

## **Physikalisches Wissen und physikalisches Nichtwissen \*)**

Jedes Jubiläum pflegen wir nicht nur zu feiern, sondern auch als einen Anlaß zu nehmen, über unsern Weg in Vergangenheit und Zukunft nachzudenken. Deshalb möchte ich auch in diesem Vortrag Ihre Blicke auf den Weg unserer wissenschaftlichen Forschungsarbeit lenken, auf ihren wesentlichen Inhalt und ihr letztes Ziel. Eine solche Frage der Besinnung nach dem Wesen unserer Aufgabe scheint mir heute besonders angebracht zu sein, denn wir treten ja in diesen Tagen zum erstenmal wieder nach langer Pause mit dem Namen Universität vor die Öffentlichkeit und sollten uns daher fragen, ob wir es mit innerem Recht tun.

Wenn Sie heute oder morgen einige unserer Institute besichtigen und dabei die Mitglieder der Naturwissenschaftlichen Fakultät nach ihrer Arbeit fragen, so wird die Gesamtheit der Antworten auf Sie gewiß sehr verwirrend wirken. Da wird Ihnen der eine vielleicht etwas berichten über die Blühhormone der Pflanzen, der zweite etwas über das Kristallwachstum, der dritte spricht von Gruppentheorie, der vierte von der Physiologie der Schwämme. Im nächsten Institut hören Sie etwas über den Szintillationszähler oder über Ferromagnetismus, im übernächsten über das metallische Titan oder organische Tellurverbindungen, und so geht das weiter. Muß man nicht fragen: Hat alle diese einzelne Forschungsarbeit wirklich noch ein Ziel und einen gemeinsamen Inhalt?

Nun, ich glaube, das ist tatsächlich der Fall, und dieser innere Zusammenhang wird sofort deutlich werden, wenn Sie die Frage nach der Forschungsarbeit etwas anders wenden. Fragen Sie etwa den Wissenschaftler, der sich mit dem Blühen der Pflanzen beschäftigt, warum denn eine Pflanze in einem gewissen Wachstumsstadium zu blühen beginnt, so wird er ausführen, daß in diesem Augenblick eine bestimmte chemische Substanz verbraucht ist und dadurch die Blütenbildung ausgelöst wird. Bei anderen, ähnlich gerichteten Fragen nach der Ursache irgendeines biologischen Geschehens werden Sie vermutlich hören, daß wir das heute noch nicht wissen, uns aber intensiv um die Aufklärung der entsprechenden chemischen und physikalischen Vorgänge bemühen. Eines der Ziele der modernen Biologie ist es demnach ohne Zweifel, alle biologischen Vorgänge auf die Gesetze der Chemie und Physik zurückzuführen.

Wenn Sie entsprechend einen Chemiker fragen, warum denn die von ihm untersuchten Verbindungen sich gerade so verhalten, wie er es festgestellt hat, so wird er wahrscheinlich in ähnlicher

---

\*) Festvortrag anläßlich des Universitäts-Jubiläums, gehalten vor der Naturwissenschaftlichen Fakultät am 5. Juli 1957.

Weise die Frage weitergeben und sagen: Das hängt irgendwie mit der Struktur der beteiligten Atome zusammen und kann Ihnen vielleicht vom Physiker beantwortet werden. Und in der Tat, in einigen wenigen Fällen kann der Physiker heute wirklich die chemischen Eigenschaften der Atome aus den Gesetzen der Atomphysik und den Eigenschaften der Atombausteine, der Elektronen und Atomkerne herleiten. In den meisten Fällen kann er es noch nicht, aber es besteht durchaus die Hoffnung, daß es demnächst gelingen wird. Dazu müssen nur einige sehr umfangreiche mathematischen Aufgaben gelöst werden, was unter Mitarbeit der Mathematiker mit Hilfe der modernen Großrechenanlagen wahrscheinlich möglich ist.

Diese Beispiele mögen genügen, um darzulegen, daß alle diese naturwissenschaftlichen Einzeluntersuchungen Teilarbeiten zur Errichtung eines großen gedanklichen Bauwerks sind, welches wir in der Regel als das physikalische Weltbild bezeichnen. Die Grundlage und der ungefähre Umriß dieses Bauwerks sind bereits erkennbar: Wir hoffen, daß wir letzten Endes alle physikalischen, chemischen und biologischen Erscheinungen mittelbar oder unmittelbar erklären können, ableiten können aus den Grundgesetzen der Atomphysik und der Lage und den Bewegungen der Atombausteine in den betrachteten Körpern.

Ich bitte Sie um Ihr menschliches Verständnis, wenn ich dieses Weltbild als das große und gemeinsame Ziel aller naturwissenschaftlichen Forschungsarbeit vor Ihre Augen hinstelle, aber es erfüllt mich als Physiker natürlich mit einem gewissen Stolz, zu wissen, daß darin die Physik — oder genauer die Atomphysik — die Grundlage bildet, auf der alles aufgebaut werden soll. Alle weiteren, näher liegenden Ziele und Zwecke der naturwissenschaftlichen Forschungsarbeit sind darin enthalten. Wenn wir die Gesetze und Zusammenhänge des physikalischen Weltbildes überblicken, liegen insbesondere die Möglichkeiten zu ihrer technischen Ausnutzung meist auf der Hand, und kennen wir sie nicht, so ist jedes Erfinden und technische Entwickeln ein Tappen im Dunkeln.

Dieser Sachverhalt, daß die Physik die Grundlage aller Naturwissenschaften ist, ist den heutigen Physikern völlig selbstverständlich. Wir sind nur immer wieder erstaunt, wie viele Menschen es noch gibt, die sich gebildet nennen und davon keine Ahnung haben. Andererseits ist es aber auch damit so wie sonst im Leben: Wer den Ruhm hat, trägt die Last. Alle Naturwissenschaftler können hoffen, daß die von ihnen untersuchten Erscheinungen eine Erklärung finden, d. h. daß sie selber, oder andere Wissenschaftler nach ihnen, diese Erscheinungen einmal zurückführen können auf die umfassenderen Gesetze einer tieferen Schicht in diesem Gedankenbauwerk, dem physikalischen Weltbild. Der Physiker, der die allgemein gültigen Gesetze der Atomphysik zu erkennen sucht, kann das nicht. Ihm ist unausweichlich die Frage nach der letzten Grundlage alles unseres Wissens von der Natur gestellt. Daher

haben sich auch seit mehr als 100 Jahren viele Physiker um diese Grundlagenfrage bemüht. Das Ergebnis dieser Bemühungen ist überraschend einfach — und erschreckend dürftig. Es lautet nämlich:

Alle unsere Naturgesetze beruhen auf Beobachtungen und Erfahrungen und besagen weiter nichts, als daß wir ihre Gültigkeit oft festgestellt haben. Es gibt keinen Beweis irgendeines grundlegenden Naturgesetzes. Wenn wir Physiker von irgendeinem Gesetz sagen, es sei allgemein gültig, so heißt das nicht, daß wir das beweisen könnten, sondern daß uns keine Ausnahme und keine Grenze seiner Gültigkeit bekannt ist. Im Prinzip sind wir aber immer darauf gefaßt, demnächst eine solche Ausnahme oder eine solche Gültigkeitsgrenze zu finden.

Das war im Grundsatz den Physikern schon am Ende des vorigen Jahrhunderts bekannt. Trotzdem waren aber damals die meisten Physiker der Überzeugung, die Grundgesetze der Natur in endgültiger Form erkannt zu haben. Heute wundern wir uns nur, wie man so voreilig sein konnte, denn die Entwicklung der Atomphysik nötigte uns, gründlich umzulernen. Von allen Naturgesetzen, die man im vorigen Jahrhundert für allgemein gültig hielt, hat sich nur ein einziges auch noch für das Innere der Atome bewährt, und das ist das Doppelgesetz von der Erhaltung der Energie und des Impulses. Alle anderen Gesetze der Mechanik, Elektrodynamik, Optik und Wärmelehre sind für einzelne Atombauusteine entweder ungültig oder lauten ganz anders, als man das im vorigen Jahrhundert auf Grund der Erfahrungen an makroskopischen Körpern glaubte.

Deshalb ist die Atomphysik so schwer. Sie ist eben so ganz andersartig als alles Gewohnte. Deshalb müssen wir heute bei einem Durchschnittsphysiker im Abschlußexamen zufrieden sein, wenn er nur das ABC der neuen Sprache der Atomphysik beherrscht, und selbst wir Dozenten der Physik müssen uns in Diskussionen ab und zu noch einmal die Grundregeln dieser Quantenmechanik aufsagen, damit wir mit unseren Gedanken nicht in die Irre gehen. Die Vokabeln dieser neuen Sprache für das Atominnere entstammen der Mathematik. Die Mathematik allein vermag zwar als reine Geisteswissenschaft nichts über die Natur auszusagen. Aber in den Händen der Naturwissenschaftler hat sich die Mathematik immer wieder und zuletzt in der Atomphysik als das große geistige Hilfsmittel zur Ordnung der Naturerscheinungen und Auffindung der Naturgesetze erwiesen, und ohne ihre Hilfe würde die Atomphysik heute wohl noch in den Kinderschuhen stecken.

Wegen der Schwierigkeit der mathematischen Sprache der Atomphysik will ich hier nicht versuchen, Ihnen mehr Einzelheiten darüber zu berichten. Hier möchte ich einen anderen Gedanken verfolgen, der mir für den Aufbau unseres physikalischen Weltbildes von großer Bedeutung zu sein scheint und auch erst durch

die Atomphysik in aller Deutlichkeit vor unser Bewußtsein getreten ist.

Da die Naturgesetze nur Aussagen über wiederholt bestätigte Erfahrungen sind, gibt es eine natürliche Grenze für die Möglichkeit, Naturgesetze zu erkennen. Diese Grenze liegt da, wo entweder keine Regelmäßigkeiten mehr zu beobachten sind oder wo ein Vorgang betrachtet wird, der nur einmal abgelaufen ist und keine Möglichkeit bietet, ihn experimentierend unter veränderten Bedingungen zu wiederholen.

Ich möchte das an drei einfachen Beispielen erläutern. Das erste Beispiel ist der radioaktive Zerfall. Wenn man z. B. eine bestimmte Menge Radium beobachtet, findet man, daß innerhalb verschiedener gleich großer Zeitintervalle immer derselbe Bruchteil der anfangs vorhandenen Radiumatome zerfällt und dabei ein  $\alpha$ -Teilchen aussendet. Aus der Häufigkeit der Zerfallsprozesse berechnet man, daß nach 1580 Jahren das Radium zur Hälfte zerfallen sein würde. Die Gesetze, nach denen dieser Zerfall abläuft, sind gut bekannt und haben sich bei allen radioaktiven Prozessen aufs beste bewährt, so daß wir an ihrer Allgemeingültigkeit nicht zweifeln.

Wenn wir nun aber ein einzelnes Radiumatom betrachten und fragen, wann dieses ein Atom zerfallen wird, so geben diese Gesetze keinerlei Auskunft darüber. Ja, noch mehr, wenn die Gesetze der Quantenmechanik, die wir heute für allgemein gültig halten, wirklich richtig sind, dann kann ein Kenntnis darüber niemals erworben werden. Natürlich kann ich hier nicht ableiten, wie eine solche negative Aussage aus diesen Gesetzen gefolgert werden kann, aber ich will es wenigstens in grober Weise plausibel machen. Wenn man wissen will, wann das  $\alpha$ -Teilchen aus dem betrachteten Radiumkern herausfliegen wird, so müßte man versuchen, seine Bewegung vorauszuberechnen. Dazu ist aber mindestens notwendig, daß man erst einmal seine Anfangslage und Anfangsgeschwindigkeit feststellt. Das ist aber unmöglich. Wenn man nämlich von irgendeinem Gegenstand seine Lage feststellen will, so muß man doch mindestens hinsehen, d. h. man muß das Licht, welches von ihm gestreut wird, mit dem Auge oder einem anderen optischen Instrument auffangen. Bei einem  $\alpha$ -Teilchen in einem Radiumkern müßte man aber seine Lage mindestens auf einen Bruchteil eines Atomkerndurchmessers genau ermitteln, und dazu genügt wegen der Welleneigenschaften des Lichtes das sichtbare Licht nicht. Man müßte sehr kurzwelliges Röntgenlicht benutzen. Dieses aber hat nach den Gesetzen der Quantenmechanik eine so grobe Struktur, daß es bei einer Streuung an einem  $\alpha$ -Teilchen diesen aus dem Atomkern herausschleudern würde. Damit aber erübrigt sich die Frage, wann der Atomkern zerfallen wird, denn bei dem Versuch, die zur Vorausberechnung nötigen Daten zu messen, wird der Kern künstlich zertrümmert.

Diese Darstellung der Verhältnisse ist zwar etwas stark schematisiert, enthält aber noch immer den einen wesentlichen Punkt: Es ist nicht so, daß nur unsere mangelnde Kenntnis von der Struktur

eines Radiumkerns die Antwort auf die Frage nach seinem Zerfallsmoment unmöglich macht, sondern unsere Naturgesetze enthalten die Aussage, daß eine dafür ausreichende Kenntnis von der Struktur des Atomkerns niemals erworben werden kann. Es handelt sich nicht um ein „Noch-nicht-wissen“, sondern um ein „Nicht-wissen-können“. Wenn es in Zukunft auf irgendeinem Wege doch noch möglich werden sollte, einen gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen dem augenblicklichen Zustand eines Radiumkerns und seinem zukünftigen Zerfallsmoment herzustellen, so müssen einige der Naturgesetze, die wir heute wegen ihrer häufigen Bestätigung an der Erfahrung für allgemein gültig halten, falsch sein. Die Unmöglichkeit, ein solches Naturgesetz aufzustellen, ist also eine ebenso sichere Aussage wie alle anderen physikalischen Aussagen auch, denn sie folgt aus einer Verallgemeinerung von Erfahrungstatsachen.

Wenn wir also die Naturerscheinungen sortieren nach unserm Wissen von ihnen, so müssen wir drei Gruppen unterscheiden: 1. Solche Erscheinungen, deren Gesetze wir kennen und damit in unser physikalisches Weltbild eingeordnet haben. 2. Solche Erscheinungen, deren Gesetze wir noch nicht kennen, aber doch zu erforschen hoffen, und dazu gehört offenbar der größte Teil der Naturerscheinungen. 3. Solche Erscheinungen, von denen wir auf Grund der bereits erkannten Naturgesetze jetzt schon sagen können, daß sie sich nicht in unser physikalisches Weltbild einordnen lassen, weil ihre Gesetze nicht erkennbar sind, und zu diesen Erscheinungen gehört der Zerfall eines einzelnen radioaktiven Atoms. Das Ziel unserer naturwissenschaftlichen Forschung kann also nicht sein, alle Naturerscheinungen naturgesetzlich zu ordnen, sondern nur, das Gebiet unseres Wissens und das Gebiet des Nichtwissens, des Nichterkennbaren auszudehnen und das dazwischenliegende Gebiet des noch Unbekannten zu vermindern.

Die Existenz einer solchen naturgesetzlich bestimmten Grenze unseres Wissens von der Natur ist erstmalig in der Atomphysik in aller Deutlichkeit erkannt worden. Sie ist dort eine der Folgerungen aus dem Unbestimmtheitsprinzip von Heisenberg. Tatsächlich hätte man aber das Vorhandensein einer solchen Grenze auch schon früher bemerken können. Das möchte ich an zwei weiteren Beispielen erläutern, die nicht aus der Atomphysik entnommen sind. Betrachten wir den Vorgang der Kondensation in einem übersättigten Dampf, also z. B. die Bildung von Wassertropfen in staubfreiem übersättigtem Wasserdampf, wie sie in jeder Wilsonkammer beobachtet werden kann. Solch ein Tropfen kann sich nur in der Weise bilden, daß zunächst zwei Dampfmoleküle zusammenstoßen. Bevor sie wieder auseinanderfliegen, muß ein drittes Molekül dazustoßen. Bevor eines von diesen wieder davonfliegt, muß ein viertes auftreffen usw., bis ein großer Tropfen entstanden ist. Die ersten Schritte dieses Vorganges sind aber sehr unwahrscheinlich. Meist fliegen zwei Dampfmoleküle nach einem Zusammenstoß wieder auseinander, bevor sie ein drittes trifft, und

meist fliegt von drei miteinander verbundenen Molekülen eines fort, bevor sich ein viertes dazufindet. Die mittlere Häufigkeit dieser Prozesse kann man mit den Methoden der statistischen Mechanik berechnen und findet dabei, daß unter den Bedingungen, die in der Wilsonkammer bei beginnender Kondensation vorzuliegen pflegen, nur etwa jeder  $10^{30}$ ste Zusammenstoß von zwei Dampfmolekülen zur Bildung eines Tropfens führt.

Nun beachte man aber, daß bereits die Entstehung eines solchen Tropfens tiefgreifende Wirkungen im ganzen Gasraum hervorrufen kann, denn an seiner Oberfläche kann der Dampf ungehindert kondensieren, und wenn nicht die Wände des Gefäßes schon vorher sich störend bemerkbar gemacht haben, genügt die Entstehung eines Tropfens, um im ganzen Dampfraum den übersättigten Zustand zum Verschwinden zu bringen. Es ist daher sinnvoll, auch hier — ähnlich wie vorhin beim radioaktiven Zerfall — nach den Gesetzen für den Einzelfall zu fragen: Ist es möglich, etwa durch eine genaue Messung des Zustandes des übersättigten Dampfes anzugeben, ob ein bestimmter Zusammenstoß von zwei Dampfmolekülen zur Bildung eines Tropfens führt oder nicht? Im Prinzip müßte das möglich sein. Man müßte dazu nur die Lagen und Geschwindigkeiten aller Dampfmoleküle messen und ihre Bahnen alle durchrechnen. Wenn ich aber sage, „nur“ das sei nötig, so ist das scherzhaft gemeint. Ich habe einmal überschlagen, wieviel Zahlenwerte man messen müßte, um für die Moleküle eines Kubikzentimeters diese Aufgabe zu lösen. Es ergibt sich, daß man zum Aufschreiben dieser Zahlenwerte in normalem Druck etwa 100 Millionen mal so viel Bücher benötigen würde, als in unsern neugebauten großen Bibliotheksbunker hineingehen. Nur zum Vergleich: Alle bisher in der Welt von Physikern gemessenen Zahlenwerte lassen sich bei gleicher Druckweise etwa in einem normalen Bücherschrank unterbringen. Daher erübrigt es sich wohl, abzuschätzen, wieviel Physiker und Meßinstrumente nötig wären, um alle diese Daten in der notwendigen kurzen Zeit zu messen, und wieviel Rechenmaschinen, um diesen Zahlenwust zur Lösung der gestellten Aufgabe zu verarbeiten. Es ist völlig klar: Die Lösung dieser Aufgabe übersteigt jetzt und in aller absehbaren Zukunft bei weitem alle menschlichen Möglichkeiten. Es ist also für Menschen unmöglich, einen gesetzmäßigen Zusammenhang herzustellen zwischen dem momentanen Zustand eines übersättigten Dampfes und dem genauen Zeitpunkt und Ort der Entstehung eines irgendwie ausgezeichneten Flüssigkeitstropfens. Wir können zwar auf Grund der Untersuchung einzelner Moleküle vermuten, daß ein solcher Zusammenhang vorhanden sein müßte, aber den Nachweis, daß dabei wirklich nur die bekannten Moleküleigenschaften wesentlich sind und keine weiteren, bisher unbekanntten Kräfte, können wir nicht erbringen. In diesem Falle sind — zum Unterschied vom radioaktiven Zerfall — nicht allein die Eigenschaften der Atombausteine die Ursache für diese Unmöglichkeit,

sondern auch die Begrenztheit der menschlichen Möglichkeiten, also eine andere Naturgegebenheit.

Das gleiche gilt auch für das dritte Beispiel, nämlich das Planetensystem. Seit Kepler wissen wir, daß alle Planeten und Planetoiden sich auf Ellipsen bewegen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht. Nun gibt es aber unendlich viele solche Ellipsen. Ist es denkbar, daß etwa nach irgendwelchen noch unbekanntem Naturgesetzen nur einige von diesen als Planetenbahnen in Frage kommen? Vor einigen Jahren hörte ich auf einer Physikertagung einen Vortrag, in dem das behauptet wurde. Der Vortrag hinterließ bei den Zuhörern ein deutliches Gefühl des Unbehagens. Ein älterer Kollege brachte das meisterhaft zum Ausdruck und erklärte, er glaube nicht an die Richtigkeit der vorgetragenen Theorie, er glaube vielmehr, daß sich die beobachteten Planetenbahnen vor Jahrmilliarden zufällig gerade so eingestellt hätten und auch beliebig anders gestaltet sein könnten, wenn bei der Entstehung des Planetensystems die kosmischen Gasmassen anders verteilt gewesen wären.

Ohne Zweifel ist das die übliche Auffassung der Physiker. Aber ebenso klar ist, daß wir sie eigentlich nicht begründen können. Bei Anwendung auf die Bewegung der Elektronen um den Atomkern wäre diese selbe Ansicht sicher falsch. Wie man die Elektronen in einem Atom auch immer anstößt, nach einer gewissen Zeit, der sogenannten Abklingzeit, gehen sie in bestimmte, ausgezeichnete Zustände über, und andere Bewegungszustände sind nach dieser Zeit nicht mehr möglich. Ob dasselbe auch bei den Planeten der Fall ist, können wir nicht feststellen, denn wir können nicht das Planetensystem in wiederholten Experimenten in verschiedene Anfangszustände versetzen und dann jedesmal eine Milliarde Jahre abwarten, was daraus wird. — Glücklicherweise können wir das nicht, denn die meisten Anfangszustände würden für uns Menschen zu einer Katastrophe führen. — Auch hier haben wir es mit einer Frage zu tun, deren Beantwortung im Rahmen der physikalisch-naturwissenschaftlichen Forschung des Menschen unmöglich ist. Es gibt keine einwandfrei begründete Antwort auf die Frage, wie das Planetensystem bei abgeänderten Entstehungsbedingungen aussehen würde, weil dieses Planetensystem nur einmal unter ganz bestimmten einmaligen Bedingungen entstanden ist und von uns in keinen anderen Zustand versetzt werden kann.

Vielleicht werden Sie sagen, das sind alles müßige Gedanken-spielereien, und in der Tat, ich weiß auch keinen praktischen Grund, weshalb wir uns für die möglichen anderen Planetenbahnen interessieren sollten oder für den genauen Zeitpunkt der Entstehung eines Flüssigkeitströpfchens in einem übersättigten Dampf oder denjenigen des Zerfalls eines einzelnen radioaktiven Atoms. Diese drei Einzelbeispiele markieren aber drei Punkte der Grenze unserer naturwissenschaftlichen Erkenntnismöglichkeiten, und das Wissen um das Vorhandensein einer solchen Grenze scheint mir für unsere geistige Einstellung zur Natur sehr wesentlich zu sein.

Es ist wichtig für das Verständnis der geistigen Vorgänge in unserer Zeit, wenn man weiß, daß im dialektischen Materialismus das Bestehen einer solchen Grenze der Erkenntnismöglichkeit mit allen Mitteln der Polemik bestritten wird.

Für eine Universität wie die unsere, an der die naturwissenschaftlich-biologische Forschungsrichtung besonders gepflegt werden soll, muß es auch wichtig sein zu sehen, daß diese Erkenntnisgrenze wesentlich in die biologische Forschungsarbeit einschneidet. Gewisse biologische Erscheinungen lassen sich deshalb nicht durch Zurückführung auf physikalische und chemische Gesetze vollständig erklären. Besonders deutlich scheint mir das bei der Frage nach der Entstehung der verschiedenen Arten im Tierreich zu sein. Das möchte ich an einem für uns besonders wichtigen Beispiel erläutern, nämlich an der Entstehung des Menschen. Nach heutiger Auffassung soll sich vor etwa 25 Millionen Jahren eine Gruppe von Tieren, die man als die Proconsulinen bezeichnet, in mehrere Arten aufgespalten haben. Die meisten von diesen Tierarten sind ausgestorben, andere haben sich zu den heutigen Menschenaffen entwickelt und eine zu dem heutigen Menschen. Wir kennen diesen Entwicklungsprozeß bisher nur sehr lückenhaft. Aber nehmen wir einmal an, die Anthropologie mache in nächster Zeit gewaltige Fortschritte und decke die gesamte Ahnenreihe des Menschen über 25 Millionen Jahre vollständig auf, und zwar einschließlich der wichtigsten körperlichen Merkmale und Lebensgewohnheiten aller Praehominiden. Dann wüßten wir wohl auch ziemlich genau, in welcher Reihenfolge und wie rasch aufeinander die verschiedenen Mutationen auftraten auf dem langen Entwicklungsweg vom Proconsul bis zum Menschen.

Aber trotzdem wüßten wir dann immer noch nichts über die allgemein gültigen Gesetze, die diesen Prozeß beherrschen, und daher auch nichts darüber, wie er nun weitergehen wird. Bitte, vergleichen Sie: Wenn Professor Frisch bei seinen interessanten Versuchen mit Bienen nur einmal eine Biene einige Stunden lang auf ihrem Zickzackflug verfolgt hätte, wüßte er fast nichts über das Verhalten der Bienen. Erst dadurch, daß er die Lebensbedingungen seiner Versuchsbienen systematisch veränderte und viele Bienen beobachtete, lernte er die bestimmenden Faktoren des Bienenfluges kennen, und nur dadurch wurde er in die Lage versetzt, etwas über das weitere Verhalten der Bienen auszusagen. Entsprechend gilt: Dadurch, daß wir nur den einmaligen Entwicklungsprozeß des Menschen genau kennenlernen unter den einmaligen Bedingungen, wie sie in den letzten 25 Millionen Jahren vorlagen, wissen wir fast nichts Allgemeingültiges über diesen Prozeß. Die Möglichkeit aber, diesen Prozeß unter veränderten Bedingungen mehrfach zu wiederholen, besteht ebenso wenig wie die eines Experiments mit dem Planetensystem.

Der direkte Weg zur Ermittlung der Gesetze für die Entwicklung der zoologischen Tierart Mensch ist uns also verschlossen. Für den indirekten Weg durch Untersuchung der physikalischen

und chemischen Ursachen der Mutationen gilt aber das gleiche. Wir könnten zwar allenfalls die Mutationsraten des Menschen in Abhängigkeit von der Stärke der radioaktiven Strahlung und allen möglichen sonstigen chemischen und physikalischen Einflüsse ermitteln — nur bitte, ich möchte solche Untersuchungen nicht im Ernst empfehlen, denn sie wären im höchsten Grade unmenschlich. Aber selbst, wenn wir solche Experimente ausführen würden, und wenn wir darüber hinaus die Stärke aller dieser Einflüsse auch in der Vergangenheit für die Praehominiden messen könnten, auch dann hätten wir noch nicht die Antwort auf die gestellte Frage. Denn unter günstigen Bedingungen kann ja bereits das Zerfallsprodukt eines radioaktiven Atoms eine Mutation bewirken. Dergleichen können Mutationen entstehen durch Umlagerungsprozesse an wenigen Atomen in einem Chromosom, und dabei liegen die Verhältnisse ähnlich wie bei dem Prozeß der Entstehung eines einzelnen Tröpfchens im übersättigten Dampf: Die erkennbaren Naturgesetze liefern für solche Einzelprozesse nur Wahrscheinlichkeitsaussagen.

Nun ist aber zu beachten, daß eine zufällige, günstige Kombination von einigen solchen Mutationen die Entwicklung der ganzen Art beeinflussen kann. Wenn sich nämlich nur bei einem Rudel oder einer Großfamilie von Praehominiden eine merkliche vererbare Überlegenheit im Lebenskampf mit ihren Nachbarn herausgebildet hat, wird diese Familie und ihre Nachkommenschaft die anderen aus den günstigsten Lebensräumen verdrängen, sie wird sich schneller vermehren, und wenn die anderen nicht eine Nische finden — so sagen die Abstammungsforscher — eine Nische ihres Lebensraumes, in der sich ihre besonderen Eigentümlichkeiten für sie günstig und lebenserhaltend auswirken, werden die anderen vom Erdboden verschwinden. Ähnlich wie die Entstehung eines Wassertropfens im ganzen Dampf den übersättigten Zustand zum Verschwinden bringt, kann eine günstige Kombination von Mutationen die Eigenschaften der ganzen Art verändern. Darüber, ob das eintritt und wann und wie, darüber können wir selbst bei vollständiger Kenntnis aller überhaupt erkennbaren Naturgesetze und Zustandsgrößen nur eine Wahrscheinlichkeitsaussage machen. Hier aber muß ich nun unsern kürzlich verstorbenen letzten Dekan Professor Ullrich zitieren, welcher vor zwei Jahren in diesem Raum über Biomathematik sprach und uns dabei so eindrucklich am Beispiel seiner Familie demonstrierte: Die Wahrscheinlichkeitsrechnung sagt nichts über den Einzelfall. Selbst bei vollständiger Kenntnis aller überhaupt erkennbaren Naturgesetze wissen wir daher immer noch nichts darüber, warum im Einzelfall der zoologischen Art Mensch gerade solche Wesen entstanden sind, wie wir es sind, und warum nicht eine andere Tierart zu anderer Zeit diese beherrschende Überlegenheit erworben hat.

Ich würde das als Nichtfachmann auf diesem Gebiet nicht mit solcher Sicherheit hier aussprechen, wenn es nicht auch die Ansicht anerkannter Fachleute wäre. Besonders deutlich schreibt das Lud-

wig in dem von Heberer im Jahre 1954 herausgegebenen Handbuch über die Evolution der Organismen: „Hätte es vor 1½ Milliarden Jahren, als das Leben auf unserer Erde seinen Anfang nahm, nicht eine, sondern eine Million Erden gegeben, im gleichen physikalischen Zustand, auf denen das Leben in völlig gleicher Weise begann und die sich fortan in der gleichen kosmischen Umwelt befanden, so würde das heutige Bild des Lebendigen auf diesen Erden ganz verschieden aussehen. Wenn die selektionistische Erklärung der Evolution zutrifft, dann wäre das, was auf unserer Erde entstanden ist, ein weitgehend zufälliges Produkt, ein kleiner Ausschnitt aus dem Gesamtmöglichen, das unter gleichen Anfangsbedingungen hätte entstehen können.“ Mit den Worten dieses Vortrages ausgedrückt heißt dasselbe: Die Frage, warum die Menschen, die Tiere und Pflanzen auf dieser Erde gerade die Gestalt haben, die wir vorfinden, findet in dem Gedankengebäude, das wir auf den erkennbaren physikalischen Gesetzen aufbauen können, keine Antwort.

Daraus ergibt sich, wie ich bereits erwähnte, die Unmöglichkeit, eine Voraussage über die weitere Entwicklung der Arten und den Zeitpunkt der Entstehung neuer Arten zu machen. Auch dieser Gedanke findet sich in der Literatur und kommt besonders klar zum Ausdruck in dem bekannten Büchlein „Die nächste Millionen Jahre“ von Darwin, dem Enkel des berühmten Charles Darwin. Wegen dieser Unmöglichkeit beschränkt nämlich dieser Verfasser seine kühne Zukunftsschau auf eine Million Jahre, denn er meint, über eine solche Zeit hinweg könnte man allenfalls mit einer Konstanz der Arten rechnen. Unter der Annahme, daß auch das mittlere Verhalten der Menschen in einem solchen Zeitraum unverändert bleibt, wagt er daher eine Prognose, wie sich im Mittel das Geschick der Menschen gestalten wird. Das ist ohne Zweifel ein interessanter und lesenswerter Versuch. Ich frage aber: Ist er sinnvoll? Offensichtlich hat Herr Darwin übersehen, daß die Unmöglichkeit, die Entstehung neuer Arten naturgesetzlich zu erfassen, nur ein Sonderfall einer allgemeinen Grenze für das Erkennen von Naturgesetzen ist. Wir können allgemein keine Naturgesetze aufstellen und daher auch keine Prognosen geben für Erscheinungen, bei denen wesentliche Bedingungen nur ein einziges Mal verwirklicht waren und voraussichtlich nicht wiederkehren werden. Für die meisten Verhaltensweisen der Tiere sind, soweit wir das wissen, die in ihren Erbanlagen verankerten Eigenschaften und Instinkte allein wesentlich. Für das Verhalten des Menschen sind aber offensichtlich auch noch andere Faktoren bestimmend, und diese ändern sich z. T. rascher als die vererbbaaren Eigenschaften einer Art. Also, weil sich die Art des Menschen von der der Tiere wesentlich unterscheidet, weil wir Menschen keine Tierart, sondern Menschen sind, daher ist meiner Meinung nach eine solche Vorausschau über sein mittleres Verhalten in einem Jahrmillion völlig unsinnig und nur möglich, wenn man wesentliche Eigenarten unseres Menschentums übersieht.

Betrachten wir — um das zu belegen — nur, wovon unser jetziges Verhalten abhängt. Wenn beispielsweise der Krieg in Korea bei uns wirtschaftliche Wirkungen auslöste, im Gegensatz zu ähnlichen Vorkommnissen vor 500 Jahren, so liegt das ohne Zweifel an dem Vorhandensein von Telefon und Radio. Wenn die Menschenzahl in Europa im letzten Jahrhundert so viel stärker anwuchs als früher und uns damit viele neue Probleme auferlegte, so liegt das an den Fortschritten der Medizin und der Verminderung der Geburtensterblichkeit. Wenn wir heute in Deutschland so viel mehr Menschen ernähren können als vor 100 Jahren, so verdanken wir das der Entwicklung der Chemie und der Möglichkeit zu Massentransporten über den Ozean. Daß es das alles gibt, liegt ohne Zweifel daran, daß im ausgehenden Mittelalter einige Männer eine neue Idee erfaßten, eben die moderne Idee des Naturgesetzes. Ich denke dabei an Männer wie Descartes, Galilei, Kopernikus, Newton u. a. Diese Männer begannen, systematisch fragend, die Regelmäßigkeiten in den Naturerscheinungen aufzusuchen. Sie wagten es, die an irdischen Versuchen gewonnenen Gesetze auf die Himmelskörper anzuwenden und schufen damit ein neues Weltbild. In Verfolgung der gleichen Idee wagten es spätere Generationen, die chemischen Gesetze der toten Materie auch auf lebende Organismen anzuwenden, und damit entstand die moderne Medizin und der Mineraldünger und alle damit zusammenhängenden Folgen. Dieselbe Idee aber ist es auch, welche die Physiker zur Aufklärung der Atomstruktur führte und damit zur Entdeckung der Atombombe und Atomenergie. Ohne diese Idee wäre die Menschheit wohl nie in die erschreckende Situation gekommen, in der unsere Generation zum erstenmal ist, daß wir nämlich mit Hilfe einiger Wasserstoffbomben mit Kobaltmantel die Menschheit auf der Erde vernichten können. Aber ebensowenig hätte die Menschheit die Möglichkeit, die sich jetzt schon sehr real vor unsern Augen abzeichnen beginnt — und wahrscheinlich in einigen Jahrzehnten verwirklicht sein wird —, nämlich die gewaltigen Energien der Wasserstoffbombe technisch auszuwerten. Dann können wir wirklich die Erde nach Belieben umgestalten, Meere zuschütten, Grönland abtauen, Wüsten bewässern und vieles andere.

Sie sehen also, das Schicksal der Menschen wird, zum Unterschied von dem der Tiere, nicht nur von den in ihrer Art liegenden Eigenschaften bestimmt, sondern auch von den Ideen, die die Völker in den verschiedenen Jahrhunderten beherrschen. Die Entstehung solcher leitenden Ideen aber ist ebenso wie die Entstehung neuer zoologischer Arten ein Vorgang, der sich der Einordnung in Naturgesetze entzieht, denn die Bedingungen, unter denen solche Ideen in den Köpfen einzelner großer Geister geboren werden und von ihren Völkern aufgegriffen oder verworfen werden, sind immer einmalig und wiederholen sich nicht. Darum aber meine ich auch, sollte unsere Generation, die zum erstenmal durch die Atomenergie so gewaltige neue Möglichkeiten in der Hand hat, besonders sorgfältig prüfen, welche Ideen uns und unsere Völker beherrschen.

denn davon — nicht allein von unseren naturwissenschaftlichen Kenntnissen — hängt es ab, ob die neuen Möglichkeiten uns zum Segen oder zum Fluch gedeihen werden.

Wenn ich in solcher Weise das Einmalige und Einzigartige unserer Kultur und der sie beherrschenden Ideen betone, so will ich damit nicht sagen, daß die Gedanken Spenglers von der Ähnlichkeit der Entwicklung verschiedener Kulturkreise völlig falsch seien. Im Gegenteil, ich meine, daß Spenglers Grundgedanke, die Kulturen wie menschliche Individuen zu betrachten, sehr lehrreich sein kann. Auch beim einzelnen Menschen ist es so wie bei den Völkern und Kulturen: Die Grenzen zwischen den Erscheinungen, die wir naturgesetzlich erfassen können, und denen, bei denen das nicht möglich ist, geht mitten hindurch durch die Fülle der Reaktionen und Verhaltensweisen. Ohne Zweifel gibt es bei jedem Menschen viele Reaktionen, bei denen die individuellen Unterschiede keine Rolle spielen, und wenn das nicht so wäre, gäbe es keine medizinische Wissenschaft. Es gibt andere Verhaltensweisen, bei denen die individuellen Unterschiede wohl eine Rolle spielen, aber nur so weit, wie wir diese durch Messungen oder Prüfungen am Menschen feststellen können. Das ist doch der Sinn aller unserer Prüfungen, Eignungsuntersuchungen und Intelligenzteste, einen Zusammenhang herzustellen zwischen dem augenblicklichen Zustand eines Menschen und seinem voraussichtlichen Verhalten gegenüber künftigen Aufgaben. Sicher können wir hier unsere Methoden noch sehr verbessern, aber ebenso sicher scheint es mir, daß dieses Verfahren nicht restlos aufgeht. Letzten Endes ist jeder Mensch nur einmal auf der Welt und läßt sich nicht ganz in Naturgesetze einordnen. Wenn man von dem Sonderfall eineiiger Zwillinge absieht, ist schon die Wahrscheinlichkeit, daß zwei Menschen die gleichen Erbanlagen haben, verschwindend klein. Nimmt man noch hinzu, daß das Verhalten eines Menschen außerdem abhängt von seinem Erleben, von den Ideen, die ihn erfüllen und vielem anderen, so ist klar, daß wir niemals genau werden sagen können, was sich aus einem Menschen noch entwickeln kann. Niemand von uns vermag zu sagen, ob er vielleicht nächstes Jahr einen schöpferischen Gedanken haben wird und ob dieser bei seinen Mitmenschen Resonanz haben wird oder unfruchtbar bleibt. Zugleich aber scheint mir deutlich zu sein: Wenn wir bestreiten, daß es eine Grenze gibt für die Möglichkeit, die Erscheinungen der Natur durch Naturgesetze zu ordnen, dann bestreiten wir implizit dem Menschen etwas von dem, was ihn erst wesentlich zum Menschen macht, wir bestreiten ihm die Möglichkeit, erstmalig neue Ideen zu haben, wir bestreiten ihm im Grunde damit seine geistige Freiheit. Dann aber steht drohend die Gefahr auf, daß uns der Mensch zur Arbeitskraft wird, zu einer durch Zeugnisse und Berechtigungsscheine abgestempelten Nummer, zu einem einsatzbereiten oder unbrauchbaren Objekt. Darum meine ich, sollten wir heute in dieser Zeit, wo die naturwissenschaftliche Forschung ungeheure Triumphe feiert, mit Leidenschaft darüber wachen, daß die Grundlagen und

die Grenzen dieser Forschung beachtet werden, denn wenn wir diese Grenzen übersehen, ist unser Menschentum bedroht. Wir graben uns selbst unser Grab, wenn in unseren Vorstellungen infolge naturwissenschaftlich-biologischer Forschung aus dem Menschen in seiner Einmaligkeit ein Produkt eines biologischen Prozesses wird.

Meine Damen und Herren, ich muß diese Gedankengänge hier abbrechen. Zu ihrer Vollendung fehlt mir nicht nur die Zeit. Solche Gedanken werden niemals wirklich wirksam, wenn nur ich allein sie denke, sondern nur, wenn jeder von uns sie für sein Fach und seinen Umgang mit den Mitmenschen immer wieder neu durchdenkt, und dazu wollte ich anregen. Nur eines möchte ich noch hinzufügen: Wenn ich in diesem Vortrag so oft von den Grenzen sprach, an denen die erkennbaren Naturgesetze aufhören, so meine ich damit nicht, daß jenseits dieser Grenzen keine Gesetze mehr existierten. Ich glaube vielmehr das genaue Gegenteil, aber ich weiß, daß ich damit über das hinausgehe, was ich als Wissenschaftler begründen kann. Aus meinem christlichen Glauben heraus bekenne ich mich aber zu der Ansicht, daß alles Geschehen in der Natur, ob wir seine Gesetze erkennen können oder nicht, von Gottes Hand geordnet ist. Ich glaube auch weiter, daß das Vorhandensein einer Grenze unserer naturwissenschaftlichen Erkenntnismöglichkeiten einen tiefen geistlichen Sinn hat. Mit unserer naturwissenschaftlichen Forschung erfüllen wir nämlich einen Auftrag Gottes, den wir auf den ersten Seiten der Bibel als Befehl Gottes an die ersten Menschen ausgedrückt finden in den Worten: „Machet Euch die Erde untertan. Herrschet über die Fische im Meer und die Vögel in der Luft und über alles Getier, das auf Erden lebt.“ Damit wir diesen seinen Auftrag zum Herrschen erfüllen können, hat Gott in die Natur seine Ordnung, seine Naturgesetze hineingelegt und uns die Möglichkeit gegeben, sie zu erkennen. Darum ist diese naturwissenschaftliche Forschungsarbeit so voller Herrlichkeit, weil Gottes Auftrag dahinter steht. Aber ebenso wie dieses Erkennen seine Grenzen hat, hat auch der Auftrag Gottes seine Grenzen. Es heißt in ihm nicht: Du, Mensch, mache Dir auch Deine Mitmenschen untertan. Sondern es heißt: Du sollst Deinen Mitmenschen lieben wie Dich selbst. Darum hat Gott es so eingerichtet, daß die erkennbaren Naturgesetze aufhören, wo wir dem Menschen als Bruder, als Träger des gleichen menschlichen Geistes gegenüberstehen, denn dort soll auch unser Herrschen aufhören. Deshalb — glaube ich — übertreten wir Gottes Gebot, wenn wir die Grenzen, die unserm Erkennen gesetzt sind, nicht in Ehrfurcht anerkennen.

So möchte ich wünschen, daß über der Arbeit unserer neuen Universität auch immer das stehen möge, was unsere Väter wohl manchmal über ihre Werke schrieben:

*Soli Deo gloria!*

Gebt Gott allein die Ehre!