

VOM ATOM ZUM WELTSYSTEM

Arendt

QC
71
• H34

VOM ATOM ZUM WELTSYSTEM

EINE VORTRAGSREIHE ÜBER DIE
ERGEBNISSE DER ATOMKERNFORSCHUNG

mit Beiträgen von

Professor Dr. K. H. BAUER, Heidelberg

Professor Dr. WALTHER BOTHE, Heidelberg

Professor Dr. KLAUS CLUSIUS, Zürich

Professor DDDr. FRIEDRICH DESSAUER, Frankfurt

Professor Dr. WALTHER GERLACH, München

Professor Dr. OTTO HAHN, Göttingen

Professor Dr. WERNER HEISENBERG, Göttingen

Professor Dr. PASCUAL JORDAN, Hamburg

Professor Dr. HANS KIENLE, Heidelberg

Professor Dr. BORIS RAJEWSKY, Frankfurt

Professor D. Dr. HELMUT THIELECKE, Tübingen

Professor Dr. KARL WIRTZ, Göttingen

ALFRED KRÖNER VERLAG STUTTGART

INHALT

W. GERLACH: Einleitung	1
OTTO HAHN: Natürliche und künstliche Umwandlungen der Atome	17
W. BOTHE: Strahlen der natürlichen und künstlichen Atomumwandlung	31
W. HEISENBERG: Elementarteile der Materie	45
B. RAJEWSKY: Atomphysik und Biologie	59
K. H. BAUER: Atom und Medizin	73
K. CLUSIUS: Atom und Chemie	91
K. WIRTZ: Atom und Technik	105
H. KIENLE: Atom und Kosmos	119
F. DESSAUER: Atom und Leben	135
P. JORDAN: Atom und Mensch	149
F. DESSAUER, H. KIENLE, H. THIELICKE: Schlußgespräch über die Konsequenzen .	165

das Gesetz der Gravitation oder der allgemeinen Massenanziehung, welches ebenso das Fallen des Steines wie die Planetenbahnen, die Bewegung der Doppelsterne wie die Zusammenziehung fernster Nebel zu Weltkörpern regelt. Aus der Untersuchung des fallenden Steins wurde die Erkenntnis eines Weltgesetzes. Warum besteht diese Gravitation? Sie ist eine Eigenschaft der Materie und des sie umgebenden Raums — eine nähere Kenntnis ist uns bis heute versagt.

Zu der neuen naturwissenschaftlichen Denkweise gehört auch die Frage an die Natur, das Forschungsexperiment. Glaubt man bei der Untersuchung eines Vorganges die Bedingungen gefunden zu haben, welche für seinen Ablauf wesentlich sind, so ändert man diese künstlich ab oder fügt neue Bedingungen künstlich hinzu. Man beobachtet dann, ob und wie der Vorgang sich ändert und schließt hierauf auf das Wesentliche oder erkennt neue Beziehungen. Ein Beispiel: Die Bewegungsvorgänge vollziehen sich in Wirklichkeit nicht immer so, wie aus den einfachen Fallgesetzen zu folgern ist. Als Grund für die Abweichungen erkannte man die Reibung der festen Körper aneinander, auch die Reibung in der Luft, welche aus der beschleunigten, immer größer werdenden Geschwindigkeit des fallenden Steines die gleichmäßige Fallgeschwindigkeit des Regentropfens oder des Hagelkorns macht. — In dieser Methode der exakten Naturforschung, die von der Kenntnis einer Erscheinung zum Grund der Erscheinung, vom Schein zum Wesen vordringt, liegt das humanistische Element der Naturwissenschaft.

Die breite und schnelle Entwicklung der exakten Naturwissenschaft, die das Staunen des einen, das Unbehagen des anderen erregt, beruht auf dem Festhalten an dem Prinzip der Forschung, das man als erfolgreich erkannt hatte: die in anderen Bereichen der menschlichen Geistesarbeit oft fehlende Kontinuität der Methode und des Ziels. Sie zwingt, das Neue auf dem Alten aufzubauen und kommt in der Zwangsläufigkeit und in der Geschlossenheit der physikalischen Forschung zum Ausdruck.

stems der Elemente, sind also die mit dem kompliziertesten Kern; aber auch niedrigere Atomsorten — wie Samarium und Kalium — erwiesen sich als radioaktiv. Der radioaktive Zerfallsvorgang läuft zeitlich nach ganz genau festgelegten Gesetzen ab. Er läßt sich bisher durch keinerlei menschliche Eingriffe beeinflussen.

So lag die Frage nahe, ob es möglich ist, einen Atomkern künstlich zu verändern, wenn man gewissermaßen den natürlichen radioaktiven Zerfall künstlich umkehrt, indem man versucht, ob die Alpha-Teilchen als Bruchstücke der radioaktiven Kerne sich mit Kernen anderer Atome zu neuen Atomen verbinden. 1919 gelang Rutherford der erste Nachweis einer solchen Kernreaktion: aus Stickstoff und einem Alpha-Teilchen wurde Sauerstoff und Wasserstoff.

Nun gelang es in kurzer Zeit die Elementarbestandteile der Atomkerne zu ermitteln. Es gibt deren zwei: das *Proton*, das ist die positiv geladene Kernmasse des Wasserstoffs, des leichtesten Elementes, und das *Neutron*, eine ungeladene Masse. Alle Atome unterscheiden sich durch die Zahl der Protonen und Neutronen, die ihren Kern bilden. Und heute kann man durch Änderung der Protonen- und Neutronenzahl praktisch jede Atomsorte in eine andere verwandeln. Die Folge der Elemente im periodischen System ist durch die Anzahl der Protonen bestimmt, also durch die positive Ladung des Atomkernes, beginnend mit Wasserstoff = 1 Proton bis zu Uran = 92 Protonen. Die Zahl der Neutronen steht in keinem festen Verhältnis zur Zahl der Protonen. Der Kern des (leichten) Wasserstoffatoms hat nur ein Proton, der des „schweren“ Wasserstoffs (Deuterium) ein Proton und ein Neutron. Deshalb haben beide nur ein Elektron in der äußeren Sphäre und sind chemisch daher gleichartig. Solche Atome, deren Kerne sich durch die Zahl der Neutronen unterscheiden, nennt man *Isotope*. Von manchen Atomarten gibt es zahlreiche Isotope, so sind von Zinn zehn verschiedene Kerne bekannt, die alle 50 Protonen, aber zwischen 62 und 74 Neutronen enthalten.

Damit sind drei Bestandteile der Atome erkannt, welche man heute die Elementarteilchen nennt: Elektron — negativ geladen —, Proton — positiv geladen —, Neutron — ungeladen.

Das Atom als Ganzes wird durch die elektrischen Kräfte zwischen dem positiven Massenkern und den negativen Elektronen der Sphäre zusammengehalten; welche Kräfte den Kern selbst so stabil machen, wissen wir noch nicht, elektrische Kräfte bekannter Art sind es nicht. Es scheint so, daß es ganz neuartige Kräfte sind, welche mit der Natur der Elementarteilchen zusammenhängen.

Hiermit sind wir von der Betrachtung der großen Entwicklungslinien zu den speziellen Fragen der gegenwärtigen Forschung gelangt, welche in den nächsten Vorträgen der Herren Hahn [S. 19 ff.], Bothe [S. 33 ff.] und Heisenberg [S. 47 ff.] behandelt werden.

Wieder müssen wir sagen: die Physik begnügt sich nicht mit der Feststellung von Tatsachen. So fragte sie, woher die Energie kommt, mit welcher das explosionsartige Herausfliegen des Alpha-Teilchens aus einem Radiumatom erfolgt. Man konnte zahlenmäßig bestimmen, daß ein Teil der Masse sich in Energie umwandelt, zahlenmäßig nach einem schon 1906 von Albert Einstein aufgestellten Prinzip, welches in das Gesetz der Erhaltung der Energie auch die Materie als Energieform einfügte. Bei den Vorträgen über die künstlichen Atomumwandlungen oder wie man heute sagt „Atomkernreaktionen“, ganz besonders in dem Vortrag von Herrn Wirtz [S. 107 ff.] wird Wesen und Bedeutung dieser Atomenergie Ihnen nahegebracht werden, welche zugleich manche Geheimnisse des Kosmos, von denen Herr Kienle [S. 121 ff.] sprechen wird, entschleierte.

Ich sagte einleitend, daß sich in unserer Zeit eine großartige Synthese unseres Wissens vollzieht; das heißt aber, daß sich ein neues Weltbild entwickelt, welches sich von dem des 19. Jahrhunderts vielleicht mehr unterscheidet als das des 19. Jahrhunderts von dem des Aristoteles. Wie das Kopernikanische, das Keplersche, das Atomisti-

Das Studium der in der Natur vorkommenden zahlreichen Radioelemente oder, richtiger ausgedrückt, radioaktiven Atomarten gab trotz anfänglicher großer Bemühungen niemals irgendeinen Hinweis auf eine Beeinflussung der radioaktiven Umwandlungsvorgänge. Sie verlaufen seit Hunderten von Millionen von Jahren genau so wie heute, und aus der Geschwindigkeit, mit der sich aus dem aktiven Uran über das Radium und viele andere Zwischenkörper das Blei bildet, und aus der Menge des in einem Uranmineral enthaltenen Bleis hat man eine Art „geologische Uhr“ entwickelt, die das geologische Alter von Uranmineralien verschiedener Altersschichten der Erde genau zu bestimmen erlaubt.

Aber seit rund 20 Jahren kommen zu den in Uran- und Thoriummineralien enthaltenen natürlichen radioaktiven Atomarten künstliche radioaktive Atomarten hinzu. Beim Bestrahlen gewisser leichter Elemente, wie Bor oder Aluminium, wieder mit den Alpha-Teilchen des Radiums, fand das Ehepaar *Joliot-Curie*, daß noch nach Unterbrechung der Bestrahlung eine nach den Gesetzen des radioaktiven Zerfalls abnehmende Aktivität beobachtbar war.

So entstand aus Bor und Alpha-Teilchen, also aus Bor und Helium, ein radioaktiver Stickstoff und das vor kurzem aufgefondene Neutron. Der aktive Stickstoff wandelte sich dabei um in ein Isotop unseres gewöhnlichen Kohlenstoffs. Ganz analog verlief die Reaktion beim Aluminium. Hier entstand über einen künstlich aktiven Phosphor ein Isotop des Elements Silicium.

Ein neues großes Gebiet weiterer Forschung war erschlossen.

Etwa zur selben Zeit wurden die experimentellen Möglichkeiten für kernphysikalische Versuche dadurch erweitert, daß es gelang, künstliche Strahlenquellen aufzubauen, die sehr viel größere Intensitäten an schnell bewegten Strahlenteilchen lieferten als das Radium mit seinen Alpha-Teilchen.

Bald darauf erkannte man auch die Bedeutung der neu

Er setzte seine Versuche bis zu dem höchsten in der Natur vorkommenden Element, dem Uran, fort. Fermi und seine Mitarbeiter beobachteten bei der Bestrahlung des Urans mit Neutronen Vorgänge, die durchaus den bekannten Umwandlungen radioaktiver Atome zu entsprechen schienen, nämlich der Umwandlung des bestrahlten Elements in das nächst höhere im Periodischen System. Deshalb schloß Fermi bei seinen Versuchen mit dem Uran, daß die von ihm beobachteten Aktivitäten von einem oder gar mehreren Elementen jenseits Uran herrühren müßten. Fermi vermutete also die Bildung sogenannter Trans-Urane, die bisher in der Natur nicht bekannt waren.

Die Ergebnisse wurden zunächst bezweifelt, aber sie regten an vielen Orten zu neuen Versuchen an, unter anderen auch durch Professor *Meitner* und mich am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie in Dahlem.

Wir bestätigten nicht nur die Versuche von Fermi, sondern glaubten in Gemeinschaft mit *Fritz Strassmann*, in mehrjähriger Arbeit eine ganze Reihe neuer transuranischer Elemente nachgewiesen zu haben. Von anderer Seite wurden unsere Ergebnisse auch alle bestätigt. Die Vorgänge wurden aber immer verwickelter, und Ende 1938 fanden Herr Strassmann und ich einen völlig neuartigen Prozeß, den die Physiker vorher für unmöglich gehalten hatten, nämlich die Tatsache, daß das schwere Element Uran unter der Bestrahlung mit Neutronen in zwei Teile auseinanderfliegt, also gespalten wird in mittelschwere Elemente, deren Kernladungen zusammen die Kernladung des Urans ergeben. Dieser Prozeß des Zerspalterns verläuft unter sehr großer Energieabgabe, wie Professor *Meitner*, die Deutschland ein halbes Jahr früher hatte verlassen müssen, mit *O. R. Frisch* als Erste nachwies. Auch bei dieser Reaktion handelte es sich zunächst um absolut gewichtslose Mengen, die Vorgänge waren nur mit den empfindlichen physikalischen Meßanordnungen nachweisbar.

Bald wurde erkannt, daß die Spaltprozesse sehr zahl-

reich sind. Immer addierten sich die Kernladungen der Bruchstücke zu 92, der Kernladung des Urans. Die von Fermi und vor allem von uns vor der Entdeckung der Kernspaltung für Trans-Urane gehaltenen Substanzen stellten sich in Wirklichkeit alle als Spaltprodukte des Urans, also künstlich radioaktive Atomarten unserer gewöhnlichen chemischen Elemente, heraus.

Nun ist aber das Uran selbst keine einheitliche Substanz, sondern eine Mischung zweier Uranarten, sog. Uranisotope, von denen das eine mit dem Atomgewicht 238 sehr viel häufiger ist als das andere mit dem Atomgewicht 235. Für die Zerspaltung verantwortlich ist das seltene Isotop, während das häufigere Isotop 238 sich so verhält, wie die meisten gewöhnlichen chemischen Elemente. Es lagert das Neutron an, und das entstehende Isotop zerfällt unter Beta-Strahlen tatsächlich in das nächst höhere Element 93.

Die weitaus wichtigste Entdeckung war aber die Erkenntnis, daß bei der Zerspaltung des Urans nicht nur die einzelnen mittelschweren Atombruchstücke entstehen, sondern daß dabei zusätzlich Neutronen sozusagen als Begleitreaktion abgedampft werden. Von dieser Erkenntnis ab datiert die Möglichkeit des Übergangs der neueren Alchemie mit unwägbaren Mengen in die Kernchemie mit wägbaren, auch dem Chemiker zugänglichen Mengen. Diese Möglichkeit kommt von den zusätzlichen Neutronen.

Welche Bedeutung haben nun diese zusätzlichen Neutronen? Ein Neutron, das auf einen Uran-235-Kern trifft, bewirkt dessen Spaltung. Dabei werden zweieinhalb bis drei neue Neutronen „abgedampft“. Die Spaltung hat uns also nicht nur das anfängliche Neutron sozusagen zurückgeliefert, sondern auch noch zusätzlich neue geschaffen; alle diese Neutronen können ihrerseits neue Spaltungen hervorrufen, wenn es gelingt, daß die Neutronen wirklich wieder das Uran treffen und nicht durch Fremdkörper absorbiert werden oder nach außen entweichen. Aus der ursprünglichen Spaltung eines einzigen Atoms kann also in kürzester Zeit lawinenartig eine Vermehrung der

in den großen amerikanischen Anlagen entsprechen der Strahlung von Tonnen reinen Radiums.

Der jahrhundertlange Traum der Alchemisten, die künstliche Umwandlung chemischer Elemente, ist also heute Wirklichkeit geworden, wenn es sich dabei auch nicht gerade um eine lukrative Goldgewinnung handelt, sondern um die wissenschaftlich viel wichtigere der Herstellung fast aller unserer gewöhnlichen Elemente in aktiven Vertretern, deren Aktivität ihr Studium und ihr Verhalten bis zu den kleinsten Mengen erlaubt.

Es ist interessant, daß wir jetzt auch die Möglichkeit haben, Elemente künstlich herzustellen, die es in der Natur gar nicht gibt. So sind die beiden Elemente, die an der 43. und 61. Stelle des Periodischen Systems unserer Elemente stehen, als stabile Elemente nicht existenzfähig, wie Prof. Mattauch im Max-Planck-Institut für Chemie aus Betrachtungen über ihren Atombau schließen konnte. Sie entstehen aber bei der Zerspaltung des Urans und lassen sich auch aus ihren Nachbarelementen durch Neutronenbeschuß gewinnen.

Das Element 43 hat von seinen amerikanischen Entdeckern den Namen Technetium erhalten; es kann praktisch als stabil angesehen werden, denn es dauert viele tausend Jahre, bis es ganz in sein Umwandlungsprodukt, das Ruthenium, zerfallen ist. Sicher ist dieses neue, künstliche Element in den großen der Plutoniumgewinnung dienenden amerikanischen Atomreaktoren schon kilogrammweise gewonnen worden, und seine chemischen Eigenschaften sind heute genauer bekannt als die mancher anderer in der Natur vorkommender Elemente.

Etwas weniger weiß man über das andere im Periodischen System fehlende Element, das die Stellenzahl 61 hat. Es gehört zur Gruppe der ‚Seltenen Erden‘ und wurde von seinen Entdeckern Promethium genannt.

Mit den Elementen 43 und 61 weist das Periodische System der Elemente keinerlei Lücke mehr auf. Vom Element 1, dem Wasserstoff, bis zum Element 92, dem Uran, sind sie alle bekannt.

Aber darüber hinaus wurde, wie wir bei der Nennung des neuen Elements Plutonium, dem Material der Atombombe, schon gehört haben, die Liste unserer Elemente noch zu den Elementen jenseits Uran, also den transuranischen Elementen, erweitert. Das aus dem Uran 238 entstehende Element 93 Neptunium und das Element 94, das Plutonium, sind dabei nicht die einzigen. Bei ihnen gelingt die Herstellung recht stabiler Vertreter, die sich praktisch wie gewöhnliche chemische Elemente verhalten. Erst von einer gewissen kritischen Menge an ist nämlich das Element 94, das Plutonium, der gefährliche Sprengstoff, der dann als Atombombe zur Wirkung kommt.

Und aus diesen beiden ersten transuranischen Elementen konnte man in Amerika durch weitere Anlagerungen und Umwandlungsprozesse fünf noch höhere Elemente herstellen, also bis zur Kernladung 99 vordringen, nach neuesten Mitteilungen sogar bis zum Element 100.

Fassen wir unsere Ausführungen über natürliche und künstliche Radioelemente zusammen, dann sehen wir, daß das Studium der in der Natur in den Mineralien des Urans und des Thoriums vorkommenden etwa 40 radioaktiven Atomarten zunächst die Wege bereitet hat zur Gewinnung von Hunderten von künstlichen Atomarten, deren korpuskulare Strahlen uns ein Studium bis zu den einzelnen Atomen erlauben.

Viele von diesen sind sehr unbeständig und zerfallen schnell, aber es gibt noch genügend viele, die sich Wochen, Monate und Jahre halten und von denen man die auswählen kann, die man für bestimmte Arbeiten braucht. Da diese aktiven Atomarten genau die gleichen chemischen Eigenschaften haben wie die ihnen zugehörigen gewöhnlichen Elemente, so erkennen wir diese Elemente auch in kleinsten Konzentrationen an der Strahleneinwirkung ihres aktiven Isotops. Eine fast unübersehbare Fülle von Anwendungen auf den verschiedensten Gebieten liegt hier heute schon vor.

Vor allem die Biologie und die Medizin, die Chemie, aber auch die Landwirtschaft und Technik bedienen sich

dieser radioaktiven Elemente oder Spurensucher, wie man auch sagt, zur Verfolgung von Vorgängen, die mit den üblichen Untersuchungsmethoden nicht durchführbar sind.

In den folgenden Referaten wird noch auf die vielfachen Anwendungen der künstlichen Elemente eingegangen werden.

Wir kommen zum Schluß:

Daß es heute möglich ist, alle diese künstlichen Elemente zu gewinnen, daß man kilogrammweise Elemente herstellen kann, die es in der Natur nicht gibt, verdanken wir der Tatsache, daß bei der Zerspaltung des Urans mittels Neutronen zusätzlich Neutronen als Munition für weitere Spaltungen frei werden, die sich damit ins Ungeheure steigern lassen. In den Uran-Piles, den Kernreaktoren, stehen die dazu nötigen Anlagen zur Verfügung.

Um diese künstlich aktiven Elemente in genügend starker Intensität zu gewinnen, bedarf es nun durchaus nicht der großen amerikanischen Brenner, der Uranium-Piles. Die kleineren Anlagen haben sogar in dieser Beziehung nur Vorteile. Sie liefern die künstlichen Atomarten für alle Anwendungen in durchaus hinreichender Menge, ohne daß dabei das Plutonium in irgendwie Gefahr drohendem Ausmaße entsteht. Ein Ofen, der etwa 1 mg Plutonium pro Tag entstehen läßt, ist für die Gewinnung von Bomben, die viele kg erfordern, ungefährlich. An künstlichen Atomarten liefert er so viel, daß er viele Laboratorien und Kliniken beliefern könnte.

Daß diese Anordnungen bis 1945 zunächst nur für die Gewinnung von Plutonium, dem Material der Atom bombe, Verwendung fanden, soll uns nicht entmutigen. Der Wunsch aller, die mit der modernen Transmutationsforschung zu tun haben, ist die friedliche Anwendung der Ausnützung der Energie der Atomkerne, also ihre Verwendung zum Segen und Fortschritt der Menschheit und nicht zu ihrer Vernichtung.

Atomarten von allen Elementen bis zu den leichtesten herunter erzeugen. Was die Strahlungen dieser künstlich radioaktiven Atomarten betrifft, so kommen, ebenso wie bei den natürlichen, alle schon genannten vor, nämlich Alpha-, Beta-, Gamma-Strahlen und Neutrinos; außerdem tritt aber auch eine neue Art von Strahlenteilchen auf, das von *Anderson* in Amerika entdeckte Positron, das sich von dem altvertrauten Elektron nur dadurch unterscheidet, daß es positive statt negativer Ladung trägt. Es gibt auch künstlich radioaktive Atomarten, die überhaupt kein Kernteilchen aussenden, sondern umgekehrt ein Elektron aus der äußeren Elektronenhülle einfangen. Bei der Neuordnung der Elektronenhülle entstehen dann leicht nachweisbare Röntgenstrahlen. Schließlich entstehen bei sehr heftigen Eingriffen, wie bei der Uran-spaltung nach *Hahn-Straßmann*, auch noch Kerne, die unter Aussendung eines 'Neutrons' (s. S. 15) zerfallen.

Sie sehen, wir haben allein bei den spontanen Atomumwandlungen schon 7 verschiedene Strahlenarten. Diese Zahl erhöht sich noch beträchtlich, wenn man die induzierten Umwandlungen hinzu nimmt, das heißt diejenigen, bei denen man den natürlich vorkommenden Atomarten Gewalt antut, indem man ihren Kern mit energiereichen Strahlen bombardiert. Wie Sie sich aus dem Bericht von Herrn Prof. *Hahn* erinnern, gelang die erste derartige erzwungene Kernumwandlung *Rutherford* im Jahre 1919. Rutherford beschoß Stickstoff mit Alpha-Strahlen und beobachtete das Entstehen von energiereichen Wasserstoffkernen oder sogenannten Protonen, also Teilchen, wie sie bei spontanen Umwandlungen nie auftreten. Unverständlich blieb nun zunächst, warum diese Art von Umwandlungen, die einen Austausch eines Protons durch ein Alpha-Teilchen im Innern des Kernes und damit die Transmutation von Stickstoff in Sauerstoff darstellen, durchaus nicht bei allen den Elementen auftrat, bei denen man sie aus Analogiegründen erwartet hätte, z. B. nicht bei dem Element Beryllium. Dieses Rätsel fand seine Lösung erst, als die Versuchsmethodik eine wesentliche

sorten kann nicht mehr als eine einfache Erklärung des Verhaltens der Materie gelten.

Man ist daher schon sehr früh auf den Gedanken verfallen, daß diese Atome der Chemie in Wirklichkeit gar keine Atome, das heißt keine unteilbaren Größen seien, und man hat seit dem Beginn des 19. Jahrhunderts immer wieder die Hypothese versucht, daß die chemischen Atome selbst wieder zerlegbar wären in kleinere Grundeinheiten. Und wirklich hat sich im Lauf der letzten 100 bis 150 Jahre herausgestellt, daß die Atome der Chemie keine echten Elementarteilchen sind, daß also ein Eisenatom keineswegs ein einfacher, unteilbarer Körper ist, sondern daß das Eisenatom selbst wieder zusammengesetzt ist aus kleineren Teilchen. Wenn aber die Atome aus kleineren Bausteinen zusammengesetzt sind und wenn man die einzelnen Atome in diese Bausteine zerlegen kann, dann bedeutet das, daß man eine Atomsorte in andere Atomsorten umwandeln kann. Dies ist seit der Entdeckung der Uranspaltung durch Hahn mit der darauffolgenden technischen Entwicklung auch wirklich möglich geworden.

Wir wissen also jetzt, daß die chemischen Atome nicht die eigentlichen Elementarteilchen der Materie sind. Was aber sind diese Elementarteilchen? Durch die Entwicklung der letzten 50 Jahre hat sich herausgestellt, daß es zunächst drei stabile Grundbausteine gibt, aus denen alle Materie zusammengesetzt ist. Diese drei Grundbestandteile nennt der Physiker Proton, Neutron und Elektron. Das Atom der Chemie, also zum Beispiel ein Eisenatom, besteht aus einem sehr kleinen Atomkern (Durchmesser etwa 1/Billionstel cm) und einer etwa hunderttausendmal weiter ausgedehnten Atomhülle. Der Atomkern vereinigt fast die ganze Masse des Atoms in sich und ist außerdem positiv elektrisch geladen. Er ist selbst wieder zusammengesetzt aus zwei Sorten von Grundbausteinen, nämlich aus Protonen und Neutronen. Zu jedem Atom oder zu jedem Atomkern kann man die Anzahl dieser Bausteine genau angeben.

Das einfachste Atom ist das Wasserstoffatom. Sein

Ernstliche Bedenken dagegen, daß diese Definitionen der alten Atomphilosophie zutreffen, kamen dem Physiker vor allem beim Neutron. Zwar hat das Neutron im Atomkern offenbar den Charakter eines stabilen Elementarteilchens, die Atomkerne selbst sind ja im allgemeinen stabil. Wenn man aber ein Neutron vom Atomkern loslässt, also das Neutron etwa als Teilchen von einem Atomkern wegschießt, indem man den Atomkern zertrümmert, dann zeigt sich, daß dieses Neutron nicht lange unverändert bestehen bleibt, sondern radioaktiv zerfällt. Bei einer mittleren Zerfallszeit von etwa einer Viertelstunde verwandelt es sich dabei in ein Proton, ein Elektron und ein neutrales Teilchen, das wahrscheinlich die Ruhmasse 0 hat, das sogenannte Neutrino. Die Beständigkeit, die Demokrit von den Elementarteilchen der Materie gefordert hat, gibt es also beim Neutron nicht. Die alte Vorstellung, daß die Materie aus vielen gleichen kleinsten Einheiten besteht, die für alle Zeiten unveränderlich existieren, kann also offenbar nicht richtig sein.

Die andere Frage, ob alle Elementarteilchen einer Art gleich sind, läßt sich dagegen, so viel wir bisher wissen, absolut mit ja beantworten. Wir können auf Grund der bisherigen experimentellen Erfahrungen nicht daran zweifeln, daß z. B. alle Elektronen identisch sind, d. h. daß ein Elektron sich in nichts unterscheidet von jedem anderen Elektron. Während jedes größere Gebilde unserer Welt, etwa ein Bazillus oder eine Zelle, ein Individuum ist, das etwas anders zu sein scheint, als jedes andere der gleichen Art, können wir bei den Elementarteilchen der Materie im Gegenteil feststellen, daß sie offenbar völlig identisch sind. Es ist vollkommen unmöglich, das eine vom anderen zu unterscheiden. Natürlich gilt das nur für die Elementarteilchen einer Sorte.

Von den beiden Thesen, die schon die Griechen für die kleinsten Bausteine der Materie versucht haben, nämlich erstens: Gleichheit und zweitens: Unwandelbarkeit, müssen wir also für die Elementarteilchen in der modernen Physik die Gleichheit in einem noch strengerem Sinne an-

nehmen, als es die Griechen getan haben. Wir wissen, daß Elementarteilchen einer Sorte exakt gleich sein müssen, sonst könnten wir die Experimente nicht verstehen. Dagegen besteht die Unwandelbarkeit sicher nicht; denn schon beim Neutron sehen wir, daß es sich verwandeln kann in Proton, Elektron und Neutrino.

Diese Zweifel an der Unwandelbarkeit der Elementarteilchen haben eine neue Stütze dadurch erhalten, daß gerade im letzten Jahrzehnt weitere Elementarteilchen entdeckt worden sind. Elementarteilchen, die zwar gar nicht als Bausteine in der stabilen Materie vorkommen, die aber doch erzeugt werden können, wenn solche Bausteine mit hohen Energien aufeinanderprallen, und die offenbar ganz eng verwandt sind mit den stabileren Elementarteilchen, den Protonen, Neutronen und Elektronen. Das erste Glied dieser Reihe, das schon vor etwa 20 Jahren entdeckt wurde, ist das positive Elektron. Der amerikanische Physiker Anderson fand, daß es zu dem negativen Elektron noch einen positiven Bruder gibt, der sich physikalisch von ihm eben nur durch das Vorzeichen der Ladung unterscheidet. Die interessanteste Eigenschaft dieses positiven Elektrons aber ist, daß es sich mit dem negativen Elektron vereinigen kann und daß bei dieser Vereinigung die Gesamtmasse der beiden Teilchen sich in Energie verwandelt und als Strahlung in den Raum ausgesandt wird. Schon durch die Relativitätstheorie Einstiens aus dem Jahre 1905 weiß man, daß Energie und Masse im Grunde äquivalent sind, daß es also wenigstens im Prinzip möglich sein müßte, Energie in Masse zu verwandeln oder Masse in Energie. Am positiven Elektron konnte man zum ersten Mal eine Verwandlung von Masse in Energie oder von Energie in Masse experimentell direkt beobachten. Wenn nämlich Strahlung durch ein starkes elektrisches Feld — etwa in der Nähe eines Atomkerns — geschickt wird, so kann sich diese Strahlung in Materie verwandeln, indem ein Lichtquant der Strahlung sich in ein positives und ein negatives Elektron teilt. Umgekehrt kann sich ein positives Elektron mit einem negativen vereinigen und dabei ver-

schwindet die Masse dieser Teilchen und verwandelt sich in Strahlung. Im positiven Elektron hatte man also ein neues atomares Teildchen gefunden, das in der stabilen Materie gar keine Rolle spielt, das aber doch offenbar seinen Eigenschaften nach auch zur Gruppe der Elementarteilchen gezählt werden muß. Freilich gilt dies wieder nur dann, wenn man voraussetzt, daß die Unwandelbarkeit keineswegs zu den entscheidenden Merkmalen der Elementarteilchen gehört.

Kurze Zeit darauf hat dann Anderson ein weiteres Teildchen entdeckt, das sogenannte Meson, das in der kosmischen Strahlung, die vom Weltraum auf die Erde kommt, eine große Rolle spielt, und das radioaktiv zerfällt in ein Elektron und zwei Neutrinos. Obwohl dieses Teildchen nur die außerordentlich kurze Zeit von 2 Millionstel Sekunden existiert, ist es doch den Physikern möglich gewesen, seine Eigenschaften sehr genau zu ermitteln. Wir kennen seine Masse, die etwa 210mal so groß wie die des Elektrons ist; seine Ladung ist genau gleich der des Elektrons.

In der Zeit nach dem letzten Kriege ist die Anzahl der Elementarteilchen durch Neuentdeckungen noch wesentlich vermehrt worden. Der Engländer Powell hat schon im Jahre 1947 ein weiteres sogenanntes Meson entdeckt, das nur etwa den 40millionsten Teil einer Sekunde lang lebt und dessen Masse etwa 275mal so groß ist wie die des Elektrons. Dann hat man einen neutralen Partner zu diesem Powell'schen Meson gefunden. Inzwischen hat man auch noch schwerere solcher Elementarteilchen entdeckt. Die kürzeste Lebensdauer, die bis jetzt beobachtet wurde, ist die des neutralen Mesons, die etwa den tausendsten Teil einer Billionstel Sekunde beträgt. Trotz dieser unvorstellbar kurzen Lebensdauer ist es immer noch möglich, wichtige Eigenschaften dieser Teilchen zu ermitteln, und zwar dadurch, daß sie sich fast mit Lichtgeschwindigkeit bewegen, also auch während der ganz kurzen Zeit ihrer Existenz noch meßbare Strecken zurücklegen, auf denen man ihre Wirkung beobachten kann.

Nun soll hier nicht über die Einzelheiten der verschiedenen Teildchen und ihre Umwandlungsprozesse berichtet werden. Wesentlich für die allgemeinen Fragen ist hier, daß man diese Teildchen fast alle dadurch erzeugen kann, daß man die stabilen Bausteine der Materie, wie Proton und Neutron, mit großer Energie aufeinanderprallen läßt. Sobald man ein Neutron oder Proton mit sehr großer Energie auf ein anderes derartiges Teildchen stoßen läßt, so wird beim Stoß Energie in Materie umgewandelt. Aus der Bewegungsenergie, die die Teildchen vor dem Stoß hatten, wird die Masse der Teildchen, die neu entstehen, gebildet, und es sieht so aus, als ob letzten Endes alle Elementarteilchen aus allen entstehen könnten; das heißt: welche Elementarteilchen auch immer bei diesen hohen Energien aufeinanderprallen, es können alle anderen Elementarteilchen bei dem Zusammenstoß gebildet werden. Die Umwandlung von Materie in Energie ist sozusagen das Grundprinzip in der Physik der Elementarteilchen. Man kann diesen Sachverhalt auch durch die Feststellung ausdrücken, daß alle Elementarteilchen aus derselben Grundsubstanz, nämlich aus Energie, oder wenn Sie wollen, einfach aus 'Materie' bestehen, daß man also eigentlich nicht zwischen qualitativ verschiedenen Elementarteilchen unterscheiden kann, sondern daß man sagen muß, die Elementarteilchen seien nur verschiedene Formen ein und derselben Grundsubstanz, Materie oder Energie.

Von der alten Definition des Elementarteilchens, wie sie in der griechischen Atomphilosophie geprägt worden war, bleibt, wie vorher gesagt, das Kriterium der Gleichartigkeit bestehen. Wir haben Grund anzunehmen, daß die Elementarteilchen einer Sorte sich in jeder Beziehung wirklich völlig gleich verhalten. Dagegen trifft die bei Leukipp und Demokrit angenommene Unveränderlichkeit sicher nicht zu, die Elementarteilchen können ineinander umgewandelt werden, und wir müssen daher schließen, daß eigentlich alle Elementarteilchen nur verschiedene Formen einer Grundmaterie sind. Allerdings ergibt sich

von hier aus wieder ein anderer Anknüpfungspunkt an die Naturphilosophie der Griechen, von dem zu Anfang schon kurz die Rede war; denn auch dort ist man bei dem Versuch, der qualitativen Verschiedenheit der Atomsorten von Erde, Feuer, Luft und Wasser einen anschaulichen Sinn zu geben, auf den Gedanken gekommen, den verschiedenen Atomen verschiedene geometrische Formen zuzuordnen. Plato hat im Timaios versucht, die verschiedenen Atomsorten von Erde, Wasser, Luft und Feuer darzustellen als die verschiedenen regulären Körper, als Würfel, Ikosaeder, Oktaeder und Tetraeder. Diese Körper sind nach Plato aufgebaut aus Dreiecken, die ihre Oberfläche bilden, und können, wenn man sie in ihre Dreiecke zerlegt und neue Körper aus ihnen aufbaut, ineinander umgewandelt werden. Freilich sind die Formen, von denen die moderne Atomphysik spricht, von anderer Art. Es handelt sich hier nicht um geometrische Formen, sondern um sehr viel kompliziertere mathematische Gebilde aus der Theorie der linearen Integralgleichungen. Dazu kommt, daß wir im Augenblick die Naturgesetze im Gebiet der Elementarteilchen noch nicht genau kennen. Aber wenn diese Naturgesetze einmal formuliert sind, dann werden die Elementarteilchen als verschiedene mathematische Formen erscheinen, die zu der gleichen Grundsubstanz oder Grundenergie gehören, ähnlich wie bei Plato die verschiedenen Atomsorten verschiedenen geometrischen Formen entsprechen sollten.

Zum Schluß noch ein Wort über die Frage, wie die moderne Physik diese kleinsten Bausteine, die Elementarteilchen der Materie, untersucht. Es ist schon erwähnt worden, daß man dazu nur nötig habe, den stabilen Elementarteilchen der Materie, nämlich den Protonen, Neutronen, Elektronen, hinreichend hohe Bewegungsenergie zu erteilen und dann Zusammenstöße zwischen ihnen hervorzurufen. Dabei entstehen alle anderen Elementarteilchen und können untersucht werden.

Man muß also äußerst schnell bewegte, d. h. sehr energiereiche Protonen oder Elektronen herstellen. Und das

Die nachfolgenden Ausführungen wurden von mir im Januar ds. Js. für den Süddeutschen Rundfunk über den Ozean aus dem fernen Amerika, wo ich als Austauschprofessor in Chicago weilte, gesendet. Meine Eindrücke in den Vereinigten Staaten waren sehr mannigfaltig und gaben zu vielen Überlegungen Anlaß.

Wissenschaftlich gesehen ist Amerika das Land, in dem das modernste und das in weiten Kreisen vielleicht bekannteste Gebiet der wissenschaftlichen Forschung, die Atomphysik und ihre Anwendungen, die bedeutendste Entwicklung zu verzeichnen hat. Andererseits glaube ich, daß es keinem Zweifel unterliegt, daß in vieler Hinsicht die sogenannte Atomforschung in weiten Kreisen der Kulturwelt überschätzt wird, und daß in einer ganzen Reihe von anderen Forschungsgebieten in den letzten Jahren grundsätzlich, aber auch praktisch gesehen, wichtigere Ergebnisse erzielt wurden. Trotzdem ist es richtig, wenn man jetzt häufig hört, daß die Atomforschung eine neue Periode in der Struktur und in der Entwicklung der wissenschaftlichen Auffassungen über das Naturgeschehen eingeleitet hat. Wie wichtig in wirtschaftlicher und politischer Hinsicht diese Anwendungen auch sein können, so werden sie in ferner Zukunft für die Gestaltung der Lebensverhältnisse auf dieser Erde nicht die dominierende Bedeutung haben, von der man heute so oft spricht. Ganz allgemein ist zu sagen, daß nicht die Technik und die äußeren Merkmale der von der Menschheit erreichten Zivilisation den Inhalt des Lebens auf unserem Planeten ausmachen, sondern das Leben selbst, die Lebensvor-

gänge, deren Ineinandergreifen und deren selbständige Entwicklung.

Es ist immer noch so und es wird wohl auch so für alle Zukunft bleiben, daß die weitaus größte chemische Fabrik der Erde in den grünen Blättern der Pflanzen und in den lebenden tierischen Organismen gelegen ist. Der größte Energievorrat, über den wir verfügen, ist immer noch die von der Sonne auf die Erde eingestrahlte Energie, auf deren Kosten gerade durch die Vorgänge in der lebendigen Materie sich alles Geschehen, auch das technische Geschehen auf dem Erdball vollzieht. Die weitere Erschließung aller Vorgänge in der lebendigen Materie, der Energieumwandlungen, chemischen Umsetzungen, des Wachstums und der Vermehrung von Organismen, ist eine der allerwichtigsten Aufgaben der Menschheit. Wissenschaftlich gesprochen bedeutet dies, daß die Biologie, die Disziplin, die sich mit den Lebensvorgängen befaßt, in allen ihren Zweigen in dem gesamten System der Grundlagenforschung und der angewandten Forschung die Schlüsselstellung einnimmt. Auch die Medizin ist nur ein Sondergebiet der Biologie.

Ich will von vorneherein feststellen, daß es hinsichtlich des heutigen Standes der Forschung bei weitem nicht so ist, daß die Physik und auch die Chemie einen enormen Vorsprung erlangt haben. Auch die Biologie hat in den letzten Jahrzehnten außerordentlich große Fortschritte gemacht. Es ist nur so, daß die neuen Erkenntnisse der Physik und ihrer großen Tochter, der Chemie, sehr schnell in den sensationellen Errungenschaften der Technik ihren Ausdruck finden. Die Ergebnisse der Biologie sind weniger sichtbar, obwohl auch durch sie nicht nur unsere Erkenntnisse über das Geschehen in der lebendigen Materie sehr wesentlich vertieft und bereichert worden sind, sondern auch unmittelbare, ganz großartige Beiträge zur Verbesserung der Wohlfahrt der Menschen erzielt wurden. Ein sehr schönes Beispiel stellt hier die Genetik dar. Die Genetik, zunächst eine mathematisch fundierte, abstrakte Wissenschaft, hat sich in den letzten Dezennien sehr

schnell entwickelt. Praktisches Ergebnis: Nach dem zweiten Weltkriege hat die Auffindung und Anpflanzung hybrider Maissorten den Amerikanern ermöglicht, die Hungersnot in Europa zu lindern und zu beheben. Man kann eine sehr große Zahl lebenswichtiger Probleme der gesamten Menschheit angeben, die von der weiteren Entwicklung der biologischen Forschung abhängen.

Überblickt man die Geschichte der Biologie, so ist ohne weiteres festzustellen, daß im 20. Jahrhundert eine sehr bedeutende Wandlung in den biologisch-wissenschaftlichen Vorstellungen und Arbeitsmethoden eingetreten ist. Dieser Wendepunkt fällt zusammen mit dem Beginn und Wachsen der Atomforschung. Genau wie die Physik durch die vorhergehende erfolgreiche Entwicklung zu der Erkenntnis gelangt war, daß zur weiteren Verfolgung der Vorgänge des Energieaustausches in der Materie, zum Verständnis aller Strahlungsvorgänge sowie der Fragen des inneren Aufbaues der Materie eine eingehende Erforschung der kleinsten Teilchen der uns bekannten Elemente der Materie, der Atome, notwendig ist, so gelangte auch die Biologie zu der Ansicht, daß die Geheimnisse der Lebensprozesse nicht in den Zellverbänden allein zu suchen sind, sondern innerhalb der Zellen, in den weiteren mikroskopischen und submikroskopischen Bestandteilen und Untereinheiten der Zellen. Es ist interessant, daß ungefähr zu der selben Zeit, als in der Physik durch den großen deutschen Physiker Max Planck die Entdeckung der atomistischen Natur der Strahlenenergie, der Strahlenquanten, gelang, in der Biologie die Wiederentdeckung der Vererbungsgesetze durch Tschermak und Correns erfolgte, die Begründung der neuen Genetik, der Lehre von Chromosomen und Genen. Dies sind mikroskopische und submikroskopische Untereinheiten der Zellstruktur, von denen aber die makroskopischen Merkmale, die vererbaren Eigenschaften der Organismen bestimmt werden. Auf die praktische Bedeutung dieser Entdeckungen habe ich zuvor hingewiesen. Es hat sich dabei im Laufe der Zeit die sichere Feststellung herauskristal-

lisiert, daß die Gene sehr kleine biologische Struktureinheiten sind. Es sind kleine Komplexe organischer Moleküle, in denen nur wenige tausende von Atomen enthalten sind¹. Trotzdem bestimmen sie die Erbeigenschaften des Individuums, zum Beispiel die Augenfarbe oder die Tatsache, ob die Lupine eine Bitter- oder Süßlupine ist.

Der Aufbau der neuen Genetik, das heißt der Vererbungslehre, ist nur ein Beispiel. Ähnliche Entwicklungen vollzogen sich in der Mikrobiologie, deren Aufgabe es ist, das Wesen der Mikroorganismen zu untersuchen, in der Entwicklungsmechanik, die sich mit dem Werden der Organismen von dem Embryo ausgehend befaßt, aber auch in der allgemeinen Physiologie der größeren Organismen.

Als Basis für alle Fortschritte auf diesen Gebieten diente die neuzeitliche Entwicklung der Atomphysik, der Strahlenphysik, der Physik der atomaren Komplexe, der Moleküle und deren Verbände, die als größere und große Einheiten in dem organischen Leben, wie wir heute wissen, eine entscheidende Rolle spielen. Die Vorstellungen und die Arbeitsmethoden der modernen Atomphysik haben in die Biologie Eingang gefunden. So wurden in den Dienst der Biologie zwei neue wissenschaftliche Disziplinen gestellt: Die Biophysik, die sich mit der Auswirkung physikalischer Gesetze bei dem Entstehen der elementaren Strukturen der lebendigen Materie und bei den darin ablaufenden physikalischen Vorgängen beschäftigt, und die Biochemie, die die Erforschung der Bedeutung chemischer Substanzen und chemischer Prozesse in der lebendigen Materie zum Ziele hat.

Diese beiden Disziplinen sind heute in das Gesamtgebäude der Biologie so eingebaut, daß die Feststellung berechtigt ist, daß es heute keine reine Biologie mehr gibt, sondern nur eine große vielverzweigte Disziplin, welche die Synthese dieser drei Wissenschaftswege darstellt.

Doch zurück zum Atom. Wenn man heute vom Atom

spricht, so gehen die Gedanken der Nichtfachleute üblicherweise zu den Atomexplosionen, das heißt zu dem Atomkern und der darin enthaltenen Energie, die wir, wenn auch noch zu einem sehr geringen Grad, zu beherrschen gelernt haben. Aus dem Atomkern können sehr energiereiche Strahlungen ausgelöst werden, die in vielen Fällen mit großem Nutzen verwendet werden. Es können stabile Atome radioaktiv, d. h. strahlend, gemacht, und, vor allem in der Forschung, mit großem Erfolg benutzt werden. Von diesen Errungenschaften der Atomphysik wird in anderen Berichten die Rede sein. Ich möchte die Aufmerksamkeit darauf richten, daß das Atom ebenfalls ein kompliziertes System darstellt — ein System, in dem die materiellen Teilchen sich in einem eng verflochtenen Verband befinden. Die Wechselwirkung zwischen der Energie und den materiellen Teilchen im Atom ist das, was wir als inneren Mechanismus oder vielleicht noch besser gesagt als das „Leben“ des Atoms bezeichnen können. Zunächst darf ich zum wiederholten Mal in dieser Reihe die Hauptfrage stellen: Können Sie sich ein Atom vorstellen? Es ist ein sehr kleines, im gewöhnlichen Lichtmikroskop nicht sichtbares Teilchen der Materie. Hundert Billionen solcher Teilchen befinden sich zum Beispiel in einem Kubikmillimeter Wasser, sie sind dabei nicht etwa ganz dicht aneinandergepackt, sondern befinden sich in gewissen Entfernungen voneinander und führen dauernd Bewegungen aus, die umso lebhafter sind, je höher die Temperatur des betreffenden Materiestückchens ist. Im allgemeinen sind die Atome nicht beliebig unregelmäßig in der Materie angeordnet, sondern bilden regelmäßige räumliche Strukturen, die uns als Gitterstrukturen der Kristalle bekannt sind. Auch in den Flüssigkeiten, zum Beispiel im Wasser, sind solche Kristallstrukturen, wenn auch in gelockerter Form, vorhanden. Diese Strukturen werden durch die Kräfte, die sich von Atom zu Atom spannen, zusammengehalten. Das Atom selbst ist jedoch kein solides, kompaktes Teilchen, sondern bildet selbst ein mehr oder weniger kompliziertes System, das ähnlich

¹ Ein Kubikmillimeter Wasser enthält etwa 100 Billionen Atome.

aufgebaut ist wie unser Planetensystem: Der Durchmesser des Atoms ist etwa $1/100$ millionstel Zentimeter groß. In seinem Innern befindet sich ein Atomkern, dessen Durchmesser hunderttausendmal kleiner ist. Darin ist die sogenannte schwere Materie konzentriert. Aber auch dieser Atomkern ist wiederum ein kompliziertes System, das aus weiteren noch kleineren Teilchen, positiv geladenen Protonen und ungeladenen Neutronen besteht, die durch besondere Atomkernkräfte zusammengehalten werden. Die im Atomkern enthaltene Energie ist verschiedenen Umwandlungsprozessen unterworfen, die das Wesen der Radioaktivität ausmachen. Dabei werden im Atomkern neue materielle Teilchen, wie positiv geladene Alpha-Teilchen, negativ geladene Beta-Teilchen (Elektronen), die positiv geladenen Positronen oder 50, 100, 300mal größere Klümpchen, die sogenannten Mesonen, sowie die Teilchen der freien Energie, die Gamma-Strahlen-quanten gebildet und aus dem Atomkern ausgesandt. Auch ein geheimnisvolles nie experimentell festgestelltes Teilchen, das Neutrino, spielt bei diesen Energie- und Materialumwandlungen im Atomkern eine wesentliche Rolle. Aber darüber hat Professor Heisenberg ~~ausführlich~~ berichtet. Die Energiebeträge, die bei einer Atomkernumwandlung oder dem Atomzerfall frei werden, sind absolut genommen, winzig klein. Wenn sie sich aber in Anbetracht der enorm großen Anzahl der Atome, die in jedem Kubikzentimeter der Materie vorhanden sind, zusammenaddieren, so erreichen sie riesige Beträge, die als Atomennergie bekannt geworden sind und in den Atombombenexplosionen ihren sehr sichtbaren Ausdruck gefunden haben.

In der lebendigen Materie spielen diese im Atomkern möglichen Prozesse jedoch keine wesentliche Rolle. Nur die dabei erzeugten Strahlungen verschiedenster Art können für Forschungszwecke oder aber auch zur Beeinflussung der Strukturen und Vorgänge in der lebendigen Materie, darunter auch für Heilzwecke, benutzt werden¹.

¹ Darüber berichtet Professor Bauer.

Wesentlich wichtiger als der Atomkern ist für den Aufbau lebendiger Substanz die äußere Hülle des Atoms. Um den Atomkern herum kreisen die winzigen negativ geladenen elektrischen Teilchen, die Elektronen, deren Anzahl umso größer ist, je schwerer der Atomkern ist. Bei dem Wasserstoffatom ist nur ein um den Atomkern kreisendes Elektron vorhanden. Bei einem Uranatom sind es deren 92. Diese Atomelektronen bewegen sich auf verschiedenen Bahnen um den Atomkern und sind relativ genommen sehr weit von dem Atomkern entfernt.

Vergleicht man das Atom mit dem Sonnensystem, so sind die Elektronen beträchtlich weiter vom Atomkern entfernt, als die Planeten von der Sonne. Im Inneren des Atoms befindet sich also zunächst ein leerer Raum. Trotzdem aber wird das Atomsystem durch die elektrischen Anziehungskräfte zusammengehalten. Diese Kräfte wirken in dem 'leeren Raum' des Atoms und auch in seiner unmittelbaren Umgebung. Durch sie sind sowohl die chemischen Eigenschaften der Atome, also ihre gegenseitige Wechselwirkung und ihre Verbindung zu Molekülen und Molekülkomplexen sowie alle atomaren und molekularen Strukturen der Materie, die nicht nur im Elektronenmikroskop, im Lichtmikroskop, sondern auch mit bloßem Auge erkenntlich sind, bedingt. Jedes Lebewesen, jeder von uns, bildet ein außerordentlich kompliziertes System, das durch diese Kräfte aufgebaut und zusammengehalten wird. Jede Veränderung, — eine spontane oder eine künstlich herbeigeführte, — in der Elektronenhülle eines einzelnen Atoms in einem solchen außerordentlich kompliziert aufgebauten System kann durch eine entsprechende Beeinflussung der benachbarten Atome und deren Verbände zu Veränderungen in dem ganzen System führen. Einzelne veränderte Atome und Moleküle (zum Beispiel verändert dadurch, daß ein Elektron aus der Elektronenhülle des Atoms entfernt oder auf eine von dem Atomkern weiter gelegene Bahn verschoben worden ist) können zu chemischen Reaktionen und Strukturveränderungen führen; kurz gesagt, es werden dadurch Energie-

umsetzungen in den materiellen Komplexen, chemische Reaktionen, biologische Prozesse und Strukturänderungen in der Materie verursacht. Alle in der Natur vorhandenen Objekte, lebendige und nicht lebendige, stellen solche atomaren Systeme und Verbände dar, und alle in diesen Objekten und zwischen ihnen ablaufenden Prozesse sind durch die Eigenschaften und Wechselwirkungen der Elektronenhüllen der Atome bedingt. Nur die Schwerkraft der Materie bildet einen weiteren wirk samen Faktor.

Dies sind die gesicherten Erkenntnisse der Atomphysik, mit denen die biologische Forschung zu Beginn und im Laufe unseres Jahrhunderts konfrontiert wurde. Verständlicherweise mußte die biologische Forschung diesem Sachverhalt Rechnung tragen. Die modernen Vorstellungen über die Vorgänge in der lebendigen Materie beruhen auf diesen Erkenntnissen. Es hat sich dementsprechend als notwendig erwiesen, die klassische Zellehre der Biologie zu sprengen und die Zellen des lebenden Gewebes nicht mehr als elementare Einheiten in der Struktur des lebenden Gewebes zu betrachten, sondern als sehr große und sehr komplizierte physikalisch-chemische Systeme, die mit einer sehr großen Anzahl von strukturellen und funktionellen Untereinheiten versehen sind und die alle den atomaren und molekularen Gesetzmäßigkeiten unterworfen sind. Es ist notwendig geworden, die Molekularbiologie aufzubauen. Zwei Beispiele mögen die heutige Situation erläutern. Ich habe schon von den Genen, von denen die Erbeigenschaften der Individuen abhängen, berichtet. Wir wissen heute fast mit voller Sicherheit, daß Gene nicht einmal sehr große organische Moleküle sind. Gewiß weiß die heutige Genetik noch nicht, welche physikalischen und chemischen Gesetzmäßigkeiten und Prozesse die Gene mit ihrer Umgebung innerhalb des Zellkerns und des Zellprotoplasmas verbinden und auf welchen Wegen sich die biologischen Wirkungen der Gene vollziehen. Dies ist jedoch die Aufgabe der weiteren Forschung der durch Biophysik und Biochemie erweiterten

Biologie. Wir befinden uns jetzt erst im Anfangsstadium der neuen Entwicklung. Der Ausgangspunkt dieser Entwicklung ist aber durch die Fortschritte der Atomphysik gesichert.

Das zweite Beispiel sind die Viren; dies sind kleinste Gebilde, die mit Hilfe des Elektronenmikroskops sichtbar gemacht werden können. Die Viren sind biologische Einheiten, die sich spontan vermehren können und die die Ursache verschiedener krankhafter Prozesse in den lebenden Organismen sind. Viele Krankheiten bei den Menschen sind durch Viren bedingt. Die Viren sind Gebilde, von denen man sagen kann, daß sie an der Grenze zwischen dem Lebendigen und Nichtlebendigen stehen. Physikalisch und chemisch gesehen, sind sie Molekülkomplexe, die eine besondere Struktur besitzen. Man kann sie durch physikalisch-chemische Mittel in weitere Elementareinheiten zerlegen und wieder zusammenbringen. Im natürlichen Zustand besitzen sie aber die Fähigkeit der Selbstvermehrung und ihre biologische Aktivität. Es handelt sich bei den Viren um einen besonders markanten Fall: Es liegt in einer bestimmten Struktur zusammengefügter Molekülkomplex vor, der jedoch die grund sätzlichen Merkmale des Lebendigen besitzt.

Eine weitere neue Idee wurde gerade zu Beginn unseres Jahrhunderts im Jahre 1900 geboren und damit ein alle bis dahin geltenden Vorstellungen umwälzender Schritt gemacht. Einer der größten Physiker in der bisherigen Geschichte der Wissenschaft, Max Planck, hat auf Grund seiner theoretisch-mathematischen Ableitungen festgestellt, daß nicht nur die Materie, sondern auch die Strahlenenergie atomistische Struktur besitzt. Dies bedeutet, daß die Strahlung bei ihrer Entstehung als einzelne Blitze, einzelne Energieportionen, Quanten nannte sie Planck, ausgesandt wird. Diese Energieimpulse verhalten sich ähnlich den schnell bewegten materiellen Teilchen. Dementsprechend sind die Vorgänge bei der Wechselwirkung zwischen der Strahlung und Materie die Folgen der Zusammenstöße zwischen den Materieteilchen

und Energieteilchen (den Quanten). Da alle wissenschaftlich erforschbaren Vorgänge in der Natur letzen Endes Wechselwirkungen zwischen der Energie und der Materie sind, kommt diesen Zusammenstößen zwischen den Energieteilchen und Materieteilchen dominierende Bedeutung zu. Und nun das Wichtigste. Gestatten Sie mir dies ganz grob zusammenzufassen. Wir haben in der Welt eine große Anzahl von Materieteilchen und auch eine große Anzahl von Energieteilchen. Mischen Sie diese Teilchen zusammen, und stellen Sie die Frage, wann, wo und welche Teilchen zusammenstoßen. Die einzige Antwort auf diese Frage besteht darin, daß diese Zusammenstöße und dementsprechend auch die Energieumsetzungen nach den Gesetzen des Zufalls erfolgen können. Wir können nur von der Wahrscheinlichkeit des Zusammenstoßes zweier, oder mehrerer, Teilchen sprechen. Unsere Feststellungen über das Schicksal der einzelnen Teilchen kann deshalb nur auf dem Wege der Statistik erfolgen. Die Beobachtungen, die wir sonst machen, stellen deshalb im allgemeinen nur Mittelwerte dar. Eine „absolut exakte“ Aussage über das Geschehen in der atomaren Welt ist deshalb nicht möglich. Alle elementaren Vorgänge verlaufen zufallsmäßig. Das, was wir feststellen, sind die Mittelwerte, sind die häufigsten Vorgänge. Das Einzelgeschehen kann sehr weit von diesen häufigsten Vorgängen und diesen mittleren Werten abweichen. Damit würde in die gesamte naturwissenschaftliche Forschung ganz grundsätzlich und mathematisch begründet die statistische Auffassung aller Elementarvorgänge eingeführt. Auch die Biologie mußte diese unabwendbare Schlußfolgerung der modernen Physik übernehmen. Auch die Lebensprozesse in ihren tiefsten Grundlagen laufen „zufallsmäßig“ ab. Es ist nicht so, daß jede biologische submikroskopische Untereinheit, jedes biologisch wichtige Molekül immer das selbe tut, was ein anderes an einem anderen Ort und zu einer anderen Zeit gelagertes gleiches Gebilde tut, sondern es erleidet je nach den an diesem Ort und zu dieser Zeit vorliegenden

Umständen ein besonderes, nicht voraussagbares Schicksal. Darüber hinaus darf man nicht annehmen, daß auch alle diese submikroskopischen Untereinheiten immer absolut gleich sind. Auf irgendeine Weise werden auch sie zunächst „gebildet“, und brauchen nicht unbedingt immer „absolut gleich“ sein. So sind auch die Prozesse der sich bildenden Strukturen des Lebens den statistischen Fluktuationen unterworfen. Große Abweichungen von den so genannten normalen „Formen“ und normalen Prozessen mögen zwar sehr unwahrscheinlich sein; sie sind aber immer möglich. Das ist das neuerkannte Grundgesetz des Lebens. Ich will damit nicht sagen, daß diese Feststellung auch früher nicht sichtbar war. Dies ist aber jedenfalls der jetzige Weg der biologischen Forschung. Die Biologie unseres Jahrhunderts ist mit Hilfe der Biophysik und Biochemie eine exakte Naturwissenschaft geworden und wird es auch weiterhin bleiben.

An die Stelle der früher offen oder versteckt befolgten teleologischen Auffassung und der Verfolgung besonderer „vitalistischer“ Gesetzmäßigkeiten ist die physikalische und chemische Molekularbiologie getreten. Dies bedeutet jedoch nicht, daß die lebendige Materie der nicht organischen Materie völlig gleichgestellt wird. Die lebendige Substanz besitzt wesentliche Merkmale, die sie von der nicht lebendigen Materie unterscheidet: Das autonome, selbstbedingte Wachstum und die Selbstvermehrung. Diese beiden Prinzipien des Lebens beherrschen den Ablauf der physikalischen und chemischen Prozesse in der lebendigen Materie. Der hierarchische Aufbau der lebenden Substanz und der Organismen offenbart ein weiteres Prinzip, das die von mir geschilderten Vorgänge in der elementaren Welt überdeckt. Wir sind höchstwahrscheinlich noch sehr weit davon entfernt, die Grundzüge dieses Prinzips zu erkennen. Man kann aber, glaube ich, überzeugt sein, daß wir uns jetzt auf dem richtigen Wege zu dieser großen Erkenntnis befinden. Vielleicht wird die Wissenschaft dereinst vor einem herauskristallisierten und genau definierten „Unerforschbaren“ sich verneigen

müssen, um dieses Unerforschbare ebenso zu verehren,
wie das Erforschte.

Bisher war von den großen Fortschritten der modernen Atomphysik die Rede, vom Aufbau der Atome, ihrer natürlichen und künstlichen Umwandlung und insbesondere von den Strahlungen, die die Atome dabei aussenden.

Mein Vortrag über *Atom und Medizin*¹ dreht sich um die Frage: was vermögen die aus dem Inneren radioaktiver Atome ausstrahlenden Energien, wenn sie auf den lebenden, insbesondere auf den menschlichen Organismus auftreffen? Wie können wir sie für die medizinische Forschung, ferner für die Krankheitserkennung und Krankheitsbehandlung wirksam einsetzen? Und haben Strahlungen aus den Quellen der Atomumwandlung als ‚agens‘ in ihrem Zusammenprall mit der Lebenssubstanz als ‚reagens‘ vielleicht auch noch Auswirkungen für die Gesundheit des Menschengeschlechtes selbst?

Wir fragen zunächst nach der Art der für die Medizin in Betracht kommenden Strahlenenergien. Von den vielerlei Strahlenarten radioaktiver Stoffe kommen für die Medizin hauptsächlich drei in Betracht:

a) die *Alpha-Strahlen*, oder besser gesagt, die Alpha-Teilchen. Bei ihnen handelt es sich, wie schon dargelegt wurde, um doppelt positiv geladene Atomkerne des Edelgases Helium. Sie werden aus natürlichen und künstlichen radioaktiven Atomen bei der Umwandlung ausgeschleudert.

Als Alphastrahler kommen für die Medizin in der Hauptsache die radioaktiven Elemente Radium und Tho-

¹ Erstabdruck in K. H. BAUER: Über Fortschritte der modernen Chirurgie und andere akademische Reden. Berlin-Heidelberg 1954.

nen Bilder längere Zeit in der Medizin Verwendung fand. Da alle strahlenden Energien mit Wellenlängen kürzer als das sichtbare Licht krebserzeugend wirken, habe ich schon 1943 dringend vor der Verwendung gewarnt und auf die drohende Gefahr von radioaktiv ausgelösten bösartigen Geschwülsten hingewiesen. Aus den Gedankengängen der Mutationstheorie der Geschwulstentstehung und aus allgemein-krebs-pathologischen Erfahrungen heraus habe ich die Latenzzeit von der Einbringung der Substanz bis zum Auftreten der ersten Geschwülste im voraus auf 12—18 Jahre veranschlagt. Tatsächlich sind der Voraussage entsprechend nach genau 12 Jahren die ersten menschlichen Krebgeschwülste auf Grund dieses radioaktiven Kontrastmittels beobachtet worden und leider sind weitere noch zu befürchten.

Kurzum, die drei kurzen Beispiele sind uns Mahnung genug, bei der Verwendung radioaktiver Stoffe beim Menschen äußerste Vorsicht walten zu lassen. Vergessen wir nicht, daß es sich um strahlende Energien handelt, die in der natürlichen Umwelt des Menschen praktisch nicht vorkommen und daß uns die Natur selbst diesen Energien gegenüber keinerlei Schutzhinstinkte und keinerlei Abwehrreaktionen mitgegeben hat.

Tröstlich ist es, zu erfahren, daß in den großen Atomkraftanlagen Schutzmaßnahmen durchgeführt werden, die wirklich beruhigend zu wirken vermögen. Die Substanzen werden durch Schutzschilder abgeschirmt. Die Luft der Arbeitsräume wird abgefiltert. Unter bestimmten Bedingungen wird nur mit Fernbedienungsgeräten gearbeitet. Die Angestellten werden mit allen Schikanen moderner Atomphysik auf Verschleppung radioaktiver Stoffe kontrolliert. Besondere Gesundheitsphysiker überwachen Geräte, Luft, Kleidung usw. Große Filteranlagen in den hohen Schornsteinen halten auch für die weitere Umgebung radioaktive Stoffe völlig ab. Es ist also selbst an den Stätten höchster Konzentration radioaktiver Produkte eine Vorbeugung gegen ihre Schäden möglich.

Ist es den Menschen von heute gegeben, neue Elemente,

Kupfer ist und Kupfer bleiben wird. Reicht bei weiterer Teilung unser Schvermögen nicht mehr aus, so können wir doch unter einem Mikroskop den rötlichen Glanz noch erkennen. Selbst wenn die abgetrennten Stäubchen für unsere schärfsten Mikroskope zu klein werden, können wir die Teilung wenigstens in Gedanken immer weiterführen, ohne jemals an ein Ende zu gelangen. Und nun verlangt die Atomtheorie überraschenderweise, daß doch eine Grenze vorhanden sein soll, daß es einen bestimmten Augenblick gibt, in dem der abgetrennte Kupfersplitter nicht mehr weiter teilbar ist. Denn das griechische Wort ἄτομος heißt unteilbar, unzerschneidbar. Damit sind wir beim Kupferatom angekommen, an einer Schranke, die man mit den vorher angewendeten Hilfsmitteln nicht übersteigen kann. Jedenfalls liefert eine weitere Teilung dieses Atoms, die wir mit anderen Verfahren heute sehr wohl auszuführen wissen, kein Kupfer mehr, sondern die Bausteine des Atoms, das sind Elektronen, Protonen, Neutronen und anderes mehr; Bausteine, die nicht nur bei dem Element Kupfer, sondern schlechthin bei allen Elementen vorkommen. Doch wollen wir uns hier mit ihnen nicht weiter beschäftigen.

Diese eigenartige Atomvorstellung hat sich nun in der Chemie und später in ihrer Schwesterwissenschaft, der Physik, glänzend bewährt. Waren die Atome bei Dalton nur eine Vermutung, so wurde ihre Existenz in dem Maße mehr und mehr wahrscheinlich, wie sich unsere chemischen und physikalischen Kenntnisse vermehrten. Niemals hat die Atomtheorie zu irgendwelchen inneren Widersprüchen mit alten und neuen Tatsachen geführt und niemals sind Folgerungen aus der Atomtheorie gezogen worden, die nicht früher oder später vom Chemiker und Physiker bestätigt werden konnten. Dank dieser stetigen Entwicklungsfähigkeit hat die Vorstellung von den Atomen heute ganz ihren zuerst reichlich unbestimmten und hypothetischen Charakter verloren; sie ist keine Vermutung mehr, sie ist eine Wahrheit geworden. Wir können nicht nur die Wirkung einzelner Atome nach-

Atomgewicht in der Natur vorkommen. Das gibt es auch tatsächlich nicht. Die einzige Ausdehnung, die dem Periodischen System und damit der Zahl der Elemente offen steht, bestände darin, daß Elemente mit immer höherem und immer höherem Atomgewicht gefunden werden.

Aber dieser Möglichkeit ist ein Riegel vorgeschoben. Sie ist nicht verwirklicht, da eine noch nicht besprochene Eigenschaft der Materie dafür sorgt, daß das Atomgewicht der Elemente nicht beliebig anwachsen kann. Diese Eigenschaft ist die Radioaktivität, die 1896 von dem Franzosen *Becquerel* aufgefunden und besonders durch das Ehepaar *Curie* dank der Entdeckung des Radiums, dem die ganze Erscheinung den Namen gab, allgemeiner bekannt wurde. Alle entdeckten schweren Elemente sind radioaktiv, d. h. die Elemente mit sehr hohem Atomgewicht sind nicht mehr beständig. Sie sind instabil und zerfallen in leichtere Elemente, wobei sehr große Energiemengen frei werden. Das schwerste in der Natur in wägbaren Mengen aufgefondene Element ist das Uran, das 92. Element im Periodischen System, das der deutsche Chemiker *Klaproth*, einer der glänzendsten Analytiker aller Zeiten, schon 1789 entdeckte. Deshalb glaubt man, daß höhere Elemente nicht vorkommen; auch war allen Bemühungen, solche aufzufinden, kein Erfolg beschieden.

Zum Schluß müssen wir noch von einer anderen Eigenschaft der Atome reden, die mit ihrer Masse zusammenhängt. Wir haben vorhin betont, daß die Atomgewichte durchschnittliche Werte sehr vieler Atome sind. Woher weiß man nun eigentlich, ob alle Atome eines Elements gleich schwer sind?

Oder gibt es vielleicht doch kleine Unterschiede im Gewicht zwischen den einzelnen Atomen eines Elements, die man sofort nachweisen könnte, wenn sich die Atome sortieren ließen? Wir sind etwa in der Lage eines Mannes, dem man einen verschnürten Sack mit einer bekannten Zahl von Kugeln gibt. Auf der Waage kann er leicht das Gewicht aller Kugeln feststellen und somit auch das

den er dem jungen Tier einmal beigebracht hat, wiedererkennt oder wie der Vogelfreund einen bestimmten Vogel unter Tausenden von Artgenossen wieder herausfindet, weil er ihm als Nestling einen Ring um den Fuß gelegt hat, genau so erkennt der Isotopenchemiker die von ihm gekennzeichnete Verbindung aus Tausenden ihresgleichen an ihrer etwas abweichenden Masse wieder heraus. Er kann auf diese Weise ohne Störung seiner Versuche den Weg, den die chemische Verbindung zurückgelegt hat, bis in alle Einzelheiten feststellen, genau wie der Jäger weiß, wie weit sich sein Hase fortbewegt hat, wenn er ihn schließlich schießt, oder der Vogelforscher, wie weit sein beringter Vogel geflogen ist, wenn er eingefangen und ihm zugeschickt wird.

Jetzt soll noch von einem praktischen Beispiel die Rede sein. Es stammt aus dem Leben der Termiten und wurde gemeinsam mit Herrn Prof. *Martin Lüscher* vom Schweizerischen Tropeninstitut in Basel bearbeitet. Es gibt bestimmte Arten von Termiten, die man mit eiweißfreier Kost, z. B. mit reinem Filterpapier, ernähren kann. Dies ist bei keiner anderen Tierart möglich, da alle Geschöpfe pflanzliches oder tierisches Eiweiß zur Erhaltung ihres Lebens bedürfen. Eiweiß enthält Stickstoff, Papier dagegen nicht und so tauchte die Vermutung auf, daß die Termiten allen anderen Tieren dadurch überlegen sind, daß sie den Stickstoff der Luft sich dienstbar machen und für ihren Eiweißstoffwechsel verwerten können.

Um diese Ansicht zu prüfen, haben wir Termiten mit möglichst stickstoffreier Kost in Nestern ernährt, die nicht mit gewöhnlicher Luft sondern mit einer künstlichen Luft gefüllt waren, die statt des gewöhnlichen Stickstoffs isotopen, schweren Stickstoff enthielt. Da die Isotope sich chemisch gleich verhalten, mußte dieser schwere Stickstoff von den Termiten in ihren Körpern eingebaut werden, wenn sie dazu überhaupt imstande waren. In den Tieren konnte nun nach einigen Wochen die Anwesenheit von schwerem Stickstoff durch chemisch-physikalische Analysen tatsächlich festgestellt werden. Dieser Versuch

An dem Haus Nr. 52 in der Hauptstraße in Heidelberg ist eine Gedenktafel angebracht, die die Inschrift trägt: »In diesem Hause hat Kirchhoff 1859 seine mit Bunsen begründete Spektralanalyse auf Sonne und Gestirne gewandt und damit die Chemie des Weltalls erschlossen.«

Dies ist der Beginn einer an spannenden Momenten reichen Geschichte, über die ich zu berichten habe. Der Gedanke, daß die gleiche Methode, nach der die verschiedenen chemischen Elemente in irdischen Substanzen ihrer Art und ihrer Menge nach festgestellt werden können, sich übertragen läßt auf die *chemische Analyse kosmischer Objekte*, ist von außerordentlicher Tragweite. Er hat schließlich den gesamten Kosmos aus dem Bereich der Hypothese und der Spekulation herausgelöst und ihn einzbezogen in das Gebiet der exakten Naturforschung, hat das Laboratorium des Physikers erweitert zu einem kosmischen Laboratorium, in dem die gleichen Gesetze gelten, die gleichen Kräfte wirksam sind wie die, die sich uns im irdischen Experiment ergeben.

Es ist dieser Glaube an die universelle Gültigkeit echter Naturgesetze, unabhängig von Zeit und Ort der Beobachtung durch den Menschen, der uns bis an die äußersten Grenzen der sichtbaren Welt geführt und eine Deutung des Geschehens in ihr ermöglicht hat. Und es ist insbesondere die Zurückführung der Erscheinungen im Kosmischen auf Vorgänge im Bereich des Atoms, die uns nicht unbegründet hoffen läßt, dereinst eine vollständige Synthese der Welt aus ihren letzten Elementar-Bausteinen geben zu können.

Schon wenige Jahre, nachdem Kirchhoff das erste Ka-

um aufgebaut wird, die jene kosmischen Kraftwerke mit ihrer unvorstellbaren Leistung speisen. —

Damit ist unsere Geschichte von dem uns von der Sonne vor nunmehr fünfundachtzig Jahren geschenkten Element Helium vorerst zu Ende. Vielleicht erleben wir eines Tages noch eine überraschende Fortsetzung.

Nun wollen wir aber noch einmal zurückkehren zu den Anfängen der chemischen Spektralanalyse der Gestirne. Mit dem Helium war ein bis dahin auf der Erde nicht bekanntes neues Element entdeckt worden. Man stand vor der doppelten Frage: Gibt es auf der Sonne und den Sternen noch andere neue Elemente? Und: Gibt es alle auf der Erde bekannten Elemente auch auf der Sonne und den anderen Sternen?

Das Beispiel des Heliums ermunterte dazu, Linien in den Spektren kosmischer Objekte, die sich keinem bekannten Element zuordnen ließen, neuen Elementen zuzuschreiben. So traten das *Nebulium* und das *Geokoronium* um die Jahrhundertwende in Erscheinung, aber man hat vergeblich nach Spuren dieser kosmischen Elemente auf der Erde gesucht. Die Bezeichnungen Heliumsterne, Wasserstoffsterne, Metallsterne deuten an, daß man in jener Anfangszeit der Astrophysik die Verschiedenheit im Aussehen der Spektren im Sinne einer verschiedenen Zusammensetzung der Sterne deutete, also durchaus damit rechnete, daß nicht alle auf der Erde bekannten Elemente auch in den Sternen vorkommen.

Die Aufstellung des Periodischen Systems der Elemente und die weitere Entwicklung der Vorstellungen vom Aufbau der Atome ließ bald keinen Raum mehr für neue, unbekannte Elemente. Nebulium und Koronium wurden zu geisterhaften Schemen, die nicht eingeordnet werden konnten in den wohlfundierten Bau. Hier verbargen sich offenbar hinter einer noch nicht deutbaren Maske irgendwelche an sich bekannten Elemente.

Die Lösung des Rätsels wurde gefunden durch den folgerichtigen Ausbau der Dechiffrierkunst der Atomtheorie.

men Verdünnungen und unter dem Einfluß höchster Temperaturen, so haben auf der anderen Seite die Vorstellungen vom Aufbau der Atome aus Kernen und abstreifbaren Elektronenhüllen eine Erklärung gebracht für das Vorkommen von Sternen, in denen die Materie in einem Maße verdichtet ist, wie wir es im irdischen Laboratorium bei Anwendung allerhöchster Drucke nicht entfernt erreichen können.

Aus astronomischen Beobachtungen mußte vor nunmehr fast vierzig Jahren schon der Schluß gezogen werden, daß in dem Begleiter des Sirius, einem Sternchen 8. Größe, die Masse einer ganzen Sonne zusammengepreßt ist auf einen Raum von der Größe der Erde, daß also die Dichte der Materie in diesem Stern das Hunderttausendsfache des Wassers betragen muß. Ein Fingerhut voll dieser Materie, auf eine irdische Waage gelegt, würde mehrere Zentner wiegen. Dieser Siriusbegleiter war nur der erste einer Reihe von Sternen ähnlicher Art, die in der Folgezeit entdeckt wurden. Wir kennen heute schon über 100 dieser als „Weiße Zwerge“ bezeichneten Sterne und wir können aus statistischen Überlegungen schließen, daß vielleicht $\frac{1}{10}$ aller im Kosmos in Form von Sternen vorhandenen Materie sich in diesem überirdischen Zustand befindet, den die Physiker als „entartet“ bezeichnen.

Hier hat die Physik in ihrer Anwendung auf den Kosmos einen doppelten Triumph feiern dürfen. Die Relativitätstheorie sagte aus, daß Atome an der Oberfläche eines solchen Sternes unter dem Einfluß des gegenüber der Sonne hunderfach stärkeren Gravitationsfeldes langsamer schwingen. Alle Linien in ihrem Spektrum müssen gegenüber den gleichen Linien im Sonnenspektrum etwas nach der langwelligen, roten Seite verschoben erscheinen, um kleine, aber theoretisch genau angebbare und im Bereich der Meßgenauigkeit liegende Beträge. Diese von der allgemeinen Relativitätstheorie geforderte „Rotverschiebung“ der Spektrallinien ist beim Siriusbegleiter gemessen und in dem von der Theorie angegebenen Betrag bestätigt worden.

Auf der anderen Seite hat die Vorstellung der Atomtheorie, daß die ganze Masse eines Atoms in einem Kern vereinigt ist, der im Vergleich zu der durch die Bahnen der Elektronen bestimmten Größe des Atoms nur einen verschwindend kleinen Raum einnimmt, zu dem Schluß geführt, daß man nackte Atomkerne, d. h. Atome, die ihrer Elektronenhüllen völlig entkleidet sind, sehr viel dichter packen könne als völlig intakte Atome. In einem gewöhnlichen Gas sind die durchschnittlichen Abstände der einzelnen Atome größer als die Durchmesser der äußersten Elektronenbahnen; daher die große Beweglichkeit und die leichte Kompressibilität. In einer Flüssigkeit berühren sich die äußeren Elektronenschalen; daher der große Widerstand, den Flüssigkeiten einer Kompression entgegensezten, und die Möglichkeit der Erzeugung größter Drucke auf hydraulischem Wege. Im entarteten Zustand der Materie sind sich die Atome auf Kerndimensionen nahe gerückt und die losgerissenen Elektronen bewegen sich in den Zwischenräumen zwischen den Kernen. Die Dichte der entarteten Materie kann theoretisch noch auf das Millionenfache der Dichte gesteigert werden, die in den Weißen Zwergen verwirklicht ist. Die durch die Atomtheorie gegebenen Möglichkeiten sind also durch die uns bisher bekannten kosmischen Zustände noch keineswegs ausgeschöpft.

Ein neues Kapitel unserer Geschichte 'Atom und Kosmos' trägt die Überschrift *Kosmische Ultrastrahlung*. Dieses Kapitel ist fast ganz von den Physikern geschrieben worden. Sie haben die Beobachtungen geliefert und haben die Theorien dazu gemacht. Als die ersten Anzeichen einer 'durchdringenden Höhenstrahlung' gefunden wurden, war ihre Untersuchung zunächst eine Angelegenheit der Meteorologen und der Geophysiker. Sehr bald aber verdichteten sich die verschiedenen Wahrnehmungen zu der Vermutung, daß die Höhenstrahlung, die durch die Atmosphäre bis in große Seetiefen eindringt, irgendwie kosmischen Ursprungs sei. Was auf der Erde, selbst in großen Höhen bei Pilotballonaufstiegen zur Beobachtung

gelangt, sind zum größten Teil die Folgeprodukte von Zusammenstößen einer aus dem Weltraum kommenden primären Komponente mit den Molekülen und Atomen der Erdatmosphäre.

Es ist in dieser Vortragsreihe schon mehrfach von den Partikeln dieser kosmischen Strahlung gesprochen worden, in der neben den Spaltprodukten von Atomzertrümmerungen alle Arten von Elementarteilchen auftreten, Protonen und Neutronen, positive und negative Elektronen, vor allem aber Mesonen der verschiedensten Massen. Im Zusammenhang mit unserem Thema interessiert nur die Frage nach der Natur und Herkunft der primären Strahlung. Daraüber glauben wir heute so viel sagen zu dürfen:

Über den ganzen Raum unseres Milchstraßensystems verteilt finden sich Elementarteilchen und Atombruchstücke mit Energien, wie sie nur bei Kernreaktionen auftreten können. Sie haben ihren Ursprung kaum in den gewöhnlichen Atomöfen, die im Innern der normalen Sterne der Energieerzeugung dienen, sondern entstammen wohl eher den außerordentlichen Ausbrüchen der Supernovae, die wir als das kosmische Analogon zu den irdischen Atombomben auffassen dürfen. Oder sie sind vielleicht die vagabundierenden Folgeprodukte von Prozessen, die sich bei der am Anfang unserer Welt stehenden Urexpllosion abgespielt haben.

Ob und welche Rolle für die Beschleunigung dieser Teilchen interstellare Magnetfelder spielen oder gespielt haben und ob solche Magnetfelder vielleicht dafür verantwortlich zu machen sind, daß die Teilchen der kosmischen Ultrastrahlung innerhalb der Milchstraßensysteme zusammengehalten werden, so daß z. B. keine Strahlung dieser Art aus dem Andromedanebel zu uns gelangen kann, sind noch offene Fragen, zu deren Beantwortung Beobachtung und Theorie ständig neues Material zusammentragen.

Zum Schluß gestatten Sie mir noch ein paar Worte zu dem jüngsten Kapitel unserer Geschichte, das eben erst

zu schreiben begonnen worden ist. Es heißt ‚Ultrakurzwellensender im Weltenraum‘. Daß Radiowellen von jenseits der Erde zu uns gelangen, weiß man seit 20 Jahren. Das ‚kosmische Rauschen‘, von dem man zunächst sprach, wurde dann nach Frequenzen analysiert, und man hat versucht, die Sender zu orten, von denen es kommt. Es zeigte sich, daß neben der von der Sonne herührenden Komponente auch eine aus der Gegend der Milchstraße kommende Komponente vorhanden ist. In der *Radio-Astronomie* entwickelte sich rasch in den letzten 10 Jahren ein ganz neuer Zweig der Astronomie, der in seiner Problemstellung und Methodik heute etwa an der Stelle hält, wo am Ende des 19. Jahrhunderts Herschel mit seinen großen optischen Spiegelteleskopen einsetzte.

Ein Glanzstück aus dieser neuesten Forschung möchte ich herausreisen, weil es so recht unmittelbar zur Anschauung bringt, welche Rolle das einzelne Atom für die Erforschung des Kosmos spielen kann. Das Wasserstoffatom besteht aus einem Kern und einem einzigen, diesen Kern umkreisenden Elektron. Dieses Elektron wiederum kann als Kreisel aufgefaßt werden, der sich um eine auf der Bahnebene senkrecht stehende Achse dreht. Offenbar bestehen nun zwei verschiedene Möglichkeiten für den Drehsinn dieses Elektronenkreisels: er kann im gleichen Sinn rotieren wie das Elektron in seiner Bahn umläuft, oder im entgegengesetzten Sinn. Diese beiden möglichen Zustände des Atoms haben etwas verschiedene Energie. Das hat zur Folge, daß, wenn das Elektron von der einen Lage in die andere umkippt, seinen Drehsinn umkehrt, das Atom die Energiedifferenz als elektromagnetische Welle aussendet. Das Wasserstoffatom wird zu einem UKW-Sender mit einer Frequenz von 1429 Megahertz, einer Wellenlänge von 21 cm entsprechend.

Ultrakurzwellen haben den Vorzug, daß sie Wolken durchdringen, die für sichtbares Licht völ'ig undurchlässig sind. So kommt es, daß die 21 cm-Welle des Wasserstoffatoms uns Kunde bringen kann aus Gegenden des Milch-

straßensystems, zu denen bisher der Zugang selbst für die größten Spiegelteleskope durch vorgelagerte Wolken kosmischen Staubes versperrt war. Jetzt können wir die Spiralarme unseres Milchstraßensystems vom Ort der Sonne aus bis auf die dem Zentrum gegenüberliegende Seite des Systems verfolgen. Die 21 cm-Welle ist zur Sonde geworden, mit der wir die größten Tiefen des Weltalls auszuloten vermögen.

Wir wollen uns die Folgen überlegen, die sich für die menschliche Gesellschaft und für den einzelnen Menschen aus der Atomforschung ergeben. — Anders ausgedrückt: wir wollen nach den historischen Konsequenzen unseres nun gewonnenen Wissens und Könnens im Atomgebiet fragen. Daß es sich dabei um eine ernste Sache, um eine gewaltige Verantwortung handelt, empfanden die Forscher vom ersten Tage an, empfand schon Otto Hahn, der Entdecker der Atomspaltung und empfinden auch heute fast alle und manche darunter sehr schwer, die ihre Lebensaufgabe in der Atomforschung sahen. Vielleicht konzentrierte sich dieses Gefühl des Schicksalhaften, Weltwandelnden am stärksten an jenem Frühmorgen, da in dem Üdland von Neu-Mexiko die erste Atombombe als entscheidendes Experiment zur Explosion gebracht wurde. Über diese Schicksalstunde der Menschheit gibt es eine authentische Darstellung, die im Auftrag des amerikanischen Kriegsamtes verfaßt wurde. Sie ist unter den Fachleuten als Smyth-Bericht weltbekannt und auch in deutscher Ausgabe im Verlag Ernst Reinhardt, Basel-München, erschienen. Lassen Sie mich aus dem Bericht einige Stellen zitieren, deren Formulierung unmittelbar unter dem Eindruck des Ereignisses zustande kam: »Der erfolgreiche Übertritt der Menschheit in ein neues Zeitalter, das Zeitalter des Atoms, wurde am 16. Juli 1945 vor den Augen einer gespannten Gruppe von namhaften Gelehrten und Militärs vollzogen, die in den Wüsten von Neu-Mexiko als Zeugen der ersten Schlußresultate ihres zwei Milliarden-Dollar-Aufwandes versammelt waren. Hier wurde morgens 5.30 Uhr die erste Atomexplosion von Menschenhand herbeigeführt, die überragende Leistung

der Kernphysik. Verfinsterter Himmel, starker Regenguß und Blitze unmittelbar bis 0 Uhr steigerten die Dramatik des Erlebnisses.«

»An einem Stahlturm befestigt, wurde eine revolutionäre Waffe, bestimmt, den Krieg, so wie wir ihn kennen, zu ändern oder aller Kriege Ende herbeizuführen, entladen mit einer Wucht, die den Eintritt der Menschheit in eine neue physikalische Welt ankündigte. Der Erfolg war größer als die optimistischsten Schätzungen vermutet hatten. Eine kleine Menge Materie, Erzeugnis einer Kette von riesigen speziell hierfür errichteten Industriewerken, war hergestellt, um die Energie des Weltalls zu befreien, die im Atom seit Anfang der Zeiten eingeschlossen war.«

»Die Zeitsignale: ‚noch 20 Minuten‘, ‚noch 15 Minuten‘ usf. erhöhten die Spannung zum Zerspringen, so daß die Gruppe im Kommandoraum den Atem anhielt, alle bittend mit der Intensität des Augenblicks, der immer in jedem Anwesenden lebendig bleiben wird.«

»Wir erreichten das Unbekannte und wir wußten nicht, was daraus entstehen würde. Es kann mit Sicherheit gesagt werden, daß die meisten der Anwesenden beteten — und zwar heißer beteten, als sie je zuvor gebetet hatten.«

»Nie hatte Menschenhand ein solch gewaltiges Kraftphänomen je vorher zur Verfügung gehabt. Die Lichteffekte spotteten der Beschreibung. Das ganze Land war erhellt von einem versengenden Licht, dessen Stärke viele Male größer war als die der Mittagssonne. Es leuchtete in goldenen, purpurnen, violetten, grauen und blauen Farben. Es erhellt jeden Gipfel, jede Spalte und jeden Felsgrat der nahegelegenen Gebirgskette mit einer Klarheit und Schönheit, die man nicht beschreiben kann. 30 Sekunden später kam zuerst die Explosion, der Luftdruck prallte hart gegen die Leute und Dinge, und dann folgte fast unmittelbar ein lautes, anhaltendes schauerliches Donnern wie eine Warnung vor dem Jüngsten Tag, das uns spüren ließ, daß wir winzige Wesen in blasphemischer Weise wagten, an die Kräfte zu röhren, die bis dahin dem Allmächtigen vorbehalten waren.«

stand trügerisch und endete in Empörung, Revolutionen, Umsturz, Kriegen und Jammer. Gesellschaftliche Wohlfahrt wird mehr und mehr zur unteilbaren Angelegenheit. Es gibt ein Gesetz der „rückstrahlenden Wohlfahrt“. Man kann es in der volkswirtschaftlichen Verkettung leicht sehen, weil hier zutage liegt, daß mit dem Niedergang eines Standes, eines Volkes auch seine Kaufkraft schwindet zum Schaden der anderen.

Da die Erde durch Naturwissenschaft und Technik klein geworden ist, da wir an einem Tag unsere Freunde auf der anderen Hemisphäre der Erde erreichen können, gleicht unser Planet einem Boarding-house, worin die Völker dicht beieinander Wohnung bezogen haben. Bricht ein Zimmerbrand aus in diesem Boarding-house „Erde“, dann konnte man früher sagen: was geht das uns an? Der da drüben mag selber löschen; wir wollen unsere Ruhe haben und gedenken nicht, „in innere Angelegenheiten“ des Nachbarn uns einzumischen. Nun, so sagte man auch in der Zeit zwischen den beiden Weltkriegen, als die Not schreie der Verfolgten aus allen Tyrannenländern schrecklich ertönten. Man wollte sie nicht hören. Es ist so: Menschen, die sich selbst für gut und redlich halten, pflegen ihre Ruhe zu lieben. Sie wollen nicht gerne gestört sein, sie wollen ihre Tagesgeschäfte weitermachen, und darum hören sie Rufe aus der Nachbarwohnung nicht gerne. Zwar diese Guten der Erde bejahen die Ideale, auch die der Nächstenliebe, die Berg-Predigt sogar, in Wort und Schrift, jedoch aus Nachbarwohnungen um Hilfe ange fleht, erklären sie sich recht oft verhindert, nach den Idealen opfernd zu handeln. Dann breitet sich der Zimmerbrand aus und es mag geschehen, daß das ganze Boarding-house „Erde“ in Flammen steht. Die Lösung kostet dann Opfer von so großem Ausmaß, daß Generationen daran zu tragen haben. Und vieles ist nie mehr gutzumachen.

Im Grunde ist hier die Frage Kains auf die Völker angewendet: »Soll ich denn meines Bruders Hüter sein?« Und die Antwort, die aus der Natur kommt, und die von der Technik heute dringender gegeben wird als je und

weise muß unsere kurze Zusammenfassung hinüberführen zur religiösen Lage unserer Gegenwart. Denn mit unüberstehlicher Gewalt stellen uns ja die neuen Entwicklungen vor die letzten, ernstesten Fragen menschlichen Daseins.

Betrachten wir also zunächst die naturwissenschaftliche Erkenntnislage: Im Beginn unseres Jahrhunderts bestand die Naturforschung aus einer Anzahl getrennter, wohl abgegrenzter Fächer. Neben der Physik stand die Chemie als selbständige Naturwissenschaft — beide hatten nur recht oberflächliche Berührung miteinander. Die Mineralogie war eine Wissenschaft für sich, die Astronomie hatte ebenfalls ihren eigenen, sauber abgegrenzten Bereich. Die biologischen Wissenschaften andererseits standen der Physik so fern, waren auch von der Chemie im Vergleich zu heute noch so wenig berührt, daß auch hier die klare Trennung verschiedener naturwissenschaftlicher Fachbereiche kaum verwischt worden war, obwohl andererseits schon gegen Ende des vorigen Jahrhunderts die Entwicklungslehre wenigstens innerhalb der Biologie mächtig darauf hingedrängt hatte, die Ergebnisse zoologischer und botanischer Forschung enger zu verbinden und sie mit der Paläontologie, der Lehre von den Versteinerungen, zu einem großen Ganzen zu verschmelzen.

Der auffälligste Zug, den wir schon bei einem flüchtigen Vergleich der heutigen, modernen Naturwissenschaft mit der des Jahrhundertanfangs erkennen, ist die umfassende Vereinigung früher getrennt gewesener Gebiete. Diese Vereinigung hat sich an vielen verschiedenen Stellen durchgesetzt. So gibt es beispielsweise heute eine große, einheitliche Wissenschaft, welche von den Vorgängen in den höheren Schichten der Atmosphäre handelt — vorwiegend handelt es sich dabei um solche Naturerscheinungen, von denen wir im Beginn des Jahrhunderts noch gar nichts ahnten. Zwar sind ja die Nordlichter als auffällige Erscheinungen der Polarnacht schon lange bekannt; aber erst in unserem Jahrhundert konnte ihr Zustandekommen wissenschaftlich verstanden wer-

den, und sie konnten in Zusammenhang gebracht werden mit jenen früher ganz unbemerkt gebliebenen Vorgängen in der hohen Atmosphäre, in der sogenannten Ionosphäre, von denen uns erst die Radartechnik Kunde verschafft hat.

Die moderne Entwicklung hat aber auch die seit langem durchgeführten Untersuchungen über die ständigen kleinen Schwankungen des Erdmagnetismus — die früher ein völlig isoliertes, in sich geschlossenes und für den Außenstehenden ganz langweilig erscheinendes Spezialgebiet waren — in überraschende Zusammenhänge mit der Ionosphären-Forschung, also mit der Erforschung höchster atmosphärischer Schichten, gebracht. Und außerdem hat man erkannt, daß Vorgänge auf der Sonne, wie die Sonnenflecken und was sonst noch dazu gehört, ständig einwirken auf unsere Ionosphäre, so daß heute gewisse praktisch höchst wichtige Arbeitsgebiete, vor allem den Funkverkehr im hohen Norden betreffend, ihre wissenschaftlichen Unterlagen aus der Astronomie, genauer aus der physikalischen Erforschung der Sonne beziehen.

Es ist also innerhalb der Naturwissenschaft ganz überflüssig, über die viel erörterten Gefahren eines übertriebenen Spezialistentums zu klagen: Die große Einheit der Natur bedingt, daß alle unsere in die Naturgeheimnisse eindringenden Forschungswege sich wieder treffen. Wenn wir uns ehrlich und nachdrücklich bemühen, in irgend einem naturwissenschaftlichen Problem vorwärts zu kommen, in die Tiefe zu dringen, so finden wir uns ganz von selbst zusammen mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen, die zunächst vielleicht in ganz andere Richtungen strebten. Es ist aber kein Zufall, daß dieses große Zusammenfinden der verschiedensten Zweige oder Wege der Naturforschung gerade in unserer Zeit so eindrucksvoll zustande gekommen ist — daß gerade in unserer Zeit die innere Einheit der Naturerscheinungen und Naturgesetze so großartig sichtbar geworden ist. Es beruht dies eben darauf, daß in unserem Jahrhundert die Atome entdeckt worden sind. Daß es sowas überhaupt gibt — daß die Materie nicht bis ins unendlich Kleine teilbar

trale zusehen: Für ihre eigenen Forschungsaufgaben war es ganz gleichgültig, ob die Materie letzten Endes aus Atomen bestehe oder nicht, denn auch die allerkleinsten Strukturteile, welche der Biologe damals in seinen Objekten noch erkennen konnte, waren so riesig im Vergleich mit Atomen, daß eine Berührung zwischen Biologie und Atomphysik ganz außerhalb des Denkbaren zu liegen schien.

Aber inzwischen ist die Biologie auf breiter Front immer tiefer in die Geheimnisse der Organismen und ihres Feinbaus eingedrungen — mit immer schärferen Instrumenten, wie schließlich insbesondere auch mit dem Elektronenmikroskop, hat sie jene feinsten Strukturen noch innerhalb der einzelnen Zellen zu erforschen gestrebt, die man kennen lernen muß, wenn man das rätselhaft-wunderbare Funktionieren der Lebensvorgänge wissenschaftlich verstehen möchte. Dabei ist aber die Biologie in unserer Zeit schon weitgehend auf den letzten Grund gestoßen: Die feinsten organischen Strukturelemente sind schon nichts anderes mehr, als gewisse große (freilich sehr große) Moleküle.

So schließt sich der Ring: Auch die Biologie verbündet sich mit der Atomphysik und Molekularphysik.

Diese moderne Verknüpfung von Biologie und Atomphysik ist aber nicht nur im fachwissenschaftlichen Sinne bedeutungsvoll — sie ergibt Folgerungen, die uns auf weitere Zusammenhänge hinweisen. Erinnern wir uns jetzt an die geistesgeschichtliche Lage, in der wir uns befinden und in der uns die neuen naturwissenschaftlichen Erkenntnisse überrascht haben.

Als am Ende des vorigen Jahrhunderts die biologische Entwicklungslehre sich wissenschaftlich endgültig durchgesetzt hatte, da wurde diese Durchsetzung weithin nicht nur als ein fachwissenschaftliches Ereignis, sondern auch als eine weltanschaulich bedeutungsvolle Wende in der Geschichte menschlichen Denkens betrachtet. Sowohl die Anhänger als auch die Gegner der Entwicklungs- und Abstammungslehre empfanden einen schroffen Gegen-

daß also auch der lebende Mensch gewissermaßen eine nur durch Kompliziertheit ausgezeichnete Maschine sei, ist gerade die Grundbehauptung der materialistischen Philosophie mit ihrer Verneinung sowohl der menschlichen Freiheit als auch der Macht des Schöpfers.

Als nun die biologische Entwicklungslehre in umfassendster Weise die Überzeugung unterstützte, daß alles Geschehen naturgesetzliches Geschehen sei — daß auch die Entstehung der organischen Arten, einschließlich des Menschen, ein erforschbarer, weil naturgesetzlich verlaufener Vorgang gewesen sei, da mußte dies als ein überwältigender Triumph der materialistischen Weltanschauung erscheinen: Historische Tatsache ist ja, daß die europäische Irreligiosität ihre gewaltige Ausbreitung gerade auf Grund der *Darwin-Haeckelschen* Lehren erreicht hat.

Hier setzen nun die überraschenden Ergebnisse der Atomforschung ein, die gerade deshalb von so revolutionierender Bedeutung sind, weil hier eine ganz andere Form, ein ganz anderer Typ von Naturgesetzmäßigkeit zutage gekommen ist: Zum ersten Male in der Geschichte des menschlichen Denkens können wir unterscheiden zwischen Naturgesetzmäßigkeit und mechanischem Zwang: Der mechanische Zwang, der einen Uhrwerksmäßigen Ablauf erzwingt, ist zwar eine der in der Wirklichkeit vorkommenden Formen von Naturgesetzmäßigkeit; aber es gibt außerdem auch wesentlich andere Formen und Gestalten von Naturgesetzmäßigkeit. In der Welt der wirklichen Atome, wie sie in unserem Jahrhundert durch modernste Experimentierkunst als Realitäten entdeckt worden sind, in dieser Welt der Atome herrscht eine andere Gesetzmäßigkeit: Nämlich eine statistische Naturgesetzmäßigkeit.

Betrachten wir als Beispiel ein Radium-Präparat, sagen wir: Ein Milligramm Radium. Dieses Radium ist bekanntlich in einer allmählichen Umwandlung begriffen — nach und nach zerfallen seine Atome, verwandeln sich in andere. Der künftige zeitliche Verlauf dieses fortschreitenden Zerfalls ist naturgesetzmäßig zwangsläufig vor-

ausbestimmt — gerade nach 1580 Jahren wird nur noch die Hälfte von diesem Milligramm übrig geblieben sein.

Aber die hier erkennbare strenge Vorausbestimmung ist in Wahrheit nur eine statistische Vorausbestimmung: Das ganze Milligramm Radium, dieses ungeheuer große Kollektiv zahlloser Radium-Atome, unterliegt zwar einer genauen Vorherbestimmung seiner Weiterentwicklung. Greifen wir jedoch aus dem Kollektiv ein einzelnes Individuum heraus — und die heutigen Atomphysiker sind wirklich imstande, Experimente an einzelnen Atomen zu machen — dann finden wir keineswegs eine genaue Vorausbestimmung, dann finden wir im Gegen teil, daß die hier waltende Naturgesetzmäßigkeit dem zukünftigen Geschehen einen offenen Spielraum läßt.

Sie legt nämlich für das einzelne, das individuelle Atom keineswegs fest, wann es einmal zerfallen wird — das ist gar nicht im voraus entschieden. Sondern diese eigentümliche neuartige Naturgesetzmäßigkeit, die wir hier antreffen, schreibt nur für das Kollektiv, für den Durchschnitt großer Mengen, ein ganz bestimmtes statistisches Verhalten vor — dem Einzelfall sind keine festen Bindungen auferlegt; nur Wahrscheinlichkeiten für den Ausfall der Einzelreaktion sind gesetzmäßig vorgeschrieben.

Vor dem Hintergrunde dieser merkwürdigen physikalischen Ergebnisse zeigt sich nun auch die tiefe Bedeutung der Tatsache, daß die Biologie ihrerseits in der schon erörterten Weise gewissermaßen in der Atomphysik und Molekularphysik gelandet ist. Indem sie dahin kam, in den feinsten Strukturelementen der Organismen nichts anderes zu erkennen, als einzelne Moleküle, muß sie die Folgerung ziehen, daß die Reaktionsweisen der Organismen, wenn man sie bis in ihre letzten Feinheiten verfolgt, ebenfalls jenen Spielraum des Unvorhersehbaren zeigen, den die Physik bei den Atomen gefunden hat. Obwohl der Vergleich eines lebenden Organismus mit einer komplizierten Maschinenanlage sicherlich in erheblichem Maße seine Berechtigung hat, so ist dieser Vergleich doch verurteilt, zu scheitern, sobald wir uns nicht mehr mit einer

Betrachtung der größeren Verhältnisse begnügen, sondern in die feinsten Einzelheiten hinunter dringen: Da zeigt sich also, daß das Lebensgetriebe keineswegs mehr ein maschinenmäßig ablaufendes, an mechanische Zwangsläufigkeit unentrinnbar gebundenes Geschehen ist. Sonst handelt es sich um ein Zusammenspiel vielfältiger Einzelentscheidungen, vielfältiger Kleinreaktionen, die immer wieder Gebrauch machen von den ihnen durch die nur statistische Bindung des atomaren Naturgeschehens offen gelassenen Spielräumen.

Dabei ist es aber so, — und hier liegt nun der entscheidende Unterschied zwischen organisch-biologischen Abläufen und rein anorganischem Naturgeschehen — daß im organischen Lebensgeschehen immer wieder die wichtigsten Entscheidungen abhängen von ganz winzigen Vorgängen äußerster Feinheit. Wenn beispielsweise in einer Keimzelle eine Veränderung der Erbmasse eintritt, eine sogenannte Mutation, so handelt es sich um einen Vorgang von molekularer Feinheit. Aber gerade diese winzige Veränderung ergibt Folgewirkungen, durch welche hernach ganze Individuen und ganze Generationen verändert werden können.

So sehen wir also auch das biologische Erscheinungsgebiet durchwaltet von jener andersartigen Naturgesetzmäßigkeit, die wir erst vor Kurzem kennen gelernt haben. Solange man nur jene engere Form von Naturgesetzmäßigkeit kannte, die Demokrits Lehre dem menschlichen Denken eingehämmert hat, solange mußte man glauben, daß auch in der Biologie der Nachweis von Naturgesetzmäßigkeit gleichbedeutend wäre mit dem Nachweis von Mechanik, von uhrwerksmäßigem Zwang, von lückenloser Vorausbestimmung in einem maschinenmäßigen Ablauf der Vorgänge. Nachdem wir die neue, erweiterte Form von Naturgesetzmäßigkeit kennen gelernt haben, die statistische Naturgesetzmäßigkeit, können wir den naturgesetzlichen Charakter der Lebenserscheinungen behaupten, ohne deswegen zu behaupten, daß ein Organismus eine Maschine sei.

Die Wendung, die sich hier vollzogen hat, kann ganz schlicht bezeichnet werden als eine naturwissenschaftliche Widerlegung der Grundvorstellungen der materialistischen Naturphilosophie. Der Materialismus, der im Beginn des Jahrhunderts nicht nur für Haedekel, sondern auch für die Gegner Haedekels als ein Verbündeter der Naturwissenschaft erschien, wird nunmehr durch die Tatsachen der Naturforschung, nämlich der Atomphysik und der an die Atomphysik herangerückten Biologie, endgültig als ein Irrtum erwiesen.

Die Auswirkungen dieser Erkenntnisse werden Zeit nötig haben, bevor sie zu einem festen Bestandteil des europäischen Denkens werden. Auch die Prüfung ihrer über fachwissenschaftliche Begrenzung weit hinaus reichenden Bedeutung — die Prüfung ihrer Beziehungen zu Philosophie und Weltanschauung — wird die eindringliche Denkarbeit einer ganzen Generation erfordern. Sicher ist aber schon heute, daß hier eine der bedeutsamsten geistesgeschichtlichen Wandlungen eingeleitet ist.

Natürlich wäre es falsch, wenn wir ganz plump sagen wollten: Nachdem jene Behauptungen widerlegt worden sind, aus denen heraus der Materialismus seine Ableitung der Seele, der Willensfreiheit und des Schöpfers ableitete, da können wir nun umgekehrt die Seele, die Willensfreiheit, den Schöpfer als naturwissenschaftlich bewiesen ansehen. Das zu meinen wäre ein Fehlschluß. Die richtige Wertung wird zunächst einmal die Negation, die Widerlegung der materialistischen Auffassung in den Vordergrund stellen müssen — was daraus weiter zu folgern ist, wird erst im Laufe der Zeit in vielseitiger Durchdenkung und Durcharbeitung der Probleme zu klären sein.

Der allgemeine Zug unserer Zeit geht aber zweifellos auf eine neue Stärkung und neue Verinnerlichung religiösen Glaubens. Diese Entwicklung ist aus verschiedenen Quellen entsprungen, und die Betrachtung ihrer geschichtlichen Bedingtheiten gehört nicht mehr zum Thema meines Vortrages. Aber die naturwissenschaftliche Entwicklung unseres Jahrhunderts ist dabei, die Hindernisse hin-

KIENLE: Wir haben uns heute hier zusammengefunden zu einem abschließenden Gespräch zwischen zwei Vertretern der Naturwissenschaften, die in dieser Vortragsreihe bereits zu Wort gekommen sind, und einem Theologen, mit dem wir die Folgerungen ziehen wollen aus dem, was bisher zu dem Thema *Vom Atom zum Welt- system* gesagt worden ist. Ich möchte damit beginnen, daß ich kurz die Ergebnisse der rein naturwissenschaftlichen Analyse zusammenfasse, wie ich sie selbst in meinem Beitrag formuliert habe: Wir glauben heute ein physikalisches Weltbild zu besitzen, das die Möglichkeit in sich schließt, das Geschehen in der ganzen materiellen Welt — im Makrokosmos — abzuleiten aus dem Geschehen in deren kleinsten Bereichen — im Mikrokosmos des Atomaren.

Um die daraus resultierende weltanschauliche Konzeption zu charakterisieren, ist es vielleicht ganz nützlich, eine historische Parallele zu ziehen zu der Situation um die Wende des 18. zum 19. Jahrhundert, wo die auf das Newtonsche Gravitationsgesetz gegründete Mechanik des Himmels ihre höchste Vollendung erlebte. Als damals Laplace sein großes Werk über Himmelsmechanik Napoleon überreichte, soll dieser ihn gefragt haben, wo denn in dem darin entworfenen Weltbild noch Platz sei für Gott, und Laplace soll auf diese Frage die stolze Antwort gegeben haben: »Sire, je n'ai pas besoin de cette hypothèse.«

Der Grundgedanke des mechanischen Weltbildes der Aufklärung ist der einer völligen Determiniertheit der Zukunft durch die in der Gegenwart gegebenen Bedin-

gungen. Sind in einem mechanischen System die Lagen und Geschwindigkeiten aller Massenpunkte für einen einzigen Zeitpunkt bekannt, dann lassen sich daraus die Zustände des Systems für alle Zeiten nach vorwärts und rückwärts, für Zukunft und Vergangenheit berechnen. Wenn wir nun heute die ganze Welt aufbauen aus ihren kleinsten Bestandteilen, Sterne und Sternsysteme zusammensetzen aus Protonen, Neutronen, Elektronen und Energiequanten, dann kann man das im Sinne des dialektischen Materialismus als letzte Vollendung des Programms der Aufklärung auffassen und kann etwa formulieren: Es gibt keine Erscheinung, kein Geschehen in der Welt, einschließlich des biologischen und sogar des Geistigen, das nicht zurückgeführt werden könnte auf das Spiel der Elementarteilchen der Materie und der Energie. Von hier aus wäre dann, so scheint mir, zunächst der Theologe zu fragen, wie er sich zu diesen letzten Konsequenzen stellt. Gibt es ein eigenes Weltbild der Theologie, das dem der Naturwissenschaften gegenübergestellt werden kann? Wenn ja, bestehen zwischen diesen beiden Weltbildern Gegensätze oder lassen sie sich vereinigen? Kann man aus den Ergebnissen naturwissenschaftlicher Forschung ‚Beweise‘ für oder gegen die Existenz Gottes ableiten, wie das doch immer wieder versucht wird? Wenn heute die Astronomen glauben, einen eindeutigen ‚Anfang‘ der Welt setzen zu müssen, den sie auf Grund übereinstimmender Folgerungen aus kosmischen Beobachtungen in die Zeit vor etwa 5 Milliarden Jahre zurück verlegen, scheint für manchen damit eine neue Stütze gegeben für den Glauben an einen einmaligen göttlichen Schöpfungsakt. Was meinen Sie dazu, Herr Thielicke?

THIELICKE: Zunächst ist das, was Sie, Herr Kienle, von Laplace erzählt haben, ein überaus fruchtbare Punkt für unseren Einstieg. Es ist — wenn ich das einmal so ausdrücken darf — ein Urtrieb des Wissenschaftlers, die Ganzheit des Universums in möglichst konsequenter Geschlossenheit zu erfassen und auf möglichst einfache For-

kalisch Möglichen geschieht oder vom chemisch Möglichen, das wählt in seinem Bereich eben dieses Geheimnis, das wir Leben nennen, selber aus. Es bildet sich kein biologischer Bau, etwa ein biologisches Makromolekül, viel weniger noch ein Organismus, nur physikalisch. Er ist physikalisch möglich, aber ohne Steuerung durch das Geheimnis Leben erfüllt er sich nicht. Hier wirkt eine dirigierende, überlegene Kraft. Das Offensein der unbelebten Natur für Wirklichkeiten anderer Art macht, daß sie eingreifen, steuern können, so daß das gänzlich Unwahrscheinliche regelmäßig geschieht. Das ist im Leben der Fall. Der Aufbau eines Eiweißmoleküls ist, rein physikalisch gesehen, eine grenzenlose Unwahrscheinlichkeit. Er würde, wenn man es statistisch rechnet, in unzähligen Billionen Jahren nicht einmal geschehen. Aber im Leben geschieht er als Regel, weil das Leben das Physikalische steuern kann.

Und ebenso ist es mit dem Geist. Der Geist wird bei uns Menschen von organischen Gebilden getragen. Er ist davon abhängig. Erlöschen die organischen Untergründe, so versagt auch die geistige Funktion. Aber umgekehrt regiert der Geist mit einer Fülle von Macht das Biologische. Man weiß heute auch in der Medizin und in der Biologie ganz allgemein, daß vom Geist her auf den Ablauf des Biologischen starke Einflüsse kommen, und daß ein Mensch von großer Willenskraft und heller Geistigkeit in mancher Krankheit bessere Chancen zur Heilung hat als einer, dem diese Gaben nicht gewährt sind.

KIENLE: Darf ich da gleich einmal dazwischen fragen, Herr Dessauer? Sie würden also den Gedanken ablehnen, daß man das, was sie 'Geist' nennen, zurückführen könne auf das Spiel von Nukleonen, Atomen und Molekülen? Sie wissen ja, daß es im Bereich des dialektischen Materialismus verboten ist, von Geist oder Seele überhaupt zu reden. Seele gibt es nicht.

DESSAUER: Diese Verbote sind Fehler, die wir in der Wissenschaftshistorie oft finden: das *Nur* ist sozusagen

der Fluch der Philosophien gewesen. Jedes System, das sie aufgebaut haben, enthält eine Wahrheit, einen richtigen Aspekt. Aber die Philosophen haben zu allen Zeiten gemeint, wenn sie ein Ei gelegt haben, das sei das Weltei, und wollten alles daraus entstehen lassen und anderes verneinen. Den Geist zu leugnen mit physikalischen Begründungen ist nach der heutigen Auffassung wohl aller abendländischen Denker unerträglich.

Nun lassen Sie mich zur Verbindung von dem, was Herr Kollege Kienle und Herr Kollege Thielicke vorhin sagten, noch einen Gedanken einfügen. Man kann das, was wir in diesen Vorträgen boten, auch einen Blick auf den Aufbau der menschlichen Umwelt nennen. Sie wissen Ja, Umweltforschung ist aktuell, seit Baron von Uxküll dafür als Pionier tätig war. Pflanze, Tier und Mensch haben ihre Umwelt. Pflanze und Tier sind in ihrer Umwelt gebannt, fixiert, und können sehr wenig daran ändern. Aber der Mensch baut sich seine Umwelt selber auf. Wie macht er das? Einmal dadurch, daß er erkennen kann. Der Forscher ist ja auf Schauen, auf Ergründen bedacht, er nimmt die Belehrung von der Wirklichkeit her, er kann dem kosmischen Bestand kein Jota hinzufügen. Erkennen, Forschen, Entdecken ist Anpassung des menschlichen Geistes an die sich offenbarenden Natur. Und der Bruder des Forschers, der Techniker, baut daraus sofort gestaltend in die Schöpfung neue machtragende Gebilde. Mikroskope, Fernrohre, drahtlose Sender, Flugzeuge, heilsame Arzneien und tausend andere Dinge, die die Schöpfung bereichern. Zwischen diesen Objekten leben wir. Jetzt, durch die Entdeckung der Atomenergie und der daraus gewonnenen Möglichkeiten, die sich in Fülle bieten, entfaltet sich diese menschliche Umwelt, die der Mensch selber gestaltet, ein gewaltiges Stück empor. Ich sage ausdrücklich empor. Denn immer handelt es sich um eine Vermählung des Geistes mit dem Stofflichen. Der Weltmensch baut vermöge des Befehls der Genesis, die Natur untertanig zu machen, einen Metakosmos durch Vermählung von Geist und Ma-

terie, und lebt in ihm. Seit 60 Jahren ist mehr entdeckt und erfunden worden als in allen Jahrtausenden der menschlichen Geschichte. Eine laute Sprache aus dem Kosmos spricht da zu uns. Auch von unserer Jugend wird das gespürt. Wer die Jugend beachtet, weiß, daß sie darin zum Teil Beglückung, aber zum Teil auch Gefährdung erfährt, und nicht mehr weiß, wo ist der Sinn? Wohin wandelt der Mensch seine Umwelt? Ist da eine providentielle Führung oder kommt diese neue Macht aus dem Düsteren und mündet wieder in das Düstere? Das ist das eigentliche Problem. Der Nihilistische Existentialismus gibt eine traurige Antwort von der Sinnlosigkeit menschlichen Daseins. Forscher sind meist nicht geneigt, dieser Antwort zu vertrauen. Denn sie wissen, daß auf ihre Fragen, die sie an die Natur oder den Schöpfer stellen, Antwort kommt, daß sie also nicht ihre Not vergebens in die kosmische Halle hinausrufen. Sie finden, daß es Halt gibt für ausgestreckte Hände, und daß viel Hilfe aus dem Kosmos kommt. Die Forscher sind auf Lauschen und Spähen eingestellt, auf das was die Natur selbst sagt, oder, wie Newton es aussprach, was der Schöpfer selbst sagt. Darum möchte ich jetzt dem Theologen wieder das Wort reichen, damit er uns aus seiner Schau mehr hinzufügt. Wir können ihm nur sagen, die physikalische Welt, so groß sie sich erwies, so gewaltig sie uns jetzt anschaut, ist offen und harrt der regierenden Einflüsse aus dem bios und aus der ratio, und fügt sich ihnen.

THIELICKE: Sie haben zwei Stichworte gebraucht, Herr Kollege Dessauer, die mir sehr fruchtbar zu sein scheinen, um ein Gespräch zwischen Theologie und Naturwissenschaft hier einzusetzen zu lassen. Das eine Stichwort ist, daß Sie im Anschluß an Uxküll davon sprachen, daß der Mensch oder daß das Tier fixiert sei durch seine Umwelt, sich also nicht von seiner Umwelt distanzieren könne. Sie haben nun gleichsam — so haben Sie es wohl gemeint, wenn ich Sie recht verstanden habe — auf ein Gegenextrem hingewiesen, wie es der Existentialismus um-

hang mit dem, was Herr Kienle sagte, sprachen. Mir wird das immer besonders deutlich an einem biologischen Beispiel, nämlich an dem der Sexualität. Das Tier ist ja auch in seinem Triebrythmus fixiert. Es gibt etwa die Brunstzeiten, in denen der animalische Sexus sich in automatischen Triebhandlungen entlädt. Schon daß der Mensch in diesem Sinne keine Brunstperioden kennt, scheint mir ein biologisches Symbol dafür zu sein, daß die Natur den Menschen an einer anderen Stelle des Universums ansiedelt. Für ihn ist der Sexus niemals da, ohne Gegenstand einer Entscheidung zu sein, ohne also den Bereich einer Determination durch Reize und durch Reagieren-müssen zu transzendieren.

Dieser Gedanke, der zunächst nur als biologischer Hinweis auftaucht, ist nun sofort durch die weitere Erwägung zu vertiefen, daß der Sexus als Bios-Bereich im menschlichen Leben grundsätzlich und niemals Selbstzweck sein kann. Es geht vielmehr um Folgendes: Das Leben vollzieht sich in dauernden Begegnungen mit anderen Menschen. Diese Ich-Du-Bezüge realisieren sich niemals im luftleeren Raum, sondern sie sind immer dadurch bestimmt, daß jedes der beiden Individuen, wie Jaspers sagen würde, „in Situation ist“. Beide sind bestimmten Bildungsstufen, einer bestimmten Zeit, bestimmten Lebensaltern und unter allen Umständen auch einem der beiden Geschlechter zugeordnet. In diesem Zusammenhange ist also die sexuelle Ebene, die Bios-Ebene nur eine, wenn auch besonders hervorragende Ebene, auf der diese Begegnung erfolgt, auf der die beiden sich fördern oder aneinander schuldig werden, auf der die beiden sich weiterbringen oder aneinander scheitern. Das ist wieder ein solcher Hinweis darauf, daß im Umkreis des Humanen eine andere Dimension in den Bereich des Bios hineinragt, und daß also eine bloß biologische Betrachtung des Sexus das Geheimnis menschlicher Geschlechtlichkeit überhaupt nicht zur Erscheinung bringen kann. Das scheint mir ein wesentlicher Hinweis darauf zu sein, daß der Mensch in seinem Wesen überhaupt faßbar ist in

tung erwartet und kultiviert werden. Darin liegt auch Begründung und Sinn für den Selbstaufbau der menschlichen Umwelt.

THIELICKE: Was die Ausgliederung des Menschen aus seiner Umwelt anbelangt, die Herr Kienle erwähnte, so möchte ich dem selbstverständlich zustimmen, nur nicht in dem Sinne, als ob der Mensch gleichsam zusammenhanglos darüber schwebte. Herr Dessauer hat soeben schon gezeigt, daß der Zusammenhang von Physik und Biologie nicht so ist, als käme innerhalb der Biologie als einer höheren Sphäre etwas völlig Neues hinzu, sondern daß physikalische Möglichkeiten nur nach Prinzipien gesteuert werden, über die die Physik selbst nicht verfügt. Es werden also mit anderen Worten nur Möglichkeiten, die in der Physik angelegt sind, in Anspruch genommen. Und entsprechend kann man natürlich auch sagen oder muß man sogar sagen, daß alles, was der Mensch tut — niemals etwas ist, was ‚gegen‘ die Natur getan wird, sondern was natürliche Möglichkeiten in verantwortlicher Steuerung ausnutzt. Darum ist das neu Hinzukommende, also das die Physik und dann auch die Biologie Transzenderende eigentlich immer ein Steuerungs-Prinzip. So könnte man es vielleicht sagen. Das wäre eine gewisse Analogie innerhalb des Universums. Das ist theologisch auch insofern wichtig, als ja im christlichen Schöpfungsgedanken verankert liegt, daß die Beziehung des Menschen zu Gott sich niemals auf eine Beziehung bloßer Geister beschränkt, sondern daß der Schöpfer einfach dadurch, daß er die Welt aus seinen Händen entläßt, zugleich auch dem Leiblichen, dem Organischen, aber auch dem Anorganischen jene Auszeichnung der Geschöpflichkeit verleiht. Es ist charakteristisch, wie dieser Gedanke sich in ganz kindlicher Schlichtheit durch das Evangelium hindurchzieht: wenn etwa im Vaterunser um das tägliche Brot gebeten wird, wenn das Weihnachtswunder von dem ‚fleischgewordenen Wort‘ spricht, oder wenn in der Auferstehung die Rede von einem ‚geistlichen Leib‘ ist.

Immer ist die Gesamtheit des menschlichen Daseins in Leib, Seele, Geist und Körper als Ganzes umgriffen. Damit ist gleichsam das Leibliche geheiligt. Es wäre demnach völlig falsch, wenn man meinen würde, daß das Christentum einfach eine Art Vergeistigung wolle, daß es ihm sozusagen um einen letzten Überbau über dem Anorganisch-Physikalischen und dem Biologisch-Organischen ginge. Das, was wir christlich mit dem die Welt Transzenderenden meinen, ist als ‚Gott‘ und ist als ‚Ewigkeit‘ wohl mehr und anders als die an Raum und Zeit gebundene Welt. Aber nicht im Sinne eines ‚Darüber‘ oder einer ‚Ausklammerung‘, sondern so, daß die geschöpfliche Welt in allen ihren Wirklichkeitsschichten, nicht nur in den geistigen und sittlichen, sondern auch in den organischen und anorganischen Bereichen nach Grund, Ziel und Sinn von diesem Transzenderenden umgriffen wird.

Vielleicht daß von daher auch ein Licht fällt auf die Frage von Herrn Kollegen Kienle, wann sozusagen der Mensch ‚anfängt‘. Damit ist ja angespielt auf die Kontinuität der Entwicklung. Ich finde es auch als Theologe überaus rührend, wie man früher gelegentlich, um das Privileg der humanitas ja festzuhalten, das Geheimnis des Menschen in den Lücken dieser Kontinuität ansiedeln wollte, und wie man sich über jeden Knochen freute, der noch fehlte und ein Löchlein für jede Ansiedlung offen ließ. Ich würde meinen, daß diese Intention wohl verstanden werden kann, daß sie aber sachlich nichts beträgt und sozusagen das Thema verfehlt. Die Kontinuität zwischen Mensch und Tier ist im Entwicklungs-Prozeß niemals unterbrochen. Das würde mit in den von uns dreien ganz einmütig geäußerten Gedanken hineinpassen, daß im humanen Bereich nichts passiert, was gegen die Natur ist. Die Kontinuität ist also nicht unterbrochen. Dennoch entsteht eben einmal genau wie im individuellen Leben der Augenblick, wo Verantwortung aufklingt oder wo ein Kind nicht mehr von sich in der dritten Person spricht. »Hänschen hat Zucker gestohlen«, sondern »Ich habe.« Und dieser Augenblick, in dem das Wort ‚Ich‘

auftaucht, ist der Augenblick, wo jene Distanzierung gegenüber der Umwelt erfolgt und wo ich erfahre, daß ich nicht mehr fixiert bin. Solange Hänschen sagt, »Hänschen hat gestohlen« meint er, das Schleckermäulchen in mir hat das gemacht oder der Trieb nach Süßigkeiten hat den Griff nach der Zuckerdose als automatische Triebhandlung provoziert. Hänschen ist dann nur ein Opfer dieses Triebes, Hänschen ist ein Triebbündel. Das aber kann Hänschen gerade nicht mehr sagen, wenn er in der ersten Person zu reden beginnt.

Das, was mit dieser Ausklammerung des Ich aus der Fixierung durch die Umwelt zum Ausdruck gebracht ist, ist ein Zeichen für den Eintritt in eine andere Dimension, in der ich angesprochen bin und mich verantworten muß. In biblischen Worten heißt dieses Angesprochensein: »Ich habe dich bei deinem Namen gerufen«, oder mit den Worten der Sündenfallgeschichte: »Adam, wo bist Du?« Das ist der Hinweis darauf, daß jetzt sozusagen jene andere Dimension akut geworden ist. Es ist aber wirklich eine andere Dimension und nicht eine Unterbrechung der Entwicklungs-Kontinuität, anlässlich der man die Diastase von Tierisch-Vormenschlichem und Menschlichem und damit das Privileg der humanitas sozusagen objektiv konstatieren könnte, auf der also der Naturwissenschaftler mit dem Schöpfungswunder konfrontiert wäre und es konzedieren müßte. Das ist einfach eine falsche Fragestellung.

KIENLE: Hier muß ich Ihnen doch noch einen kleinen Knüppel zwischen die Beine werfen, Herr Thielicke. Vorhin haben wir gefragt: Wo fängt der Mensch, das ‚Mensch-Sein‘ an? Jetzt frage ich Sie: Wie stellen Sie sich zu der Möglichkeit, daß es noch andere bewohnte Welten außer der Erde gibt? Wir müssen doch heute mit sehr großer Wahrscheinlichkeit damit rechnen, daß unser Planetensystem nicht das einzige System dieser Art in der ganzen Welt ist, sondern daß es noch viele Millionen anderer Sonnen gibt, um die Planeten kreisen. Und der Gedanke

listischen Denken anheim gefallenen Scharen der in naturwissenschaftlichen und technischen Berufen tätigen Menschen wieder zu gewinnen für die einheitliche Größe christlicher Schau, in der das Göttliche überall aufleuchtet, nicht nur in der Historie, nicht nur in der persönlichen Begegnung in der dunklen Kammer der Seele, sondern auch in den großen Werken des Schöpfers. Wenn das gelänge, dann würden die naturverbundenen Berufe an Würde gewinnen, die darin Schaffenden würden die Verantwortlichkeit ihrer Berufe deutlicher spüren. Das aber ist wichtig, weil die Macht der Technik auch eine Gefahr ist für das Menschengeschlecht. Und die Jugend könnte guten Mutes das große Ja zum Schicksal sprechen. Die Liebe zum Schicksal, auch zum harten irdischen Schicksal, das Ja zur Zeit, sind Voraussetzungen dafür, daß man mit Einsatz der Persönlichkeit an seiner eigenen und der kommenden Zeit mitbauen kann.

THIELICKE: Wenn Sie das, Herr Kollege Dessauer, so sagen, dann ist das natürlich sehr eindrucksvoll, schon, weil Ihr Blick dabei auf der Jugend ruht, der Sie gleichsam das Schicksal des Atheismus erspart sehen möchten. Auf der anderen Seite würde ich doch folgenden Gedanken einzuwenden wagen. Sie sagten, daß in den letzten 60 Jahren eigentlich in besonders deutlicher Weise das Schöpfungsgeheimnis von den Naturwissenschaftlern entdeckt worden sei. Nun, das ist in dieser Form, finde ich, ein problematischer Satz. Obwohl wir Theologen hier über eine Spezialterminologie verfügen, möchte ich meinen Einwand doch an Worte anschließen, die in unserem Gespräch schon angeklungen sind. Sie brachten Ihrerseits zum Ausdruck, daß man niemals von der unteren Seins-Schicht auf die höhere in berechnender Weise schließen könne. Das heißt, Sie haben gesagt, Herr Dessauer, daß man von den physikalischen Möglichkeiten hier niemals die biologischen errechnen könne, weil man eben den Schlüssel für die Steuerungsgrößen kennen müsse, die einem nur die Biologie selbst gebe. Nun könnte ich sagen,

möglich, überhaupt den Gedanken zu diskutieren, daß die Welt endlich sei oder angefangen habe, oder stellt man an die Spitze die Behauptung: die Welt ist ewig und unendlich, es gibt nur Materie. Die Entscheidung kann jeder für sich treffen, aber sie darf nicht vorher getroffen werden, um nachher auf dieser Basis Naturwissenschaft zu treiben. Vielleicht darf ich hier ein Wort anführen, das mir sehr eindrucksvoll geblieben ist, die Äußerung einer jungen russischen Studentin nämlich. Es war während des Krieges, als sie zu uns nach Potsdam kam und es eine sehr lange Diskussion gab über Grundlagen des dialektischen Materialismus und das Gespräch schließlich endete mit dem Ausspruch dieser Studentin »Vergessen Sie nicht, wir haben an die Stelle Gottes die Arbeit gesetzt.«

THIELICKE: Ich glaube, damit haben wir die uns gemeinsamen Fragen im wesentlichen umschritten, und gerade das zuletzt Gesagte ist sicher ein guter und entscheidender Schlußpunkt. Wenn es Ihnen recht ist, dann darf ich ganz frei meinen Eindruck von dem, was bei unserem Gespräch herausgekommen ist, zum Ausdruck bringen. Zunächst ist von uns in jeweils verschiedener Begrifflichkeit, aber doch in erstaunlicher Ähnlichkeit zum Ausdruck gebracht worden, wie die Bereiche der Physik, der Biologie und auch der Theologie in je eigenen Dimensionen angesiedelt sind; nicht so, als ob es hier jeweils um eine völlige Exklusivität ginge; vielmehr stießen wir ja immer wieder auf eine Verklammerung. Und besonders den Gedanken, daß im Bereich des Bios nichts geschieht, was in der Physik unmöglich wäre, daß das Leben vielmehr nur die Steuerungsmöglichkeiten zur Verfügung stellt, und daß dasselbe auch von der theologischen Ebene gilt: diesen Gedanken fand ich überaus fruchtbar und hilfreich. Vor allem deshalb, weil er die Möglichkeit gibt, in intellektueller Redlichkeit ein glaubender Mensch zu sein. Denn es hat zweifellos die Christen, soweit sie im Kraftfeld von Laplace standen, außerordentlich bedrängt, sich sagen lassen und dann auch — in tragischer Überwälti-