

GEDANKEN ÜBER DIE ENTSTEHUNG DER ERDE UND DES LEBENS

Hartmann WEDDING

Mineral Research and Exploration Institute of Turkey

Wir stehen am Vorabend einer neuen, grossen Epoche in der Geschichte unserer Erde: die ersten Schritte zur Eroberung des Weltenraumes haben begonnen. Nur ganz wenige Ereignisse besitzen eine gleichgrosse Bedeutung, etwa die Entstehung der Erde selbst, die Entstehung des Lebens auf der Erde sowie die Eroberung des Festlandes und der Luft durch das Leben. Und nun beginnt also der naechste Abschnitt, die Eroberung des Weltenraumes, oder, etwas bescheidener ausgedrückt, die Eroberung des interplanetaren Raumes. Es ist verstaendlich, wenn angesichts eines solchen Ereignisses die Gedanken zurückwandern in die Vergangenheit und die beiden fundamentalen Fragen umkreisen: Wie entstanden Erde und Leben? Es sind die Fragen der Menschheit, wir begegnen ihnen in allen Religionen, alle grossen Denker haben sich damit befasst, und ihre Beantwortung ist in gewissem Sinne ein Gradmesser für den Stand des geistigen wie auch des naturwissenschaftlichen Denkens des betreffenden Volkes und seiner Zeit.

Hier in dieser Frage treffen sich nicht nur die verschiedensten Zweige der Naturwissenschaften wie Astronomie, Physik, Chemie, Geologie, Palaeontologie, Biologie mit ihren Unterabteilungen, die ihrerseits stellenweise bereits den Umfang eigener Disziplinen angenommen haben (z.B. Geophysik, Astrophysik). Auch die Geisteswissenschaften, vor allem Religion und Philosophie, befassen sich mit diesem Thema. Wir befinden uns hier in einem Grenzgebiet, und es ist leider immer noch so, dass je nach dem Standpunkt des Betrachters die Antwort verschieden ausfaellt. Wir dürfen und wollen aber nicht in den Fehler unserer Vorfahren verfallen, die da glaubten, die Erkenntnisse der damaligen modernen Forschung ignorieren zu können, und die die Schriften eines Kopernikus, Kepler, Newton, Galilei auf dem Scheiterhaufen verbrannten. Es kann nicht eine naturwissenschaftliche, eine religiöse, eine philosophische Lösung des Problems geben, es kann nur eine Lösung, eine Wahrheit geben. Eine Verstaendigung, eine Zusammenarbeit aller Beteiligten ist daher unerlaesslich.

Über die Entstehung der Erde wissen wir verstaendlicherweise recht wenig. Geologische Urkunden hierüber, wie wir sie aus spaeteren Zeiten der Erdgeschichte kennen, sind nicht vorhanden. Eine Lösung dieses Problems durch Beobachtung analoger Vorgaenge am Firmament ist zwar theoretisch möglich; hierbei ist aber zu bedenken dass solche Ereignisse doch wohl recht selten sind, dass sie sich über einen verhaeltnismaessig langen Zeitraum erstrecken und zudem noch meist so weit entfernt sind, dass wir sie mit unseren heutigen Instrumenten kaum zu erfassen und vor allem nicht zu deuten vermögen. Woher sollen wir auch wissen, ob ein im Weltenraum beobachtetes Phaenomen die Momentaufnahme, eines in Bildung begriffenen Sternes ist, wenn wir nicht die Möglichkeit haben, ditses Ereignis *sicher* an entwicklungsmaessig frühere oder spaetere Vorgaenge in anderen Teilen des Weltenraumes anzuschliessen,

es mit ihnen zu koordinieren, wie uns dies auf geologischem Gebiet so gelauefig ist? Unser Beobachtungsmaterial ist in dieser Hinsicht noch so lueckenhaft, dass wir in den meisten Faellen auf Vermutungen angewiesen sind. Erschwerend kommt noch hinzu, dass wir uns mit unseren Instrumenten gleichsam auf dem Boden eines Meeres, des Luftmeeres, befinden, das die meisten Signale aus dem Weltenraum entweder vöellig absorbiert oder aber nur verstümmelt, verzerrt durchlaesst.

Es ist daher kein Wunder, wenn über die Entstehung der Erde eine Unmenge Theorien aufgestellt wurden, die, genau besehen, nur bekunden, wie wenig Genaues wir hierüber wissen. Die bekannteste war lange Zeit die Nebularhypothese von Kant-Laplace, aber auch hier ergaben sich bei genauerer mathematischer Überprüfung Widersprüche in Hülle und Fülle. Der erste, der eine mit allen bisher bekannten Tatsachen in Einklang stehende Theorie aufstellte, war C.F. v. Weizsäcker (1944). Seine Turbulenztheorie geht von einem kugelförmigen Urnebel kosmischen Staubes aus, der durch Gravitation und innere Reibung verhaeltnismaessig schnell die Form einer linsenförmigen Scheibe mit zentraler Verdickung (der Ursonne) annahm. Im Laufe fortschreitender Verdichtung zerbrach diese Scheibe in einzelne Schollen, aus denen dann durch Kontraktion die Urplaneten entstanden. Diese Theorie gilt im Grossen und Ganzen auch für die Entstehung des gesamten Milchstrassensystems; sie wurde von G. Kuiper weiter ausgebaut.

Vöellig offen bleibt hierbei die Frage nach der Herkunft dieses kosmischen Staubes. Wie sehr diese Dinge namentlich durch die neuesten Erkenntnisse der Kernphysik in Fluss geraten sind, soll durch folgendes angedeutet werden: P. Jordan behauptet, in der Sekunde eins bestand das gesamte Universum aus 2 Elementarteilchen, vielleicht aus 2 Neutronen! Das merkwürdige an dieser und übrigen allen anderen kosmogonischen Theorien ist, dass man sie weder zwingend widerlegen noch beweisen kann. Die Frage nach der Herkunft des kosmischen Staubes wollen wir deswegen garnicht erst stellen. Wir wissen vorlauefig hierüber viel zu wenig, der Spekulation sind Tür und Tor geöffnet. Ausserdem besteht ja die Aussicht, dass in garnicht allzu ferner Zeit auf dem Mond eine Sternwarte entsteht, die ihre Beobachtungen unter unvergleichlich besseren Bedingungen als von der Erde aus durchführen kann. Es ist durchaus möglich, dass hierbei Entdeckungen gemacht und Erkenntnisse gewonnen werden, die uns einer Beantwortung dieser Frage sehr viel naeher bringen.

Als einigermassen gesichert können wir wohl annehmen, dass die Sonne und ihre Trabanten, die Planeten, einem einheitlichen Vorgang ihre Entstehung verdanken. Sie sind also etwa gleich alt. Der grösste unter den Planeten, Jupiter, übertrifft die Erde 317 mal an Masse; er ist deswegen noch nicht so weit abgekühlt wie die Erde, dh., er befindet sich noch in einem viel früheren Entwicklungsstadium als die Erde, er altert langsamer; die Bildung einer Erstarrungskruste hat auf ihm wahrscheinlich eben erst begonnen. Die aeltesten Gesteine, denen wir bisher auf der Erde begegneten und die vielleicht Reste der ersten Erstarrungskruste der Erde darstellen, besitzen ein Alter von etwa 3,5 Milliarden Jahren. Wir sehen hieraus, mit welchen Differenzen im Grad der Entwicklung wir allein innerhalb unseres Planetensystems zu rechnen haben; es ist nicht ausgeschlossen, dass spaeter einmal auch auf dem Jupiter Leben entsteht. Die Zeit, die seit der Bildung des kosmischen Urnebels bis zur ersten Erstarrungskruste vergangen ist, können wir vorlauefig nicht einmal schaeetzen. Man bemüht sich zwar, dieser Frage mit den Methoden der Kernphysik naeher zu kommen, insbesondere unter Berücksichtigung des Energiehaushaltes der Sterne; aber auch dies steckt noch viel zu sehr in den Anfaengen, als dass wir hier, vorlauefig mit sicheren Daten rechnen können.

Nach den Vorstellungen von H. Stille war die Erdoberfläche nach der algonkischen Faltung weitgehend zusammengeschweisst, die *Megagaea* war entstanden. Nach dem algonkischen Umbruch entstanden innerhalb dieser konsolidierten Kratone neue faltbare Räume. Dieses Ereignis liegt rund eine Milliarde Jahre zurück. Heute stehen wir wiederum etwa am Ende eines solchen Zyklus. Kann nicht im Universum etwas Analoges geschehen sein? Wir gehen stillschweigend von der Voraussetzung aus, dass es in der Entwicklungsgeschichte des Weltalls ein dem irdischen algonkischen Umbruch analoges Ereignis nicht gibt. Zum mindesten müssen wir doch die Möglichkeit eines solchen Ereignisses in Betracht ziehen. Das Alter des Weltalls, das heute allgemein mit etwa 3-5 Milliarden Jahren angegeben wird, könnte damit leicht ein Mehrfaches dessen betragen.

Soviel über die Entstehung unserer Erde. Trotz aller Forschung müssen wir zugeben, dass unsere Kenntnisse in dieser Hinsicht immer noch recht lückenhaft sind.

Aus dem oben gebrauchten Begriff «Erste Erstarrungskruste» geht hervor, dass die Erde früher viel heisser war, sie war eine Zeit lang ein selbst leuchtender Stern, der allmählich erkaltete. Als die Oberflächentemperatur etwa 100°C erreicht hatte, entstanden die Urkontinente und Urozeane; in diesem Moment beginnt das Gebiet der Geologie, der Erdgeschichte, und ihrer Schwesterdisziplin, der Palaeontologie, der Geschichte des Lebens.

Das Rätsel über die Entstehung des Lebens beginnt sich zu lichten. Vor etwa 12 Jahren überlegte sich der damals 23 jährige amerikanische Student Stanley Miller, wie Urozean und Uratmosphäre beschaffen gewesen sein könnten, und begann, zu experimentieren. Gleich seine ersten Versuche mit Wasser, Methan und Ammoniak, denen er Energie in Form elektrischer Entladungen zuführte, erbrachten eine Sensation: er fand 19 organische Substanzen, darunter 6 *Aminosäuren*. Seine zunächst mit Misstrauen betrachteten Versuche wurden in aller Welt überprüft und bestätigt. Andere Versuche erbrachten die Entstehung von *Kohlenwasserstoff-Makromolekülen*. Damit sind bereits zwei ausserordentlich vielseitige und reaktionsfähige Verbindungsklassen der organischen Chemie nachgewiesen; der Akzent beiden Aminosäuren beruht auf dem Vermögen, bestimmte äussere Formen anzunehmen, und bei den Kohlenwasserstoffen auf der Fähigkeit, Membranen, also flächige Körper zu bilden. Wir haben hier bereits zellähnliche Produkte vor uns, eine membranumhüllte Substanzmenge, die in bestimmten Mengen eine Art Nahrung aufnimmt, nämlich das, was eben die Membranen durchlassen. Die Erde kühlte sich weiter ab, die dichte, vorwiegend aus Methan und Ammoniak bestehende Wolkendecke lichtete sich, das energiereiche ultraviolette Licht der Sonne strahlte stärker. Dadurch entstanden neue, kompliziertere Formen der bisherigen organischen Substanzen. Hinzu kam ein neuer wesentlicher Faktor: der Sauerstoff. Und von hier aus ist es nur noch ein Schritt zur Bildung von Eiweiss und Zelle.

Wir sehen hieraus zweierlei: Erstens erkennen wir, dass ein fließender Übergang besteht zwischen der anorganischen und der organischen Welt. In diesem Zusammenhang müssen wir uns vergegenwärtigen, dass die Grenzen, denen wir überall begegnen und die wir schon als etwas Selbstverständliches, Natürliches ansehen, in Wirklichkeit nicht existieren. Sie sind künstliche, vom Menschen erdachte Gebilde, um Ordnung in die Fülle der auf ihn einströmenden Eindrücke und Erkenntnisse zu bringen. Nehmen wir als Beispiel unsere Erde; wo sollen wir ihre Grenze gegen das Universum ziehen? Doch wohl kaum an der Erd- beziehungsweise Wasseroberfläche, schliesslich gehört die

Lufthülle auch dazu. Aber wo endet sie? Selbst in 100 km Höhe bleibt ein wenn auch nur sehr geringer Teil der Erdatmosphäre «unerfasst» Und aus diesen Bereichen entweichen auch heute noch irdische, gasförmige Teilchen in den Weltraum, während andererseits das Magnetfeld der Erde Protonen einfängt, die von der Sonne stammen. Wo sollen wir hier eine exakte Grenze ziehen? Oder: Wir sind es gewohnt, die Lebewelt in Tierreich und Pflanzenreich einzuteilen. Wichtigstes Unterscheidungsmerkmal ist neben der Art der Membranen das Chlorophyll. Wir kennen nun Lebewesen, sog. Protozoen, die die Merkmale beider Kategorien auf weisen. Oder denken wir an das Wachstum der Kristalle, an die kristallisierten Virusarten, denken wir an den kontinuierlichen Übergang zwischen den Begriffen «Vorkommen» und «Lagerstätte», kurz, nirgends eine feste Grenze. Wir können sogar noch weitergehen und sagen, Übergänge müssen vorhanden sein. Fehlen sie, so liegt das nicht daran, dass sie nicht existieren, sondern lediglich daran, dass wir sie noch nicht gefunden haben. Es sei hier nur daran erinnert, dass eine ganze Reihe der 92 chemischen Elemente nur deswegen entdeckt wurden, weil man sich sagte, sie müssen vorhanden sein. Es ist also nur logisch, wenn wir sagen, es gibt keine Grenze zwischen organisch und anorganisch.

Noch wichtiger ist die zweite Folgerung, die wir aus den Versuchen von Miller ziehen müssen: Sind bestimmte Voraussetzungen gegeben, dann *m u s s* auf einem Weltenkörper Leben entstehen, genau so, wie aus einem Weizenkorn bei Erfüllung bestimmter Voraussetzungen eine neue Pflanze entsteht, entstehen muss. Oder anders ausgedrückt: In dem Moment, in dem ein neuer Weltenkörper entsteht, wohnt ihm bereits die Möglichkeit inne, dass auf ihm im Laufe seiner späteren Entwicklung unter bestimmten Voraussetzungen einmal Leben entsteht. Ob es dann wirklich dazu kommt, hängt von rein äusserlichen Faktoren ab, z.B. von der Grösse des betreffenden Planeten, von seinem Abstand zu seiner Sonne, von seiner Rotationsgeschwindigkeit, um nur einige zu nennen.

Damit soll nun aber nicht die Ansicht vertreten werden, dass die Entstehung des Lebens und damit schliesslich auch die Existenz der Menschheit auf einer Laune der Natur oder gar auf einem Zufall beruht. Die Paläontologie lehrt uns, wie empfindlich das Leben reagiert: bei den geringsten Schwankungen der Temperatur, des Salzgehaltes, der Strömungsverhältnisse des Wassers oder der Strahlungsintensität der Sonne sterben massenweise Arten und Gattungen mancher Tiere aus und neue, den veränderten Bedingungen angepasste erscheinen. Von der Lagerstättenkunde her wissen wir, wie genau die Natur auf Änderungen der Bildungsbedingungen reagiert. Die Petrographie benutzt die verschiedenen Kristallformen des Quarzes als geologisches Thermometer, weil sie von der Bildungstemperatur des betreffenden Magmas abhängig sind. Schon aus diesen wenigen Beispielen aus dem organischen und anorganischen Bereich ersehen wir mit aller Deutlichkeit, dass es in der Natur keinen Zufall gibt. Wir müssen im Gegenteil feststellen, dass alles Geschehen sich nach ausserordentlich strengen Gesetzen richtet, die keine Ausnahmen dulden. Und nun könnte man fragen: Woher kommen diese Gesetze? Wir wollen diese Frage hier nicht diskutieren, sie würde uns zu weit vom Thema abbringen.

Eine bestimmte Kategorie neu entstehender Weltenkörper müssen wir allerdings von vornherein als lebensfeindlich ansehen: Auf einem Zentralgestirn, einer Sonne, kann kein Leben entstehen. Als wesentliche Voraussetzung für die Entstehung bzw. Weiterentwicklung des Lebens haben wir ja das Sonnenlicht angesehen. Kommt es auf einer solchen Sonne zur Bildung einer Erstarrungskruste, so wird hier die Aussentemperatur verhältnismässig bald und schnell tief absinken, weil der nächste, Licht und

Waerme spendende Weltenkörper infolge seiner grossen Entfernung als wirksame Waermequelle ausscheidet. Leben kann also nur auf Planeten entstehen.

Über den Zeitpunkt der Entstehung des Lebens auf der Erde sind wir wenigstens grössenordnungsmaessig unterrichtet. Ersten sicheren Lebensspuren begegnen wir im Algonkium, dessen Beginn etwa 1,1 Milliarden Jahre zurückliegt. Von der Bildung der ersten Zelle bis zu diesen ersten Fossilien dürfte noch einmal der gleiche Zeitraum anzusetzen sein. Aber auch diese Dinge sind im Fluss. Nach jüngsten Pressemeldungen haben die Amerikaner E. S. Barghoorn und J. W. Schöpf bakterienaehnliche Organismen gefunden, die aus über 3 Milliarden Jahre alten Gesteinen Südafrikas stammen. Da die bisher aeltesten Gesteine nur wenig aelter sind, muss also das Leben auf der Erde schon sehr bald nach Entstehung der ersten Erstarrungskruste entstanden sein, wenn diese «aeltesten Gesteine» wirklich Reste der ersten Erstarrungskruste darstellen!

Unsere Betrachtung über die Entstehung des Lebens waere unvollstaendig, wenn wir nicht kurz die Frage nach Leben auf anderen Sternen streifen würden. Eine Kategorie können wir hier schon ausscheiden: Das, was wir am naechtlichen Himmel erblicken, sind — abgesehen von den wenigen Planeten unseres eigenen Sonnensystems—Sonne mit einer Aussentemperatur von vielen 1000°C. Hier ist auf keinen Fall Leben vorhanden. Aber diese Sonne sind, zum Teil wenigstens, ihrerseits wieder von Planeten umgeben. Diese Planeten, die nicht selbst leuchten, können, wir nicht sehen, weil sie zu dicht an «ihrer» Sonne stehen ; sie werden von ihr überstrahlt. Aber auf solchen Planeten ist natürlich Leben durchaus möglich, das haengt lediglich von den weiter oben angedeuteten Voraussetzungen ab.

Seit ein paar Jahrhunderten wissen wir, dass nicht die Erde und auch nicht die Sonne im Mittelpunkt der Welt steht. Aber im Unterbewusstsein eines grossen Teiles der Menschheit hat sich dieser Erkenntniswandel noch nicht vollzogen. Dadurch entsteht eine Überbewertung irdischer und eine Unterbewertung ausserirdischer Verhaeltnisse, es entsteht ein verzerrtes, schiefes Bild. Zur Korrektur dieses Bildes wollen wir einen Blick auf Abb. 1 werfen. Sie zeigt schematisch die Form und die Dimensionen der Milchstrasse, die wir an manchen Abenden als leuchtendes Band am Himmel erkennen, und zu der auch unser eigenes Sonnensystem gehört. Wir wissen, dass die Entfernung Erde - Mond 384 000 km betraegt, bis zur Sonne sind es bereits 149,5 Millionen km, von der Sonne bis zu Pluto, dem entferntesten Planeten, sind es knapp 6 Milliarden km und bis zur naechsten Sonne sind es schon Billionen von km. Man hat diese Inflation an km zu umgehen versucht, indem man die Lichtgeschwindigkeit als Masseinheit zu Grunde legte. Das Licht legt in der Sekunde ziemlich genau 300 000 km zurück. Danach betraegt die Entfernung Erde - Mond 1,3 Lichtsekunden, bis zur Sonne sind es schon über 8 Lichtminuten und bis zur naechsten Sonne schon über 2 Lichtjahre. Die Dimensionen unserer Milchstrasse bewegen sich in tausenden von Lichtjahren. Und mit den neuesten Instrumenten naehern wir uns bedenklich einer zweiten Entfernungsinflation, wir kennen heute Entfernungen von «weit über 5 Milliarden Lichtjahren». Und auch dies dürfte noch nicht das letzte sein. Aus diesen Zahlen wird ersichtlich, dass es wohl noch etwas verfrüht ist, von einer «Eroberung des Weltenraumes» zu sprechen.

«Unser» Milchstrassensystem besteht aus etwa 80 bis 100 Milliarden Sternen und solche Milchstrassensysteme kennt man eine ganze Menge; die Schaetzungen gehen da noch etwas auseinander, Stumpff (1957) spricht von 75 Millionen, Kiepenheuer (1957) von 260 Millionen, Jordan (in Boschke, 1962) von 10 Milliarden Milchstrassen. Selbst wenn in jedem dieser Systeme mit seinen Milliarden von Sonnen (und Planeten) nur ein

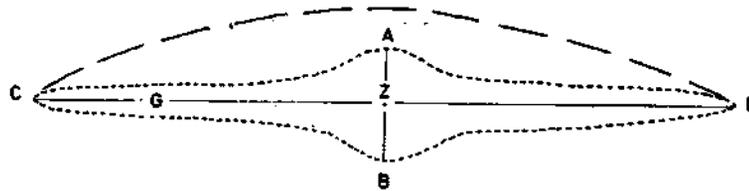


Abb. 1 - Schnitt durch eine Milchstrasse (schematisch).

Z = Zentrum G = Sonne
 Entfernung A - B : ca. 16 000 Lichtjahre
 » G - Z : ca. 27 000 »
 » G - D : ca. 80 000 »
 1 Lichtjahr = $9,46 \times 10^{13}$ km

einzigster Planet Leben in irgendeiner Form beherbergt, so bedeutet das bereits 75 Millionen belebte Planeten, wenn wir nur die kleinste der oben angegebenen Ziffern zu Grunde legen; sehr wahrscheinlich ist die Anzahl belebter Planeten innerhalb eines Systems grösser als 1.

Am Verhaeltnis Erde/Jupiter haben wir eingangs gesehen, in welchen Grössenordnungen der Grad der Entwicklung innerhalb ein und desselben Planetensystems schwanken kann. Aehnliche Unterschiede müssen wir auch im Entwicklungsgrad ausserirdischen Lebens annehmen, das heisst, auf dem einen aussersolaren Planeten befindet sich das Leben vielleicht im Stadium der Trilobiten, auf einem anderen ist es weiter fortgeschritten als auf unserer Erde. Ob dabei dort jemals Lebewesen entstehen, die auch nur im entferntesten Aehnlichkeit mit irdischen Lebewesen irgendeiner Entwicklungsstufe zwischen Algonkium und Jetztzeit, besitzen, haengt wiederum ganz von den Verhaeltnissen ab, die auf dem betreffenden Planeten herrschen; je aehnlicher diese Bedingungen unseren irdischen sind, desto aehnlichere Lebewesen werden im Laufe der Entwicklung auch auf dem anderen Planeten entstehen.

Vergegenwaertigen wir uns die oben genannte Entfernung von über 5 Milliarden Lichtjahren, dann wird uns verstaendlich, wenn die Physiker den Weltenraum—trotz der zahllosen Milchstrassensysteme—als praktisch leer bezeichnen. Hierzu noch ein kurzes Beispiel. Einer der jüngsten Zweige der Astronomie ist die Radio-Astronomie, die sich mit der Entzifferung elektromagnetischer Strahlung aus dem Weltenraum beschaeftigt und der wir schon jetzt grundlegende neue Erkenntnisse verdanken. Kürzlich ist es nun gelungen, eine der staerksten Radioquellen am nördlichen Sternhimmel mit einem optischen Objekt zu identifizieren und zwar mit 2 Sternsystemen in etwa 230 Millionen Lichtjahren Entfernung, die ziemlich flach, wie 2 Teller, zusammenprallen. Milchstrassen im Zusammenstoss! Aber den Sternen in diesen beiden Systemen passiert dabei praktisch garnichts. Ihre gegenseitigen Abstaende sind so gross, dass die 2 Systeme sich ohne einen einzigen Sternzusammenstoss durchdringen können. Lediglich die interstellare Materie prallt auf einander, geraet durcheinander und wird hierdurch offenbar zu Schwingungen angeregt (Stumpff). Genaueres weiss man auch hier noch nicht.

Die vorstehenden Schilderungen sollen uns einen Begriff vermitteln von der Grosse des Universums und von der Rolle, die unsere Erde darin spielt; sie ist wahrlich klein genug.

Betrachten wir nun die Entstehung der Erde und des Lebens in diesem Zusammenhang, so kommen wir zu der Erkenntnis, dass es sich hierbei um einen ganz normalen Vorgang handelt. Die Entstehung von Leben ist eine ganz natürliche, konsequente Weiterentwicklung, die auf jedem Planeten möglich ist, sofern nur bestimmte Bedingungen oder Voraussetzungen gegeben sind. Die Entstehung von Leben auf einem Planeten ist keinesfalls ein Einzelfall, sie ist lediglich, gemessen an der Vielzahl der möglichen Fälle, verhältnismäßig selten. Aber auch hierin müssen wir wohl eine Art weltweiter Gesetzmäßigkeit erblicken. Sie wird deutlich, wenn wir eine Parallele zu irdischen Verhältnissen ziehen: Jahr für Jahr beobachten wir bei Tier und Pflanze eine unvorstellbare Überproduktion an Samen zur Erhaltung der Art, aber auch hier wird nur ein kaum wahrnehmbarer Bruchteil der gegebenen Möglichkeiten tatsächlich verwirklicht.

Manuscript received August 1, 1966

LITERATUR AUSWAHL

- BOSCHKE, F. L. (1962) : Die Schöpfung ist noch nicht zu Ende. *Knaur Verlag*.
- CARRINGTON, R. (1957) : Drei Milliarden Jahre. *List Verlag*.
- GAMOW, G. (1941) : Die Lebensgeschichte der Erde. *Bruckmann Verlag*.
- JORDAN, P. (1952) : Schwerkraft und Weltall. Braunschweig.
- KAISER, H. K. (1960) : Planeten und Monde. *Franckh'sche Verlagshandlung*.
- KIEPENHEUER, K. O. (1957) : Die Sonne. *Springer Verlag*.
- KUIPER, G. P. (1955) : The formation of the Planets, I-III. *Journ. Roy. Soc. Canada*, vol. 50.
- STILLE, H. (1944): Geotektonische Gliederung der Erdgeschichte. *Abh. Pr. Akad. Wiss. Math.-nat. Kl.*, Nr. 3.
- STUMPF, K. (1957) : Astronomie. *Fischer Verlag*.