des Wortes höchste Zeit geworden, zu einem Schlusse zu eilen. Ich kann mir aber gleichwohl nicht versagen, Ihnen einige Verse vorzulesen, welche der römische Dichter Lucretius um das Jahr 60 v. Chr. in seinem Werke: De natura rerum, „über das Wesen der Dinge“ ausgesprochen und in denen er seine Anschauung über die Materie in dichterischer Weise niedergelegt hat. Er sagt:

Des Urstoffs Körperchen können Ruhe und Rast nicht finden
im Weltraum,

Sondern es treibt friedlos umher sie mannigfache Bewegung.
Also geschieht es, dass, falls sie sich treffen, bald weit sie
der Rückprall

Trennt, bald enger gedrängt sie den Angriff dulden der Stöße.
Urstoff vermehrt sich nie, noch vermindert er sich durch
Zerstörung.

Deshalb war die Bewegung, die jetzt in den Urelementen
Herrscht, von jeher schon da, und so wird sie auch künftig
noch da sein.

Denn kein Platz ist vorhanden, nach welchem die Theile
des Urstoffs

Könnten entflieh'n, kein Platz, von wo aus erneuerte Kräfte
Brächen herein, die Natur und Bewegung der Dinge zu
ändern.

Fast klingen Ihnen diese Dichterworte wie eine in Verse gebrachte Skizze des heutigen Vortrages. Und nun wollen Sie beachten, dass zweitausend Jahre verflossen sind, seit Lucretius diese Anschauungen über die Materie geäußert, aber kaum fünfzig Jahre, seitdem die gleichen Ideen, aber durch Thatsachen gestützt, durch Mayer und Helmholtz wieder ausge-

sprochen worden, und Sie sehen eines: dass die großen Fortschritte der Naturwissenschaften nicht durch das einfache Hinwerfen einer Idee erfolgen. Jede Idee bleibt für den Physiker ein Luftschloss, insolange als die Thatsachen nicht beigebracht sind, welche diese Idee stützen, und zwar nicht allein dadurch, dass sie überhaupt da sind, sondern auch dadurch, dass sie in genau jener ziffermäßigen Größe auftreten, in der sie aus jener Hypothese durch Rechnung abgeleitet werden können.

Wäre es mir nun in meinem heutigen Vortrage gelungen, Ihnen neuerlich diesen entscheidenden Wert der Thatsachen anschaulich vorgeführt zu haben, und andererseits erneut zu jenem hohen Genuss angeregt zu haben, den es gewährt, durch die unendliche Mannigfaltigkeit der Erscheinungswelt hindurch das ausnahmslose und unabänderliche Walten jener zwei einfachsten Grundgesetze der Materie zu verfolgen, — dann wäre ich darüber beruhigt, dass der heutige Vortrag trotz seines allzu abstracten Themas seinen Zweck in diesem Vereine erfüllt habe, der mit Recht den wesentlichsten Nachdruck legt auf die Vorführung des Thatsächlichen und Erfahrungsmäßigen aus dem Gebiete der Naturwissenschaften.
