

Frankfurter Universitätsreden
————— 1923 —————

XVII

Die Geschichte einer
naturwissenschaftlichen
Hypothese

Rede zur Feier des 18. Januar 1923

von

Richard Lorenz

Dr. phil. Dr. ing. h. c.

o. ö. Professor der physikal. Chemie
an der Universität

Druck u. Verlag: Univ.-Druckerei Werner u. Winter, G. m. b. H., Frankfurt-M.
Auslieferung für den Buchhandel: Blazek u. Bergmann, Frankfurt a. Main

Hochverehrte Gäste, Kollegen, liebe Kommilitonen.

Der Tag der Gründung des deutschen Reiches, zu dessen Feier wir uns heute versammelt haben, erfüllte die Sehnsucht des deutschen Volkes, einig zu werden, eine Gemeinschaft, einen Staat zu bilden. Diese Sehnsucht zog sich Jahrhunderte lang durch unsere Geschichte, sie kam zum Ausdruck trotz aller Gebilde der Zeit und dem Chaos der Zustände. Sie ist ein geschichtlicher Gedanke. —

Aber neben dieser Bedeutung tritt uns der 18. Januar in der Erinnerung entgegen, auch als ein Tag, an dem eine Wirklichkeit ward. Das deutsche Reich war geschaffen worden, eine großartige symbolische Handlung verkörperte diese Erfüllung und vermittelte sie dem Gedächtnis der Nachwelt. Mit der Gründung des Reichs hatte sich eine geschichtliche Tatsache vollzogen. —

Gedanken und Tatsachen bilden den Inhalt der Geschichte der Völker; Gedanken und Tatsachen sind die Grundpfeiler der Kenntnisse und der Erkenntnisse, — und sie sind auch das Wesen aller unserer Wissenschaft.

In der Geschichte, in den Erlebnissen der Völker und Menschen, sind Gedanken und Tatsachen vermischt und verknüpft, in so mannigfacher Weise, daß es oft schwer fällt zu entscheiden, ob es die Kraft des Gedankens ist, die nach ihrem Bilde die Tat erzeugt, oder ob es die Taten sind, die den Gedanken ihre Richtung geben. Hebt doch die tiefste deutsche Dichtung schon damit an, daß Faust darüber nachsinnt, ob er die Urworte des Johannisevangeliums mit: „im Anfang war das Wort“, oder „im Anfang war die Tat“ übersetzen solle.

Anders treten uns solche Fragen in der Naturwissenschaft entgegen. Gewiß! auch hier gibt es Wechselspiele von Gedanken und Tatsachen, ein Sinnen und Beobachten des Forschers, ein Hin- und Widerspinnen zwischen Vorstellung und Erfahrung. Aber das, was wir Natur nennen, spricht einzig und allein in einer Art von Sprache, nämlich derjenigen der Tatsachen.

Die Geschichte ist der Ausdruck menschlicher Handlungen, sie trägt das Gepräge der Freiheit des Geistes in sich. Die Tatsachen der Natur erscheinen uns unabänderlich, unfrei, und in ihren ewig gleichen Wiederholungen zwangläufig, gesetzmäßig.

In der Geschichte finden wir die Ideen unmittelbar mitwirkend an den Ereignissen, die Ideen der Natur müssen wir aber ganz und gar erst erraten und erforschen. Daher kann man die Frage auf-



werfen: Besteht überhaupt die Möglichkeit die Gesetzmäßigkeiten der Natur durch die Einführung von wissenschaftlichen Gedanken zu durchdringen? — oder müssen wir uns damit begnügen die Kundgebungen der Natur lediglich zu registrieren?

Zur Beantwortung dieser Fragen wollen wir folgendes bedenken: Als Menschen, als Philosophen sind wir frei, uns über die Natur und in die Natur hinein zu denken, was immer wir sonst für gut und richtig halten. — Aber unter den vielen Möglichkeiten, die sich dabei ergeben, werden sich immer nur einige ganz wenige finden, denen die Eigenschaft innewohnt naturwissenschaftliche Gedanken sein zu können. Denn, welche Eigenschaften muß ein naturwissenschaftlicher Gedanke besitzen? Der Naturforscher stellt ihn vor den Richterstuhl der Natur und prüft ihn an der Erfahrung.

In ihrem Eifer sich zu wiederholen, gab uns die Natur das Gnadengeschenk des Experimentes. Hier prallen die Gedanken mit den Tatsachen zusammen, und die Sicherheit und Klarheit unseres Richters ist über alle Zweifel und Einwände erhaben.

Je widerstandsfähiger ein wissenschaftlicher Gedanke ist, umso vollkommener ist seine Wahrheit. Denn Wahrheit in unserem Sinne ist nichts anderes als der Grad der Fähigkeit ein eintretendes Ereignis vorauszusagen. Zuerst vielleicht nur ganz allgemein, dann immer genauer, und schließlich rechnerisch exakt nach Maß und Zahl bis in das Einzelne begründet. Das Maß der Wahrheit unserer Gedanken von der Gravitation liegt in den zehntel Sekunden mit der der Astronom den Eintritt eines kosmischen Ereignisses voraussagt, das Maß der Wahrheit unserer Gedanken über das Wesen der chemischen Reaktionen besteht in der Genauigkeit der Vorausberechnung des Zerfallsgrades einer chemischen Verbindung (unter bestimmten Bedingungen des Druckes und der Temperatur), z. B. des Ammoniaks, wenn es sich darum handelt den Luftstickstoff zu „fixieren“, d. h. in nützlichere chemische Stoffe umzuwandeln.

Als Mendelejeff aus dem von ihm und Lothar Meyer erdachten periodischen System der Elemente den Schluß zog, daß zwischen Silicium und Zinn ein noch unbekanntes Element stehen müsse, das er provisorisch Ekasilicium nannte, berechnete er sein Atomgewicht, seine Dichte, seinen Schmelzpunkt und viele andere physikalische Eigenschaften. Er beschrieb die chemischen Verbindungen die das Element bilden muß und gab eine Reihe ihrer Eigenschaften an. Dreizehn Jahre später fand Clemens Winkler in einem aus den Freiburger Gruben stammenden Minerale ein neues Element, dem er den Namen Germanium erteilte. Seine Eigenschaften erwiesen sich

sofort als die des gesuchten Ekasiliciums. Beispielsweise hatte Mendelejeff gefolgert, daß dies Element eine eigenartige metallorganische Verbindung mit Aethyl bilden müsse, die eine klare durchsichtige Flüssigkeit ist, die bei 160° siedet und ein spezifisches Gewicht von 0,96 besitzen sollte. Clemens Winkler konnte diese Verbindung sehr leicht mittels des Elementes darstellen, sie besaß genau die vorausgesagten Eigenschaften und siedete bei 160°. Aber nicht nur das Germanium wurde auf diese Weise gefunden, sondern noch eine ganze Menge anderer Elemente und heute warten wir beispielsweise noch auf die Entdeckung des Eka-Jods und der Elemente vom Atomgewicht 43, 75 und 87, deren Eigenschaften uns in sehr großer Annäherung bekannt sind, lediglich auf Grund des periodischen Systems.

Gedanken, welche derartige Proben an den Tatsachen bestanden haben, erscheinen uns bald, wie ein Stück der zu erforschenden Gegenstände selbst. Sie lösen sich gleichsam vom menschlichen Geiste los, der sie schuf und fordert, [unabhängig davon, daß sie uns selbst oft als überraschend, ja manchmal fremdartig, sonderbar erscheinen,] rücksichtslos, wie eine außer uns stehende Macht eine Beachtung ihres Daseins.

Lassen Sie mich Ihnen an der Geschichte der Atomistik zeigen, mit welcher Folgerichtigkeit sich solche naturwissenschaftliche Gedanken gestalten und entwickeln.

Die Atomistik, die sich die Physik im Zeitalter der Renaissance wieder erworben hat, tritt uns bereits im Altertum in einer Gestalt entgegen, die ihrer gegenwärtigen Fassung, wie sie in der kinetischen Gastheorie zum Ausdruck kommt in überraschender Weise nahe steht. Wir stellen uns heute, wie Ihnen bekannt sein wird, vor, daß die Stoffe aus Molekeln und Atomen bestehen, die besonders im Zustande der Gase sich in einer nie rastenden Bewegung befinden, wild durcheinanderjagen, sich drängen, stoßen, zusammenprallen und wieder auseinander fahren, wobei sie sich nach den verschiedensten Richtungen und mit allen möglichen Geschwindigkeiten bewegen, etwa so wie die Sonnenstäubchen, oder der Tanz eines Mückenschwarmes.

Schon Anaxagoras hatte um die Mitte des fünften Jahrhunderts ausgesprochen, daß den Veränderungen der Dinge in der Natur ein ewiges Verbinden und Trennen kleinsten, ein für allemal gegebener Teilchen zu Grunde liegen müsse. Diese Ansichten wurden dann von Leukippos von Milet fortgesponnen und hundert Jahre nach Anaxagoras erreichte die klassische Atomistik durch Demokrit von Abdera ihren Höhepunkt. Genau wie in unserer modernen Gastheorie, die ich Ihnen geschildert habe, denkt sich Demokrit die Materie aus vielen

unsichtbar kleinen Körperchen bestehend, denen er die Eigenschaft der Unteilbarkeit beilegte, weshalb er sie „Atome“ nannte. Genau, wie wir, lies er diese Teilchen in einer fortwährenden Bewegung sich befinden, aneinanderprallen, wieder auseinander fahren, sich drängen und stoßen. Alle Kraftäußerungen der Materie, also ihre physikalischen Eigenschaften sollten in diesem ruhelosen Chaos ihren Ursprung haben. Demokrit war sich bewußt, daß in seinem atomistischen Bilde eine Ursache der aus den Dingen zu Tage tretenden Kräfte, Eigenschaften, Wirkungen beschrieben werden sollte, daß also mit ihm der Gedanke verbunden ist, jede aus den Dingen in die Erscheinung tretende Kraft müsse in den Dingen selbst schon vorhanden gewesen sein, wenn auch vielleicht in einer anderen Form und ebenso müsse jede sich verbrauchende Kraft irgend wie fortbestehen. Er verschmolz daher mit seiner Atomistik den schon von Empedokles ausgesprochenen Grundsatz: „Ex nihilo nil fit, nil fit ad nihilum“. Das will sagen: „Aus dem Nichts kann nicht Etwas entstehen, und es kann auch ein vorhandenes Etwas nicht zu Nichts vergehen“.

Es ist ein sehr bemerkenswertes, wenn auch logisch nicht ganz zufälliges Zusammentreffen, daß 22 Jahrhunderte später Julius Robert Mayer in seine Abhandlung, in der er die Entdeckung des Gesetzes von der Erhaltung der Energie mitteilt, dieselben Worte verflochten hat, obwohl er das Gesetz selbst auf ganz anderen Wegen gefunden hatte, — — nämlich aus physiologischen Beobachtungen an der Farbe des Blutes in den Tropen und weiter an dem Unterschiede zwischen der spezifischen Wärme der Gase bei gleichbleibendem Volum, und bei gleichbleibenden Drucken.

Wem die Fachkenntnisse zu Gebote stehen, um zu wissen, was der atomistische Gedanke uns nicht nur in der Physik und Chemie, sondern in allen Zweigen der Naturwissenschaft schon geleistet hat und noch leistet, der kann nur staunen, daß er schon im Altertum und anscheinend durch reines Denken gefunden werden konnte. Aber freilich! wir kennen ja die Geistesgröße der Griechen auf allen andern Gebieten der Wissenschaft und Kunst, besonders auch auf dem der Physik verwandten der Mathematik, so daß man sagen kann, er mußte vielleicht auf dem Wege des reinen Denkens gefunden werden.

Der Demokrit'schen Atomistik war es im Altertum nicht beschieden, als eine physikalische Hypothese zu wirken, die sie ihrem Wesen nach ist. Selbst das Alexandrinische Zeitalter, in dem sich zum erstenmal in der uns deutlich bekannten Geschichte echte Naturwissenschaft entwickelt hatte, scheint in den Dingen der Physik und Chemie nicht so weit gekommen zu sein, um ihrer zu bedürfen. Als

Philosophie aber, wofür die Atomistik angesehen wurde, erwies sie sich Platons starkem Idealismus und später demjenigen des Christentums als nicht gewachsen und so versank sie trotz Epikur und Lukrez alsbald in die Tiefe der Jahrhunderte.

Unsere moderne Naturwissenschaft ist auf dem Boden der Renaissance erwachsen. Es war Nicolaus von Cues, der Bischof von Brixen, der ihr zu Beginn des fünfzehnten Jahrhunderts die erforderliche gedankliche Grundlage bereitete, indem er die Sätze prägte: „Erkennen ist Messen. Alles Forschen besteht in einem Zurückführen des Unbekannten auf Bekanntes. Ohne ein Maß kann das Verhältnis zweier Größen nicht bestimmt werden und dieses Maß ist die Zahl. Beim idealen Teilen der Dinge gelangt man in die Unendlichkeit, aber beim wirklichen Teilen zum Atom. Nur das Experiment wird die Geheimnisse der Natur enthüllen“. Allerorts entstanden nun die ersten großen Experimentatoren wie Paracelsus, Peter Ramus Telesius, Cardanus, William Gilbert und viele andere und bald entwickelte sich die Mechanik und Physik Leonardo's und Galilei's und kein Geringerer als Galilei selbst, der Entdecker der Fallgesetze, der Beschleunigung und der Trägheit der Materie wurde zum Wiederbeleber der Demokrit'schen Atomistik. „Die Wärme“ — sagt Galilei — „welche als Gefühl eine Wahrnehmung im empfindenden Subjekt ist, ist in den Dingen eine Bewegung von Körperteilchen und diese Bewegungen müssen der mathematischen Behandlung zugänglich sein“. Hier wurde also der atomistische Gedanke als eine Hypothese in das Reich der Physik eingeführt. Aber die Möglichkeit die Wärmehypothese Galilei's so wie er es wünschte mit dem Geiste der Mathematik zu durchdringen, war zu damaliger Zeit noch nicht gegeben. Es mußte sich erst die Rechenkunst der analytischen Mechanik zunächst an den kosmischen Problemen entwickeln, die von Kopernikus, Kepler und Galilei aufgeworfen worden waren. Da gelang es dem mächtigen Geiste eines Isaak Newton zum erstenmale die Begriffe der Kraft und der Masse in so klarer Weise zu erfassen, daß sie gemeinsam mit Raum und Zeit zu den Grundlagen des mathematisch naturwissenschaftlichen Denkens wurden. Was Newton versäumt hatte über Raum und Zeit festzulegen, das hat der Königsberger Philosoph Immanuel Kant nachgeholt, der übrigens nebenbei bemerkt auch dazu geführt wurde die Materie als „das Bewegliche im Raume“ zu definieren.

Während Newton sich mit dem Kosmos beschäftigte, betrachtete Leibniz im Gebiete der irdischen Mechanik die Verwandlung der Spannkraft in lebendige Kräfte und beide Forscher schufen dann an

der Hand ihrer Probleme das großartige und unentbehrliche Hilfsmittel der Differenzial- und Integralrechnung, ohne welches eine heutige Naturforschung vollkommen undenkbar ist.

So geschah es, daß zu Beginn des achtzehnten Jahrhunderts d'Alembert und Lagrange das tun konnten, was zur Ausführung der Galilei'schen Forderung für die Atomistik als ein erster Schritt notwendig war, — es gelang ihnen die Bewegungsgleichungen sogenannter materieller Punkte mathematisch hinzuschreiben, d. h. also die Bewegung von Körperteilchen in der exakten Sprache des mathematischen Denkens auszudrücken. Nun fiel im selben Augenblick der ganze inzwischen gewonnene Erfahrungskomplex der damaligen Physik, nämlich die Hydrodynamik, die Aerodynamik, die Akustik und die Optik als eine reife Frucht in den Schoß der mathematischen Mechanik. Das will sagen: Der Geist der Atomistik, soweit er in Gestalt der Bewegungsgleichungen der exakten Naturbetrachtung dienstbar geworden war, wurde mit einemmale mit den mechanischen Eigenschaften der Flüssigkeiten und der Gase konfrontiert, überall und in allen den Fällen in denen die Materie und ihre Veränderungen unter dem Zwange äußerer Kräfte stehen.

Bei diesem gewaltigen ersten Zusammenprall des atomistischen Gedankens mit den Tatsachen der Erfahrung, erwies er sich schon fähig solche Teile der Natur zu beherrschen. In der Fülle der im Laufe von Jahrhunderten zu Tage getretenen Beobachtungen, war zum erstenmal ein ruhender Pol in der Erscheinungen Flucht gefunden.

Aber noch waren die kleinen mathematischen Punkte dieser Betrachtungsweise keine Atome im Sinne der Demokrit'schen und Galilei'schen Atomistik, — denn sie mußten immer erst durch irgend welche von Außen wirkende, oder zwischen sie dringende Kräfte bewegt werden.

Wenn wir einen Stab an dem einen Ende mit einem Hammer anschlagen und er nicht als Ganzes davon weicht, so dringt die von uns ausgeübte Kraft in den Stab ein und pflanzt sich in ihm als eine zitternde Bewegung fort. Jeder einzelne Punkt des Stabes gerät in Schwingungen und beeinflußt nach den Bewegungsgleichungen seine Nachbarn. Aber was in dem Stab ist oder vorgeht, wenn er ruht, also ohne daß wir ihn anschlagen, was in dem Wasser vorgeht ohne daß wir einen Stein hineinwerfen der seine Oberfläche kräuselt, was in dem Gase geschieht ohne daß es von einem Sturmwinde gepeitscht ist, all dies war noch mit dieser Gestaltung der Atomistik ungreifbar und mit ihren Gedanken unvergleichbar. Mit andern Worten, eine Theorie der Physik der Materie war damit noch nicht gefunden. Es

liegt im Wesen der Sache, daß sie von der Mechanik und Physik der Kraft und der Masse allein auch nicht gefunden werden konnte. Denn alles was uns aus der Materie an Kräften, oder sagen wir kraftartigen Äußerungen entgegentritt, wie z. B. die Wärme, mußte in Analogie zur Newton'schen Kraft als etwas nicht zur Materie gehöriges betrachtet werden, es galt als etwas außerhalb der Materie seiendes, als ein Imponderabile.

Aber die Schwester der Physik, die Chemie, hatte sich auf ihre Art seit dem grauesten Altertum mit der Materie auch beschäftigt.

Wir wissen heute, nachdem die schon seit langer Zeit entdeckten, in Stockholm und Leyden liegenden Papyrusfunde endlich gelesen worden sind, daß der Ursprung der Chemie in Ägypten zu suchen ist. Der ägyptische Tempel-Chemiker verfügte bereits über dieselben Operationen des Destillierens, Sublimierens und Kristallisierens, wie wir, und seine Apparate mit den Retorten und Destillierkolben, die uns in dem Papyrus in Zeichnungen erhalten sind, haben fast dieselben Formen, wie die unseren. Es kann daher keinem Zweifel unterliegn, daß die Chemie schon in den allerältesten Zeiten auf das ihr eigenste Urproblem stoßen mußte, nämlich auf die Unterscheidung von einfacheren und zusammengesetzten Stoffen, und damit auf die Frage der chemischen Verbindungen und der Elemente. Die Lehre, welche Thales von Milet aufgeschrieben hat, daß Feuer, Wasser, Luft und Erde die Elemente seien, läßt uns ahnen, daß das Altertum beim chemischen Experimentieren sofort auf die Tatsache stoßen mußte, daß die Materie in den drei Aggregatzuständen, dem flüssigen, dem gasförmigen und dem festen vorkommt und daß diese sich ineinander verwandeln, und ferner, daß bei den stofflichen Umwandlungen Wärmeerscheinungen auftreten.

Über die ägyptisch-syrische Tradition hinüber übten die Araber ihre ausgesprochene Begabung für die Chemie aus. Auf diesem Wege wird uns eine zweite Auffassung der chemischen Elemente übermittelt, die vermutlich immer schon neben der ersten einher ging. Quecksilber, Schwefel und Salz sollen die Elemente sein. Das will sagen man kann unterscheiden: metallische Elemente, nicht metallische Elemente und die Verbindungen beider, die Salze. In dieser Gestalt und unter diesen Stichworten (von Quecksilber, Schwefel und Salz) schleppte die Alchemie des Mittelalters die Ansätze einer chemischen Atomistik durch die Zeiten, freilich ohne sich darüber klar zu sein, wohin diese Schwarzkunst wissenschaftlich steuert. Aber es muß vom Standpunkte der Naturwissenschaft davor gewarnt werden, diese Dinge als Mystik zu bezeichnen, die im Gegenteil nichts anderes als

ganz klar werdende naturwissenschaftliche Erkenntnisse darstellen. Ja die Tatsachenkenntnis war durch die unablässigen Versuche der Alchemie schon in der Mitte des siebzehnten Jahrhunderts so weit fortgeschritten, daß Robert Boyle eine den Lehren des Cusaners entsprechende Definition des chemischen Elementes geben konnte:

„Durch keine Philosophie über Urstoffe“, sagt Robert Boyle, durch keine aprioristische Spekulation, sondern durch nichts anderes als nur durch die Erfahrung der chemischen Analyse, können die chemischen Elemente gefunden werden als solche Stoffe, die jeder chemischen Analyse stand halten.“ —

Und so war es auch: Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kohlenstoff und die Fülle der Metalle und Metalloide wurden nun als solche Stoffe aufgefunden und erkannt, die der chemischen Analyse standhalten, und nachdem Jeremias Benjamin Richter noch die Konstanz der elementaren chemischen Verbindungsmassen gefunden hatte, — gelang es im Jahre 1801 dem Geiste John Daltons den Gedanken der chemischen Atomistik zum erstenmale in völliger Klarheit zu erfassen und auszusprechen. Er besteht darin, daß die kleinsten Teilchen der Materie keine beliebigen sein können, vielmehr sind als „Atome“ die kleinsten Teilchen der chemischen Elemente zu betrachten. Chemische Verbindungen bilden sich dadurch, daß die Atome der Elemente untereinander oder wechselweise, paarweise, zu dritt, zu viert, zusammentreten oder wie bei den organischen Verbindungen zu hunderten.

Damit war der andere Teil der Demokrit'schen Atomistik wiedergewonnen, allerdings in einer sehr verfeinerten, weit über den Ursprung hinausreichenden Weise. Jetzt waren also die Atome selbst der Gegenstand einer Hypothese geworden. Und diese Atomtheorie hat, wie jeder Chemiker weiß, lückenlos vor allen Erfahrungen standgehalten bis heute. Wenn Sie erfahren, es sei die Synthese eines Stoffes den Chemikern gelungen, z. B. die Synthese des Ammoniaks, des Alizarins, des Indigos, des Salvarsans, oder des Zuckers so heißt das nichts anderes als daß der Chemiker diese Stoffe nach den Grundsätzen der chemischen Atomistik aus den Atomen der Elemente in seinen Retorten entstehen läßt, aufbaut.

Es ist wirklich so, wie es halb zweifelnd noch im Faust heißt:

„Es wird! Die Masse regt sich klarer,
die Überzeugung wahrer, wahrer.

Was man an der Natur geheimnisvolles pries,
das wagen wir verständig zu probieren.

Und was sie sonst organisieren ließ,
das lassen wir kristallisieren.“

Wie war nun der Stand der Entwicklung der Atomistik in ihrer Gesamtheit in der Mitte des vorigen Jahrhunderts?

Der einheitliche Gedanke Demokrit's und Galilei's war in zwei Teilsysteme zerfallen: eine physikalische Atomistik, die nur aus Kraft und Massenpunkten bestand; eine chemische Atomistik ohne eine andere Bewegung der Atome als nur die ihres Verbindens und Trennens bei dem einmaligen Akt der Bildung und Zersplitterung von chemischen Verbindungen. Kraft und Stoff waren daher die Schlagworte dieses Zustandes geworden, dessen Popularisierung ihn nicht verbessern konnte, sondern irreführend und verderblich war, der aber auch im Kreise der Forscher in dem verzweifelten Rufe des berühmten „Ignorabium“ seinen Ausdruck finden mußte. Aus dem Zustande selbst, in den sich die Atomistik der damaligen Zeit zersplittert hatte, konnte ihre Verbesserung nicht kommen; hier fehlte ganz offenbar ein ganz neuer Gedanke, ein ganz großer Gedanke anderer Art, als es diejenigen waren, die zu den Teilsystemen geführt hatten.

In diesem Zustande erschien der Galilei des neunzehnten Jahrhunderts, der schwäbische Arzt Julius Robert Mayer aus Heilbronn und formulierte den Begriff dessen, was wir heute als Energie bezeichnen, und fand das Gesetz der Erhaltung der Energie und ihrer Verwandlungen. Zum erstenmale gelang es ihm, wieder eine Zahl zu finden, nämlich diejenige, welche das mechanische Äquivalent der Wärme bei der Verwandlung von Wärme in Arbeit darstellt. Das will sagen, daß er im Sinne des Cusaners die Energien als Größen maß und durch eine Zahl mit einander verglich. Der Riesengeist eines Helmholtz trat ihm sofort zur Seite und ebenso Joule, der diese Zahl als calorisches Äquivalent der mechanischen Arbeit durch ausgedehnte messende Experimentaluntersuchungen bestätigte.

Der neue Gedanke, der hier hervorbrach, ist folgender: Ein gewaltiges Etwas ist im Kosmos ein für allemal vorhanden; es durchbraust und durchzittert ruhelos das All. Nie rastend tritt es uns in fortwährend wechselnder Gestalt entgegen; mechanische Arbeit, Wärme, Licht, Elektrizität, Magnetismus, chemische Affinität sind die bisher bekannten Formen seiner Erscheinung. Wir nennen dieses Etwas die Energie und für sie gilt der Grundsatz, daß sie nicht aus nichts entstehen kann und nie zu nichts vergeht.

Nun war die Möglichkeit gegeben, das atomistische Bild in vollster Einheitlichkeit aufzubauen. Zunächst konnte die Wärme zu einem Problem der Mechanik werden, die drei großen Kinetiker Clausius, Maxwell und Boltzmann führten jetzt aus, was Galilei gefordert hatte, und von der Mathematik durchgeistigt tritt nun der Demokrit'sche

Gedanke in Gestalt der kinetischen Theorie der Gase in die Arena der Naturwissenschaft. Riesengroß war der Gedanke gewachsen, und riesengroß war das Schauspiel seines Vergleiches mit den Tatsachen; denn nun hatte er seine Kraft zu erweisen an einer Tatsachenwelt, die wegen der alles andere überragenden Allgemeinheit des Gesetzes der Erhaltung der Energie alles umfaßt, was wir überhaupt an Einzelerscheinungen in Physik und Chemie kennen, aber auch eine Fülle von Erfahrungen aus dem Bereiche der anderen Naturwissenschaften bis tief hinein in die Biologie. Die Rechenkunst der Kinetiker hatte dem Bilde die Gebrauchsfertigkeit gebracht mit all' diesen Tatsachen verglichen werden zu können. Zum Vergleichen brauchen wir ja ein Maß, und dieses Maß ist ja die Zahl.

Und es zeigte sich, daß diese kinetische Theorie uns die Eigenschaften der Gase bis zu ihrer Kondensation zu den Flüssigkeiten mit äußerster Genauigkeit wiedergibt, ihren Druck, ihre Temperatur, ihren Wärmehalt, die Diffusion, die Wärmeleitung, ihre Fähigkeit bei der Expansion Wärme in Arbeit zu verwandeln, all' die Zusammenhänge zwischen Druck, Volum und Temperatur der Gase, die Ausdehnungsfähigkeit, — die mit dem Volum zusammenhängenden chemischen Erscheinungen beim Ablauf der Reaktionen, die Avogadro schon zum Gegenstande seines Nachdenkens gemacht hatte, das chemische Molekulargewicht und vieles andere.

Nur einmal stockte der rechnende Griffel; Maxwell hielt einen Augenblick erstaunt inne. Er hatte die Erscheinungen der innern Reibung der Gase berechnet. Dabei kam heraus, daß die Reibung, die ein Gas erfährt, wenn man es beispielsweise durch ein Rohr strömen läßt, von dem Drucke unter dem das Gas steht und von seiner Dichte unabhängig sein soll. Eine zwingende Folgerung aus der Atomistik stand in mathematischer Schärfe auf dem Papier, die dem gemeinen Verstande als ein logisches Nonsens erschien. Denn wie sollte doch ein Stoff wenn er immer dichter und dichter ist, nicht auch eine größere Reibung besitzen? — Erfahrungen auf dem Gebiete der Reibung der Gase waren damals nicht bekannt. Man begab sich also daran sie sich zu verschaffen. Jetzt drohte das Experiment die schöne Theorie, die sich so reich bewährt hatte, an diesem Punkte doch vermutlich umzustoßen. — Aber siehe da, die innere Reibung erwies sich allen Unbegreiflichkeiten zum Trotz von dem Drucke und von der Dichte der Gase als unabhängig, ganz so wie die Atomistik es fordert. Sie stand hier a u ß e r uns, sie hatte sich losgelöst von dem Geiste der sie schuf und ihre eigene Daseinsberechtigung gefordert. —

Und doch gerade dem atomistischen Bilde gegenüber ist die Frage so sehr schwerwiegend: ob es denn wirklich angenommen werden soll, daß die Natur so sein könnte?

Diese Frage muß aber gestellt werden. — Aus einem uns höchst sonderbar erscheinenden Gewirr, einem Chaos von Bewegungen von Atomen und Molekülen folgen die gesetzmäßigen Eigenschaften der Stoffe nach Maß und Zahl, sogar solche, die der gemeine Verstand kaum zu fassen vermag. Besinnen wir uns aber beim Suchen nach der Antwort auf den Cusaner der uns sagt: eine solche Frage kann nicht durch Spekulation entschieden werden. Alles Forschen besteht in einem Zurückführen des Unbekannten auf Bekanntes. — Das Bekannte ist uns die Mechanik. Hüten wir uns also den Boden der Naturwissenschaft zu verlassen. „Erkennen ist Messen“, ruft er uns weiter zu, und nur das Experiment wird die Geheimnisse der Natur enthüllen.

Freilich dem mathematisch geschulten Verstande ist diese Wendung nicht so ganz unbegreiflich. Die Differenzial- und Integralrechnung lehrt uns in Gestalt der Gesetze der Unregelmäßigkeit, daß aus einer chaotischen Masse sehr wohl ein einheitlich gerichteter Gesamteffekt hervorgehen kann. Mit diesem Bewußtsein erfüllt trat die Physik und die theoretische Chemie in das zwanzigste Jahrhundert.

Die kinetische Theorie gibt uns ohne weiteres an, wie groß die Atome sein müssen, mit welchen Geschwindigkeiten, nach welchen Richtungen sie sich bewegen, und wie oft sie zusammenprallen. Die Atome ergeben sich hierbei als so klein, daß eine Lichtwellenlänge, obwohl diese nur einige hundertstel Milliontel Millimeter beträgt, rund tausendmal so groß ist als der Durchmesser des Atoms. Es ist also ausgeschlossen das Experiment dadurch zu machen, daß man versucht die Atome in einem gewöhnlichen Mikroskope zu sehen, dessen Sehschärfe durch die Lichtwellenlänge begrenzt ist. Aber die allerkleinsten Teilchen die man auf mechanischem Wege, etwa durch Zerstäuben eines Stoffes oder auf chemischem Wege herstellen kann, sind nur 100 mal größer als ein Atom. Bringen wir also solche Teilchen schwebend in eine Flüssigkeit oder wie die Sonnenstäubchen in ein Gas, so ist jedes solcher Teilchen klein genug, um von allen Seiten von den einzelnen Atomen des Gases oder der Flüssigkeit einmal hier, einmal da gestoßen zu werden, und sie müssen daher eine der Atom- und Molekularbewegung ganz entsprechende, also ebenfalls chaotische Bewegung bekommen. Die Art und die Eigenschaften dieser Bewegungen lassen sich unter Zugrundelegung des atomistischen Bildes genau berechnen. Bestrahlt man nun unter dem

Ultramikroskope die auf diese Weise schwebenden Teilchen, so geben sie sich als winzig kleine Lichtscheibchen zu erkennen, und wir blicken nun mit Staunen und Bewunderung in einen mikroskopischen Sternenhimmel leuchtender, tanzender, gegen einander stoßender und wieder auseinander fahrender Lichtpünktchen, die genau die Bewegungen des atomistischen Bildes ausführen.

Was das geistige Auge der Schöpfer der Kinetik von Demokrit bis zu Boltzmann erschaut, hier wird es zur Wirklichkeit.

Eine zweite Prüfung ist diese. Von den Strahlen, welche das Radium aussendet, sind einige so fein, daß die Atome, gerade umgekehrt wie zur Lichtwellenlänge, gegen diese Strahlenfeinheit große Körperchen darstellen. Da nun die Strahlen des Radiums auf die photographische Platte wirken, so können ihre Bahnen photographiert werden. Bringt man daher das explodierende Radium in ein Glas und photographiert die Erscheinung, so sieht man auf der Platte, wie diese Strahlen plötzlich an einigen Stellen aus ihrem geradlinigen Verlaufe abgelenkt werden, wie durch einen gewaltigen Zusammenstoß mit einem unsichtbaren dunklen Gegenstande. Endlich ergibt das röntgenphotographische Bild eines Kristalles auf der Platte ein System von Streifen deren Richtung und Lage sich genau vorausberechnen läßt, wenn man annimmt, daß der Kristall nicht aus einer kontinuierlichen Materie aufgebaut ist, sondern nach Art eines Gitters, das aus einzelnen Atomen besteht, die in ganz bestimmten Abständen von einander entfernt sind. Es muß also im Kristall mindestens eine ungeheure Konzentration der Materie an einzelnen Stellen mit völlig freien Räumen abwechseln, ähnlich wie wir dies im Kosmos an den Anhäufungen der Massen in den Planeten und Fixsternen beobachten, während dazwischen die großen leeren Räume liegen.

Doch bin ich mit diesen vorletzten Vergleichen des atomistischen Gedankens mit den Tatsachen schon ganz in die Gegenwart gekommen. Über die letzten Wendungen, in denen wir nun tatsächlich bis zum Atom und sogar zur Erkenntnis seines Wesens und seiner Struktur gelangen, habe ich nicht mehr zu sprechen. Sie werden an dem Bilde der Atomistik nichts ändern, als nur den Begriff der Unteilbarkeit der Atome. Das *ἄτομος* selbst fällt an den Atomen dahin. Wir ziehen es aber vor für die kleinen Systeme von Elektronen, als die uns die Atome heute erscheinen, der griechischen Sprache zum Trotz den Namen Atom beizubehalten, weil sie doch die Einheiten dieser Atomistik bleiben.

Aus der Erforschung des Wesens der Atome selbst dämmert

uns die Erkenntnis einer Mechanik ganz anderer Art entgegen, als sie in dem atomistischen Bilde des Demokrit enthalten ist, und die sich in Dimensionen von solcher Kleinheit vollzieht bis zu denen dieser Gedanke eben nur erst gekommen war. Sie ist die Aufgabe, welche die Physik und die physikalische Chemie der Gegenwart jetzt in Bearbeitung genommen hat und die uns wohl auch in der Zukunft noch längere Zeit beschäftigen wird. —

Meine Damen und Herrn!

An der Geschichte einer naturwissenschaftlichen Hypothese habe ich Ihnen das Verhältnis von Gedanken zu Tatsachen in der Naturwissenschaft geschildert. Auf einem Gebiete also, in welchem die alleinige Erzeugerin der Tatsachen die Natur ist und wir die alleinigen Erfinder und Finder der Gedanken sind.

Und gerade hier an der Geschichte dieser Hypothese bemerken wir — was vielen von Ihnen vielleicht neu erscheint — eine Stetigkeit, eine Unablässigkeit, die unsere Bewunderung verdient, indem wir sie durch den Lauf der Jahrhunderte, ja der Jahrtausende verfolgen.

Es ist als wenn die Naturforscher aller Zeiten der Natur gegenüber gezwungen wären, bestimmte Gedanken festzuhalten, die sie empor zum Ziele ihres Willens führen.

Sollten wir uns angesichts eines solchen Beispiels nicht fragen können, ob nicht ein Volk dadurch, daß es einen geschichtlichen Gedanken unentwegt durch die Jahrhunderte hindurch denkt, — ebenfalls zu einem Ziel, zu einem Höhepunkte seiner Entwicklung geführt werden würde? —

Und am heutigen Tage dürfen wir uns daran erinnern: Wir haben diesen geschilderten Gedanken: Es ist der Gedanke der deutschen Einigkeit. —

In den langen Friedensjahren war er uns durch die Tatsache des Reiches zur Selbstverständlichkeit geworden. Heute jedoch durchleben wir wieder eine Zeit, in der offenkundige Feindschaft die Tat gewordene Einheit unseres Reichs zu zertrümmern sucht und aufs neue tritt in dieser Gefahr die Aufgabe an uns heran, den Jahrhunderte alten Gedanken unserer Einigkeit zu beleben, zu pflegen und über alle Meinungsverschiedenheit und Parteizerrissenheit hinweg als Gemeingut des ganzen Volkes zu empfinden.

Mahnend steht ein Wort am deutschen Eck in Coblenz angesichts des deutschen Rheines geschrieben: „Nimmer wird das Reich zerstört, wenn Ihr einig seid und treu“.

Den Gedanken der Einigkeit wollen wir heute in uns lebendig werden lassen, und in diesem Gefühl fordere ich Sie auf, durch die Räume unserer Wissenschaft, die uns eine Quelle idealer Lebensauffassung ist, unsere Nationalhymne erschallen zu lassen: „Deutschland, Deutschland, über alles“. —