

Greifswalder Universitätsreden

15

Materie und Energie im Welt-Geschehen

Rektoratsrede

von

Prof. Dr. F. Krüger



1928

Verlag Ratsbuchhandlung L. Bamberg
Greifswald

Hochschulunterricht ist untrennbar verknüpft mit Forschung; sie erst verleiht ihm seinen eigentlichen Charakter, seinen besonderen Reiz. Nur wer die Grenzen des Erforschten und Unerforschten kennt und unermüdlich sich bemüht, diese Grenzen hinauszuschieben, vermag auch das Überlieferte zu lehren nicht als Abgeschlossenes, sondern als Lebendiges, das ewig sich wandelt und wächst und der Wahrheit allmählich sich nähert; nur er vermag die höchste Aufgabe allen Lehrens zu erfüllen, die Methoden und Wege zu zeigen, die zu neuer Erkenntnis führen. Hier, wo die Reiche der Wissenschaft und der Kunst sich aufs engste berühren, ist die beste Lehre das Beispiel eigenen Tuns.

So bildet der Organismus einer Universität eine Stätte der Forschung auf allen Gebieten menschlichen Wissens. Überblicken wir die Arbeit der geistigen Kräfte, die hier am Werke sind, so finden wir als ihre gemeinsame Triebfeder den angeborenen Drang des Menschen nach immer neuer Erkenntnis, die rätselhafte Freude beim Erfassen ungeahnter Zusammenhänge und Gesetze in dem Chaos verwirrender Tatsachen. Die tiefste Wurzel dieses unbewußten Strebens des Bewußtseins, sich selbst immer mehr zu steigern, ist uns verborgen. Alle äußeren Triebkräfte des Nützlichen und für die äußere Existenz und ihre Förderung Notwendigen kommen nicht in Frage; weit über ihnen steht die reine Freude an der Erkenntnis. Nur an wenigen Punkten vermag bisher die Psychologie den Schleier ein wenig zu heben, der diese Welt der Impulse des geistigen Lebens für uns noch bedeckt.

Aber nicht nur die Triebfedern des geistigen Lebens, auch die treibenden Kräfte in der Entwicklung der belebten Materie, die Ursachen der biologischen Entwicklung der

Arten sind für uns noch in tiefes Dunkel gehüllt. Die Hypothesen Darwins, wenn auch in mancher Hinsicht zutreffend, reichen nicht aus zum Verstehen der ungeheuren Entwicklung des Reiches der Tiere und der Pflanzen. Je tiefer und weiter unsere Erkenntnis vorgedrungen ist, um so bescheidener ist die Wissenschaft geworden in ihrem Anspruch, die Ursachen des Werdens in der belebten Natur erkannt zu haben.

Nicht immer ist ein solches Bescheiden der Naturforschung eigen gewesen. In berechtigtem Stolz auf die großen und schnellen Erfolge in der Erkenntnis der Natur und ihrer Kräfte, glaubte sie die Zauberformel für das Verstehen alles Seins und Werdens in den vermeintlichen Grundbegriffen „Kraft und Stoff“ gefunden zu haben. Die Vorgänge in der unbelebten und belebten Natur sollten diese Worte deuten können.

Den Tagen dieses stolzen, übermütigen Selbstbewußtseins sind Jahrzehnte gefolgt, in denen die Naturwissenschaften in ungeahnter Schnelligkeit Erfolg auf Erfolg häuften. Selten war ein Zeitalter so reich an weittragenden Entdeckungen und unwälzenden Theorien wie das unsrige. Die engen Schranken, welche die direkte Beobachtung mit Hilfe unserer natürlichen Sinne dem Erkennen setzen, sind immer mehr durch die Konstruktion höchst empfindlicher Apparate überwunden. In ein ungeheures Gebiet von Tatsachen ist Klarheit und Ordnung gebracht, Gesetze von weitestem Gültigkeitsbereich und extremster Exaktheit sind gefunden. In das Innere des Mikrokosmos der Atome einerseits, in die unendlichen Weiten des Makrokosmos der Sternenwelt andererseits sind tiefe Einsichten gewonnen. Und wenn auch jeder Schritt vorwärts in das Reich des Unerscherten neue Weiten sich auftuen läßt und neue Rätsel offenbart, für den Forscher ist das nur der Ansporn zu neuem, beglückendem Ringen und Bezwingen aller Schwierigkeiten.

Aber diese Erfolge haben doch den Rausch jener Jahre der Aufklärung nicht erneuert, haben die Besonnenheit und die Bescheidenheit, die ihrer Grenzen und Schranken sich stets bewußt sind, nicht erschüttert. Gerade weil die Forschung bis an die schwierigsten, letzten Probleme der Erkenntnis vordrang, mußte sie immer wieder die Grundlagen der Erkenntnismöglichkeit aufs sorgfältigste prüfen. So war der eitle Wahn, mit Worten wie „Kraft und Stoff“ die Rätsel des Lebens lösen zu können, längst verflogen.

Mit geschärftem Blick sieht die Naturforschung unserer Tage die großen Schwierigkeiten schon des bescheideneren Problems, die treibenden Kräfte in dem ewigen Geschehen der anorganischen Natur zu begreifen, die doch so viel einfacher, der exakt mathematischen Behandlung so viel zugänglicher ist als die belebte Natur. Dürfen wir hoffen auf der Basis, auf die uns die naturwissenschaftlichen Entdeckungen und Erkenntnisse der letzten Jahrzehnte gestellt haben, wenigstens in großen Zügen im Mikrokosmos der Atome und im Makrokosmos der Welten das ewige Wechselspiel zwischen „Kraft und Stoff“ oder wie wir heute sagen, zwischen Energie und Materie zu verstehen? Die folgenden Betrachtungen sollen versuchen, von unserem jetzigen Standpunkt aus eine Antwort auf diese Frage zu geben.

Für die Energie einerseits, für die Materie andererseits gilt ein fundamentales Gesetz; für jene das von der Erhaltung der Energie, das besagt, daß die Summe der Energie in der Welt konstant ist; daß die Energie wohl verschiedene Formen annehmen, aber weder entstehen noch vergehen kann, daß bei den Umsetzungen der Energie für ein bestimmtes Quantum von verschwindender Energie der einen Art immer ein bestimmtes Quantum Energie einer anderen Art auftritt. Das Gesetz von der Erhaltung der Energie, aufgestellt zuerst von dem deutschen Arzt Jul. Rob. Mayer, experimentell geprüft und sichergestellt durch den Engländer Joule und auf die verschiedensten Gebiete der Physik ange-

wandt durch H. v. Helmholtz, läßt sich nicht ableiten und beweisen, sondern ist durch Induktion aus den unzähligen vergeblichen Versuchen erschlossen, Energie aus nichts zu gewinnen, oder ein Perpetuum mobile, das Arbeit leisten kann, zu konstruieren. Nur im Gebiet der reinen Mechanik läßt sich die Konstanz der Summe von kinetischer und potentieller Energie, d. h. von Bewegungsenergie und Energie der Lage, aus den Grundgesetzen der Mechanik mathematisch ableiten. Also nur insoweit, als sich auch andere Energiearten auf mechanische Energie zurückführen lassen, wie das z. B. mit der Wärmeenergie heutzutage weitgehend möglich ist, können wir auch für sie das Gesetz von der Erhaltung der Energie als streng erwiesen betrachten. Diese Möglichkeit aber liegt für viele Energiearten, vor allen Dingen für die elektromagnetische und also auch die ihr gleiche optische noch in keiner Weise vor. Für diese ist also das Gesetz von der Erhaltung der Energie ein durch unzählige Bestätigungen gesichertes, aber letzten Endes nicht beweisbares Postulat.

Wie das Gesetz von der Erhaltung der Energie eines der Fundamental-Gesetze der Physik, so ist das von der Erhaltung der Materie oder der Masse das Grundgesetz der Chemie; es besagt, daß wenigstens bei den normalen chemischen Reaktionen kein Verlust an Materie auftritt. Die sorgfältigen Versuche Landolts haben gezeigt, daß solche Verluste jedenfalls unterhalb der Grenzen liegen, die wir mit unseren feinsten Wagen bisher feststellen konnten.

Die beiden Grundgesetze von der Konstanz der Energie und von der Konstanz der Materie beherrschen hiernach alles Geschehen in der unbelebten Natur. Dies selbst also kann dann nur darin bestehen, daß Materie ihren Platz im Raum wechselt, sich zu größerer Dichte in den Himmelskörpern anhäuft, umgekehrt auch sich zu Nebeln verflüchtigt, oder daß die Energie von einem Teil der Materie zu einem anderen oder in den Weltenraum übergeht, oder schließlich daß eine

Energieart in eine andere sich verwandelt. Dieses Hin- und Herwogen des Stoffes und der Energie bildet das Leben der unorganischen Natur, es gleicht darin dem Erdgeist in Goethes „Faust“, der von sich rühmt:

„In Lebensfluten, im Tatensturm
 Wall ich auf und ab,
 Webe hin und her!
 Geburt und Grab,
 Ein ewiges Meer.
 Ein wechselnd Weben,
 Ein glühend Leben,
 So schaff' ich am sausenden Webstuhl der Zeit
 Und wirke der Gottheit lebendiges Kleid.“

Ist aber dieses Geschehen in der unbelebten Natur auch wirklich für alle Ewigkeit gesichert? Und welches sind die treibenden Kräfte, die dieses Fluten der Energie und der Materie bedingen und aufrecht erhalten?

Wir erkennen leicht, daß das Vorhandensein von Energie an sich noch kein Geschehen in sich schließt. Es kann Energie in Hülle und Fülle vorhanden sein und doch die Ruhe des Todes herrschen. Das ist immer der Fall, wenn die Energie und auch die Materie im Raume gleichmäßig verteilt sind. So ist im Meere Wärmeenergie in ungeheurer Menge vorhanden, aber da sie gleichmäßig verteilt ist, da sie keine Temperaturdifferenzen aufweist, bildet sie keine treibende Kraft. Sie wird für alle Zeiten in ihrer Ausgeglichenheit bestehen bleiben, niemals wird es von selbst geschehen, daß Temperaturdifferenzen sich ausbilden. Aus dem Wärmeinhalt des Meeres können wir daher auch keine Arbeit gewinnen, mit ihr kein Schiff vorwärts treiben.

Damit beim Vorhandensein von Wärme überhaupt etwas geschehen kann, müssen Temperaturdifferenzen vorhanden sein. Sind sie gegeben, so haben wir in der Tat eine ausreichende Ursache für ein physikalisches Geschehen, dann strömt nämlich immer die Wärme von Stellen höherer zu

solchen tieferer Temperatur. Diesen von selbst verlaufenden Vorgang, wie jeden solchen, können wir dann auch zur Gewinnung von Arbeit ausnutzen.

Was von der Wärme gilt, gilt ebenso von jeder anderen Energieart: Immer sind Energiedifferenzen die notwendige Voraussetzung für irgendwelches Geschehen, das Vorhandensein der Energie genügt dazu allein noch nicht. Man unterscheidet daher zwischen arbeitsfähiger oder sogenannter freier Energie, die also in Energiedifferenzen besteht und der Gesamtenergie; nur jener Bruchteil bildet die Triebfeder des physikalischen Geschehens. Dieser entspricht also, auf das Physikalische beschränkt, was die Periode mit dem Feldgeschrei „Kraft und Stoff“ unter Kraft verstand.

Die Frage nach den Ursachen des Geschehens in der unbelebten Natur läuft also hinaus auf die andere nach der Existenz von Energiedifferenzen in der Welt, und die Frage nach der Ewigkeit solchen Geschehens auf die nach der Ewigkeit der Existenz solcher Energiedifferenzen.

Ein Blick in das Weltall lehrt uns, daß wenigstens jetzt noch solche Leben spendenden Energiedifferenzen in Hülle und Fülle vorhanden sind. Sie bestehen vor allem in den Temperaturdifferenzen der Himmelskörper. Die Temperaturdifferenz der Sonne gegenüber der Erde beträgt etwa 6000°. Aber viele der leuchtenden Fixsterne haben noch weit höhere Temperaturen bis 10 000°, ja 20 000°; je weißer ihr Licht ist, um so höher ist ihre Temperatur, die roten Sterne sind die tiefer temperierten. Aber neben diesen strahlenden Sternen höherer und höchster Temperatur gibt es auch, analog zu den Planeten in unserem Sonnensystem, kältere, direkt nicht sichtbare Sterne, erloschene Sonnen, deren Existenz wir nur indirekt erschließen können. Von den heißen Sternen fließt ständig Wärme in Form von Strahlung zu den kälteren. Hier wird sie absorbiert und schafft, wie etwa auf der Erde zwischen Polen und Äquator, neue Temperaturdifferenzen oder bewirkt die Entstehung anderer Energiedifferenzen, so

durch Verdampfen des Wassers vom Meeresniveau hinauf zu den Wolken, die sich in Form von Regen ergießen und die treibende Kraft der Ströme ergeben. Aber auch in andere Formen von arbeitsfähiger Energie kann die absorbierte Strahlung umgewandelt werden, in chemische Energie, wie in den Kohlen, die aus den Bäumen und Pflanzen entstanden sind, welche die Sonnenenergie emporsprießen ließ.

Der Energie- oder Wärmeübergang von dem heißeren auf den kälteren Körper geschieht natürlich auf Kosten des Energieinhaltes des ersteren. Wird die Energie nicht in irgendeiner Weise ergänzt, so muß notwendig die Temperatur des strahlenden Körpers allmählich sinken und damit auch der Energiestrom versiegen.

Die Sterne aber leuchten am Himmel in gleicher Weise, solange die Menschen sie beobachtet haben. Genauer und sicherer messen wir an der Sonne, daß ihre Strahlung und also auch ihre Temperatur dieselbe geblieben ist seit Jahrtausenden. Aus geologischen Tatsachen können wir schließen, daß selbst in Hunderttausenden, ja in Millionen von Jahren die Sonnenstrahlung unverändert geblieben sein muß.

Damit das möglich ist, muß aus einer anderen Energiequelle der Verlust an Strahlungsenergie ergänzt werden. Darüber hat sich schon Kant Gedanken gemacht, als er seine Theorie des Werdens unseres Planetensystems entwickelte. Er meinte, daß an der Oberfläche der Sonne ein stetes Feuer brennen müsse. Das ist allerdings nicht möglich, da auf der Sonne keine Sauerstoffatmosphäre vorhanden ist. Aber der Kant'sche Gedanke ist doch deshalb interessant, weil in ihm schon unbewußt eine deutliche Ahnung des Gesetzes von der Erhaltung der Energie durchklingt, das in scharfer Formulierung erst fast ein Jahrhundert später aufgestellt wurde. J. R. Mayer, der Entdecker des Gesetzes von der Erhaltung der Energie, hat dann die Hypothese aufgestellt, daß die ausgestrahlte Energie der Sonne ersetzt

würde durch die kinetische Energie von Meteoriten-Schwärmen, die in die Sonne stürzten. Sollte diese Energie für lange Zeiten ausreichen, so müßte die dazu erforderliche Masse der Meteoriten so groß sein, daß sie eine merkliche Erhöhung der Sonnenmasse im Laufe der Zeit herbeiführen würde, von der aber bisher nichts zu konstatieren ist. Erst H. v. Helmholtz fand eine mögliche Ursache für den Ersatz des Energieverlustes der Sonne durch Strahlung, die immerhin schon für längere Zeit eine Konstanz ihrer Temperatur erklären würde: Nach ihm soll die bei der Kontraktion der Sonne infolge ihrer Abkühlung von der Schwere geleistete und in Wärme umgesetzte Arbeit das Äquivalent für den Energieverlust durch Strahlung liefern. Dadurch würde in der Tat die Konstanz der Sonnentemperatur für etwa 20 Millionen Jahre garantiert sein. Diese Zeitspanne aber ist den Geologen noch zu kurz, sie verlangen allein für die Entwicklung der geologischen Verhältnisse auf der Erde mehrere hundert Millionen Jahre, während deren die Strahlung der Sonne nicht merklich anders gewesen sein dürfte.

Erst die physikalische Forschung der letzten Jahrzehnte hat uns eine Energie-Quelle kennen gelehrt, die allenfalls als ausreichend erscheint, die Konstanterhaltung der Sonnenenergie wirklich für Hunderte von Millionen Jahren zu gewährleisten. Das sind die außerordentlich großen Energieentwicklungen beim Zerfall der radioaktiven Substanzen. Sie übertreffen die Wärmeentwicklung der gewöhnlichen chemischen Reaktionen um mehr als das Millionenfache. Daß radioaktive Substanzen in großen Mengen in der Sonne enthalten sind, und dort radioaktive Zerfallprozesse sich abspielen, kann nicht bezweifelt werden; darauf deutet schon der Gehalt der Sonne an Helium hin, einem Gase, das als Zerfallsprodukt radioaktiver Prozesse auftritt.

Nun läßt sich berechnen, daß das Alter der Sonne mindestens 1500 Millionen Jahre beträgt. Während dieser ungeheuren Zeiträume muß also die ausgestrahlte Energie ersetzt

worden sein aus einer anderen Quelle. Mag nun auch in dem aufsteigenden Entwicklungsast der Sterne, wenn sie aus Nebeln allmählich sich kondensieren und kontrahieren, diese Kontraktionsenergie unter dem Einfluß der Gravitation im Sinne der Helmholtz'schen Theorie jenen Energieverlust zum Teil kompensiert haben, für das spätere Stadium kann das nicht mehr zutreffen, da bleibt dann nur die Ergänzung aus dem Energieinhalt der radioaktiven Prozesse. Berechnet man die Energie-Verhältnisse für den speziellen Fall unserer Sonne, so zeigt sich allerdings, daß selbst bei Annahme des günstigsten Falles, daß die Sonne überwiegend aus der Muttersubstanz aller radioaktiven Stoffe, dem Uran, bestände, die Zerfallsenergie nicht völlig ausreichend sein würde, um den Strahlungsverlust der Sonnenenergie während jener langen Zeiten voll zu decken. Wenn trotzdem noch kein Abfall der Sonnenenergie bemerkbar geworden ist, so müssen noch andere ähnliche Energiequellen vorhanden sein, die jenen unkompensierten Bruchteil der verlorenen Energie liefern. Das könnte vielleicht die außerordentlich große Energie bei der Bildung des Heliums aus Wasserstoff sein, die berechenbar, aber noch nicht direkt beobachtet ist; vielleicht kommen aber auch noch mächtigere Energiequellen in Frage, auf die später noch eingegangen werden soll.

Wie groß auch immer diese Energie-Quellen sein mögen, sie sind doch nur von endlicher Größe. Einmal muß doch die Zeit kommen, in der alle radioaktive Materie zerfallen ist und auch alle anderen Energiequellen erschöpft sind. Dann muß die Temperatur der Sonne sinken und ebenso die Temperaturdifferenz zwischen verschiedenen Sternen mehr und mehr schwinden; hiermit aber die Temperaturdifferenzen auf den einzelnen Gestirnen, wie z. B. unserer Erde, ebenfalls. Deren Energiequellen, wie die chemische Energie der Kohle, sind bald erschöpft; ihre Dauer zählt nicht einmal nach Jahrtausenden. So erlischt das physikalische Leben der unbelebten Natur.

Indem wir diesen Schluß ziehen, nehmen wir an, daß auch hier im Makrokosmos der Gestirne die Wärme von selbst immer nur von höherer auf tiefere Temperatur übergeht und ohne Arbeitsleistung niemals umgekehrt. Begründet ist aber diese Einseitigkeit des Wärmeübergangs zunächst nur durch die zahlreichen Beobachtungen in abgeschlossenen Systemen, die wir im Laboratorium untersuchen können. Die immer wiederholten Ergebnisse solcher Versuche haben zu dem Schluß geführt, daß dieser Tatsache ein Naturgesetz zugrunde liegt, dessen Inhalt den zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärme-Theorie bildet. Die erste Formulierung dieses Satzes verdanken wir Carnot, seine exakte Ableitung vor allem dem vor etwas über 100 Jahren in Köslin in Pommern geborenen Rud. Clausius, einem unserer bedeutendsten theoretischen Physiker.

Ein tieferes Verstehen dieses Satzes und der ihm zugrundeliegenden Tatsache, daß die Wärme von selbst immer nur von höherer auf tiefere Temperatur übergeht, gestattet erst die kinetische Theorie der Wärme. Nach ihr besteht die Wärme in der Bewegung der Atome und Moleküle, die mit steigender Temperatur anwächst. Der Wärmeausgleich in einem Gase mit Temperaturdifferenzen besteht danach in dem Austausch der größeren kinetischen Energie der wärmeren Teile des Gases mit der geringeren der tiefer temperierten Partien durch den Zusammenstoß der Moleküle. Das ist also ein rein mechanischer Vorgang. Nun aber kennt die reine Mechanik kein einseitiges Vorzeichen der Zeit, nach ihr verlaufen die Vorgänge in der Zeit nach vorwärts und rückwärts in gleicher Weise. So standen der mechanischen Deutung des Temperatúrausgleichs große Bedenken entgegen. Es ist erst der genialen Klarheit Boltzmanns gelungen, diese Schwierigkeiten zu überwinden und eine molekular-theoretische Deutung des stets beobachteten Wärmeüberganges von höherer auf tiefere Temperatur und damit des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik zu geben, indem

er den Begriff der Wahrscheinlichkeit in die theoretische Behandlung dieser Fragen einführte. Daß in das mechanische Geschehen der Kinetik des Temperatúrausgleichs überhaupt Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen eingeführt werden können, beruht wesentlich darauf, daß uns die Anfangskordinaten und die Anfangsgeschwindigkeiten der Moleküle nicht bekannt sind. Im Sinne dieser Theorie ist also der Zustand der Ausgeglichenheit der Temperaturdifferenzen oder der Unterschiede in der kinetischen Energie der Moleküle einfach der wahrscheinlichere. Wie sich anfangs getrennte schwarze und weiße Kugeln in einem Gefäß durch Schütteln mischen, weil der gemischte Zustand eben der wahrscheinlichere ist, so tauschen auch die schnelleren und die langsameren Moleküle in einem erwärmten Gase ihre Geschwindigkeiten durch die Zusammenstöße aus. Die Wiederkehr des Zustandes verschiedener Temperaturen an verschiedenen Stellen des Gases ist zwar prinzipiell möglich, aber bei der ungeheuren Zahl der Gasmolekeln im Kubikzentimeter bei Atmosphärendruck so ungemein unwahrscheinlich, daß er praktisch nicht in Betracht kommt, ebensowenig wie etwa der Fall, daß etwa alle Häuser einer Stadt zufällig zur selben Stunde anfangen zu brennen. Das Streben solcher molekularen Systeme, von geordneten zu ungeordneten Zuständen überzugehen, ist also eine Folge der Gesetze der Wahrscheinlichkeit.

Die Übertragung dieses Gesetzes von dem Übergang der Wärme von höheren auf tiefere Temperaturen auf den Makrokosmos des Weltalls hat zuerst Lord Kelvin vorgenommen. Mag diese Extrapolation auch immerhin gewagt erscheinen, da wir schließlich nicht mit Sicherheit wissen können, ob die im Laboratorium gewonnenen Erfahrungen auch im unbegrenzten Weltenraum gelten, so lassen sich doch irgendwelche wahrscheinlichen Gründe dagegen nicht anführen. Die Annahme eines solchen irreversiblen Ausgleiches der Energie-Differenzen im Weltenraum erscheint jedoch als um so berechtigter, als hier im allgemeinen an Stelle des

Temperaturausgleichs durch Wärmeleitung der durch Strahlung tritt und der bei weitem größere Teil der Strahlung nicht von anderen Gestirnen absorbiert wird, sondern sich im Weltenraume zerstreut. Dieser Vorgang erscheint aber noch viel irreversibler als jeder andere.

Damit aber ist dann im Laufe der Zeit das Weltall unrettbar dem Wärmetode verfallen, der darin besteht, daß alle Energieunterschiede, die Wärmedifferenzen im besonderen, ausgeglichen sind. Energie freilich ist dann noch in unveränderter Menge vorhanden, aber da ihre Unterschiede überall verschwunden sind, kann nichts mehr geschehen, denn das Geschehen besteht ja nur in dem Ausgleich von Energiedifferenzen. An der Hoffnungslosigkeit dieser Aussicht scheint kein Weg vorbeizuführen.

Ihr gegenüber aber steht die Tatsache, daß die Welt bisher dem Wärmetode noch nicht verfallen ist, ja ihm in keiner Weise nahe zu sein scheint. Denn, wohin wir schauen, ist die Welt voll Kraft und Leben. Unzählige Sonnen strahlen mit unerschöpfter Kraft Wärme in das grenzenlose All. Wohl sehen wir am Himmel Sterne auf der absteigenden Linie ihres Daseins, wo sie kühler werden und erkalten, aber ebensoviele sehen wir aus Nebeln neu sich bilden und erglühen. Überall finden wir in der Sternenwelt neben dem Sterben ein frisches Werden.

Für die Deutung dieser Tatsache gibt es nur zwei Möglichkeiten:

Entweder: Die Welt hat einen Anfang in der Zeit gehabt, sie existiert aber noch nicht lange genug, als daß ihr Wärmetod hätte eintreten können. Dann würde er über kurz oder lang doch kommen müssen. Hat das Weltgeschehen einen Anfang gehabt, so muß es nach allem schon Gesagten auch ein Ende haben; es wäre dann nur eine kurze Episode im Verlauf der Ewigkeit.

Oder: Die Welt hat keinen Anfang gehabt, sondern von Ewigkeit her existiert. Dann aber müßte in notwendiger

Konsequenz des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik von dem Ausgleich aller Temperaturdifferenzen der Wärmetod bereits eingetreten sein. Wenn er das trotzdem noch nicht ist, so muß irgendeine Möglichkeit vorhanden sein, die trotz der Gültigkeit des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik die Neuentstehung von Energiedifferenzen gestattet.

Die erste Alternative ist vom naturwissenschaftlichen Standpunkt so unwahrscheinlich, daß sie von den bedeutendsten Naturforschern, die sich mit kosmogonischen Theorien beschäftigt haben, energisch abgelehnt wird. So weist Arrhenius darauf hin, daß die Annahme, die Welt habe einen Anfang in der Zeit gehabt, dem Satze von Clausius widerspreche, daß die Weltenergie konstant sei, denn dann wäre alle Energie im Schöpfungs Augenblick entstanden. Dies aber sei uns ganz unbegreiflich. Er erklärt ferner, in der Annahme, die Materie habe plötzlich zu existieren anfangen, liege eine sonderbare Inkonsequenz. Nun aber ist mit der Existenz der Welt nicht das bloße Vorhandensein von Materie ohne Geschehen, etwa wie beim Wärmetode, gemeint, nicht etwa ein seit Ewigkeit existierendes Chaos, wie es in den Mythen vieler Naturvölker vorkommt, sondern das Dasein einer Welt voll Leben, voller Energiedifferenzen. In diesem Sinne sagt Nernst: „Der Naturforscher wird unmöglich annehmen dürfen, daß zu einer bestimmten Zeit die ganze Welt in einem chaotischen Zustand sich befand, aus dem sich die glühenden Sonnen verdichteten, um schließlich in einen Zustand zu gelangen, in welchem die Neubildung von Sonnen nicht mehr möglich ist. Mit anderen Worten: Die Vorstellung, daß alles Geschehene auf der Welt sozusagen an einem bestimmten Tag begonnen und an einem bestimmten Tag vollkommen erlischt, ist an sich so unwahrscheinlich, daß wir jede Theorie, die notwendig zu dieser Theorie führt, als äußerst unwahrscheinlich und daher als unvollkommen bezeichnen müssen.“

Auch von philosophischer Seite ist die Annahme einer ewigen Existenz der Welt verteidigt worden. So sagt Kant: „Übrigens brauchen wir den Untergang eines Weltenbaues nicht als wirklichen Verlust in der Natur zu betrachten. An einer anderen Stelle wird dieser Verlust durch Überfluß ersetzt.“ Und weiter: „Wenn wir dann diesen Phönix der Natur, der sich nur darum verbrennt, um aus seiner Asche wieder verjüngt aufzuleben, durch alle Unendlichkeit der Zeiten und Räume hindurch folgen, so versenkt sich der Geist, der alles dieses überdenkt, in ein tiefes Erstaunen.“ Gründet sich der Gedanke an die Wiederholung des Weltprozesses bei Kant wesentlich auf ein ethisches Prinzip, demzufolge er ein „Wohlbehagen“ in dem Gedanken findet, daß die Welten für alle Ewigkeit organisches Leben tragen werden, so geht der Philosoph Herbert Spencer von einem mehr objektiven Standpunkte aus, indem er annimmt, daß in der Weltentwicklung sich eine gewisse Gesetzmäßigkeit geltend mache, daß Perioden von Konzentration und Dissoziation abwechselten. Jedenfalls erklärt er mit aller Deutlichkeit: „Wir können nicht annehmen, daß die sichtbare Welt einen Anfang oder einen Schluß habe“ und „Das Erschaffen von Energie ist ganz ebenso undenkbar wie das Erschaffen von Materie“.

Diese frühere philosophische Voraussicht in physikalische Zusammenhänge, wie sie sich auch auf anderen Gebieten findet, erscheint bestechend und könnte die naturwissenschaftliche Methodik ihr gegenüber als allzu schwerfällig und hinterherhinkend ansehen lassen, wenn nicht sehr oft, wie Arrhenius bemerkt, gleichzeitig mit den philosophischen Behauptungen, die sich später als berechtigt herausstellten, auch deren direkte Gegensätze ebenso eifrig von anderen führenden Denkern verfochten worden wären.

Daher scheint ein Zurückgreifen auf die Erfahrung, soweit das in solchen Fragen überhaupt möglich ist, doch immer geboten. Richten wir daher unser Auge auf den

Sternenhimmel, so sehen wir, daß sein Anblick nicht für einen Anfang und ein Ende der Welt spricht, sondern für ein ständiges Werden und Vergehen ganzer Weltsysteme. Wir sehen am Himmel Welten, in jedem Stadium der Entwicklung, wir sehen Nebel, in denen sich feste Himmelskörper bilden, in manchen eben erst erkennbar, in anderen schon in fortgeschrittener Entwicklung; daneben fertige Planetensysteme, ferner aber auch Himmelskörper, die infolge eines Zusammenstoßes mit anderen Sternen oder aus sonstigen Ursachen, wieder in Nebel sich auflösen. Jedenfalls finden wir nicht nur erlöschende Welten, sondern ebenso viele neu erstehende.

So spricht doch alles für ein ewiges Bestehen der Welt und zwar nicht einer bloß vegetierenden, sondern einer mit unerschöpflicher Kraft und nie erlöschendem Geschehen erfüllten Welt.

Mit der Entscheidung für diese Annahme entsteht dann aber die Aufgabe, einen Ausweg aus der Konsequenz des Satzes von dem Ausgleich aller Energieunterschiede, von der ständigen Zunahme der Entwertung der Energie oder der Zunahme der Entropie zu finden. Mit einer einfachen Ungültigkeitserklärung des im Laboratorium oder wenigstens in abgeschlossenen Systemen gefundenen Satzes bei seiner Anwendung auf das Universum ist das natürlich nicht getan. Es wird vielmehr darauf ankommen, eine Kompensation der Zunahme der entwerteten, ungeordneten Wärmeenergie durch einen im entgegengesetzten Sinne wirkenden Vorgang zu finden.

Die Vorstellung Kants, daß die in ihrem Umlauf matt gewordenen Planeten und Kometen in die gealterte Sonne niederstürzen und so deren Glut zu neuem, heftigstem Auf lodern bringen, hinreichend, um alles in den ursprünglichen Zustand eines chaotischen Nebels zurückzusetzen, aus dem ein neues Planetensystem sich wieder bilden könnte, und so fort in ewigem Wechsel, ist zwar ein schönes philosophi-

sches Gedicht, aber mit den Grundsätzen der Energielehre nicht vereinbar.

Aber auch die Lösung des Problems, wie sie Arrhenius versucht, scheint einer schärferen Kritik nicht standzuhalten. Arrhenius glaubt in den ungeheuer ausgedehnten gasförmigen Nebeln des Weltraumes die Stellen sehen zu sollen, an denen der dem Wärmetod entgegengesetzt verlaufende Vorgang sich vollzieht, an dem die Entropie nicht zu-, sondern abnimmt. In diesen Nebelflecken soll sich einmal der von der Sonne durch den Strahlungsdruck fortgeschleuderte Weltenstaub sammeln, ferner aber soll dort alle von den heißen Himmelskörpern ausgesandte Strahlung absorbiert werden. Da die Schwerkraft in den Nebelflecken wegen deren ungeheuren Ausdehnung nur äußerst gering ist, so können die Moleküle mit den größten Geschwindigkeiten, die den hohen Temperaturen entsprechen, aus dem Nebel entweichen. Diese sollen sich dadurch in ihren äußersten Schichten abkühlen. Gäbe es nun im Weltall nur gleichartige Nebelflecke, so würden die aus einem Nebel fortgewanderten Moleküle in einem anderen landen und umgekehrt, es würde auch dann noch Wärmegleichgewicht zwischen den verschiedenen Nebelflecken bestehen und der Wärmetod eingetreten sein oder eintreten müssen. Da aber in den Nebelflecken sich vielfach eingewanderte Himmelskörper befinden, die infolge ihrer stärkeren Anziehungskraft die Gase um sich herum kondensieren, so werden hier sich die schnelleren Moleküle aus den Nebeln sammeln und die Temperatur dieser Anziehungszentren erhöhen. Durch dieses Fortdestillieren der schneller bewegten, wärmeren Moleküle aus den Nebeln auf die festen Himmelskörper würden so also neue Temperaturdifferenzen geschaffen und die Entropie würde abnehmen. Durch solche Prozesse soll also nach Arrhenius das Uhrwerk des Weltensystems fortwährend in Gang erhalten werden, ohne daß es abläuft. Dieser Betrachtung aber stehen doch schwere Bedenken entgegen: Die aus den Nebeln unter Über-

windung von deren Gravitation entweichenden Moleküle verlieren ja durch eben diese Arbeitsleistung an kinetischer Energie, besitzen also nach dem Entweichen nicht mehr denselben Energiewert, dieselbe Wärme, die sie in den Nebeln hatten. Wird aber andererseits die Anziehungskraft der Nebel als so gering angenommen, daß dieser Verlust wenig ausmacht, so folgt daraus, daß nicht nur die schneller bewegten, sondern ebensogut auch die langsamer bewegten Moleküle aus den Nebeln entweichen können; dann ist damit ebenfalls keine Ursache zur Entstehung von Temperaturdifferenzen gegeben. Ferner wird man kaum annehmen dürfen, daß wirklich alle von den heißen Himmelskörpern ausgesandte Strahlung von den Nebeln absorbiert wird. Ein überwiegend großer Teil wird unabsorbiert im Weltall sich zerstreuen und so unwiederbringlich verloren gehen.

Dieser letzte Umstand erscheint für die Lösung des gestellten Problems als der verhängnisvollste. Wie die in das Universum hinein zerstreute Strahlung wieder in arbeitsfähige Energie umgewandelt werden soll, ist nicht recht einzusehen, wenigstens solange wir an der Auffassung festhalten, daß die Reiche der Energie und der Materie nebeneinander getrennt existieren und für jedes von beiden das Gesetz ihrer ewigen Konstanz besteht. Nur von einer neuen vertieften Auffassung des Verhältnisses von Energie und Masse zueinander ist vielleicht eine Antwort für diese sonst unlösbar scheinende Frage nach der Möglichkeit eines ewigen Weltgeschehens zu erhoffen. Daß dies in der Tat möglich erscheint, hat zuerst Nernst gezeigt.

Um dies zu verstehen, ist es nötig, die neuen Beziehungen zwischen Energie und Masse, welche uns die Physik der letzten Jahrzehnte gelehrt hat, kennen zu lernen.

Die Strahlung, welche die heißen Sterne aussenden, besteht aus elektromagnetischen Wellen, die bei ihrem Auftreffen, wenn sie reflektiert oder absorbiert werden, einen Druck ausüben; seine Größe wurde von Maxwell berechnet und in

Übereinstimmung damit von Lebedew zuerst gemessen. Ebenso übt die von einem Körper ausgesandte Strahlung auf diesen einen Rückstoß aus, ähnlich wie ein fortgeschleuderter materieller Körper. Man muß daher der Strahlung auch eine Bewegungsgröße, einen Impuls zuschreiben, ja sie repräsentiert sogar eine gewisse Masse. Wie zuerst der im Kriege gefallene, österreichische Physiker Hasenöhlrl gezeigt hat, besitzt eine in einem Hohlraum mit absolut spiegelnden Wänden eingeschlossene Strahlung träge Masse, deren Größe der Energie der Strahlung proportional ist. Einstein leitete dann in ganz allgemeiner Weise aus seiner Relativitätstheorie den Satz ab, daß überhaupt jede Energie Masse besitzt und fand dafür die überaus einfache Beziehung, daß diese Masse gleich der Energie dividiert durch das Quadrat der Lichtgeschwindigkeit ist; da dieser Nenner wegen des großen Wertes der Lichtgeschwindigkeit ungeheuer groß ist, entspricht einem großen Quantum von Energie nur eine sehr geringe Masse, aber zufolge der allgemeinen Relativitätstheorie Einsteins, nach der die Gravitationsfelder in der Umgebung einer Masse auch nur Beschleunigungsfelder in einem nichteuklidischen Raum sind, nicht nur träge, sondern auch schwere Masse. Jede Energie hat also auch Gewicht oder Schwere.

Aus der Relativitätstheorie folgt nun mit Notwendigkeit nur, daß jede Energie eine gewisse Masse repräsentiert, aber sehr nahe liegt dann auch der umgekehrte Schluß, daß überhaupt alle Masse letzten Endes mit Energie identisch ist.

Das, was wir für gewöhnlich Materie nennen, wäre dann nur dadurch ausgezeichnet, daß in ihr die Energie durch irgendwelche Kräfte im kleinsten Raume fest zusammengehalten ist, während die Strahlung und ihre Energiemasse sich spontan über den ganzen Raum verbreitet. Die Bausteine aller Materie, aller Atome, sind, wie wir wissen, einerseits das positiv geladene Wasserstoffion als Einheit der positiven Elektrizität, auch als Proton bezeichnet, und

andererseits das negativ geladene Elektron, dessen Masse rund 2000 mal kleiner ist als die der Wasserstoffionen. Diese letzten Grundsteine aller Atome wären also im Sinne der energetischen Deutung der Masse höchstwahrscheinlich als Stellen ausgezeichneter Beschaffenheit des Äthers aufzufassen, in denen Energie in hoher Dichte lokalisiert ist. Da das „Energieäquivalent“ der Masse das Quadrat der Lichtgeschwindigkeit ist, so entspricht einem kleinen Quantum Masse, wenn sie in Energie übergeführt wird, eine außerordentlich große Energiemenge.

Der Betrag, den hochtemperierte Gestirne an Masse in Form von Strahlungsenergie besitzen, kann sehr beträchtlich sein, und ebenso der Verlust der Masse, den sie durch Ausstrahlung verlieren. So läßt sich leicht berechnen, daß unsere Sonne jährlich durch Ausstrahlen das Gewicht von 100 Billionen Tonnen verliert. Das ist ein Betrag, der absolut genommen, zwar groß erscheint, im Vergleich der gesamten Masse der Sonne jedoch immer noch so gering ist, daß er auch für sehr lange Zeiträume keine prozentisch irgendwie erhebliche Abnahme der Sonnenmasse bedeutet.

Durch diesen Verlust an Masse durch Strahlung, die sich über das ganze Weltall verbreitet, erscheint nun freilich die Aussicht auf ein Ende der Welt zunächst nur erhöht. Denn jetzt kommt zu der Aussicht auf das Eintreten des Wärmetodes noch die Aussicht auf das Eintreten des Todes der Masse, der Materie. Freilich bewirkt die Ausstrahlung zunächst nur eine Verteilung der Masse des an die Materie lose gebundenen Strahlungsinhaltes auf das Universum; denn die Masse der Strahlung wird ja durch ihre Ausbreitung nicht geändert. Wenn aber im Sinne der obigen Betrachtungen auch die Atome der positiven und negativen Elektrizität, die die Atome aller Materie zusammensetzen, selbst auch nur gewissermaßen Knoten, vielleicht dürfen wir sagen, Wirbel der Energie des Äthers sind, so erscheint doch letzten Endes auch der Übergang dieser lokalisierten Atomenergie

in Energie von Ätherstrahlung nicht nur als möglich, sondern sogar als wahrscheinlich, wenn er auch unter den uns zugänglichen Bedingungen nur ganz außerordentlich selten auftritt. Geschieht es hier aber, so bedeutet das den Tod der eigentlichen Materie, d. h. der Atome selbst, und durch ihn erscheint das Ende der Welt noch sicherer in Aussicht.

Das Schicksal der Welt ist so offensichtlich gebunden an das der Strahlung, die in den Weltenraum ausströmt. Die Strahlung aber besteht nach der Maxwell'schen Theorie in elektromagnetischen Schwingungen, in Zustandsänderungen des Weltenäthers. Freilich leugnet die Relativitätstheorie die Existenz eines solchen Äthers, sofern er ein stoffliches Substrat vorstellen soll, und erklärt sich befriedigt durch die Auffassung, daß die Strahlung in physikalischen Zustandsänderungen des leeren Raumes selbst bestehe. Viele ausgezeichnete Physiker aber vertreten den Standpunkt, daß physikalische Zustandsänderungen ohne ein Substrat nicht vorstellbar seien, und daß der Äther ein überaus wichtiges Agens sei, das keine geringere, sondern eher noch eine größere Bedeutung als die gewöhnliche Materie selbst besitzt. Denn durch den Äther erst werden die verschiedenen Weltenkörper in Verbindung miteinander gebracht. Er ist der Träger der elektrischen und magnetischen Kräfte wie der optischen Wellen, und auch der Vermittler der Wirkungen der Gravitation. Aus ganz verschiedenen Überlegungen heraus haben einerseits Nernst und andererseits Wiechert geschlossen, daß in ihm Energiewerte von ungeheuren Beträgen enthalten sind.

Diesen Energieinhalt des Weltenäthers, in den auch die Strahlung übergeht, bezeichnet Nernst als die Nullpunktsenergie des Äthers, da sie im Gleichgewicht steht mit der Energie, die nach der modernen Atomtheorie auch beim absoluten Nullpunkte der Temperatur noch im Innern der Atome vorhanden ist. Wiechert hat nun in einer Arbeit vom Jahre 1921 einfach angenommen, daß eine direkte Über-

führung dieser Ätherenergie auf die Materie möglich sei. Diese Annahme von dem dem Zufall unterworfenen Austausch der Energie des Äthers mit der der Atome würde nämlich eine plausible Erklärung für den radioaktiven Zerfall der Atome liefern. Ein weiteres Anzeichen für seine Ansicht findet Wiechert in der inneren Wärme der Himmelskörper; er erblickt die Kompensation für den Energieverlust der Himmelskörper durch Strahlung in der direkten Überführung von Ätherenergie auf die Materie. Dazu muß er freilich annehmen, daß dieser Energieübergang nicht einfach der Masse proportional sei, sondern mit der Temperatur wachse. Wiechert zieht aus seiner Annahme weiter den Schluß auf einen allgemeinen Kreislauf der Materie und findet so die Überwindung der Schwierigkeit, welche der zweite Hauptsatz der Thermodynamik mit der Folgerung des Wärmetodes der Annahme des ewigen Bestehens der Welt bereitet. Dazu nimmt er an, daß die Reste früherer Weltenkörper, die den Weltenraum in Form von kleineren oder größeren Meteoriten erfüllen, sich allmählich zu neuen Gestirnen zusammenlagern. Die Temperatur der Masse dieser zusammengeballten Körper soll dann durch die Überführung der Energie aus dem Äther wachsen. So werden schließlich unstabile Zustände eintreten, bis eine Katastrophe den Weltenkörper zerstört und seine Materie zerstreut. Dann kann das Spiel von neuem beginnen. Während der Perioden der hohen Temperatur und des hohen Druckes im Innern der großen Anhäufungen der Materie sollen ferner Umwandlungen der Atome vor sich gehen und höchstwahrscheinlich die radioaktiven Atome gebildet werden, die dann in den Perioden tiefer Temperatur allmählich wieder zerfallen.

Gegen diese Auffassung ist jedoch vor allem einzuwenden, daß nach thermodynamischen Berechnungen von Nernst die Temperatur im Innern auch der heißesten Sterne nicht entfernt für die Bildung radioaktiver Stoffe aus einfacheren Atomen ausreicht. Eine Bildung der schweren,

radioaktiven Atome muß also unter wesentlich anderen Bedingungen erfolgen. Eintreten aber muß sie in der Tat irgendwie und zwar beständig, wenn der Bestand der Materie für alle Zeiten konstant bleiben soll.

Eine mit der Thermodynamik vereinbare Erklärung gibt hierfür die neun Jahre vor der Wiechert'schen Hypothese von N e r n s t gegebene Deutung, die in radikalerer Weise auch den bereits als möglich hingestellten Zerfall der Atome selbst in Strahlungsenergie mit in Betracht zieht.

Wenn überhaupt ein solcher Übergang der lokalisierten Energie der Atome in die gleichmäßig verbreitete Energie des Weltäthers möglich ist, so muß prinzipiell, wie Nernst zuerst betont hat, auch der umgekehrte Vorgang möglich sein, es müssen sich unter geeigneten Bedingungen auch Atome aus der Nullpunktsenergie des Äthers zurückbilden können. Dies soll immer dann geschehen, wenn durch spontane Schwankungen der Energiedichte im Äther an einer Stelle die Konzentration der Energie ungewöhnlich groß wird. Ein solcher Vorgang würde also die Kompensation für den Zerfall der Materie in Strahlung vorstellen.

Nernst hat berechnet, daß ein solches Ereignis der Atom- bildung nur ungeheuer selten auftreten müsse, um die Masse der Welt im Mittel konstant zu halten; dazu braucht sich nur in 100 Litern viel seltener als einmal in 1000 Jahr-Millionen ein Uranatom zu bilden.

Bezüglich der Art der Atome, die aus der Nullpunktsenergie des Äthers entspringen, macht Nernst noch die spezielle Annahme, daß fast oder ganz ausschließlich sich Elemente von hoher Ordnungszahl, also Elemente mit höherem Atomgewicht als das des Urans, zugleich also sehr stark radioaktive Elemente bilden, die dann weiter unter viel größerer Wärmeentwicklung, als der beim Zerfall des Urans gemessenen, zerfallen.

Geben wir diesen Vorgang der Rückbildung von Atomen,

also von Materie aus dem Energieinhalt des Äthers, wenn wir ihn auch im Laboratorium nicht realisieren können, als wirklich möglich und im Weltall tatsächlich eintretend zu, so ergibt sich damit aber auch der gesuchte Ausweg, um nicht nur dem Tode der Materie, sondern auch dem Wärmetode der Welt zu entgehen. Denn die neu-gebildeten Atome würden sich zu Weltennebeln zusammenballen, aus denen unter Wirkung der Gravitation neue Planetensysteme sich bilden. Das Ende der Welt durch den Wärmetod, das unvermeidlich bleibt, solange wir Materie und Energie als voneinander unabhängige und verschiedene Dinge betrachten, erscheint nunmehr überwunden. Wir sehen jetzt vielmehr die Möglichkeit eines ewigen Geschehens in der unbelebten Welt, wobei sie in einem ewigen Zyklus von Materie, d. h. lokalisierter Ätherenergie, und zerstreuter Ätherenergie hin und her pendelt.

Hierbei ist freilich noch zu bedenken, daß auch ein Zustand der Welt vorstellbar ist, bei dem ein Gleichgewicht zwischen Materie und Strahlung mit völlig gleichmäßiger Verteilung im Raume vorhanden wäre, das dann auch dem Wärmetode gleichkäme. In Wirklichkeit aber ist es so, daß die einmal in der Welt vorhandene ungleichmäßige Verteilung der Materie im Raume bei der Neuentstehung von Materie aus der Nullpunktsenergie aufrecht erhalten bleibt. Ob dies so geschieht, daß vorhandene Weltenkörper oder Bruchstücke davon, die in einen neuentstandenen Nebel geraten, dort zu Attraktionszentren für den neu sich bildenden Himmelskörper werden, oder ob etwa die Neuentstehung von Materie in bestimmten Räumen durch die Strahlung vorhandener Sterne ausgelöst wird, mag dahingestellt bleiben. Jedenfalls ist zu erwarten, daß bei einem solchen oder ähnlichen Zusammenhange zwischen den vergehenden und den entstehenden Himmelskörpern auch ihre Zahl im Mittel konstant bleibt: Vor allem aber muß bei jenem Vorgange die arbeitsfähige Energie im Weltall erhalten bleiben.

Der Weltäther, den die Relativitätstheorie gänzlich aus der Physik verbannen wollte, erscheint hiernach als der Weltenuntergrund, als die eigentliche Weltsubstanz, aus der alles entsteht, und zu der alles zurückkehrt. Er ist der Träger aller Kräfte in der Welt und er gibt ihr die Körperlichkeit. Wenn unsere Sinnesorgane uns trotzdem nur die molekulare Materie und nicht den Äther direkt zeigen, so liegt das, wie Wiechert betont hat, doch wohl nur daran, daß wir selbst aus molekularer Materie bestehen und die Sinnesorgane daher für die Beobachtung dieser Materie gebaut sind. „Wir müssen uns aber freimachen von jenem Materialismus, welcher in der Welt nur anerkennen will, was die Sinne uns zeigen. Hinter der Welt, die wir schauen, liegt eine andere Welt, deren Wirkung wir wohl empfinden, für deren Erkenntnis wir aber nur sehr unvollkommen ausgerüstet sind.“

Ob dieses ewige Bestehen rein physikalischen Geschehens, das so gesichert erscheint, an sich schon einen Sinn hat, oder ob es nur die Möglichkeit der Existenz belebten und bewußten Geschehens bilden soll, liegt außerhalb des Rahmens rein physikalischer Betrachtung.

Ziehen wir die Nutzenanwendung dieser Betrachtungen für die Aussicht auf die Aufrechterhaltung der Energiequellen und damit des Geschehens auf unserer Erde, so erscheint es gesichert, solange uns die Sonne noch Energie in reichem Maße zustrahlt. Aber darüber hinaus besitzen wir auf der Erde noch die Energie-Vorräte, die in dem radioaktiven Zerfall der Elemente allmählich frei werden. Wenn diese Energiemengen bisher keine praktische Bedeutung gewonnen haben, so liegt das daran, daß der radioaktive Zerfall der Materie im allgemeinen so ungeheuer langsam sich vollzieht, daß der absolute Betrag an Energie, den wir selbst aus den stark radioaktiven Stoffen gewinnen können, bei den geringen Mengen, die wir von ihnen aus der Erdkruste gewinnen können, überaus gering ist. Äußere Umstände,

wie die Temperatur innerhalb der uns zugänglichen Grenzen, haben aber auf die Geschwindigkeit des radioaktiven Zerfalls keinerlei Einfluß. Nun ist es allerdings in den letzten Jahren Rutherford in England und nach ihm auch anderen Physikern im Wiener Radiuminstitut gelungen, die Atome einer Reihe von Elementen, wie Stickstoff, Bor, Fluor, Natrium, Aluminium, Silizium, Phosphor usw. künstlich zu zertrümmern und den Urstoff aller Elemente, den Wasserstoff, aus ihnen in Freiheit zu setzen, indem sie jene Elemente dem Bombardement der α -Strahlen von radioaktiven Substanzen aussetzten. Dabei wurden durch diesen Zerfall größere Energiemengen gewonnen, als für die Zertrümmerung aufgewandt waren, Energiemengen also, die aus den Energievorräten im Atom selbst stammen. Die Mengen der Elemente, die so zersetzt wurden, sind freilich so gering, daß sie nicht auf chemischem Wege, sondern nur mit höchstempfindlichen physikalischen Methoden nachgewiesen werden konnten. Irgendwelche praktische Bedeutung kommt daher dieser Methode, die Atomenergie zu gewinnen, noch in keiner Weise zu. Es wäre jedoch unvorsichtig zu behaupten, daß diese Versuche nicht doch einmal technisch wichtig werden könnten. Erinnern wir uns daran, daß die Wissenschaft von der Elektrizität, die uns jetzt Energiemengen in größtem Maße liefert, hervorgegangen ist aus der unscheinbaren Beobachtung der Anziehung leichter Körperchen durch den durch Reibung elektrisierten Bernstein. Diese Entwicklung der elektrischen Technik hat etwa 2000 Jahre gedauert. Aber inzwischen ist ja der Pulsschlag der Physik ein schnellerer geworden. Was damals 2000 Jahre gedauert hat, dauert bei dem jetzigen beschleunigten Fortschritt von Wissenschaft und Technik vielleicht nur 200, vielleicht auch nur 20 Jahre. Freilich bleibt die eventuelle technische Gewinnung der Energie des Atomzerfalls immer noch sehr unsicher, und man darf sich da keinen vorzeitigen Illusionen hingeben. Ungeheuer viel größer wären natürlich noch die Energiemengen, die gewinn-

bar wären, wenn es gelänge, die Masse der Grundbausteine aller Elemente, des Wasserstoffatoms und des Elektrons, in nutzbare Energie umzusetzen, denn diese Menge ergibt sich ja durch Multiplikation der Masse mit dem ungeheuer großen Wert des Quadrats der Lichtgeschwindigkeit.

Eins aber steht fest, wie fern die Verwirklichung dieses Traumes auch noch sein mag, sie würde von ganz ungeheurer Bedeutung für unser Leben, ja vielleicht für das geschichtliche Geschehen werden. Denn es wäre ja dann Energie in jeder Materie überall in Hülle und Fülle vorhanden; die jetzt allein nutzbaren hochwertigen Energiequellen eines Landes würden dann als gänzlich nebensächlich nicht mehr die Begehrlichkeit neidischer Nachbarvölker erregen und zu Kriegen Veranlassung geben.

So erscheint die Gewinnung der Atomenergie als eines der größten technischen Probleme, das der höchsten Anstrengung wert ist. Dabei droht allerdings eine Gefahr, ähnlich der, die den Zauberlehrling betraf, als er die Geister rief und sie nicht wieder bannen konnte. Gelänge es, an einer Stelle in der Materie eine so hohe, nach Zehntausenden von Millionen Grad zählende Temperatur herzustellen, daß bei ihr, wie theoretisch vorauszusehen, ein beschleunigter rapider radioaktiver Zerfall der Materie einträte, so könnten die ungeheuren Energiemengen, die dabei in kürzester Zeit entwickelt werden müßten, zu einem explosivartigen Zerfall der Materie führen, der ganze Himmelskörper zerstören müßte. Es spricht manches dafür, daß wir solche Weltenexplosionen tatsächlich beobachten bei dem Aufblitzen der neuen Sterne, bei denen in kürzester Zeit eine ungeheure Temperatursteigerung eines vorher kaum sichtbaren Sternes auftritt und ungeheure Kräfte den Stern explosionsartig zu gasförmigen Nebeln auseinanderreiben.

Von diesen Energien gelten aber mehr noch als von der des Feuers die Worte Schillers „Wohltätig ist des Feuers Macht, wenn sie der Mensch bezähmt, bewacht“. Gelänge

es, die Energiemengen des Atomzerfalls in mäßigen, stets beherrschten Strömen fließen zu lassen, so würde das Bedürfnis der Menschheit an Energie für alle Zeiten vollauf befriedigt werden können. Noch sind wir von diesem Ziele sehr weit entfernt. Dasjenige aber unter den Völkern wird einen gewaltigen Vorsprung haben, das dieses Ziel zuerst erreicht. So sehen wir daher zur Zeit ein gewaltiges Ringen der Kulturvölker nicht um die Quellen der Energie auf dem Schlachtfelde, sondern um die Methoden zur Gewinnung der Energie in den Laboratorien.

Welchem Volk auch immer die Lösung des großen Problems zuerst gelingen mag, letzten Endes wird sie der ganzen Menschheit zugute kommen. So sehen wir hier als Triebfeder der Forschung neben die beglückende Freude an der Erkenntnis selbst ein hohes ethisches Motiv treten.

Der Staat hat allen Anlaß, der wissenschaftlichen Forschung an seinen Hochschulen jede Förderung angedeihen zu lassen, zumal auch die Anleitung zur Erforschung der Wahrheit das beste Erziehungsmittel ist zu absoluter Sachlichkeit und Unvoreingenommenheit. Die aber, denen diese hohe Aufgabe anvertraut ist, Lehrer wie Schüler, sollen ihr alle, auch die letzten Kräfte widmen zum Wohl unseres Volkes und der ganzen Menschheit.

So lassen Sie uns an die Arbeit des Semesters herantreten mit dem Blicke auf jene fernen Ziele, aber mit entschlossener Kraft die Aufgabe jeden Tages angreifend in begeisterter, selbstvergessener

„Beschäftigung, die nie ermattet,
Die langsam schafft, doch nie zerstört,
Die zu dem Bau der Ewigkeiten
Zwar Sandkorn nur für Sandkorn reicht,
Doch von der großen Schuld der Zeiten
Minuten, Tage, Jahre streicht.“
