

Zum Ursprung des Lebens

Von JOHANNES HAAS S. J.

Das Problem

Die Welt des Lebendigen ist so eingerichtet, daß alles in ihr so lautlos und selbstverständlich, wie „von selbst“, vor sich geht. Das führt dazu, daß viele Menschen über die Lebensvorgänge überhaupt nicht nachdenken und, wenn sie es doch tun, schnell, man kann sagen leichtfertig schnell, eine Erklärung zur Hand haben. Erst eine hartnäckig fortgesetzte wissenschaftliche Forschung findet, daß das Leben Rätsel über Rätsel enthält. Dann erst merken wir, daß die Natur wirklich geheimnisvoll ist und nicht so schnell ihren Schleier heben läßt.

Urzeugung

Im besonderen Maße trifft diese Selbstverständlichkeit für das Geschehen zu, das der Welt des Lebendigen sein charakteristisches Gepräge gibt, nämlich für das Werden und Entstehen. Alle lebenden Wesen entstanden in der Zeit, und zwar mit einer solchen Unauffälligkeit, wie „von selbst“, daß die Frage nach dem Woher überflüssig erscheinen möchte: Das Gras ist da und wächst, das Unkraut tritt auf, die Mücken und Fliegen kommen, die Bäume des Waldes stehen da, alle fast wie „von selbst“. Deshalb entspricht es den Gepflogenheiten des menschlichen Denkens, auch für das Entstehen der Lebewesen rasch eine Erklärung bereit zu haben. Die Erfahrung lehrt, daß die „großen“ Tiere, wie das Vieh und auch die Menschen, durch Zeugung entstehen, und daß die gewöhnlichen Pflanzen, wie Getreide, Gemüse, Blumen und Bäume, sich durch Samen vermehren. Für die Entstehung der „niederen“ Tiere, wie Frösche, Schlangen und Mäuse, Mücken und Fliegen, hielten selbst große Denker bis vor wenigen Jahrhunderten eine „spontane“ Entstehung aus unbelebter Materie, also die Urzeugung, für die richtige Erklärung. So glaubte Aristoteles, daß Mücken und Fliegen aus verwesendem Fleisch entstehen; daß Kaulquappen, Würmer und anderes Kleingetier „von selbst“ aus dem Schlamm kommen. Die Theorie der Urzeugung ist seit Redi und Spallanzani im 17. Jahrhundert langsam aus dem Bereich des wissenschaftlichen Denkens verdrängt worden; endgültig gelang das erst durch Pasteurs berühmte Experimente um die Mitte des vorigen Jahrhunderts, die auch für die Bakterien die Entstehung aus lebloser Materie widerlegten. So kann man sagen, daß erst seit dieser Zeit der Grundsatz als allgemeines Gesetz anerkannt wurde: *Omne vivum ex vivo*, jedes Lebewesen entsteht aus einem Lebewesen.

Heute mutet uns der Gedanke der Urzeugung wunderbar an. Das kommt vor allem daher, weil wir wissen, wie ungeheuer vielgestaltig jeder, selbst der einfachste Organismus gebaut ist, und wie unvorstellbar verwickelt die Vorgänge sind, die in ihrer Gesamtheit das Leben eines Tieres oder einer Pflanze ausmachen. Hinter der äußeren Einfachheit und Selbstverständlichkeit der lebenden Gestalten verbergen sich Wunder an Vielfalt in Aufbau und Funktion. Je tiefer wir in das Wesen des Lebens eindringen, um so mehr Verständnis bekommen wir aber auch für sein Werden. Anders ausgedrückt: Erst die Einsicht in die Natur der Organismen läßt die rechte Vorstellung von ihrem Werden aufleuchten.

Die Einzelheiten der Vorgänge, die mit der Entstehung eines Organismus verknüpft sind, wurden weitgehend aufgeklärt, sie finden sich in allen Lehrbüchern der allgemeinen Biologie dargestellt und werden größtenteils sogar schon im Schulunterricht behandelt. Verfolgen wir diese Vorgänge bis in ihre letzten Folgerungen, so stoßen wir auf ein neues Rätsel. Bei allen Organismen finden wir nämlich eine ähnliche Kette wie beim Huhn: das Huhn stammt aus einem Ei, und dieses von einer Henne, die sich wiederum aus einem Ei entwickelt hat, das von einer Henne gelegt wurde, und so geht es fort in einer schier endlosen Kette, die sich in die graue Vergangenheit verliert, ohne daß ein Anfang sichtbar würde. Ähnlich steht es bei allen Tieren und Pflanzen. Fehlt diesen Ketten ihr erstes Glied und, wenn nicht, wie sah es aus und wie entstand es?

Beitrag der Paläontologie

Diese Frage hat die biologische Forschung schon zu einem gewissen Grade beantwortet. Die Paläontologie lehrt nämlich, daß die meisten der heute lebenden Formen als Nachkommen von anders gestalteten Vorfahren früherer Erdzeitalter anzusehen sind. Je weiter wir in die geologische Vergangenheit zurückgehen, um so andersartiger werden Tiere und Pflanzen; sie sind gewöhnlich auch einfacher und unvollkommener gestaltet. Viele der damals lebenden Tiere haben nämlich Reste in Gestalt von Hartteilen oder Versteinerungen im Schoße der Erde zurückgelassen; ähnliches gilt für die Pflanzen. Ein genaues Studium dieser Reste und ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge ergibt ein ziemlich konkretes Bild von der Geschichte des Lebens auf unserer Erde und damit auch gewisse Anhaltspunkte, wie das Werden der heute existierenden Tier- und Pflanzenarten zu verstehen ist. Nur wenige der heute lebenden Organismen sind von Anfang an da gewesen, die meisten von ihnen tauchen erst im Laufe der Geschichte auf, so die Fische im Silur vor etwa 400 Millionen Jahren, die Amphibien im Carbon vor etwa 300 Millionen, die ersten Säuger vor etwa 130 Millionen. Eine ähnliche Geschichte können wir auch für die großen Pflanzengruppen erzählen. Von der Entstehung der wirbellosen Stämme des Tierreiches wissen wir, daß sie seit dem Cambrium vor 500 Millionen Jahren bekannt sind, daß aber Fossilien aus dem Vorcambrium

vollständig fehlen, obwohl viele Gelehrte lange sehr sorgfältig an geeigneten Stellen nach ihnen gesucht haben.

Dieser negative Bescheid der Paläontologie bezüglich der Entstehung der wirbellosen Tierstämme ist insofern beklagenswert, als bei ihnen die Anfänge des Lebens überhaupt gesucht werden müssen. Es fehlen also die Zeugen für diesen Vorgang bei den einfachsten Tier- und Pflanzenformen. Es ist deshalb nicht möglich, den Ursprung des Lebens in Form von Relikten und Fossilien zu bezeugen, und so mag es scheinen, als sei er in undurchdringliches Dunkel gehüllt. Aber die Hartnäckigkeit, mit der die Wissenschaft ihre Probleme verfolgt, hat sich mit diesem unbefriedigenden Ergebnis nicht zufrieden gegeben. Wenn ein Problem mit einer Methode nicht gelöst werden kann, muß es mit einer anderen versucht werden. Die Paläontologie ist vorwiegend eine Wissenschaft der Formen, eine morphologische Wissenschaft, weil sie sich fast ausschließlich mit den aus der Frühzeit der Erde erhaltenen Formen befaßt. Da nun eine Erhellung des Ursprungs des Lebens mit morphologischen Methoden nicht möglich ist, muß versucht werden, das Dunkel mit Hilfe allgemeinbiologischer Überlegungen zu erhellen, und das gelingt auch, so merkwürdig das klingen mag: Auf Grund der uns heute bekannten Gesetze und Eigenschaften des Lebendigen, die wir an den heute lebenden Organismen ablesen, können wir Überlegungen anstellen, welche die Ursprünge des Lebens einigermaßen erklären und verständlich machen. Dabei ist die Wissenschaft in einer ähnlichen Lage wie die Kriminalistik. Häufig kommt es vor, daß von einem Verbrechen keine Augenzeugen zur Stelle sind, wohl aber Spuren und Indizien. Aus ihnen muß der Hergang des Verbrechens konstruiert werden, was nicht selten gelingt und zur Verurteilung des Angeklagten führt. Ebenso kann die Naturwissenschaft auf Grund bestimmter Indizien Aussagen darüber machen, wie das Leben auf der Erde erstmalig entstanden ist. Freilich behalten solche Aussagen immer den Charakter des Spekultativen und Hypothetischen; je mehr Spuren aber bis in die Anfangsgründe des Lebens hinein verfolgt werden können und je besser die einzelnen Schlüsse übereinstimmen, um so größer wird die Wahrscheinlichkeit, daß wir uns der Wahrheit nähern. Das gelingt um so besser, je vollkommener uns die Gesetze und Eigenschaften der Organismen bekannt werden.

Licht durch die Biochemie

Nun will es die Gunst des Schicksals, daß die Biologie in den letzten Jahrzehnten ganz umwälzende Erkenntnisse über die Natur des organischen Lebens erarbeitet hat. Sie liegen vor allem auf dem Gebiet der Biochemie, zumal der Chemie der Proteine, Nukleinsäuren und Enzyme. Diese Erkenntnisse dringen in alle Gebiete der Biologie ein, und so ist es nur zu natürlich, daß wir in ihrem Lichte auch das Problem der Lebensentstehung von neuem in Angriff nehmen; dabei sollen jedoch die Fortschritte anderer biologischer Wissenschaften nicht vergessen werden. Aus dieser Lage ergibt sich die Folgerung, daß den Spekulationen früherer Forscher, wie Haeckel, Pflüger, Ar-

rhenius, Oparin und anderer, nur so viel Wert beizumessen ist, als sie auf dem Boden der heute bekannten Tatsachen stehen. Es wird sich bald zeigen, daß ihnen wesentliche Kenntnisse über das Leben noch nicht zur Verfügung standen, und so erlagen sie dem Schicksal des Nachdenkens über dieses Problem: Sie wußten zu wenig, deshalb haben sie sich die Lösung zu leicht gemacht.

Die Zelle als Anfang des Lebens

Gesetz der Entwicklung

Es ist nicht möglich, an dieser Stelle alle jene Tatsachen anzuführen, die Hinweise auf den Anfang des Lebens auf der Erde enthalten; nur einige, besonders wichtige können berücksichtigt werden. An erster Stelle wäre das Gesetz der Entwicklung zu erwähnen, das wir in der Welt des Lebens allenthalben befolgt sehen. Es besagt, daß hochorganisierte Formen niemals als solche plötzlich ins Dasein treten, sondern sich im Laufe der Zeit herausbilden, und zwar so, daß am Anfang dieses Prozesses einfache, weniger differenzierte Formen stehen, von denen her ein Aufstieg zum Differenzierten und Vollkommenen erfolgt. Das Gesetz der Entwicklung beherrscht die Entstehung der einzelnen Organismen, die alle mit den einfachsten Anfängen, meist als befruchtete Eizelle, ihr Dasein beginnen und erst im Laufe der Zeit ihre volle Ausbildung erfahren. Es kann auch aus der durch Fossilien belegten Geschichte des Lebens auf der Erde abgelesen werden. Zunächst traten einfache, primitive, wenig differenzierte Gestalten auf, und erst im Laufe der Erdzeitalter, die nach Jahrmillionen bemessen werden, findet eine Ausbildung vollkommener und differenzierter Lebewesen statt. Eine folgerichtige Anwendung des Gesetzes der Entwicklung führt zu der Vorstellung, daß die allerersten Anfänge des Lebens auf unserem Planeten einzellige Formen gewesen sein müssen. So geht denn die allgemein anerkannte Auffassung der Wissenschaft dahin, daß am Anfang des Lebens einzellige Organismen gestanden haben müssen. Das würde auch erklären, warum wir von ihnen keine durch Fossilien belegte Überlieferung haben.

Ein Überblick über die heute noch lebenden Einzeller zeigt unter ihnen eine große Mannigfaltigkeit. Die einzelligen tierhaften Organismen, die Protozoen, zählen über 10 000 Arten mit teilweise weitgehender Differenzierung ihrer Zellorgane. Zu den einfachsten werden die Geißeltierchen, die Flagellaten, gerechnet, zu denen auch die häufig im Schulunterricht gezeigte *Euglena* gehört. Viele von ihnen enthalten Chlorophyll; sie vereinigen also gewissermaßen tierische und pflanzliche Merkmale in sich. Jedoch sind selbst die Flagellaten trotz ihrer Einzelligkeit noch hoch organisierte Organismen und wahrscheinlich nicht der Ausgangspunkt der Entwicklung. Viel einfacher sind die Blaualgen, die noch nicht die morphologische Scheidung von Cytoplasma und Kern kennen, wie die Grünalgen und die Zellen höherer Tiere und Pflanzen. Bei den Blaualgen ist das Chromatin, die Kernsubstanz, in Form von Körnchen oder Kernäquivalenten im Cytoplasma verteilt. Das

gleiche gilt für das Chlorophyll; es ist noch nicht wie bei den Grünalgen und den höheren Pflanzenzellen in Chloroplasten konzentriert. Eine ähnliche Organisation wie die Blaualgen besitzen die Bakterien, denen nur das Chlorophyll fehlt, so daß sie nicht zur Erzeugung organischer Stoffe durch Photosynthese befähigt sind.

Zellularität des organischen Lebens

Die Zellen von Bakterien und Blaualgen liegen an der Grenze der Auflösbarkeit des Lichtmikroskops; man kann sie gerade noch als winzige Körperchen wahrnehmen, jedoch keine Einzelheiten ihrer inneren Organisation feststellen. Deshalb haben frühere Forscher gemeint, sie stellen äußerst einfache Gebilde dar, deren Entstehung doch leicht zu verstehen sein müßte. Heute sind diese winzigen Wesen aber mit Hilfe des Elektronenmikroskops und mit biochemischen Methoden eingehend erforscht worden. Dabei hat sich ergeben, daß sich ihre zelluläre und biochemische Organisation nur wenig von der der übrigen Zellen unterscheidet. Alle die umwälzenden Einsichten, die vom Aufbau und der Funktion der Zelle gewonnen wurden, gelten in großen Umrissen auch von ihnen.

Das zweite wichtige Prinzip, das zu erwähnen wäre, ist das von der Zellularität des organischen Lebens: Alles organische Leben ist an die Organisation der Zelle gebunden. Nicht an die Zelle gebundenes Leben kennen wir nicht, und so müssen wir annehmen, daß von diesem Gesetz die ersten auf der Erde entstandenen Lebewesen keine Ausnahme gemacht haben. Wenn also die Anfänge des Lebens erklärt werden sollen, dann muß die Entstehung der zellulären Organisation erklärt werden. Das würde zusammenstimmen mit den Folgerungen aus dem Prinzip der Entwicklung: Die ersten auf der Erde erschienenen Lebewesen müssen Einzeller gewesen sein.

Was ist das Virus?

Gegen das Prinzip vom zellulären Charakter alles organischen Lebens verstoßen alle jene Autoren, die nach Vorstufen des zellenhaft organisierten Lebens suchen und sie in Gestalt der Viren gefunden haben wollen. Die Viren sollen ein Bindeglied zwischen organisierter und anorganischer Materie darstellen und damit auch Vorstufen für die einfachsten lebenden Zellen. Die Viren sind Krankheitserreger bei Pflanzen, Tieren und Menschen. Sie sind wesentlich kleiner als die kleinsten Bakterien mit zellulärer Struktur und sind mit dem Lichtmikroskop nicht mehr zu erkennen. In den letzten Jahrzehnten ist ihre Erforschung sehr weit vorangeschritten, aber bei weitem noch nicht abgeschlossen. Zahlreiche Viren wurden rein dargestellt und sind in ihrer stofflichen Zusammensetzung bekannt. Die einfachsten von ihnen sind Riesenmolekeln von chemisch einheitlichen Stoffen, von Nukleoproteiden, und können sogar in kristallisierter Form erhalten werden. Manche von ihnen haben im Elektronenmikroskop Kugelgestalt, andere wiederum die Form von Stäbchen und dünnen Fäden. Zu den einfachsten Formen gehören

die phytopathogenen Viren, die die Pflanzenkrankheiten auslösen. Die tier- und menschenpathogenen Viren sind wesentlich höher gebaut; bisher ist keines von ihnen kristallin dargestellt worden. Ihre chemische Zusammensetzung nimmt schrittweise an Komplexität zu, neben den Eiweißkörpern und Nukleinsäuren können auch Lipide, also fettartige Stoffe und Kohlenhydrate vorhanden sein. Manche dieser Krankheitserreger besitzen höchstwahrscheinlich eigene Enzyme, mit deren Hilfe sie in die lebenden Zellen eindringen. Ihrem komplexen chemischen Aufbau entsprechend zeigen sie auch eine äußere gegliederte Gestalt, die mit dem Elektronenmikroskop sichtbar gemacht werden kann. So lassen beispielsweise die auf Bakterien spezialisierten Viren, also die Bakteriophagen, einen Kopf- und Schwanzabschnitt erkennen, und die größten Viren, wie die Erreger der Pockenkrankheit, weisen Strukturen auf, die sie den Zellen ähnlich erscheinen lassen. Die Viren besitzen Vermehrungsfähigkeit und Mutabilität, die als Eigenschaften des Lebens gelten.

Wenn man die einzelnen Virusarten nach chemischen und morphologischen Gesichtspunkten in ihrer Organisationshöhe anordnet, so ergibt sich eine fast lückenlose Reihe immer komplexer werdender Systeme, so daß sich der Eindruck eines stetigen Überganges von der chemisch einheitlichen Nukleoproteid-Molekel zu einem den Zellen ähnlichen Aufbau ergibt, der als Übergang von lebloser zu belebter Struktur gedeutet wird. Manche Forscher sehen darin einen Beweis, daß die Viren Vorstufen des Lebens in der Entstehung der zellulären Organisation darstellen. Dieser Schluß ist jedoch ein Trugschluß; denn die Viren sind für ihre ganze Existenz, besonders für die Vermehrungsfähigkeit auf lebende Zellen angewiesen. Wir wissen noch nicht sicher, ob die Viren „sich“ vermehren; wahrscheinlich wird durch ihre Anwesenheit der Stoffwechsel der befallenen Zellen in fremde Bahnen geleitet, so daß sie immerfort Körper bilden, die ihrer Natur nach Viren sind. Auf alle Fälle zeigen die Viren erst unter den stofflichen Bedingungen des Zellinneren und unter Verwendung der Energien des Zellstoffwechsels die oben erwähnten Kriterien des Lebens, nämlich die zur Erhaltung ihrer Art notwendige Vermehrungsfähigkeit und die für ihr Wesen charakteristische Mutabilität. Aus diesen Gründen können wir die Viren unmöglich als Vorstufen der lebenden Zellen ansehen. Wie hätten sie sich denn ohne Zellen vermehren sollen? Es gilt heute als wahrscheinlich, daß die Viren rückgebildete, extrem entartete parasitäre Organismen sind. So bleibt es dabei: das organische Leben fängt erst mit der Zelle an. Und wer die Entstehung des Lebens auf unserer Erde erklären will, muß die Entstehung von Zellen erklären.

Aufbau der Zelle

Noch zur Zeit Haeckels wären manche Wissenschaftler vor der Aufgabe, die Entstehung lebender Zellen zu erklären, nicht zurückgeschreckt. Das Protoplasma galt damals als ein „Schleimklümpchen“ und die Zellen als ein Sammelsurium einfach aufzufassender Stoffe. Wenn man aus der Tiefe des

Meeres etwas „Schleimartiges“ ans Tageslicht beförderte, wurde es jubelnd als Vorläufer von Leben begrüßt. Zu dieser Zeit wußte eben noch niemand so recht, was die Zelle und ihr Leben eigentlich sind, und deshalb war man damals mit Erklärungsversuchen ihrer Entstehung sehr leicht zufrieden. Heute jedoch ist darin ein grundsätzlicher Wandel eingetreten. Das Dunkel, das über dem Feinbau der Zellen und ihren Funktionen lagerte, hat sich zusehends gelichtet. Seit einigen Jahren wissen wir, daß jede Zelle ein höchst organisiertes Gebilde darstellt, einen Elementarorganismus, der in seiner Komplexität durchaus mit dem Gesamtorganismus verglichen werden kann. Vom Aufbau der Zellen und ihrer Lebenstätigkeit haben wir heute, in groben Zügen angedeutet, etwa folgende Vorstellung:

Jede Lebenstätigkeit der Zelle, ganz gleich welcher Art, mag es sich handeln um Vorgänge des Stoff- oder Formwechsels, des Wachstums, der Entwicklung, der Bewegung, der Aufnahme, Weiterleitung und Umwandlung von Reizen, jede dieser Lebensäußerungen also läßt sich formulieren als eine Vielheit von biochemischen Reaktionsfolgen innerhalb eines stofflichen Ordnungsgefüges, eben der Zelle. Ein Teil dieser Reaktionen dient dazu, die für die entsprechenden Lebensvorgänge notwendigen Energien bereitzustellen. Die Gesamtheit dieser Reaktionen, an denen vorwiegend niedermolekulare organische Stoffe beteiligt sind, nennt man den Betriebsstoffwechsel. Daneben läßt sich eine Reihe von Reaktionen erkennen, die im Dienste des Aufbaues und Abbaues des stofflichen Gefüges der Zelle selbst stehen; ihr Begriff wird als Baustoffwechsel bezeichnet. Zwischen beiden Stoffwechseltypen bestehen enge Beziehungen. Weil sich das Leben der Zelle im wesentlichen in der Gestalt von biochemischen Reaktionen abspielt, muß ihre Beschreibung und Erklärung biochemische Vorstellungen und Begriffe benutzen. Die Ergebnisse der Lebensforschung machen in ähnlicher Weise von biochemischen Gedankengängen Gebrauch wie die Physik von der Mathematik. Leider sind solche biochemische Kenntnisse selbst Gebildeten wenig geläufig.

Das stoffliche Substrat, welches das Gefüge der Zelle selbst, ihre lebenswichtigen Strukturen ausmacht, besteht aus Makromolekeln. Unter diesen heben sich zwei Klassen als besonders lebenswichtig ab, die Eiweißkörper oder Proteine und die Nukleinsäuren. Aus Proteinen besteht der größte Teil des lebenden Gefüges der Zelle, also das Grundcytoplasma, große Teile des Kernes und die mannigfaltigen Zellorgane. Proteine sind vor allem die Fermente oder Enzyme, ohne die es keine biochemische Reaktionen und damit kein Leben gibt. Fast alle biochemischen Reaktionen werden nämlich durch Enzyme katalysiert, und zwar verlangt fast jeder Reaktionstyp sein eigenes Enzym. Weil es nun so viele verschiedene biochemische Reaktionen gibt, erklärt es sich leicht, warum jede Zelle sehr viele Enzyme enthalten muß. In den Leberzellen schätzt man ihre Anzahl auf über tausend. Von der Funktion der Nukleinsäuren haben wir nur ein unvollständiges Bild. Sie haben offenbar etwas mit der Proteinsynthese zu tun, wahrscheinlich ist die Spezifität der Proteine in ihnen verankert. Sie würden dann die erbliche Kontinuität

des Proteinaufbaues und damit der lebendigen Substanz garantieren. Nukleinsäuren sind vor allem die Gene, welche die Eigenschaft jeder Organismenart von einer Generation zur anderen erhalten und weitergeben.

Sowohl die Proteine als auch die Nukleinsäuren haben Molekeln von sehr hohem Molekulargewicht; es bewegt sich zwischen einigen Zehntausend und einigen Millionen. Ihr Aufbau ist erst in den Grundzügen bekannt. Beide Stoffklassen kommen darin überein, daß ihre Riesenmolekeln aus niedermolekularen Bestandteilen bestehen. Die Bausteine der Proteine sind die Aminosäuren, von denen wir etwas über zwanzig kennen. Hunderte von ihnen werden durch die Peptidbindung zu langen Fäden, den Polypeptidfäden, zusammengeschlossen. Bei den löslichen Proteinen werden diese Fäden noch in charakteristischer Weise gefaltet, so daß Molekeln mit ungefähr kugelförmigem Bau entstehen. Es gibt außerordentlich viele verschiedenartige Proteine. Man glaubt, daß jede Organismenart ihr eigenes Protein besitzt. Außerdem gibt es die vielen aktiven Proteine, wie Enzyme und Hormone, die sich in ihren Funktionen voneinander unterscheiden. Wir haben Grund anzunehmen, daß ihre spezifische Funktion in ihrem molekularen Aufbau begründet liegt. Dieser wiederum hängt ab von der Art der Aminosäuren, ferner von ihrer Anordnung in den Polypeptidfäden und wahrscheinlich auch noch von der Art ihrer Faltung. Zahlreiche Proteine sind chemisch schon einigermaßen gekennzeichnet, zahllose andere warten noch auf ihre Erforschung. Die Anzahl der möglichen Proteine ist so gut wie unbegrenzt, vor allem wegen der gar nicht auszuschöpfenden Vielfalt, in der die Aminosäuren in der Molekel angeordnet sein können.

Die zweite große Klasse lebenswichtiger Makromolekeln sind die Nukleinsäuren. Ihre niedermolekularen Bausteine sind Purine, Pyrimidine, Phosphorsäure und Pentosen. Das sind Zucker mit nur fünf Kohlenstoffatomen in der Molekel. Von diesen kommen vor allem die Ribose und die Desoxyribose vor, und danach unterscheidet man die Ribonukleinsäuren, abgekürzt RNS und Desoxyribonukleinsäuren, abgekürzt DNS. Jene treten vorwiegend im Cytoplasma und seinen Organellen, wie Mitochondrien und Mikrosomen, auf, aber auch im Kern; diese werden ausschließlich im Kern gefunden. Weil ihre Funktion wahrscheinlich, wie schon angedeutet, darin besteht, die erblichen Eigenschaften der Zelle, besonders der Proteine zu erhalten, ist anzunehmen, daß den Nukleinsäuren ebenfalls eine hochgradige Spezifität und Mannigfaltigkeit zukommt; wir wissen aber noch nicht, wie sie verwirklicht wird.

Von der Synthese der makromolekularen Stoffe gilt im allgemeinen, daß sie nicht in einer zufallsbestimmten Weise erfolgt. Es muß immer ein Muster der zu synthetisierenden Molekel schon vorhanden sein; dieses wird dann bei der Synthese verdoppelt. Wie sich die Proteinsynthese im einzelnen abspielt, darüber gibt es nur mehr oder weniger begründete Hypothesen. Immer muß jedoch die Spezifität einer Proteinmolekel auf die neue übertragen werden. Die DNS liegt in den Chromosomen vor in Form von zwei komplementär sich

entsprechenden Fäden. Werden sie bei der Zellteilung getrennt, so ist jeder einzelne imstande, sein komplementäres Gegenstück wieder aufzubauen, so daß die komplementäre Anordnung der Bausteine erhalten bleibt.

Es ist schwer zu sagen, welche Substanzklasse im Haushalt der Zelle eine bedeutsamere Rolle spielt, die Proteine oder die Nukleinsäuren. Beide zusammen gehören in sie hinein, beide sind am Aufbau ihrer Organellen beteiligt. Die Organe der Zelle tragen selbstverständlich auch einen streng geordneten Aufbau. Von ihrer Intaktheit hängt es ab, ob die vielen biochemischen Reaktionsfolgen zu einer harmonischen Einheit zusammengefaßt werden. Werden die Zellorgane, zum Beispiel die Mitochondrien, aus dem Zusammenhang der Zelle gelöst, so sind sie noch eine Zeitlang imstande, ihre Funktionen auszuüben, also bestimmte Reaktionen zu katalysieren, ähnlich wie isolierte Organe des Gesamtkörpers. Sie sind aber unfähig, das Ganze aufzubauen, und gehen bald zugrunde. Daraus ist zu entnehmen, daß das geordnete Zusammenwirken der einzelnen Bestandteile der Zelle für deren Leben notwendig ist.

Die Entstehung des Lebens

Nach diesem kurzen Abstecher in das Gebiet der Zellphysiologie, der uns in groben Umrissen zeigen sollte, was es bei der Entstehung des Lebens eigentlich zu erklären gilt, kehren wir zu unseren eigentlichen Fragen zurück: Können wir die Entstehung des Lebens, konkret ausgedrückt, zellulär organisierten Lebens, naturwissenschaftlich erklären? Das will sagen, nicht mit mehr oder weniger phantasievollen Worten den vermutlichen Hergang erzählen, sondern nachweisen, daß in der materiellen Welt Kräfte und Bedingungen vorhanden sind, aus denen sich die Entstehung des Lebens mit Notwendigkeit ergibt. Erklären im strengen Sinne heißt ja nachweisen, daß ein Sachverhalt sich aus einem anderen mit Notwendigkeit ergibt. Ein kurzer Überschlagn über das, was dabei zu leisten ist, zeigt, daß die Entstehung des Lebens in drei Etappen vor sich gegangen sein muß: 1. Die Entstehung der zahlreichen niedermolekularen organischen Stoffe, die am Betriebsstoffwechsel beteiligt sind und teilweise auch die Bausteine für die lebensnotwendigen makromolekularen Stoffe, vor allem Proteine und Nukleinsäuren, liefern. 2. die Organisation der niedermolekularen Bausteine zu Proteinen und Nukleinsäuren. 3. Die Organisation der Makromolekeln zu Zellorganellen und deren Integration zur Einheit von Zellen. Gibt es also in der materiellen Welt Gesetze, Kräfte und Bedingungen, die nicht nur den Möglichkeitsgrund für diese Leistungen abgeben, sondern diese Leistungen auch mit Notwendigkeit vollbringen? Wir sehen dabei einmal ab von der Frage, ob das materielle Substrat der Organismen die einzige seinsmäßige Wirklichkeit darstellt, oder ob sich in ihnen nicht vielleicht noch eine immaterielle substantielle Wirklichkeit vorfindet. Wir beschränken unsere Überlegungen ganz und gar auf die Entstehung dieses materiellen Substrates, das die Eigenschaften besitzt, von denen oben die Rede war.

Die theoretischen Grundlagen für den Versuch von Miller

Wenn wir die heute auf der Erde vorhandenen materiellen Gesetze, Kräfte und Bedingungen prüfen, so kommen wir zu dem Ergebnis, daß sie höchstens zur Bildung der allereinfachsten organischen Verbindungen, wie Kohlendioxyd, Methan, Formaldehyd und ähnlichen geeignet sind. Für die komplexeren organischen Stoffe liegt zwar in den Kräften der Materie die Möglichkeit ihrer Bildung, zur Verwirklichung dieser Möglichkeit bestehen aber in der rein materiellen Umwelt keine ausreichenden Bedingungen. Und selbst wenn sich einmal zufällig solche Bedingungen eingestellt hätten, so sind die entstandenen organischen Stoffe in der Gegenwart von Sauerstoff nicht beständig, sie zerfallen in Kürze zu Wasser, Kohlendioxyd und Ammoniak. Das thermodynamische Gleichgewicht liegt so stark auf seiten des Zerfalls, daß die Bildung von organischen Stoffen „von selbst“ so gut wie unmöglich ist. Die meisten niedermolekularen Stoffe sind aber im Laboratorium synthetisiert worden. Diese Synthesen werden ermöglicht durch bestimmte Bedingungen, die vom Chemiker gesetzt und verwirklicht werden. Sie beziehen sich unter anderem auf die Temperatur, den Druck, die Art und Konzentration von Ausgangsstoffen, die Reihenfolge ihres Eintrittes in die Reaktionsmischung und vieles andere mehr. Verwirklicht werden diese Bedingungen in der chemischen Apparatur, durch die in die Umweltsbedingungen eine bestimmte Ordnung hineingeraten wird, unter der sich dann die Synthese vollziehen kann. Die Synthese einer Substanz erstmalig durchführen heißt die Bedingungen ausfindig machen und verwirklichen, unter denen sich die Synthese vollziehen kann. Ob die Synthese der makromolekularen lebenswichtigen Stoffe, wie wir sie in den Proteinen und Nukleinsäuren kennen, auch durch typisch chemische Mittel verwirklicht werden kann, mag dahingestellt bleiben. Einige Autoritäten auf diesem Gebiet, wie Staudinger, bestreiten es. Und der künstliche Aufbau von Zellorganellen und ganzen Zellen? Wir haben noch gar keine Vorstellung davon, ob ein solcher je gelingen wird, jedenfalls sehen wir noch keine Mittel und Wege, eine solche Aufgabe in Angriff zu nehmen.

Wenn aber heute die Bedingungen, die zur spontanen Entstehung von organischen Stoffen mit Notwendigkeit führen, nicht vorhanden sind, vielleicht haben sie früher, in der Urzeit der Erde einmal geherrscht? Es gibt nicht wenige Forscher, die dieser Frage nachgegangen sind, zumal sich in der Atmosphäre einiger kalten Sterne Methan und in einigen Meteoriten noch höhere Kohlenwasserstoffe gefunden haben. Der erste Schritt zur Lösung dieser Aufgabe besteht offenbar darin, sich auf Grund der kosmogonischen Forschungen, die gerade in den letzten Jahrzehnten beträchtliche Fortschritte gemacht haben, ein einigermaßen klares Bild vom Zustand der Erdoberfläche zu machen während der Epoche, in der das Leben vermutlich entstanden ist. Zunächst ist klar, daß bestimmte Anforderungen an die Temperatur gestellt werden müssen. Da die obere Temperaturgrenze für die Existenz von Proto-

plasma bei 45° liegt, so muß erst einmal eine Abkühlung der Erdoberfläche unterhalb dieser Grenze eingetreten sein. Weiterhin ist es wichtig zu wissen, wie die Atmosphäre zu dieser Zeit ausgesehen haben mag. Wahrscheinlich enthielt sie ebenfalls einfache Kohlenwasserstoffe, besonders Methan, ferner Ammoniak und Wasserdampf, nicht aber Sauerstoff. Für die Abwesenheit von Sauerstoff spricht die Tatsache, daß das Eisen im Inneren der Erde in zweiwertiger Form vorliegt. Die Menge des zweiwertigen Eisens hätte genügt, um weiteren Sauerstoff zu binden, wäre er in der Atmosphäre vorhanden gewesen. Der jetzt vorhandene molekulare Sauerstoff ist wahrscheinlich durch die Tätigkeit der Pflanzen aus Wasser entwickelt worden. Auch auf anderen Planeten, mit Ausnahme von Mars, kann in der Atmosphäre spektrographisch kein Sauerstoff nachgewiesen werden; auf dem Mars ist nur wenig vorhanden.

Die Abwesenheit von molekularem Sauerstoff ist ein für die Bildung von organischen Stoffen wichtiger Umstand. Würde nämlich der Sauerstoff der Erde durch Wasserstoff ersetzt, so änderten sich die Gleichgewichtsbedingungen, welche die Bildung solcher Stoffe verhindern, vollständig. Wenn Stickstoff, Wasserstoff und Kohlendioxyd mit einem Partialdruck von 1 Atm neben Wasserdampf vorhanden sind, so können sich bei einer Temperatur von 300° Aminosäuren und Harnstoff bilden, nicht aber Zucker. Thermodynamisch noch mehr begünstigt wäre die Bildung von Kohlenwasserstoffen. Es wurde schon erwähnt, daß die Uratmosphäre wahrscheinlich Wasserstoff, Wasserdampf, Ammoniak und Kohlenwasserstoffe enthielt. Unter diesen Bedingungen kann die Bildung von Aminosäuren und vielleicht von Purinen erfolgen, wenn Energie zugeführt wird. Die ständigen elektrischen Entladungen der Uratmosphäre können eine solche Energiezufuhr darstellen.

Der Versuch von Miller

Konkrete Vorstellungen, wie sich unter solchen Bedingungen organische Stoffe haben bilden können, wurden vor einigen Jahren von Stanley L. Miller in Chicago entwickelt. Er führte folgendes Experiment aus. In einer einfachen geschlossenen Glasapparatur ließ er eine künstlich bereitete Gas-mischung, wie sie in der Uratmosphäre vermutlich vorhanden war, also Methan, Ammoniak, Wasserstoff und Wasserdampf kreisen. Dem System wurde Energie durch fortgesetzte elektrische Entladungen zugeführt, um so die vermutlich vorhandenen atmosphärischen Entladungen nachzuahmen. Der Versuch dauerte eine Woche. Nach dieser Versuchszeit wurde die Mischung unter streng sterilen Bedingungen, um die Bildung organischer Stoffe durch Bakterien auszuschließen, chromatographisch zerlegt. Es zeigten sich wägbare Mengen von Aminosäuren, vor allem Glykokoll, die einfachste Verbindung dieser Art, ferner Alpha- und Beta-Alanin neben sehr kleinen Mengen von Asparagin und Alpha-Aminobuttersäure. Dieser Versuch lehrt, daß die Bildung organischer Stoffe auf der Erde unter realisierbaren Bedingungen einmal möglich war, und es ist besonders bemerkenswert, daß die entstan-

denen Verbindungen zu jenen Bausteinen zählen, welche die lebenden Wesen auch heute noch zum Aufbau ihrer Proteine verwenden. Die in der Uratmosphäre entstandenen organischen Stoffe sind alle energiereicher als ihre Umgebung und würden allmählich wieder zerfallen. Sie könnten jedoch mit den Niederschlägen der Erde zugeführt worden sein, und es wäre denkbar, daß ihre Anreicherung schneller erfolgte als ihr Zerfall.

Beurteilung des Versuches

Die Versuche Millers haben in der Presse ein ungewöhnliches Aufsehen erregt, und ihre Bedeutung und Tragweite wurden sehr optimistisch beurteilt. Aus diesem Grunde erscheint es angebracht, sich über ihren wahren Charakter klar zu werden. Zunächst muß es als ein überaus begrüßenswerter Fortschritt angesehen werden, daß das Problem der ersten Entstehung des Lebens aus dem Gebiet der reinen, oft hemmungslosen Spekulation in die wesentlich kühlere Sphäre der experimentellen Untersuchung verlegt worden ist. Der Versuch, in ein so hoffnungslos dunkles Neuland vorzustoßen, verdient sicherlich alle Anerkennung, selbst wenn man von den ersten Ergebnissen noch keine endgültige Aufklärung des wahren Vorganges erwarten darf. Man wird vielmehr zufrieden sein, wenn sich einigermaßen bestimmte Möglichkeiten für künftige Experimente abzeichnen. Auf keinen Fall aber dürfte man diese neuartige Forschungsrichtung mit einer verächtlichen Handbewegung abtun, man wird ihr vielmehr soviel entnehmen, als eben möglich und vertretbar ist. Die Experimente zeigen klar, daß die spontane Bildung von einfach gebauten organischen Stoffen unter den damals herrschenden eigenartigen Bedingungen und Umständen in viel weiterem Umfang möglich war, als früher angenommen werden konnte. Man wird es begrüßen, wenn die Erforschung der Umweltbedingungen, unter denen die ersten Lebewesen ins Dasein getreten sind, weiter fortgesetzt wird.

Auf der anderen Seite muß der Forderung stattgegeben werden, daß die erzielten Ergebnisse kritisch gewertet und ihrer Tragweite nach in das rechte Licht gestellt werden. Das ist schon deshalb zu fordern, weil sie Wissenschaft und kein phantasievolles Spekulationsprodukt sein wollen. Echte Wissenschaft scheut die kritische Wertung ihrer Befunde niemals. Wir wollen hier von der Frage absehen, ob die von Miller ausgedachte Versuchsanordnung wirklich die Bedingungen nachbildet, wie sie in der Urzeit der Erde geherrscht haben; darüber müssen Kosmologen und Geophysiker entscheiden. Die Stoffe, deren spontane Bildung Miller glaubhaft gemacht hat, gehören zu den niedermolekularen Verbindungen mit verhältnismäßig einfachem Bau. Das besagt aber nicht, daß er die Bildung aller Stoffe dieser Klasse nachgewiesen hat. Es gibt nämlich unter ihnen auch solche mit ungewöhnlicher Struktur, deren Totalsynthese auch der präparativen Chemie die größten Schwierigkeiten bereitet. Unter den Aminosäuren sind das beispielsweise diejenigen, die einen zyklischen oder polyzyklischen Kern haben, wie Tyrosin und Tryptophan; beide sind für das Protoplasma unentbehrlich. Ferner ge-

hört hierher die Desoxyribose mit ihrer reduzierten Hydroxylgruppe in der Position zwei, sodann die Steroide mit ihren mannigfaltigen sterischen Besonderheiten. Alle die genannten Stoffe sind aber lebensnotwendig. Es darf als ausgeschlossen gelten, daß selbst in der Uratmosphäre jemals Bedingungen geherrscht haben, die zur notwendigen Bildung solcher Stoffe führten.

Mit der Bildung organischer niedermolekularer Stoffe ist aber nur der erste Schritt zur Entstehung des Lebens getan. Fast noch wichtiger ist die Entstehung der lebenswichtigen makromolekularen Stoffe, vor allem der Proteine und Nukleinsäuren mit ihrer streng spezifischen Struktur. Die wenigen Kenntnisse, die wir heute schon von ihrem Aufbau besitzen, lassen es als ausgeschlossen erscheinen, daß sie „von selbst“ entstehen können. Ihre spezifische Molekularstruktur stellt nämlich eine ganz bestimmte Ordnung dar. Ordnung kann aber immer nur aus Ordnung entstehen, niemals aus Zufall. Die geforderte Ordnungsstruktur müßte sich wiederum im Bereiche des Molekularen, nicht in makroskopischen Bedingungen finden. In dieser Weise geht ja heute noch das Leben bei ihrer Bildung voran; sie werden eigentlich niemals produziert, sondern immer nur re-produziert; schon vorhandene Molekularstrukturen werden vervielfältigt. Es ist ausgeschlossen, anzunehmen, daß grob makroskopische Bedingungen der Uratmosphäre eine hinreichende Erklärung für eine bestimmte molekulare Struktur bilden können.

Und nehmen wir schließlich noch den dritten Schritt der Lebensentstehung: Die Integration der makromolekularen Stoffe zu Zellorganellen und ganzen Zellen! Auch in ihnen spiegelt sich eine delikate makromolekulare Ordnungsstruktur wider, deren hinreichender Grund unmöglich in grob makroskopischen Bedingungen der Umgebung gesucht werden kann.

Die Behauptungen von O. B. Lepeschinskaja

Nun hat vor einigen Jahren eine russische Biologin Beobachtungen mitgeteilt, aus denen geschlossen werden sollte, daß sich organisierte Zellstrukturen, besonders Zellkerne, ja ganze Zellen aus unorganisiertem Stoff, wie Dotter und Filtraten zerstoßener Zellen, „von selbst“ gebildet haben sollen. Eine Bestätigung dieser Beobachtungen von anderer Seite ist niemals erfolgt, obwohl die Versuche natürlich oft wiederholt worden sind. Wir sehen heute klar ein, warum solche Versuche negativ ausfallen mußten. Wir haben heute ein so genaues Bild vom Aufbau der Zelle und ihrer Teile, daß derartige Beobachtungen niemals mitgeteilt werden dürften, wenigstens nicht von einem ernsthaften Wissenschaftler. Wie schon oben erwähnt, enthält der Kern Molekeln von Desoxyribonukleinsäure mit streng spezifisch geordneter molekularer Struktur als Gene. Es ist gar nicht einzusehen, wie sich solche Molekeln „von selbst“ aus Dottermaterial bilden sollen. Die Annahme, daß so etwas „von selbst“ entsteht, heißt von dem Prinzip der Wissenschaftlichkeit abgehen, das für jede Erscheinung eine adäquate Ursache fordert.¹

¹ Vgl. diese Zeitschrift Bd. 156 (Sept. 1955) S. 464.

Woher ist das erste Leben in der Welt?

Unmöglichkeitsbeweise, wie der eben angeführte, stoßen gewöhnlich auf großes Mißtrauen und Unbehagen: „Wer garantiert uns, daß das, was heute als unmöglich erscheint, morgen nicht als möglich dargetan wird?“ Ehedem wurden ja auch solche Dinge, wie die Synthese von organischen Substanzen oder das Fernsehen als unmöglich angesehen, warum soll nicht einmal die Bildung aller der genannten Substanzen unter den Bedingungen der Uratmosphäre als möglich nachgewiesen werden? Dem steht jedoch die Tatsache gegenüber, daß so strenge Wissenschaften, wie die Mathematik und Physik Unmöglichkeitsbeweise kennen, die als schlüssig und unwiderleglich gelten. Ein Unmöglichkeitsbeweis ist zwingend, wenn er sich auf die klare Einsicht eines bestehenden Mißverhältnisses zwischen Ursache und Wirkung stützt, nicht aber bloß auf der Unkenntnis von Ursache oder Wirkung oder beider beruht. Daß die künstliche Synthese organischer Stoffe lange Zeit als unmöglich galt, lag an der Unkenntnis der Kräfte der Materie und der Verfahren, die zur Synthese eingeschlagen werden. Daß ein Perpetuum mobile erster und zweiter Art als unmöglich gilt, liegt an der klaren Einsicht der in den Naturgesetzen begründeten Beschränktheit der Materie. Daß man früher die spontane Entstehung ganzer Organismen oder wenigstens von lebenden Zellen für möglich gehalten hat, lag an der mangelnden Kenntnis dieser Naturgebilde. Je weiter aber unsere Kenntnis vom organischen Leben voranschritt, um so klarer trat die unvorstellbare Komplikation in Aufbau und Funktion bis in die molekularen Bereiche hinein zutage. Es ist nicht zu erwarten, daß sich die Zellen eines Tages als wesentlich einfacher erweisen werden, im Gegenteil das Vorhandensein so vieler ungelöster Rätsel weist auf eine noch viel größere Komplikation hin. Auf der anderen Seite ist die Erkenntnis der materiellen Kräfte und Gesetze so gut wie abgeschlossen, wenigstens soweit ihre Rolle am Lebensprozeß in Frage kommt, und es ist nicht zu erwarten, daß sich hier noch wesentliche Fortschritte ergeben werden. Die Einsicht in die Natur der Materie gibt uns auch eine Einsicht in das Vermögen und Unvermögen ihrer Kräfte und Gesetze. Wenn wir nun das Vermögen der Materie, ihrer Kräfte und Zustände mit der unerhörten Komplikation des lebendigen materiellen Substrats vergleichen, so tritt die Unmöglichkeit ganz klar zutage, daß es spontanerweise aus den Kräften und Bedingungen der Materie allein entstanden sei.

Die Erkenntnis dieser Unmöglichkeit führt zu dem Schluß, daß der Ur-anfang des Lebens auf eine ganz neue Setzung eigener Art zurückgeführt werden muß, und zwar sind dabei Ursachen immaterieller Art beteiligt. Da innerweltliches immaterielles organisches Leben damals noch nicht bestanden haben kann, soll doch sein erstmaliger Ursprung erklärt werden, so folgt daraus, daß diese immaterielle Ursache zugleich überweltlicher Natur gewesen sein muß. In herkömmlicher Weise heißt diese neue Setzung Schöpfung. Damit wird aber klar, daß das Problem der Uranfänge des Lebens kein

rein naturwissenschaftliches Problem darstellt, weil sich die Naturwissenschaft immer nur mit dem Wirken materieller innerweltlicher Faktoren befaßt. Ist das Problem selbst kein rein naturwissenschaftliches, kann es auch mit naturwissenschaftlichen Methoden nie vollständig gelöst werden.

Folgt nun aus der Tatsache des überweltlichen Ursprunges des Lebens, daß Forschungen von der Art, wie sie Miller angestellt hat, vergeblich und überflüssig sind? Keineswegs! Das Problem der Lebensentstehung ist damit nicht restlos gelöst, daß man auf die göttliche Schöpfung verweist. Der eben mitgeteilte Schluß redet nur von der Tatsache des überweltlichen Uranfanges des Lebens, nicht aber von der Art und Weise, wie er sich vollzogen hat. In früheren Jahrhunderten hat man geglaubt, daß sich die Schöpfung sowohl der Erde wie des lebenden Kosmos gewissermaßen schlagartig, wie im Augenblick, oder in biblischer Sprechweise in „Tagen“ vollzogen habe. Die moderne Kosmogonie und Paläontologie lehren aber, daß die Entstehung der Welt in Tausenden von Jahrmillionen erfolgte. Wie also die Art und Weise der Entstehung des Gesamtkosmos mit naturwissenschaftlichen Methoden aufgeheilt werden kann, so können auch die Umstände, unter denen sich die Entstehung der ersten Lebewesen vollzogen hat, erforscht werden, selbst wenn ihr überweltlicher Ursprung vorausgesetzt wird. Unter dieser Rücksicht sind Forschungen, wie sie Miller angestellt hat, sehr zu begrüßen. Nur wird man fordern dürfen, daß wir uns ihrer Bedeutung und Tragweite immer bewußt bleiben, und daß sie nicht in atheistischer und materialistischer Weise mißbraucht werden.

Die Gefahren des technischen Denkens

Von AUGUST BRUNNER S.J.

Die Einseitigkeit des heutigen Denkens

Das Denken des Menschen ist begrenzt wie sein ganzes Sein. Darum ist es meist einseitig, bei dem einzelnen wie bei ganzen Gruppen. In jeder geschichtlichen Zeit ist es eine besondere Seinsschicht, an der es sich vorwiegend ausrichtet und mit deren Kategorien es auch die übrigen Seinsschichten zu erfassen sucht. Das kann natürlich nicht ohne Verzerrungen und Irrtümer geschehen; die anderen Bereiche treten um so mehr ins Dunkel zurück, je ausschließlicher ein solches Denken wird. Es kann nun kein Zweifel bestehen, daß die heutige Zeit vom naturwissenschaftlichen Denken tief beeinflusst und gestaltet ist, auch bei denen, die selbst sich diesen Wissenschaften nie gewidmet haben. Denn die Technik ist ein nicht wegzudenkender Faktor im heutigen Leben geworden. Sie ist aber nur die Auswirkung des naturwissenschaftlichen Umgangs mit den Dingen. Es ist selten, daß einem heutigen Menschen die Naturwissenschaft nicht als der eigentliche und untrügliche Zugang zur ganzen Wirklichkeit erscheint. Ihr schenkt man absoluten,