

Sind wir allein im Universum?

Prof. Dr. Harald Lesch
Universitäts-Sternwarte München

Eine allseits bekannte und beliebte Lebensform, die offenbar außer uns das Universum bevölkert, sind die sogenannten Außerirdischen (ETs). Sie scheinen in unglaublicher Anzahl hier zu landen, abzustürzen, Menschen zu entführen, zu vergewaltigen, grausig durch medizinische Untersuchungen zu entstellen und seit 50 Jahren mit den Regierungen der Supermächte zusammenzuarbeiten. So und nicht anders verhalten sich unsere intergalaktischen Brüder (und Schwestern?) glaubt man den diversen Sachbuchautoren, Talk-Shows, TV-Dokumentationen, Presseberichten etc.. Dieses himmlische Thema hat für viele eine sehr irdische, nämlich rein pekuniäre Komponente. Redaktionen zahlen gut für hinreichend reisserisch aufbereitetes Film-und Textmaterial.

Das Aussehen der Wesen in so zahlreich beobachteten und schnellstens veröffentlichten "Begegnungen der dritten Art" wird von jeweils zeitlich vorangegangenen Kinohits auf wohl rein zufällige Art und Weise beeinflusst. Kompetent wirkende Sachbücher kommen in Millionenaufgabe auf den Markt, um endlich die interplanetaren Verschwörungen von Regierungen, CIA & KGB und Vatikan aufzudecken. Es werden sogar Obduktionen von Insassen abgestürzter UFOs in Filmdokumentationen gezeigt - ein ganz besonders geschmackloses Beispiel für die Profitgier aller Beteiligten. Nach den jüngsten Aufdeckungsversuchen einiger Ungläubiger handelt es sich bei einem Fall in Wahrheit um die Sezierung eines an einer sehr seltenen Erbkrankheit verstorbenen Kindes.

Die Frage "Sind wir allein im Universum?" hat neben den bekannten Antworten aus Film und Presse allerdings einen ernsten, wissenschaftlichen Hintergrund, ohne dessen Beleuchtung keine auch nur annähernd realistische Antwort möglich ist. Im folgenden will ich diesen Hintergrund ein wenig beleuchten.

Die Suche nach Leben auf anderen Himmelskörpern gehört zu den attraktivsten wissenschaftlichen Themen. Leider ist die Frage nach außerirdischem Leben wie so viele andere interessante naturwissenschaftliche Fragen nicht eindeutig beantwortbar. Zu Beginn wird die Eingangsfrage eingeschränkt: Es geht nicht um das Leben an sich, sondern nur um kommunikationsbereite Zivilisationen, die mit uns auch in Kontakt treten wollen. Wir können mit unseren technischen Mitteln keinerlei Leben auf

anderen Planeten außerhalb des Sonnensystems feststellen, es sei denn, diese Wesen verfügen mindestens über die gleiche Technologie wie wir und benutzen sie zur Erkundung des Kosmos. Dies bedeutet, daß im Prinzip das Universum voller Leben sein kann - Ritter, Dinosaurier, Dampfmaschinen, Bäume etc...Leben in dieser Art werden wir jedoch nie bemerken.

Wir bekommen unsere Informationen nur über elektromagnetische Strahlung, deshalb müssen die "Anderen" zumindest unfreiwillig den Kosmos durch künstliche elektromagnetische Strahlung "verunreinigen", wie wir das seit 50 Jahren mit Radar, Radio, Fernsehsender oder Überwachungssatelliten tun. Noch besser wäre natürlich, wenn sich eine technische Zivilisation mit Hilfe starker Radiosender im Universum bewußt bekannt macht, also selbst nach anderem Leben sucht. Aber man sollte bedenken, wenn alle im Universum nur horchen und keiner was sagt, also sich irgendwie elektromagnetisch bemerkbar macht, wird auch niemand die anderen entdecken!

Diese beschränkte Kommunikationsmöglichkeit reduziert die Chance eines interplanetaren Rendezvous ganz beträchtlich. Wir können die Ausgangsfrage, ob wir allein im Universum sind, eigentlich nur dann mit absoluter Sicherheit beantworten, wenn wir in der Lage wären, andere Planeten aufzusuchen. Das ist uns aber noch nicht einmal innerhalb unserer eigenen Galaxie möglich.

Deshalb macht es kaum Sinn, sich über Lebewesen außerhalb der Milchstraße Gedanken zu machen - die Entfernung zur nächsten Galaxie -Andromeda- beträgt gut 2 Millionen Lichtjahre. Ein Kontaktsignal, das wir heute auffangen würden, müßte also dort vor 2 Millionen Jahren abgeschickt worden sein.

Licht breitet sich mit 300.000 km pro Sekunde aus; zum Mond braucht ein Signal eine Lichtsekunde, zur Sonne 8 Lichtminuten, zum Saturn schon 80 Lichtminuten. Unsere Galaxis hat eine Ausdehnung von ca.hunderttausend Lichtjahren. Signale vom anderen Ende der Milchstraße brauchen hunderttausend Jahre, um uns zu erreichen, das entspricht der gesamten Entwicklungszeit vom Neandertaler bis zum modernen Menschen.

Die Wahrscheinlichkeit, eine solche Zivilisation zu entdecken, hängt natürlich auch von ihrer zeitlichen und räumlichen Häufigkeit ab. Die Anderen dürfen nicht die berühmte Position der Nadel im Heuhaufen haben.Es ist z.B. möglich, daß es in der Milchstraße nahe der Sonne bereits schon einmal Zivilisationen gegeben hat, daß diese inzwischen aber wieder verschwunden sind.

Andererseits kann es zur Zeit Zivilisationen geben, die soweit von der Sonne entfernt sind, daß wir sie nie entdecken können.

Unvoreingenommen müßte man vermuten, daß die Zahl der Möglichkeiten riesengroß ist, denn es gibt in unserer Milchstraße ca. hundert Milliarden Sterne, um die sich Planeten gebildet haben könnten. So ohne weiteres läßt sich das Leben aber nicht irgendwo nieder, es müssen vielmehr eine ganze Reihe von Be- dingungen erfüllt sein, bevor intelligente Lebewesen im Universum entstehen können:

1. Es müssen genügend Sterne vorhanden sein, um die sich Planeten bilden konnten. Die Hälfte der Sterne fällt weg, weil es sich um Doppelsterne handelt. Es gibt kaum stabile Umlaufbahnen für Planeten und damit auch keine Lebensmöglichkeiten in Doppelsternsystemen.

2. Diese Planetensysteme müssen sich um Sterne gebildet haben, die lange genug existieren, damit sich eventuell auf einem Planeten, der im richtigen Abstand um den Stern rotiert, Leben entwickeln kann.

3. Der Planet muß einigermaßen sicher vor kosmischen Katastrophen (ständige Bombardements von Meteoriten, nahe Sternexplosionen von großen, jungen Sternen) sein. Sein Sternsystem darf nicht zu nahe an Sternentstehungsgebieten liegen, und sollte während seiner Umrundung der Milchstraße solche Gebiete auch nicht durchkreuzen

4. Die biologische Entwicklung sollte eine technologische Zivilisation hervorbringen, die dann hoffentlich lange genug existiert, damit sie mit der kosmischen Umwelt Kontakt aufnehmen kann.

Die Existenz von intelligentem Leben hängt also nur zum Teil von astrophysikalischen Bedingungen ab. Ebenso liefern die Biologie, die Soziologie, ja sogar die Psychologie wesentliche Beiträge zur Klärung von universellen Lebensbedingungen.

Die ersten Abschätzungen kosmischer Lebenswahrscheinlichkeit wurden 1961 auf einer Konferenz von Astrophysikern in Green Bank, USA, vorgenommen. Es ergaben sich, je nach Kommunikationsdauer, Zahlen zwischen 100 Millionen und 1 für die Anzahl kommunikationsbereiter Zivilisationen. Hierbei unterschied man bereits optimistische, zurückhaltende und pessimistische Einschätzungen, deren astrophysikalische Parameter ziemlich gleich waren. Es wurden nur verschiedene Längen der Kommunikationsbereitschaft angenommen. Der Optimist ging von Hundert Millionen Jahren aus, der Zurückhaltende von einer Million Jahre und der Pessimist übertrug die irdische Lage auf die ET's und veranschlagte Hundert Jahre.

Die Abschätzungen von Green Bank ergaben einen optimistischen Wert von hundert Millionen Zivilisationen in der Milchstraße, was einem mittleren Abstand zwischen den bewohnten Planeten von zehn Lichtjahren entspräche. Die zurückhaltende Berechnung brachte eine Million Zivilisationen mit einem mittleren Abstand von 300 Lichtjahren; der Pessimist erhielt nur 4 Zivilisationen mit einem Abstand von ca. hunderttausend Lichtjahren.

Die Pioniere der wissenschaftlichen Untersuchung außerirdischen Lebens wurden sich also nicht einig, es war aber auch schon damals nach ihren Kriterien möglich, daß wir allein in unserer Galaxie, denn 4 ist nahe bei 1!

Heute zeigt sich, daß selbst die pessimistischsten, rein astrophysikalischen Überlegungen von 1961 noch viel zu optimistisch gewesen sind. Grundsätzlich geht man davon aus, daß sich Leben auf Planeten um Sterne herum entwickelt. Am Anfang des Universums gab es nur zwei chemische Elemente - Wasserstoff und Helium. Alle anderen Elemente wurden in Sternen durch die Verschmelzung von Atomkernen produziert. Aus diesen Elementen entstanden später die Planeten - aus diesen Elementen entsteht das Leben. Im Zentrum der astrophysikalischen Forschung über außerirdisches Leben steht deshalb der Lebensweg von Sternen. Doch davon später mehr.

Ausgangspunkt meiner Überlegungen ist das "Prinzip der Durchschnittlichkeit", d.h. die Erde, das Sonnensystem, stellen den Normalfall in der Milchstraße dar - es ist nichts Besonderes daran! Damit wird eine Zeit festgelegt, die das Leben braucht, um intelligente Formen zu entwickeln - 4.5 Mrd. Jahre. Ein Stern muß also mindestens diese Zeitspanne strahlen, damit er als mögliche Heimat für intelligentes Leben in Frage kommt. Die Lebensdauer eines Sternes hängt von seiner Masse ab, denn seine Leuchtkraft - erzeugt durch die Verschmelzung einfacher Atomkerne wie Wasserstoff bis hin zu schwereren Elementen wie Sauerstoff, Magnesium, sogar Eisen - hängt vom Gleichgewicht zwischen Schwerkraft und Strahlungsdruck ab. Je schwerer ein Stern ist, umso mehr "drückt" die Schwerkraft und erhöht damit die Temperatur und somit die Verschmelzungsrate im Innern des Sterns. Mit anderen Worten: Ein schwerer, großer Stern verbrennt seinen Brennstoffvorrat schneller und ist deshalb heißer als ein kleiner, leichterer Stern, der langsamer "brennt" und niedrigere Temperaturen aufweist. Ein Stern, der doppelt so schwer ist wie die Sonne, lebt nur 1 Mrd. Jahre (die Sonne wird ca. 10 Mrd. Jahre als normaler Stern leben). Der Stern muß auch heiß genug sein, damit sich Leben in seiner unmittelbaren Umgebung entwickeln kann. Da Temperatur und Strahlungsleistung eines Sternes ebenfalls von seiner Masse abhängt, darf der Stern auch nicht zu klein sein.

Damit habe ich den "G-Stern-Chauvinismus" beschrieben: Nur Planetensysteme um Sterne wie die Sonne, sog. G-Sterne, können Leben entwickeln. Die größeren Sterne existieren nicht lange genug, die kleineren Sterne sind so leuchtschwach, daß ihre Planeten sich in viel geringerer Entfernung als der Abstand Erde - Sonne aufhalten müßten, um die für das Leben notwendige Energie auffangen zu können. Körper jedoch, die zu nahe um einem Stern kreisen, werden von seinem Schwerkraftfeld erfasst und in ihrer Eigendrehung so sehr gebremst, daß sie ihrem Stern immer die gleiche Seite zuwenden. Diese wird zu stark erhitzt und die abgewandte Seite friert ein. Aufgrund des

entstehenden Temperaturunterschieds wird auch der Übergangsbereich zwischen beiden Seiten nicht besonders wohnlich sein. Selbst, wenn der Planet seine Atmosphäre behalten haben sollte, was bei der intensiven einseitigen Bestrahlung nicht einfach sein dürfte, werden sehr starke Winde auftreten, die den Unterschied zwischen heiß und kalt auszugleichen versuchen. Kleinere Sterne als 0,8 Sonnenmassen scheiden daher genauso aus wie Sterne mit mehr als 1,4 Sonnenmassen, denn wie erwähnt, ist deren Lebensdauer nicht lang genug, um biologische Entwicklung hin zu intelligenten Lebewesen zu erlauben.

Es muß sich aber um „neue“ G-Sterne der zweiten oder dritten Generation handeln, denn die ersten Sterne entstanden aus reinen Wasserstoff und Helium-Wolken. Die konnten noch keine Planeten aus Gestein bilden! Zunächst mußten erstmal die schwereren chemischen Elemente in Sternen produziert werden. Wie kamen die Erzeugnisse der stellaren Hochöfen nun wieder zurück ins All, damit neue G-Sterne aus Gaswolken entstehen konnten, die nun bereits mit Kohlenstoff, Silizium, Magnesium, Eisen etc... angereichert waren?

Hier kommen die schweren Sterne oberhalb von 4 Sonnenmassen ins Spiel, sie spielen die zentrale Rolle für die Entstehung von Leben, denn sie schleudern, „injizieren“ die chemischen Elemente in kosmischen Explosionen ins All.

Sterne, die wesentlich schwerer sind als die Sonne, stellen durch ihre enorme Schwerkraft besonders effektive Brutreaktoren für alle chemischen Elemente schwerer als Helium dar. Am Ende ihres relativ kurzen Lebens (einige Millionen Jahre) explodieren diese Sterne mit einem unglaublichen Energieausstoß und schleudern die lebenswichtigen Elemente wie Kohlenstoff, Silizium und Eisen in den Weltraum. Diese sogenannte **Supernova**-Explosion ist so gewaltig, daß man ihr Leuchten von der Erde aus noch in 5000 Lichtjahren Entfernung sehen könnte. Durch den ungeheuren Druck der hinausrasenden Gase wird das Medium zwischen den Sternen an manchen Stellen zusammengepresst. Die höheren Dichten führen zu einer lokalen Erhöhung der Schwerkraft, und es kann ein neuer Stern entstehen.

Die Supernova-Explosion ist also für die Entwicklung von Leben unerläßlich, aber sie ist für bestehendes Leben auf Planeten, die sich im Abstand von dreißig Lichtjahren befinden, auch sehr gefährlich. Eine stellare Explosion ist nämlich mit sehr intensiver, harter Röntgenstrahlung verbunden, die höheres Leben abtöten kann.

750.000 Jahre, bevor das Sonnensystem entstand, wurde die Sonne durch eine solche Explosion einer Supernova geboren. Dies erkannte man aus der chemischen Zusammensetzung von Meteoriten.

Sie stellen das Urmaterial des Sonnensystems dar und haben ihre chemische Zusammensetzung seit ihrer Entstehung nicht mehr geändert. Ihre radioaktiven Isotope (Isotope eines Elements enthalten die gleiche Anzahl an positiven Protonen, aber unterschiedliche Anzahl an Neutronen) von Magnesium und Aluminium lassen sich nur durch die Kernprozesse während einer Supernova-

Explosion erklären. Die chemischen Elemente, aus denen der Leser und der Schreiber dieser Zeilen und auch die Zeilen selbst bestehen, sind von mindestens einer, wahrscheinlich zwei Sternenerationen erbrütet worden. Wir bestehen zu 92% aus Sternenstaub - wir sind Kinder der Sterne! Die "Anderen" auch! Der Sonne ist übrigens seit ihrem Bestehen keine Supernova-Explosion mehr so nahe gekommen, daß deren Röntgenstrahlung auf der Erde meßbare Auswirkungen gehabt hätte. Das Sonnensystem hat seit seiner Geburt keine Sternentstehungsregion durchkreuzt!

Die unbestreitbare Erkenntnis über den physikalischen Ursprung der für das Leben absolut notwendigen Elemente gilt für den gesamten Kosmos. Leben muß sich entwickeln. Entwicklung heißt Vererbung und vererbt werden Informationen. Informationen sind strukturierte molekulare Bausteine, deren Aneinanderreihung biologische "Worte" ergeben. Der genetische Code der Lebewesen ist der "Text", d.h. der Bauplan für ein Lebewesen. Weil diese Informationen in molekularer Form vererbt werden müssen, ist es notwendig, strukturierte Moleküle zu bauen. Je komplexer und damit intelligenter ein Lebewesen werden soll, um so mehr Informationen müssen übertragen werden. Eine Gaswolke kann deshalb nicht intelligent sein, auch wenn einige Science-Fiction-Autoren dies immer wieder gerne in ihren Geschichten behaupten. Leben braucht schwere Elemente. Wie wir noch sehen werden, braucht es vor allem Kohlenstoff, das einzige Element, das in der Lage ist, im interessanten Temperaturbereich (unterhalb von ca. 100 Grad Celsius) lange Kettenmoleküle zu bilden. Der kosmische Ursprung der Elemente ist uns bekannt und damit auch der kosmische Ursprung der Außerirdischen. Auch sie müssen aus den uns bekannten chemischen Elementen zusammengesetzt sein. Dies war aber nicht zu jeder kosmischen Zeit möglich, denn in den Frühphasen des Universums gab es noch nicht genügend Sterne und damit noch keine schweren Elemente, aus denen sich Planeten entwickeln konnten. Das heißt, es gab auch noch keine Möglichkeit für Leben. Irgendwann nach uns werden keine neuen Sterne mehr entstehen, (schon jetzt entstehen deutlich weniger als in der Anfangszeit) und die bestehenden werden sterben. Die Energiequellen sind verbraucht - es kann sich kein Leben mehr entwickeln.

Es gibt nur eine ganz bestimmte Entwicklungsstufe des Kosmos, in dem Leben auftreten kann. Diese, aus den physikalischen Grundgegebenheiten abgeleitete Konsequenz ist ein eklatanter Widerspruch zum sogenannten kopernikanischen Prinzip, das besagt, daß wir an keiner ausgezeichneten Stelle im Universum leben und zu keiner ausgezeichneten Zeit.

Wir leben aber sehr wohl in einer besonderen kosmischen Entwicklungsphase, einer Phase, in der Leben möglich ist. Diese Erkenntnis begründet den G-Stern-Chauvinismus.

Der G-Stern Chauvinismus beinhaltet bereits den sog. Kohlenstoff-Chauvinismus, d.h. wir gehen davon aus, daß alle lebensnotwendigen organischen Verbindungen aus Kohlenstoffverbindungen bestehen. Diese

Einschränkung wird durch Beobachtungen des interstellaren Mediums, des Gases zwischen den Sternen, unterstützt. Bis heute wurden viele organische Moleküle, von der Ameisensäure bis hin zur einfachsten Aminosäure, dem Glycin, in unserer Milchstraße entdeckt. Dies bedeutet, daß sich selbst in den eigentlich lebensfeindlichen Bedingungen des interstellaren Raumes die elementaren Bausteine, aus denen wir zusammengesetzt sind, formieren können. Darüberhinaus ist Silizium das einzige Element, das außer Kohlenstoff noch in der

Lage ist, lange Kettenmoleküle wie die DNS zu bilden. Das geschieht nur bei sehr niedrigen Temperaturen von ca. -200 Celsius. Bei solchen Temperaturen sind aber die biologisch-chemischen Vorgänge extrem verlangsamt - man denke nur an die eigene Gefriertruhe. Sex eines Siliziumpärchens würde länger dauern als das Universum alt ist.

Als weitere wesentliche Einschränkungen für die o.g. Green-Bank-Abschätzung gelten die atmosphärischen Randbedingungen, die ein Planet erfüllen muß, damit sich auf ihm eine kommunikationsbereite Zivilisation entwickeln kann. Obwohl sich die Leuchtkraft unserer Sonne in den letzten 4,5 Milliarden Jahren um 30% erhöht hat, schwankte die mittlere Temperatur auf unserem Planeten nur um 20 Grad Celsius. Wir wissen heute, daß diese Temperaturregelung durch den wohlbekanntesten Treibhauseffekt verursacht wird. Die Konzentration vor allem von Kohlendioxid ist dafür verantwortlich, daß das einfallende Sonnenlicht nicht wieder völlig reflektiert wird (wäre die Erde ein idealer Strahler, d.h. würde sie alles empfangene Sonnenlicht wieder abstrahlen, hätte sie eine Oberflächentemperatur von minus 40 Grad Celsius) und damit die Oberfläche im Mittel ca. 20 Grad warm ist. Kohlendioxid wurde zusammen mit Methan, Ammoniak und Wasserdampf durch den starken Vulkanismus am Anfang der Erdentwicklung freigesetzt. In unserem Sonnensystem ist die Venus, die so groß ist wie die Erde, ein Beispiel für einen galoppierenden Treibhauseffekt. Ihre Oberfläche hat eine Temperatur von 425 Grad Celsius. Der Grund für diese lebensfeindliche Umwelt liegt in der Zusammensetzung der Venus-Atmosphäre: Sie enthält wesentlich mehr Kohlendioxid als die Erdatmosphäre. Während sich auf der Erde der Wasserdampf abkühlte und als Regen niederschlug, worin sich ein großer Teil des Kohlendioxid auflöste und damit aus der Atmosphäre verschwand, hat die Venus keine lange Regenzeit erlebt, denn die Sonneneinstrahlung ist hier aufgrund ihres geringeren Abstands stärker als auf der Erde; der Wasserdampf konnte sich nicht abkühlen - es regnete nicht. Das Kohlendioxid verblieb in ihrer Atmosphäre und damit erhitze sich die Venus auf diese Höllentemperatur. Als Gegenbeispiel im Sonnensystem gilt der Mars, er ist weiter von der Sonne entfernt als die Erde und viel kleiner als sie. Mars hat einen großen Teil seiner Uratmosphäre verloren. Der atmosphärische Druck auf der Marsoberfläche entspricht einem Luftdruck auf der Erde in Höhe von 48 km! Der Mars hat sein Wasser verloren,

er ist ein ziemlich kalter Wüstenplanet geworden. Wir wissen heute, daß der Mars nicht im bewohnbaren Bereich um die Sonne liegt. Die im letzten Jahr mit lautem Mediengeschrei als Überreste von Leben auf dem Mars verbreiteten Kohlenstoffverbindungen, die auf einem in der Antarktis gefundenen Meteoriten entdeckt wurden, erwiesen sich jüngsten Analysen zufolge als irdische Verunreinigungen, die beim Eintritt des Felsbrockens in die Erdatmosphäre entstanden. Wäre die Erdumlaufbahn nur 1,5% kleiner, wäre die Erde zur Venus geworden; 1,5% größer und wir hätten hier marsähnliche Zustände.

Daraus ergibt sich eine weitere wesentliche Einschränkung für die Green-Bank-Gleichung: Sterne, kleiner als unsere Sonne, ermöglichen keine Entstehung von Leben.

An einen "lebendigen" Planeten müssen somit folgende Bedingungen gestellt werden:

- Der Planet darf nicht zu schwer sein, denn eine zu starke Schwerkraft verhindert die Entwicklung komplizierter Strukturen und gast zuviel Kohlendioxid aus, was einen verschärften Treibhauseffekt hervorruft.
- Er darf nicht zu leicht sein, denn er muß eine Atmosphäre halten können.
- Der Planet sollte sich schnell genug drehen, damit er rundum gleichmäßig bestrahlt wird.
- Außerdem muß das Wetter zumindest eine Zone mit gemäßigten Temperaturen erlauben.
- Seine Umlaufbahn muß fast kreisförmig sein, damit die Jahreszeiten nicht zu starke Temperaturschwankungen hervorrufen.
- Seine Position in der vergleichsweise winzigen bewohnbaren Zone im Bannkreis seines Sternes ist unabdingbar.

Eine letzte an dieser Stelle zu beschreibende Auflage für die Entwicklung von intelligentem Leben stellt unser Mond dar. Die biologische Entwicklung auf der Erde wurde offensichtlich deutlich von der Existenz unseres Mondes, bzw. seiner Gezeitenwirkung beeinflusst. Die durch Ebbe und Flut erzeugten Flachwasserbereiche, die immer wieder mit neuem Wasser und Material durchspült wurden, stellten die idealen Laboratorien für chemische Prozesse dar. Sie waren einerseits flach genug, um eine Auflösung der neugeschaffenen Molekülketten durch zuviel Wasser zu verhindern. Andererseits waren sie aber auch tief genug, um die energiereiche Ultraviolettstrahlung von der Sonne zu absorbieren, ohne daß die Moleküle durch die UV-Photonen wieder zerstört wurden. Nach neuesten Untersuchungen der Gesteinsproben der amerikanischen Apollo-Missionen gibt es nur eine Erklärung für die Entstehung des Mondes - den Einschlag eines marsgroßen Asteroiden auf die Protoerde ein. Sein Eisenkern schmolz auf und wurde zusammen mit Material von der Erde in einen

Ring hinausgeschleudert. In diesem Ring bildete sich der Mond, dessen Masse im Vergleich zu seinem "Mutterplaneten" riesengroß ist.

Der Mond garantiert neben seiner Wirkung auf die Meere auch noch eine ganz andere Eigenschaft des Erdkörpers, nämlich die Stabilität der Erdrotationsachse. Die Neigung dieser Achse von ca. 23° hängt nach modernen Simulationen ganz wesentlich von der Existenz des Mondes ab. Wäre er nicht vorhanden, würde die Erdachse innerhalb von einigen Millionen Jahren so sehr schwanken, daß das Klima auf der Erde für hochentwickeltes Leben völlig unzumutbar wäre. Man stelle sich vor, eine Erdhälfte würde ständig von der Sonne beschienen und die andere läge in dauernder Dunkelheit und Kälte. Die damit zusammenhängenden Luftdruckschwankungen wären so rabiatisch, daß Windstärke 12 nur ein laues Windchen darstellen würde im Vergleich mit den Stürmen auf einer mondlosen Erde. Die Rotationsachse des Mars hat solche dramatischen Schwankungen erlebt. Vermutlich hat er deshalb auch sein Wasser verloren. Im Sonnensystem stellt das Paar Erde-Mond eine absolute Einzigartigkeit dar. Diese Unwahrscheinlichkeit eines relativ kleinen Planeten mit einem großen Trabanten gilt heute als zentrale Einschränkung für die Anzahl der möglichen lebendigen Planeten.

Dies war nur ein kleiner Ausschnitt aus den zahlreichen Argumenten, die die pessimistische Einschätzung von Green Bank noch weiter einschränken. Je mehr wir über die Zusammenhänge über die Entwicklung der Erde und des Lebens auf ihr wissen, umso unwahrscheinlicher erscheint die Möglichkeit, daß sich das noch einmal irgendwo in der Milchstraße entwickelt haben kann. Wahrscheinlich wird im Weltall pausenlos irgendwo "gewürfelt". An vielen Stellen ist die ein oder andere Voraussetzung für Leben gegeben, aber daß alle gleichzeitig erfüllt sind, erscheint doch mehr als fraglich. Alles spricht dafür, daß es zur Zeit keine kommunikationsbereiten Zivilisationen in unserer Milchstraße gibt. Dies soll nicht heißen, daß es nicht noch andere Planeten gibt, auf denen sich Leben entwickelt hat. Aber es entspräche einem unwahrscheinlichen Zufall, daß jetzt und hier entweder Außerirdische die Erde besuchten oder uns ihre Signale erreichten. Sie müßten sich innerhalb von 50 Lichtjahren im Umkreis befinden, denn erst seit 50 Jahren verfügen wir über Radar und elektronische Kommunikation. Da die Lichtgeschwindigkeit die schnellstmögliche Informationsverbreitung bedeutet, haben wir demnach erst in einen Raum mit der Ausdehnung von 50 Lichtjahren gerufen: „Hier gibt es Wesen, die über eine gewisse Technologie verfügen“.

Zuletzt noch einige Bemerkungen zum Naturgesetz-Chauvinismus, der allen bis hierhin vorgetragenen Argumenten zugrunde liegt. Ich bin bei allen Überlegungen unausgesprochen davon ausgegangen, daß die Naturgesetze, die wir auf der Erde in unseren Laboratorien entdeckt haben, überall im Universum gültig sind. Diese zunächst arrogant anmutende Behauptung, wird durch alle

Beobachtungen und Vergleiche mit theoretischen Modellen unterstützt. Häufig wurden astronomische Entdeckungen theoretisch vorhergesagt. Sogar die extremsten irdischen Theorien wie die allgemeine Relativitätstheorie, die Existenz von schwarzen Löchern, oder die Lichtablenkung um schwere Massen wie die Sonnen vorhersagt oder die Theorien der Elementarteilchenphysik über den Aufbau der Materie wurden durch astrophysikalische Beobachtungen in allen Punkten bestätigt. Wir sind heute sogar in der Lage ein einigermaßen mit den Beobachtungen übereinstimmendes Modell zur Geburt und Entwicklung des Kosmos zu erstellen.

Es gibt keinen Hinweis darauf, daß anderswo andere Naturgesetze gelten als bei uns auf der Erde. Obwohl hier alle physikalischen Vorgänge nach denselben Regeln ablaufen wie überall im Universum ist unser Platz etwas Besonderes. Er ist nicht durchschnittlich, wie anfangs angenommen. Unglaublich komplexe physikalische Mechanismen mußten sich im richtigen Moment, in der richtigen Reihenfolge abspielen, damit das Universum an diesem Ort über sich und seine Bewohner nachdenken kann.

Mein Vortrag schließt mit folgendem Fazit: Je mehr Erkenntnis wir über die Bedingungen für hochentwickeltes Leben gewinnen, um so geringer wird die Wahrscheinlichkeit von außerirdischem Leben - bereits unsere Existenz muß uns völlig unmöglich erscheinen.

Ein jeder möge daraus seine Schlüsse ziehen.