

# Hoimar von Ditfurth

## Im Anfang war der Wasserstoff

---

### Kapitel 21. Auf dem Weg zum galaktischen Bewußtsein

Wie geht es weiter? Es wäre widersinnig, wenn wir, an diesem Punkt der Entwicklung angekommen, die Frage nicht abermals stellen würden. Wenn wir sie hier unterdrückten, weil wir bei unserer Schilderung nunmehr bei uns selbst, bei der "Gegenwart", angelangt sind. Den durchaus relativen Charakter dieser Gegenwart haben wir bei einer früheren Gelegenheit schon hervorgehoben. Sie ist, vor dem Hintergrund der Entwicklung insgesamt betrachtet, ein im Grunde beliebiger, lediglich durch den Zufall unserer eigenen Existenz willkürlich herausgegriffener Moment des Ganzen.

Gewiß kann man die Phase der Entwicklung, der wir selbst angehören, insofern eine "besondere" Epoche nennen, als wir Menschen nach einer seit 13 Milliarden Jahren in Bewußtlosigkeit abgelaufenen Entwicklung die ersten Lebewesen sind, welche die Fähigkeit aufweisen, die aus dieser gewaltigen Geschichte hervorgegangene Welt als selbständige Subjekte objektiv wahrzunehmen und zu erkennen. Das gibt es erst seit wenigen Jahrtausenden.

Man könnte sogar unserer Generation noch eine besondere Rolle zuerkennen, da wir heute Lebenden die ersten Menschen sind, welche der in diesem Buch rekonstruierten Geschichte ansichtig geworden sind und dabei sind zu begreifen, daß sie die Vergangenheit darstellt, die uns hervorgebracht hat. Das ist in der Tat eine Wende, deren Bedeutung nicht unterschätzt werden darf. Aber wer wollte sagen, daß das für frühere Wendungen der Entwicklung nicht in gleichem Maße gegolten hätte? Etwa für die Erfindung der Warmblütigkeit oder den Auszug aus dem Wasser? Für die erste Zellkolonie, deren Mitglieder zur spezialisierten Arbeitsteilung übergingen, oder für die erste Lipidmembran, die sich um ein DNS-Protein-Aggregat legte und es dadurch zum Ausgangspunkt für die Entstehung aller Zellen werden ließ?

Wenn wir die Schilderung der Entwicklung mit der Gegenwart abbrechen würden, dann wäre das im Grunde nur wieder ein Rückfall in das alte Vorurteil, das uns immer zu suggerieren versucht, wir Heutigen seien Ziel und Endpunkt allen Geschehens, und die zurückliegenden 13 Milliarden Jahre hätten keinem anderen Zweck gedient, als dem, uns und unsere Gegenwart hervorzubringen. In Wahrheit wird die Entwicklung weit über uns hinausführen. Sie wird in ihrem weiteren Verlauf dabei Möglichkeiten verwirklichen, die das, was wir verkörpern und zu erkennen vermögen, so weit hinter sich lassen, wie wir die Welt des Neandertalers hinter uns gelassen haben.

Vielleicht wird das nicht auf der Erde geschehen. Selbstverständlich werden wir niemals wissen, wie das weiter verlaufen wird, was wir im gewohnten Sprachgebrauch "Geschichte" nennen, womit wir ja lediglich meinen, was Menschen in Jahrhunderten oder, höchstens, Jahrtausenden ausrichten und bewirken. Es gibt keine wissenschaftlichen Daten, die uns in die Lage versetzen könnten, vorherzusagen, was Menschen in Zukunft tun werden, wie sich die menschliche Gesellschaft weiterentwickelt und welche Ideen die Entscheidungen zukünftiger Generationen beeinflussen werden. Wir können daher auch nicht wissen, ob die Menschheit lange genug existieren wird, um an der Zukunft teilhaben zu können, die hier gemeint ist.

Kurzfristige Prognosen - "kurzfristig" im Sinne entwicklungsgeschichtlicher, evolutionärer Abläufe - sind unmöglich. Aber vor den zeitlichen Maßstäben, unter denen wir schon den bisherigen Verlauf des Geschehens betrachtet haben, schrumpft das, was wir üblicherweise "Historie" nennen, ohnehin zu nicht mehr erkennbarer Winzigkeit zusammen. Auch bei der Rekonstruktion der Vergangenheit, der Ereignisse, die vom Ur-Knall des Weltanfangs zu unserer Gegenwart geführt haben, mußten wir uns in diesem Buch ja mit den großen Umrissen begnügen. Die kleinsten zeitlichen Intervalle, mit denen wir es dabei noch zu tun hatten, bemaßen sich nach Dutzenden, wenn nicht nach Hunderten von Jahrmillionen.

Wenn wir uns auch jetzt darauf beschränken, mit einem so weitmaschigen Maßstab zu arbeiten, dann werden bestimmte Aussagen über den weiteren Verlauf der Entwicklung möglich. Wir können dann sinnvoll etwas sagen über die Zukunft, auf die sie zusteuert. Daß unsere Überlegungen von diesem Punkt ab unvermeidlich sehr viel spekulativer werden als das, was wir bisher erörtert haben, brauche ich kaum zu betonen. Es liegt auf der Hand, daß sich über eine noch so weit zurückliegende Vergangenheit mit einem höheren Grad von Gewißheit reden läßt als über die Zukunft. Es gibt jedoch Anhaltspunkte, auf die wir uns stützen können und die den Versuch rechtfertigen. Unser Instrumentarium wird von den Tendenzen und Gesetzmäßigkeiten gebildet, die wir angesichts des bisherigen Ablaufs kennengelernt haben. Ihre Anwendung gibt uns die Möglichkeit, den Weg der Entwicklung in die Zukunft hinein zu verlängern.

Der nächste Schritt, der bei diesem Versuch vorhersehbar wird, ist der Übergang von der bisherigen planetarischen zu einer interplanetarischen, auf lange Sicht zu einer galaktischen Kultur, die immer größere Bereiche der ganzen Milchstraße umfassen wird. Ich will auf den letzten Seiten dieses Buches begründen, warum ich davon überzeugt bin, daß diese Annahme mehr ist als eine unverbindliche Spekulation. Der Zusammenschluß planetarer Einzelkulturen zu immer größeren, miteinander kommunizierenden Verbänden wäre nichts anderes als die logische, die geradezu zwingende Fortsetzung alles dessen, was in den hinter uns liegenden 13 Milliarden Jahren geschehen ist.

Als den ganzen bisherigen Ablauf kennzeichnende Eigentümlichkeiten hatten wir zwei Tendenzen erkannt. Die eine war der Zusammenschluß der Elemente (der "kleinsten funktionellen Einheiten") der jeweils voran-

## Hoimar von Ditfurth Im Anfang war der Wasserstoff

---

gegangenen Entwicklungsstufe, die dadurch die Elemente der sich chronologisch anschließenden, nächsthöheren Stufe entstehen ließen. Die zweite bestand in der Tendenz dieser im Laufe der Geschichte immer komplexer organisierten Elemente zur zunehmenden Abgrenzung, zu einer immer radikaler sich verwirklichenden Distanzierung von der gewohnten und scheinbar unausweichlich vorgegebenen Umwelt.

Wenn wir in unserer Gegenwart nach den Spuren dieser beiden Tendenzen suchen, die sich wie ein roter Faden durch die ganze Geschichte ziehen, dann stoßen wir früher oder später unweigerlich auf das Phänomen der Raumfahrt. Je länger man darüber nachdenkt, um so mehr verstärkt sich der Verdacht, daß die rational so schwer zu erklärende Bereitschaft, sich bis an die Grenze des wirtschaftlich und politisch noch Vertretbaren für den Versuch einzusetzen, die Erde zu verlassen, um andere, fremde Himmelskörper zu erreichen, nur vor diesem Hintergrund zu verstehen ist. Die vordergründigen Argumente, mit denen die Befürworter der Raumfahrt den wahrhaft astronomischen Einsatz zu rechtfertigen versuchen, den das Unternehmen erfordert, sind bekannt. Sie werden bis zum Überdruß wiedergekaut.

Aber an eine militärische Bedeutung der Besetzung des Mondes oder gar anderer Planeten glaubt heute schon längst niemand mehr. Die Weiterentwicklung strategischer Raketen würde zweifellos in einem noch wesentlich bedrohlicheren Tempo voranschreiten, wenn die von der Raumfahrt verschlungenen Gelder für diesen unheilvollen Zweck auch noch zur Verfügung ständen. Und warum sich das politische Prestige einer Nation durch Erfolge in der Raumfahrt wirksamer erhöhen lassen sollte als durch zukunftsweisende Entwicklungen im Gesundheits- und Schulwesen oder bei vergleichbaren Unternehmungen, das zu begründen ist bisher, soweit ich sehe, noch niemandem überzeugend gelungen.

Je länger man darüber nachdenkt, um so eher muß man auf den Gedanken kommen, daß sich in diesem seltsamen Drang in den Weltraum eine Tendenz ausdrückt, auf die wir schon in früheren Phasen der Entwicklung in den unterschiedlichsten Formen gestoßen sind: die Tendenz zur Abgrenzung von der Umgebung, zur Ablösung und Distanzierung von der gegebenen Umwelt. Ich bin davon überzeugt, daß sowohl die ganz offensichtliche Unaufhaltsamkeit wie auch die zu ihr so eigenartig kontrastierende Schwierigkeit einer rationalen Begründbarkeit der ganzen Raumfahrt daher rühren, daß sich hier in neuer, diesmal in technischer Verkleidung der gleiche Drang manifestiert, dem wir auf der biologischen Ebene bereits in der Gestalt des Auszugs aus dem Wasser begegnet sind.

Auch rückblickend, von der Gegenwart aus gesehen, bestätigt sich hier folglich - und in dieser Umkehrbarkeit um so überzeugender - die Analogie, die innere Verwandtschaft beider Phänomene, die, durch so viele Stufen der Entwicklung und 500 Millionen Jahre voneinander getrennt, mit den jeweils zur Verfügung stehenden Mitteln in der jeweils gegebenen Situation dennoch der gleichen Tendenz zum Durchbruch verhalfen. In beiden Fällen wird die bis dahin einzig denkbare Umwelt verlassen. In beiden Fällen werden dazu, wie wir uns erinnern wollen, zumindest verblüffend ähnliche Methoden benutzt. Und in beiden Fällen steht der ungeheure Aufwand des Unternehmens in keiner verständlichen Relation jedenfalls zu den zu Beginn des Abenteuers erkennbaren Zielen.

Wie wir gesehen haben, führte die anfangs so sinnlos erscheinende "Loslösung" des Lebens vom Wasser zu der nicht vorhersehbaren Erfindung der Warmblütigkeit und im weiteren Verlauf gar zur Erschließung einer neuen Wirklichkeit kultureller und geschichtlicher Zusammenhänge. Wer wollte es unter diesen Umständen wagen, das Projekt der Astronautik für sinnlos zu erklären, nur weil es sich, und das allerdings ist unbestreitbar, im Rahmen des von uns heute übersehbaren Horizontes nicht rational begründen läßt? Wer vermöchte vorher zu sagen, welche neuen Wirklichkeiten sich dem erschließen könnten, dem es gelänge, sich von der Erde "abzulösen"? Und dennoch, schon heute ist zu erkennen, daß die Raumfahrt nur in eine Sackgasse führen kann, daß sie nicht den Weg anzeigt, auf dem die Entwicklung weiterverlaufen wird.

Wen diese Feststellung wundert, nach allem, was ihr an Überlegungen voranging, der sei darauf aufmerksam gemacht, daß in diesem Buch bisher ausschließlich von den gelungenen Versuchen der Entwicklung die Rede gewesen ist. Verfolgt haben wir immer nur die Schicksale der Überlebenden, weil allein sie die ununterbrochene Kette von Ereignissen bilden, welche insgesamt die Geschichte ausmachen. Aber es kann gar keinen Zweifel daran geben, daß es eine vergleichsweise unermeßlich viel größere Zahl von Fehlschlägen gegeben hat, von Versuchen der Evolution, die ohne die Chance der Fortsetzung in einer Sackgasse endeten.

Das kann gar nicht anders sein, wenn man bedenkt, daß es bis zum Auftreten eines kritisch auswählenden Bewußtseins nur aus Zufall geborene Neuheiten gab, mit denen der Fortschritt arbeiten konnte. Sie aber konnten die Möglichkeit einer Fortsetzung allein durch ihre große Zahl gewährleisten. Nur dann war die Wahrscheinlichkeit gegeben, daß wenigstens einige von ihnen den Schlüssel für die Zukunft darstellten. Innerhalb der von uns berücksichtigten kleinsten zeitlichen Intervalle vieler Jahrtausende hat daher ein ständiges und gewaltiges Auf und Ab stattgefunden, ein scheinbar chaotisches Durcheinander der verschiedensten, einander zum Teil sogar widersprechenden Ansätze. Welche von ihnen die Steine für den Weg in die Zukunft bildeten, das war immer erst nachträglich zu erkennen.

Die anderen, von der Evolution später wieder verlassen oder verworfenen Ansätze hielten sich dabei mitunter jedoch sehr lange. In vielen Fällen wäre es Jahrtausende lang gänzlich unmöglich gewesen, zu erken-

## Hoimar von Ditfurth Im Anfang war der Wasserstoff

---

nen, daß ein bestimmter Seitenzweig eines Tages in einer Sackgasse enden würde. Die große Fülle der Tier- und Pflanzenarten, die in früheren Epochen über lange Zeiten hinweg das Bild der Erde prägten und von denen heute dennoch keine Nachfahren mehr existieren, liefert eine große Zahl von Beispielen dafür.

Aber es gibt auch Arten, die, obwohl es sich auch bei ihnen zweifellos um "Sackgassen" handelt, dennoch außerordentlich erfolgreich und, wie es scheint, von praktisch unbegrenzter Langlebigkeit sind. Das vielleicht eindrucksvollste Beispiel bilden die Insekten. Ihr auch für geologische Maßstäbe ungewöhnlich hohes Alter - 400 Millionen Jahre - verdanken sie vor allem ihrem ungeheuren Artenreichtum und ihrer sich in dieser Fülle von Varianten dokumentierenden Fähigkeit zur Anpassung auch an die ausgefallensten Umweltbedingungen. Ihr Überlebenserfolg ist an einer imponierenden Relation ablesbar: Achtzig Prozent aller auf der Erde existierenden Organismenarten sind Insekten. Von fünf Tieren ist immer nur eins kein Insekt!

Trotzdem haben die Vertreter dieser erfolgreichen Familie sich in einer Sackgasse verirrt. Der Fehler ist in ihrer Geschichte schon sehr früh erfolgt und war später nicht mehr rückgängig zu machen. Er besteht darin, daß die Vorfahren der Insekten sich, als sie eine Stütze für ihren aus immer mehr Zellen zusammengesetzten Körper brauchten, für ein Außenskelett "entschieden" haben. Der erst im weiteren Ablauf der Geschichte zutage tretende gravierende Nachteil dieses an sich so einleuchtenden (da zusätzlichen Schutz verleihenden) Konstruktionsprinzips besteht darin, daß es dem Größenwachstum sehr früh eine Grenze setzt.

Deshalb machten Arten das Rennen, die das gleiche Problem durch die Entwicklung eines inneren Skeletts gelöst hatten. Denn erst bei der Überschreitung einer gewissen Mindestgröße verfügt ein Individuum über eine hinreichend große Zahl einzelner Zellen, um die Möglichkeiten der Vielzelligkeit voll ausschöpfen zu können. Das gilt vor allem für die Weiterentwicklung des Zentralnervensystems. Die Insekten sind trotz ihres hohen Alters vor allem deshalb "dumm" geblieben, weil in den von ihrem Chitinpanzer gebildeten Hohlräumen einfach nicht genug Platz ist für die Menge an Nervenzellen, die für den Bau eines genügend kompliziert gebauten Gehirns notwendig wäre.

Aber warum beschäftigen wir uns an dieser Stelle überhaupt mit den entwicklungsgeschichtlichen Problemen der Insekten? Das hat mehrere Gründe. Die einzigartige Anpassungsfähigkeit dieser Lebewesen hat in der geschilderten Sackgassensituation nämlich zu einem sehr interessanten Phänomen geführt: dazu, daß sich bestimmte, von uns mehrfach erörterte Entwicklungstendenzen bei ihnen in sehr eigentümlicher Form zeigen. Es hat dabei den Anschein, als ob die Evolution versucht hätte, diese Tendenzen hier, wo ihnen durch die unüberschreitbare Größenbeschränkung der einzelnen Individuen der direkte Weg versperrt war, auf anderen Wegen dennoch zum Durchbruch zu verhelfen.

Ich meine das Phänomen der Insektenstaaten. Diese streng durchorganisierten Zusammenschlüsse von 100000 oder (bei manchen Termitenarten) einer Million einzelner Tiere erscheint bei näherer Betrachtung wie eine Wiederholung des Schrittes vom Ein- zum Vielzeller. Ein Ameisenstaat gleicht in vieler Hinsicht viel eher einem geschlossenen Organismus als einer Kolonie einzelner Individuen.

Wie die Zelle eines mehrzelligen Individuums, so ist auch die einzelne Ameise außerhalb des Verbandes ihres "Staates" nicht mehr lebensfähig. Zwischen den einzelnen Mitgliedern, die den Überorganismus eines Ameisenstaates (oder Termiten- oder Bienenstaates) bilden, hat sich eine hochspezialisierte Arbeitsteilung entwickelt: Vermehrung, Befruchtung, Ernährung und in bestimmten Fällen auch die Verteidigung sind an entsprechend spezialisierte Mitglieder delegiert, denen in der strengen Hierarchie des Ganzen weit eher die Rolle fest eingebauter Funktionselemente zukommt als die selbständiger Individuen.

Alles in allem kann man angesichts dieser Eigentümlichkeiten auf den Gedanken kommen, daß die Natur hier versucht habe, den nicht mehr wettzumachenden Nachteil der Größenbeschränkung des einzelnen Insekts dadurch auszugleichen, daß sie bei dieser Tierfamilie in den geschilderten Fällen den Schritt wiederholte, der von der einzelnen Zelle zum Individuum geführt hatte. Als ob sie versucht habe, die einzelnen Individuen, deren Kleinheit eine Weiterentwicklung ihrer inneren Struktur verhinderte, nun ihrerseits als Bausteine zu verwenden zum Aufbau eines übergeordneten Organismus, der dieser die Entwicklung blockierenden Beschränkung nicht unterlag.

Aus dem Vergleich der heute lebenden Arten ergibt sich, daß auch dieser Versuch in einem sehr frühen Stadium steckengeblieben ist. Immerhin ist es wohl kaum als Zufall zu betrachten, daß diese von den Insektenstaaten gebildeten "Überorganismen" die höchsten Leistungen vollbringen, denen wir bei den Insekten überhaupt begegnen: eine hochentwickelte Brutpflege, einen ausgeprägten Zeitsinn, ein Mitteilungsvermögen, das selbst die Wissenschaftler zum Beispiel von einer "Bienensprache" reden läßt, und, bezeichnenderweise, die Fähigkeit zur Aufrechterhaltung einer erstaunlich exakten Temperaturkonstanz im "Bau" durch aktive Regelung.

Selbst in diesem Fall also setzte sich die Tendenz zum "Zusammenschluß" auf einer höheren Ebene" durch, und selbst hier ergab sich daraus die Entstehung höherer Funktionen bis hin zu einer aktiven Temperaturkontrolle. Dieses Beispiel ist für uns einmal deshalb wichtig, weil es unsere Ansicht über den die Entwicklung weitgehend beherrschenden Charakter der genannten Tendenzen stützt. Die Bestätigung ist deshalb so überzeugend, weil sich diese Tendenzen hier sogar an einem offensichtlich untauglichen oder doch zumindest sehr wenig geeigneten Objekt manifestieren.

## Hoimar von Ditfurth Im Anfang war der Wasserstoff

---

Zum zweiten aber zeigt uns dieses Beispiel, daß ein Phänomen, das angesichts der bisherigen Geschichte zwingend und konsequent erscheint, dennoch keineswegs den Weg zu markieren braucht, auf dem die Entwicklung weiter voranschreitet. Unser Exkurs über die Insektenstaaten war hier vor allem deshalb notwendig, weil wir uns in diesem Buch bisher ausschließlich mit den Fällen beschäftigt haben, für die das zutrifft. Daß das keineswegs allgemein gilt, das eben veranschaulicht der Überorganismus des Insektenstaats, an dem wir die Ansätze einiger der zukunftsreichsten Entwicklungstendenzen feststellen können, und dessen Weiterentwicklung dennoch seit mindestens 100 Millionen Jahren in einer Sackgasse stagniert. Weil das so ist - und damit nehme ich den roten Faden unseres eigentlichen Gedankenganges wieder auf -, deshalb bedeutet es keinen Widerspruch, wenn man feststellt, daß die Raumfahrt, daß der Versuch, die Erde zu verlassen, um neue Welten aufzusuchen, eine zwingende und logische Fortsetzung der Entwicklung darstellt, und daß dieser Versuch dennoch nur in einer Sackgasse enden kann. Es ist angesichts alles dessen, was wir in diesem Buch erörtert haben, und angesichts der wesentlichen Grundzüge und Tendenzen, die sich dabei herausgeschält haben, eine zwingende, logische und folgerichtige Entwicklung, daß der Mensch heute versucht, sich durch die Astronautik auch von der Erde selbst "zu distanzieren".

Ich bin davon überzeugt, daß die anders kaum zu erklärende Zähigkeit, mit der unsere technische Gesellschaft sich heute in dieses Unternehmen verhasst hat, dessen Sinn und Nutzen sich rational erfahrungsgemäß so schwer begründen lassen, nichts anderes ist als der Ausdruck der erwähnten Entwicklungstendenz, deren überindividuellem Einfluß auch wir selbst noch unterliegen. Wie könnte es anders sein? Wie könnte unser Gehirn anderen Regeln folgen als den Gesetzen, denen es seine eigene Entstehung verdankt?

Aber so folgerichtig die Tendenz auch immer sein mag, die uns dazu treibt, die Erde zu verlassen: wenn wir uns dazu der Astronautik bedienen, dann unternehmen wir den Versuch mit untauglichen Mitteln. Alles, was wir heute über die Entwicklung wissen, die vom Anfang der Erde bis zu uns geführt hat, berechtigt uns zu der Überzeugung, daß die zukünftige Entwicklung die Menschheit - wenn sie dann noch existiert - dazu bringen wird, den planetarischen Horizont, in dem sie bisher unausweichlich gefangen war, zu durchbrechen. Die Astronautik aber wird ihr, so paradox das im ersten Augenblick klingen mag, diese Möglichkeit mit Sicherheit niemals verschaffen können.

Der Weltraum ist viel zu groß, als daß er, auch in fernster Zukunft, jemals von irgend jemandem "erobert" werden könnte. Die in ihm existierenden Sterne und Planetensysteme sind viel zu weit voneinander entfernt, als daß zwischen den auf ihnen entstandenen Zivilisationen jemals ein physischer Kontakt zustande kommen könnte (von vereinzelt Ausnahmefällen in "nächster Nachbarschaft" vielleicht abgesehen).

Das ist sehr leicht zu beweisen. Ich will mich auf zwei Argumente beschränken. Das erste stammt von Eduard Verhülsdonk und ist seiner großen Anschaulichkeit wegen besonders überzeugend. Verhülsdonk hat darauf hingewiesen, daß ein Stich mit einer Stecknadel aus einem Bild wie der Fotografie des Andromeda-Nebels (unserer zwei Millionen Lichtjahre entfernten Nachbargalaxie) ein Loch herausstanzen würde, das von keinem bemannten Raumschiff jemals durchquert werden könnte.

[Anmerkung von hb: die erwähnte Abbildung der Andromeda-Galaxis finden Sie in der Rubrik "Fachbegriffe" auf der Webseite [www.hoimar-von-ditfurth.de](http://www.hoimar-von-ditfurth.de)]

Belegen wir diese Feststellung, die unserer kosmischen Distanzen gegenüber immer so rasch versagenden Phantasie ein wenig auf die Sprünge helfen kann, mit einigen Zahlen, dann ergibt sich folgendes Bild: Der größte Durchmesser des abgebildeten Spiralnebels beträgt etwa 150000 Lichtjahre. Dem entspricht auf der nebenstehenden Fotografie eine Strecke von rund 15 Zentimetern. Wenn unsere Nadel in dieses Bild ein 1 Millimeter großes Loch bohrt, so hätte dieses in der Realität folglich einen Durchmesser von immer noch 1000 Lichtjahren.

Selbst mit einem Raumschiff, das - völlig utopisch - vom Augenblick des Starts ab mit Lichtgeschwindigkeit fliegen könnte, das also weder erst zu beschleunigen, noch wieder zu bremsen brauchte, würden wir den gegenüberliegenden Rand des auf der Fotografie so winzig erscheinenden Lochs daher niemals lebend erreichen können. Wir müßten ungeachtet der von uns hier vorausgesetzten utopischen technischen Möglichkeiten schon mindestens 100 Jahre alt werden, um mit einem solchen Raumschiff auf der Fotografie auch nur die Strecke eines zehntel Millimeters überwinden zu können.

Nun haben wir gesagt, daß wir uns auch bei der Erörterung zukünftiger Möglichkeiten des zeitlichen Maßstabs bedienen wollten, den wir bei der Betrachtung der Vergangenheit angelegt haben. Wir müssen hier unser Argument also die gewiß unvorstellbare Erweiterung der Möglichkeiten berücksichtigen, welche sich einer astronautischen Technik in einigen Jahrhunderten oder in einer gar noch späteren Zukunft bieten könnten. Das an dieser Stelle oft zitierte "Einfrieren der Astronauten" und ähnliche Methoden helfen uns allerdings keinen Schritt weiter, denn Lichtgeschwindigkeit hatten wir ohnehin schon vorausgesetzt.

Aber wie wäre die Situation, wenn uns Raumschiffe mit "Überlichtgeschwindigkeit" transportieren würden? Oder wie wäre die Lage, wenn eine zukünftige Physik die Möglichkeit verschaffte, unseren dreidimensionalen Raum zu verlassen und mit einem Sprung durch den "Überraum" Gegenstände oder Menschen von ei-

## Hoimar von Ditfurth Im Anfang war der Wasserstoff

---

nem Augenblick zum anderen an den entferntesten Punkt dieses Universums zu versetzen? Können wir diese oder vergleichbare, von den Autoren utopischer Romane geschilderte Möglichkeiten ausschließen, wenn wir an eine Zukunft denken, die uns um eine Million Jahre voraus ist?

Aber wir brauchen uns den Kopf gar nicht darüber zu zerbrechen, ob es sich bei solchen Spekulationen um haltlose Phantastereien oder plausible zukünftige Möglichkeiten handelt. Der amerikanische Autor Arthur C. Clarke hat uns dieser Notwendigkeit enthoben. Er hat vor einigen Jahren eine Argumentation veröffentlicht, welche die Idee von einer "Eroberung des Weltraums" durch bemannten Raumflug endgültig und für alle Zeiten ad absurdum führt.

Betrachten wir zu diesem Zweck nochmals das Bild des Andromeda-Nebels. Er ist nicht nur unser kosmischer Nachbar, also das unserer eigenen Milchstraße, zu der unsere Sonne gehört, nächste fremde Milchstraßensystem. Er ist unserem eigenen System auch sehr ähnlich. Wie dieses besteht er aus rund 200 Milliarden Fixsternen ("Sonne"), von denen nach modernen Schätzungen mindestens etwa sechs Prozent wie unsere eigene Sonne von Planeten umkreist werden, auf denen Leben entstanden sein könnte.

Sechs Prozent von 200 Milliarden, das wären also 12 Milliarden Planetensysteme auch in unserer eigenen Milchstraße. Lassen wir jetzt einmal alle technischen Beschränkungen einfach beiseite, so Clarkes Argument, und gehen wir davon aus, daß wir für Reisen innerhalb unserer Milchstraße *überhaupt keine Zeit mehr benötigen*, daß wir also in der Lage wären, uns innerhalb einer einzigen Sekunde an jeden beliebigen Punkt unseres Systems zu versetzen. Wir wollen zusätzlich noch die mehr als großzügige Annahme machen, daß es uns innerhalb dieser einen einzigen Sekunde außerdem nicht nur möglich wäre, festzustellen, ob der von uns besuchte Stern ein Planetensystem hat, sondern dann, wenn das der Fall ist, dieses auch noch auf das Vorhandensein intelligenter Wesen zu überprüfen. Wir wollen schließlich noch davon ausgehen, daß wir in der immer noch gleichen Sekunde dann auch noch mit dieser Information wohlbehalten wieder zu unserem irdischen Stützpunkt zurückkehren könnten.

Wir würden dann also immer nur 1 Sekunde für die Erforschung eines einzelnen Fixsterns und, gegebenenfalls, seines ganzen Planetensystems brauchen. Wie wären die Aussichten dann? Die Antwort ist niederschmetternd: Selbst bei den geschilderten, absolut phantastischen Voraussetzungen würden wir in einem 60jährigen Arbeitsleben, wenn wir Tag für Tag 8 Stunden lang in jeder einzelnen Sekunde einen solchen Forschungsflug durchführten, nur 0,3 Prozent der Sterne unseres eigenen Systems untersuchen können. Uns würden dann für diese 200 Milliarden Sterne nämlich nur 600 Millionen Sekunden zur Verfügung stehen.

Wenn wir dieser simplen Rechnung jetzt noch die Tatsache hinzufügen, daß es in dem uns umgebenden Kosmos wenigstens einige hundert Milliarden derartiger Sternensysteme wie unser eigenes oder den Andromeda-Nebel gibt, dann dürfte auch dem größten Zukunftsoptimisten endgültig klareren, daß uns die Methode der bemannten Raumfahrt diesen Weltraum niemals zugänglich machen wird. So desillusionierend der Gedanke auch erscheinen mag: Wir stecken in einer 'kosmischen Quarantäne'.

Diese Erkenntnis muß uns im ersten Augenblick wie eine bittere Enttäuschung treffen. Sie erscheint uns nicht nur provozierend, sondern geradezu widersinnig. Ist es denkbar, daß eine seit 13 Milliarden Jahren kontinuierlich und folgerichtig ablaufende Entwicklung jetzt, in diesem Stadium, schließlich doch noch an einer unüberwindbaren Grenze scheitern sollte? Denn daß, nachdem wir diesen Globus besetzt und mit einer, früher oder später, einheitlichen Kultur überzogen haben werden, die Aufnahme des Kontaktes zu anderen planetarischen Kulturen der fällige nächste Entwicklungsschritt wäre, daran können wir an dieser Stelle unserer Geschichte kaum länger zweifeln.

Aber es ist ja auch nicht das erste Mal, daß wir an einen Punkt geraten, an dem die Situation aussichtslos zu werden scheint. Der einzige sichere Schluß, den wir aus den eben angestellten Überlegungen ziehen können, ist der, daß die Astronautik, die bemannte Raumfahrt, in absehbarer Zeit an eine schon jetzt erkennbar werdende Grenze stoßen muß. Wahrscheinlich werden schon unsere Enkel erleben, daß die Raumfahrtprojekte auf dem dann erreichten Stand eingefroren werden. Denn wohin sollen die Astronauten dann eigentlich noch fliegen, wenn die inneren und äußeren Planeten unserer Sonne bis hin zum Pluto erst erforscht sind?

Der nächste Sprung, der aus unserem Sonnensystem hinaus zur allernächsten Nachbarsonne führen müßte, ist so gewaltig, daß man getrost eine Pause von einigen Jahrhunderten voraussagen kann, bis der Versuch gewagt werden könnte. Da die Diskrepanz zwischen dem Aufwand für ein solches interstellares Projekt (das auch mit Ionen- und Photonenantrieb mindestens mehrere Jahrzehnte in Anspruch nehmen würde) und der Chance irgendeines Ertrages in der Proportion der zu überwindenden Entfernung zunehmen würde (vielleicht wäre alles umsonst, weil die besuchte Sonne nicht einmal eigene Planeten hat), halte ich es für sehr unwahrscheinlich, daß der Versuch jemals unternommen wird.

Trotzdem ist die Raumfahrt ganz sicher nicht "sinnlos", wie ihre kurzsichtigen Gegner behaupten. Sie ist auch nicht nur deshalb legitim, weil sich in ihr ein aller Entwicklung übergeordnetes Gesetz ausdrückt. Sie hat auch eine eminente praktische Bedeutung. Es ist noch gar nicht so sehr lange her, vielleicht 10, höchstens 20 Jahre, da wurde jeder von seinen "gebildeten" Zeitgenossen einfach ausgelacht, der die Möglichkeit ernst nahm, daß es nicht nur hier auf der Erde, sondern auch auf den Planeten anderer Sonnen Leben,

## Hoimar von Ditfurth Im Anfang war der Wasserstoff

---

Bewußtsein und Intelligenz geben könne. Da wäre es mit der Autorität eines Wissenschaftlers in dem Augenblick zu Ende gewesen, in dem er es gewagt hätte, diese Möglichkeit auch nur zu diskutieren.

Das hat sich spürbar geändert. In der Zwischenzeit hat die Zahl der Menschen doch beträchtlich zugenommen, die einzusehen beginnen, daß die Annahme, von all den unzählbaren Planeten im Weltall - schätzungsweise 12 Milliarden Planetensysteme allein in unserer eigenen Milchstraße! - sei allein die Erde bewohnt, nichts als eine Wiederholung des alten Vorurteils darstellt, die Erde sei der Mittelpunkt des Kosmos. Zur Befreiung von diesem Vorurteil hat die Beschäftigung mit der Raumfahrt und die von ihr bewirkte Hinwendung der Aufmerksamkeit und des Interesses zu den über unseren Köpfen gelegenen kosmischen Räumen ganz sicher wesentlich beigetragen. Ein nicht zu unterschätzendes Verdienst.

Aber die Überzeugung von der Existenz nichtirdischer Lebensformen und planetarischer Kulturen auf anderen Himmelskörpern kann sich noch auf ein anderes Argument stützen als auf die Einsicht, wie lächerlich und anmaßend der Glaube wäre, daß es im ganzen unermeßlich weiten Kosmos allein uns Menschen als denkende Wesen gebe. Ein wesentlicher Teil dieses Buches hat ja dem Nachweis gedient, daß die Entwicklung von den Atomen über den Zusammenschluß zu Molekülen bis zu den ersten Zellen und darüber hinaus kontinuierlich und aus innerer Gesetzlichkeit ohne "übernatürliche" Eingriffe von außen abgelaufen ist. Daß sie nahtlos und zwingend von der anorganischen zur organischen und von ihr zur biologischen Ebene geführt hat.

Als das vor allem anderen Wunderbare hatten wir dabei die Tatsache erkannt, daß es am Anfang ein Element gegeben hatte, den Wasserstoff, das in seinem atomaren Aufbau und seiner Struktur, deren Herkunft uns für immer ein Geheimnis bleiben wird, alle die Voraussetzungen in sich trug, die notwendig waren, um im Laufe der Zeit alles hervorzubringen, was es heute gibt, uns selbst ebenso wie das ganze Universum. Wir hatten daher auch schon gesagt, daß man die Geschichte, die in diesem Buch nacherzählt wurde, als die Geschichte der fortlaufenden Verwandlungen des Wasserstoffs bezeichnen könne. Mit welcher Durchsetzungskraft sich die in diesem wunderbaren Atom verborgenen Möglichkeiten entfaltet haben, das zeigte sich immer wieder vor allem in den Augenblicken der Geschichte, in denen besondere Umstände oder kritische Konstellationen vorübergehend den Eindruck erwecken mußten, daß die Entwicklung an ein Ende gekommen sei.

Was für Gründe wären unter diesen Umständen vorstellbar, die uns daran zweifeln lassen könnten, daß dieses erstaunliche und wunderbare Wasserstoffatom die ihm innewohnenden Möglichkeiten auch auf den Planeten anderer Sonnen in vergleichbarem Maße entfaltet hat? Wenn dieser Wasserstoff im Verlaufe seiner Geschichte hier auf unserer Erde aus komplizierten Molekülen mit der gleichen Unausbleiblichkeit "Leben" hervorbrachte, wie lange vorher aus seiner Verbindung mit Sauerstoff "Wasser" hervorgegangen war, welche vernünftigen Gründe könnten uns dann daran zweifeln lassen, daß sich das grundsätzlich gleiche auch an unzähligen anderen Stellen im Weltraum abgespielt haben muß, überall dort, wo die Umstände es irgend zuließen?

Kein Zweifel, nur das grundsätzlich gleiche. Denn wir haben bei unserer Geschichte auch immer wieder den Zufall kennengelernt, der den weiteren Verlauf in eine nicht notwendige und daher unvorhersehbare Richtung umlenkte. Die Willkür konkreter Gegebenheiten, sei es das besondere, unverwechselbare Strahlungsspektrum unserer Sonne oder die ebenso individuelle Zusammensetzung der Ur-Atmosphäre, die bestimmte Möglichkeiten eintreten ließen und gleichzeitig damit unzählige andere für immer ausschlossen.

Da das nahezu vom ersten Augenblick an so war, und da es von da ab während des ganzen seitdem verflossenen Zeitraums in fast jedem Augenblick immer von neuem geschah, übertrifft schon hier auf der Erde die Zahl dieser nie verwirklichten Möglichkeiten die vergleichsweise winzige Zahl der realisierten Chancen in unvorstellbarem Maße. Wenn alles noch einmal von vorn begänne, wenn die Ur-Erde noch einmal entstünde und wenn ihr bei genau den gleichen Ausgangsbedingungen abermals vier Milliarden Jahre Zeit gegeben würden, es würde mit absoluter Sicherheit etwas vollkommen anderes dabei herauskommen. Auch wenn man diesen Versuch beliebig oft wiederholen könnte, gliche das Aussehen der Erde im Endergebnis in keinem Fall dem uns gewohnten Bild. Es hätte mit ihm wahrscheinlich nicht einmal eine entfernte Ähnlichkeit.

Selbst hier also, wo wir über die Startbedingungen doch wenigstens einigermaßen orientiert sind, versagt unsere Phantasie. In welchem Maße muß das dann erst für die konkreten Formen gelten, zu denen sich der Wasserstoff unter nichtirdischen Bedingungen entfaltet hat. Für die Möglichkeiten, die eintraten, als sich dieser Ausgangsstoff und die aus ihm hervorgegangenen anderen Elemente unter dem Einfluß einer anderen Schwere entwickelten, in einer nichtirdischen Atmosphäre, in der Strahlung einer fremden Sonne.

Wer alle diese Überlegungen unvoreingenommen zu Ende denkt, kann nur zu einem Ergebnis kommen: Es wimmelt da oben über unseren Köpfen von Leben, Bewußtsein und Geist. Wenn wir, wie geschehen, davon ausgehen, daß nur 6 Prozent aller Sterne unserer Milchstraße Planeten haben, auf denen Leben entstanden sein könnte - eine nach Ansicht der meisten heutigen Astronomen außerordentlich vorsichtige Schätzung -, dann wären das allein in unserem Sternsystem 12 Milliarden potentiell lebensfähige Himmelskörper. Wenn wir weiter so vorsichtig sind, die Risiken, die der tatsächlichen Entfaltung der im Wasserstoff gelegenen Möglichkeiten im Wege stehen, so hoch zu veranschlagen, daß die Entwicklung bis zu den höheren

## Hoimar von Ditfurth Im Anfang war der Wasserstoff

---

Formen des seiner selbst bewußten Lebens immer nur auf einem einzigen von 100000 Planeten fortschreiten konnte, dann gäbe es - also bei einer Chance von nur 1:100000! - allein in unserem eigenen Milchstraßensystem außer unserer irdischen noch 120000 andere planetarische Kulturen.

Daß das eine unglaublich erscheinende Zahl ist, liegt nur daran, daß für unser an irdischen Verhältnissen geschultes Vorstellungsvermögen alle im Kosmos herrschenden Bedingungen unglaublich sind. Wenn man angesichts der eben angeführten Zahl noch bedenkt, daß es im Bereich der heute schon existierenden Teleskope mit Sicherheit einige hundert Milliarden Milchstraßensysteme gibt, für welche die gleichen Voraussetzungen zutreffen, dann kann einem schwindlig werden.

Beschränken wir uns also auf die Verhältnisse in unserer eigenen Milchstraße. 120000 planetarische Kulturen, das ist die unterste Schätzung, von der wir auszugehen haben. Mehr als 100000 verschiedene Ansätze also, deren jeder, so dürfen wir vermuten, auf seine eigene, besondere Art den langen Weg bis zur Bewußtwerdung der eigenen Existenz zurücklegte, bis zu dem Punkt, an dem er wie wir selbst in unserer Epoche, seiner eigenen Vergangenheit ansichtig wurde und des uns allen gemeinsamen Weltalls. 100000 verschiedene Antworten auf die gleiche Frage. Jede von ihnen aus einem anderen Blickwinkel, unter anderen Voraussetzungen, von einer anderen Motivation aus gewonnen. Jede einzelne von ihnen begründet und also richtig, und dennoch nur einen einzigen Aspekt, einen winzigen Ausschnitt der ganzen Wirklichkeit widerspiegelnd.

Welche Antwort fällt uns ein, wenn wir angesichts dieser Vision jetzt ein letztes Mal die Frage stellen, wohin die Zukunft führen wird? Wenn der Gang der bisherigen Entwicklung weiter fortschreitet, dann kann der nächste Schritt nur in dem Zusammenschluß dieser zahllosen planetarischen Kulturen bestehen, in der Zusammenfassung aller dieser über unsere ganze Milchstraße verstreuten und heute noch isolierten Teilantworten. Dann wird sich auf dieser Stufe mit den individuell spezialisierten Einzelkulturen wiederholen, was so lange Zeit vorher mit den Zellen geschehen war, als sie begannen, sich zu vielzelligen Organismen zusammenzuschließen, um die in der Fülle ihrer Spezialisierungen gelegenen Möglichkeiten voll ausschöpfen zu können.

Die Raumfahrt allerdings wird diesen Zusammenschluß, wie wir gesehen haben, nicht zuwege bringen können. Vielleicht ist das, wie hier am Rande noch angemerkt sei, sogar ein Glück. Denn nach allen Regeln der Wahrscheinlichkeit dürften wir auf unserem heutigen Stand für rund die Hälfte der anderen galaktischen Kulturen ein noch unterentwickelter Planet in der frühen Dämmerung seiner Geschichte sein. Vielleicht aber steht es nun um die Friedfertigkeit dieser uns zum Teil so unvorstellbar überlegenen Konkurrenten ähnlich wie um unsere eigene? So betrachtet, könnte die eben noch von uns beklagte "kosmische Quarantäne sogar zu den Voraussetzungen unserer Existenz gehören.

Es gibt jedoch die Möglichkeit der Suche und Kontaktaufnahme auf dem Funkweg. Zwar würden auch die dazu benutzten Funksignale schon innerhalb unserer Milchstraße Hunderte und Tausende von Jahren unterwegs sein. Die von ihnen transportierten Nachrichten und Informationen altern aber nicht. Deshalb werden die sich unserer beschränkten Nachrichtentechnik hier schon bietenden Möglichkeiten von den Wissenschaftlern bereits ernsthaft diskutiert, darunter von so prominenten Astronomen wie dem in Cambridge lehrenden Fred Hoyle oder dem Deutsch-Amerikaner Sebastian von Hoerner, der in Green Bank, USA, an einem der größten Radioteleskope der Erde arbeitet.

In den Veröffentlichungen dieser und anderer Autoren sind auch schon ebenso einleuchtende wie überzeugende Lösungen zur Überwindung des Verständigungsproblems behandelt worden, konkrete Vorschläge, wie Nachrichten aussehen müssen, die, durch Funk übermittelt, von Wesen auf anderen Planeten verstanden werden sollen, bei denen wir lediglich die Fähigkeit zum logischen Denken voraussetzen können und keine andere Art von Gemeinsamkeit. Aus der eben schon begründeten Überlegenheit wenigstens eines großen Teils dieser unserer zukünftigen kosmischen Partner leiten die Wissenschaftler ferner die berechnete Überlegung ab, daß es an manchen Stellen unserer Milchstraße bereits kleinere Zusammenschlüsse geben dürfte, zu denen sich die am weitesten fortgeschrittenen Kulturen schon jetzt verbunden haben.

Liegt aber dann nicht sogar der Gedanke nahe, daß wenigstens einige dieser Überkulturen heute schon Suchsignale aussenden könnten, entworfen eigens zu dem Zweck, neue Partner zu finden und ihnen den Anschluß zu ermöglichen? Diese Signale wären dann zweifellos besonders auffällig und so beschaffen, daß ihr Charakter als intelligente Information auch von einer weniger weit entwickelten Kultur nicht übersehen werden würde. Wäre es aufgrund dieser Überlegungen nicht sinnvoll und lohnend, schon jetzt mit einer planmäßigen Suche zu beginnen?

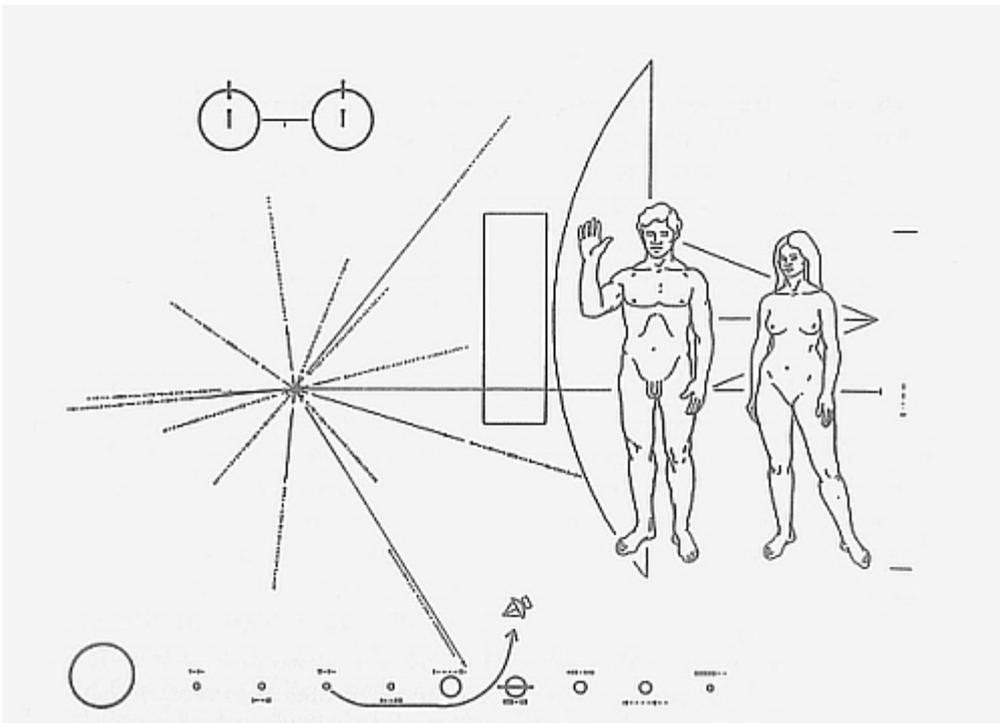
Die Wissenschaftler von Green Bank haben das vor einigen Jahren schon einmal einige Monate lang getan, ergebnislos. Der Versuch wurde dann abgebrochen, da statistisch-astronomische Berechnungen ergaben, daß die zur Verfügung stehenden Antennen nicht groß genug waren, um eventuell vorhandene Kontaktsignale aus dem Störungsrauschen der starken im Weltraum herrschenden Strahlung mit genügender Sicherheit herausfiltern zu können. Bei Effelsberg in der Nähe von Bonn aber wurde 1971 das mit einem Antennendurchmesser von 100 Metern größte steuerbare Radioteleskop der Erde eingeweiht. Dieses Gerät wäre für eine sinnvolle Suche erstmals groß genug.

## Hoimar von Ditfurth Im Anfang war der Wasserstoff

Niemand kann sagen, wann der erste Kontakt zustande kommen wird. Es kann in den nächsten Jahren der Fall sein oder erst in einigen Jahrtausenden. Die Entwicklung richtet sich nicht nach unserer Ungeduld. Aber eines Tages wird hier auf der Erde ein Signal empfangen werden, dessen Absender eine Intelligenz ist, die sich auf einem anderen Himmelskörper entwickelt hat. Dieses Ereignis wird für die Erde den Beginn einer Entwicklung bedeuten, vor der die ganze bisherige Geschichte nur noch als ein Warten auf diesen einen Augenblick erscheint.

Von da ab wird die Menschheit in einen Prozeß einbezogen sein, in dessen Verlauf sich immer zahlreichere planetarische Einzelkulturen durch wechselseitigen Nachrichtenaustausch zu immer größeren Verbänden zusammenschließen. Bis endlich, in einer Zukunft, von der wir noch durch Jahrtausende getrennt sind, alle Kulturen der ganzen Milchstraße durch Funksignale wie durch Nervenimpulse zu einem einzigen, gewaltigen galaktischen Überorganismus verbunden sein werden, der über ein Bewußtsein verfügt, dessen Inhalt der Wahrheit näher kommen wird als alles, was es bis dahin im Universum gab.

### Zusatzinformation auf den Seiten 341/342:



Anfang März 1972 wurde auf Cap Kennedy die erste Raumsonde gestartet, die unser Sonnensystem verlassen wird. Pioneer X soll den Jupiter erkunden. Während des Vorbeifluges wird die gewaltige Masse des Jupiter die Sonde aber so stark beschleunigen und aus ihrer Bahn lenken, daß Pioneer X der Anziehungskraft unserer Sonne endgültig entfliehen und für praktisch unbegrenzte Zeiträume frei durch die Weiten der Milchstraße treiben wird.

Ist die Sonde von da ab nicht als eine von der Erde abgesandte "kosmische Flaschenpost" anzusehen? So gering die Chance angesichts der unausdenkbar weiten Leere zwischen den verschiedenen Sonnensystemen unserer Milchstraße auch sein mag, es besteht die winzige Möglichkeit, daß Pioneer X nach einem Jahrtausenden währenden Flug von der Anziehungskraft einer fremden Sonne eingefangen werden könnte.

Wenn auf einem der Planeten dieser Sonne dann aber intelligente Lebewesen beheimatet wären, die eine technisch fortgeschrittene Kultur entwickelt hätten und die Sonde entdecken würden (die Chancen dazu sind, wie im Text begründet, sehr viel größer als die meisten Menschen heute noch glauben) wäre es dann nicht unentschuldig, wenn man nicht dafür gesorgt hätte, daß dieser potentielle Empfänger dann auch eine Information über den Absender der "kosmischen Flaschenpost" erhält?

Diese Überlegungen haben die Erbauer von Pioneer X dazu veranlaßt, der Sonde eine kleine metallene Schriftplatte mitzugeben, in deren Oberfläche die obenstehenden Bilder und Zeichen eingraviert sind. Die Abbildung des Menschenpaares informiert über das Aussehen des Absenders und die Tatsache seiner Zweigeschlechtlichkeit (wobei es offen ist, ob der nichtirdische Empfänger mit dieser Information irgend etwas wird anfangen können). Daß die Abbildung der beiden Menschen auf eine Konturskizze der Sonde projiziert ist, verrät die wahre Größe der dargestellten Figuren.

Am unteren Rand ist, ebenfalls ohne weiteres erkennbar, das Sonnensystem des Absenders gezeichnet, sein Heimatplanet als Startplatz der Sonde und deren Flugbahn.

Binäre Symbole (von jedem Mathematiker zu übersetzen) neben den Bildern der Planeten 1 bis 9 geben deren astronomische Daten an. Den absoluten Wert der dabei verwendeten Zahlen definiert das Symbol eines strahlenden Wasserstoffatoms am oberen Bildrand: Seine Schwingungsfrequenz beträgt im ganzen Kosmos 70 Nanosekunden bei einer Wellenlänge von 21 Zentimetern.

