Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 49 (1991)
Heft: 242

Artikel: Wir und das Weltall : Teil 2
Autor: Stenflo, J.O.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-898910

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 07.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Wir und das Weltall – Teil 2

J. O. Stenflo

3. Leben im Weltall

Wir haben im vorhergehenden Abschnitt gesehen, wie jedes Atom in unseren Körpern mit dem Schicksal der Sterne vernetzt ist, wie wir alle zum gleichen kosmischen Baum gehören, und wie wir unsere Geschichte zurück zu den Wurzeln im Urknall verfolgen können. Wann hat aber das Leben angefangen?

Jede Phase der Evolution des Universums hat Prozesse beinhaltet, ohne welche die spätere Entwicklung des Lebens nicht möglich wäre. Ohne rote Riesensterne und Supernovae wäre biologisches Leben nicht denkbar. Die Prozesse im Urknall haben die Voraussetzungen für die Bildung von Sternen und Galaxien geschaffen. Die Bedingungen im Urknall sowie die Eigenschaften der Materie (die zum Beispiel die Kohlenstoffchemie bestimmen) können auf abstrakte Symmetrieprinzipien zurückgeführt werden, usw. In diesem Sinn hat das Leben keinen Anfang. Das Prinzip des Lebens ist implizit immer und überall vorhanden, in der Natur eingebaut. Auf der Erde haben sich aber die günstigen Bedingungen geboten, die das explizite Entfalten vom Reichtum des Lebens ermöglicht haben.

Die Frage stellt sich dann, ob dieses Entfalten des Lebens auf der Erde einzigartig ist oder auch an anderen Orten im Universum stattgefunden hat. Mit anderen Worten: Sind wir allein im Weltall? In den letzten paar Dezennien haben sich mehrere Möglichkeiten eröffnet, um dieser schwierigen Frage systematischer nachzugehen. Diese Möglichkeiten werden wir im folgenden kurz andeuten.

Durch die Raumfahrt können wir nach ausserirdischem Leben in situ in unserer unmittelbaren kosmischen Umgebung suchen. In unserem Planetensystem ist die Erde eindeutig der einzige Ort, wo sich höhere Formen von Leben entwickelt haben. Niedrigere Formen von Leben, z. B. Bakterien, sind aber anderswo, z. B. auf Mars, nicht ausgeschlossen. Obwohl Mars jetzt ausgetrocknet erscheint, zeugen die vielen Canyons und anderen geologischen Formationen davon, dass in der Vergangenheit reichlich fliessendes Wasser vorhanden war. Im Jahre 1976 wurden von den USA zwei unbemannte biologische Laboratorien, Viking 1 und 2, auf Mars aufgestellt. Mit einer kleinen Schaufel wurde Material von der Marsoberfläche in verschiedene Experimentbehälter gebracht, wo mit verschiedenen chemischen Methoden nach biologischer Aktivität von Mikroorganismen gesucht wurde. Die Resultate waren sehr überraschend, weil sämtliche Experimente die von biologischer Aktivität erwarteten Signale ergaben, obwohl keine organische Moleküle gefunden werden konnten. Nachfolgende Überlegungen zeigten aber, dass die Messergebnisse als Resultat exotischer, anorganischer Chemie erklärbar waren. Diese chemischen Reaktionen waren bei der Planung übersehen worden, weil sie unter den ganz anderen Bedingungen auf der Erdoberfläche nicht stattfinden können.

Obwohl mit den Vikingexperimenten keine Lebensformen nachgewiesen werden konnten, ist die Existenz organischer Chemie ausserhalb der Erde seit langem gut bekannt. Meteoritensteine bringen sogar Aminosäuren vom Weltall zu uns. Der ausserirdische Ursprung dieser Aminosäuren ist dadurch ersichtlich, weil gleich viele links- und rechtsorientierte Moleküle in den Meteoriten vorkommen, während die Aminosäuren auf der Erde vorwiegend eine Orientierung aufweisen. Mit spektroskopischen Methoden findet man die einfacheren Bausteine der organischen Chemie in Kometen, in den verschiedenen Planetatmosphären und auch in gewissen Mondatmosphären, z. B. beim Saturnmond Titan.

In den letzten paar Dezennien hat man in entfernten Gas- und Staubnebeln überall in unserer Galaxie (die Milchstrasse) mit radioastronomischen Methoden eine Vielfalt von immer komplexeren organischen Molekülen gefunden. Wir sehen ihre «Fingerabdrücke» in Form charakteristischer Spektrallinien bei mm-Wellenlängen. Die organischen Moleküle (z. B. Alkohol) sind besonders in den Wolken konzentriert, wo gerade Sternbildung stattfindet. Dies zeigt, dass schon vor der Planetenbildung eine gewisse vorbereitende organisch- chemische Evolution stattgefunden hat.

In unserer Behandlung der Sternentstehung haben wir gesehen, dass auch die Bildung eines Planetensystems als ein natürlicher Prozess bei der Geburt eines Sterns erscheint. Dies sind theoretische Vorstellungen, aber was können die Beobachtungen darüber sagen?

Wegen der ungeheuren Entfernungen der Sterne und der schwachen Strahlung der Planeten (sie reflektieren nur das Licht vom Zentralstern) ist die Entdeckung von Planeten um andere Sterne eine sehr schwierige Aufgabe. Doch existieren einige Methoden, die schon positive Ergebnisse erbracht haben. Zum Beispiel hat ein unsichtbarer Planet durch seine Gravitationswirkung zur Folge, dass der Stern sich nicht gerade durch den Weltraum bewegt, sondern periodische Schwankungen seiner Position aufweist. Solche Schwankungen sind bei einigen unserer nächsten Sterne nachgewiesen worden, und daraus lässt sich die Umlaufperiode und Masse des Planeten bestimmen. Weil die Effekte ganz winzig sind, hat man nur Planeten mit etwa einer Jupitermasse nachweisen können. Indirekte Hinweise auf entstehende Planetensysteme hat man durch Infrarotbeobachtungen von scheibenförmigen Staubhüllen um andere Sterne. Mit dem Hubble Space Telescope hofft man, die blendenden Sternscheiben abdecken zu können (künstliche Sternfinsternisse zu erzeugen), um dadurch die lichtschwachen Planeten um die Sterne direkt beobachten zu können.

Die Vorstellung, dass ein bedeutender Anteil aller Sterne Planeten um sich hat, findet also sowohl theoretische als auch immer mehr empirische Unterstützung. Weil wir etwa 10^{20} Sterne in unserem beobachtbaren Teil des Universums haben (100 Milliarden allein in unserer Galaxie, und Milliarden anderer Galaxien im beobachtbaren Universum), gibt es sicher viele potentielle Orte, wo sich biologisches Leben entfalten kann. Die Erde hat recht optimale Bedingungen für die Evolution des Lebens (wie wir es kennen). Der Abstand vom Zentralstern soll im richtigen Intervall liegen, damit sich die mittlere Oberflächentemperatur zwischen dem Gefrier- und Siedepunkt des Wassers halten kann. Die Planetenmasse soll genügend gross sein, um eine Atmosphäre behalten zu können, aber nicht so gross, dass Wasserstoff die Atmosphäre

dominiert, weil es unklar ist inwiefern Leben sich in einer reduzierenden Wasserstoffatmosphäre gut entwickeln kann. Aber auch mit solchen Einschränkungen zeigen rein statistische Überlegungen, dass ein beachtlicher Teil sämtlicher Planetensysteme einen solchen erdähnlichen Planeten als Mitglied haben muss.

Weil wir so viele erdähnlichen Planeten in unserer Galaxie erwarten können, liegt die Vorstellung nahe, dass an vielen Orten auch höhere Formen von Leben sich entwickelt haben, vielleicht sogar technologische Zivilisationen, die im Stande sind, über interstellare Distanzen zu kommunizieren. Aufgrund solcher Überlegungen hat man einige Versuche gemacht, mögliche «intelligente» Signale von anderen Sternen mit Radioteleskopen zu entdecken. Dies ist ein schwieriges Unternehmen mit geringen Erfolgschancen, weil man nicht weiss, wo im Spektrum oder am Himmel man suchen soll, oder wie die Signale aussehen können. Die getroffene Wahl der Beobachtungsparameter basiert zum grossen Teil auf sehr spekulativen Vorstellungen über die «Denkweise» der anderen Zivilisationen, so ist es nicht erstaunlich, dass nichts gefunden worden ist. Aber auch wenn solche Versuche keine konkreten Resultate ergeben, sind sie nicht ohne Bedeutung, weil sie uns zwingen über die Fragestellungen ernsthaft nachzudenken. Auch werden als Nebenprodukt solcher Experimente andere unerwartete Phänomene mit der gleichen Instrumentierung entdeckt.

Wir besitzen aber heute nicht nur die Möglichkeit, nach eventuellen «intelligenten» Signalen zu suchen, wir können auch Signale über die Distanzen unserer ganzen Galaxie (mit 100 Milliarden Sternen) senden. Bei der Einweihungsfeier in den 70er Jahren des neuen 500-m-Radiospiegels in Arecibo, Puerto Rico, wurde eine Botschaft, ein Bild in Binärkode, an einen kugelförmigen Sternhaufen mit 100 000 Sternen, 40 000 Lichtjahre von uns entfernt, gesandt. Wenn jemand dort 40 000 Jahre später den Himmel beobachtet, ist die Erde für eine kurze Zeit das hellste Objekt unserer ganzen Galaxie bei gerade dieser Radiofrequenz.

Das Alter unserer menschlichen Zivilisation ist im Verhältnis zu den Altern der Sterne (Milliarden von Jahren) nur ein winziger Augenblick. Die Entwicklung unserer Zivilisation ist in diesem Vergleich explosionsartig, und wir können sogar nicht sicher sein, ob die Menschheit noch 100 Jahre überleben wird (wegen Selbstvernichtung durch Kernwaffenkrieg oder Umweltzerstörung). Wegen der enorm kurzen Zeitskala unserer sprungartigen Entwicklung ist der jetzige Zustand unserer Zivilisation ausserordentlich transient und nicht in die Zukunft extrapolierbar. Kosmisch gesehen ist die Menschheit gerade neugeboren und probiert jetzt ihre ersten Kinderschuhe. Unser Zeitalter ist extrem atypisch, aber was typisch ist wissen wir nicht, weil wir keinen Vergleich haben.

Wenn wir nach Leben oder Zivilisationen auf anderen Planeten suchen möchten, können wir also nicht erwarten, etwas auf einem ähnlichen Entwicklungszustand wie bei uns zu finden. Wenn wir je ausserirdisches Leben finden, wäre es mit grösster Wahrscheinlichkeit um viele Millionen von Jahren entweder hinter oder vor uns in der Entwicklung, aber nicht vergleichbar. Auch arbeitet die Biosphäre mit einer millionenfachen Vielfalt von Optionen für ihre eigene Evolution, und wir sind nur eine von diesen Optionen. Wenn wir nicht einmal mit uns so verwandten, irdischen intelligenten Säugetieren wie den Delphinen kommunizieren können, wie ist es dann möglich, Kontakt mit ausserirdischem Leben zu etablieren?

Wir können uns trotzdem vorstellen, obwohl diese Betrachtungsweise vermutlich stark anthropozentrisch ist, dass die Evolution des Lebens auf einem Planeten früher oder später zu «Intelligenz» führt, die auch an der Entwicklung einer Technologie interessiert ist. Weil die Naturgesetze, die einer Technologie zu Grunde liegen, überall im Weltall die gleichen sind, ist die Vorstellung vielleicht nicht ganz unvernünftig, dass die zur Verfügung stehenden Mittel der verschiedenen Zivilisationen ähnlich sind, z.B. die Mittel für interstellare Kommunikation. Dadurch wäre Kommunikation mit einer anderen technologischen Zivilisation prinzipiell denkbar.

Zweiwegkommunikation (mit Frage und Antwort) ist aber nur dann möglich, wenn der Abstand zwischen den Zivilisationen in Lichtjahren gerechnet kleiner ist als die halbe Lebensdauer in Jahren einer Zivilisation. Wenn z.B. der Abstand 1000 Lichtjahre ist, die Lebensdauer aber weniger als 2000 Jahre, stirbt die Zivilisation aus bevor sie eine Antwort auf ihren Brief erhalten hat.

Die wahrscheinliche Häufigkeit anderer Zivilisationen in unserer Galaxie hängt von mehreren wenig bekannten Faktoren ab, z.B. dem Anteil der Sterne mit Planeten, der Wahrscheinlichkeit, dass ein Planetensystem einen erdähnlichen Planeten enthält, der Wahrscheinlichkeit, dass unter erdähnlichen Bedingungen sich auch Leben entfaltet, der Wahrscheinlichkeit, dass solches Leben auch «Intelligenz» entwickelt, und der Wahrscheinlichkeit, dass intelligentes Leben auch eine technologische Zivilisation hervorbringt, die sich für interstellare Kommunikation interessiert. Es kommt aber noch ein Faktor dazu, der mit der grössten Unsicherheit behaftet ist, nämlich das Verhältnis zwischen der Lebensdauer der technologischen Zivilisation und dem Alter unserer Galaxie. Auch mit superoptimistischen Annahmen für alle andere Faktoren wäre bei einer Lebensdauer der technologischen Zivilisationen von weniger als 1000 Jahren der mittlere Abstand zwischen ihnen grösser als 1000 Lichtjahre. Zweiwegkommunikation zwischen ihnen wäre dann nicht möglich.

Mit realistischeren Schätzungen der verschiedenen Wahrscheinlichkeiten finden wir, dass der typische Abstand, der mögliche Zivilisationen trennt, noch wesentlich grösser ist. Er verhält sich aber umgekehrt proportional zur Kubikwurzel der Lebensdauer. Prinzipiell verhindert kein Naturgesetz, dass die Lebensdauer einer Zivilisation gleich gross sein könnte, wie die Lebensdauer des Muttersterns, d.h. mehrere Milliarden Jahre. Wenn dies typisch wäre, dann könnten wir Zivilisationen überall, sogar bei unseren Nachbarsternen, erwarten, und ein galaktisches Kommunikationsnetzwerk könnte etabliert werden. Wenn aber wegen Selbstvernichtungstendenzen, wie wir es in unserer eigenen Zivilisation beobachten, die Lebensdauer eher in Hunderten von Jahren zu rechnen ist, dann sind wir unter den 100 Milliarden Sternen unserer Galaxie vermutlich im Moment die einzige technologische Zivilisation, dann sind wir also allein! Wir können uns die Zivilisationen im Milchstrassensystem als kleine Lampen vorstellen, die für einige Zeit aufleuchten und danach wieder erlöschen. Auch wenn bei einer Grosszahl aller Sterne solche Lampen potentiell aufleuchten können, ist die Wahrscheinlichkeit, dass zwei Lampen gleichzeitig brennen, gering, wenn die Leuchtzeit kurz ist.

Die erste Raumsonde, die unser Sonnensystem verlassen hat, Pioneer 10, hat eine Plakette mit einer eingravierten Botschaft mitgenommen, für den Fall, dass «jemand» in einem anderen Teil unserer Galaxie in einer entfernten Zu-

kunft die Sonde findet. Voyager 2, der nach dem Rendezvous mit Neptun im August 1989 das Sonnensystem auch verlässt, trägt eine «Schallplatte» aus Platin mit sich, mit einer Auswahl von Tönen unseres geliebten Planeten, z.B. der Schrei eines neugeborenen Kindes, die Signale der Delphine, ein bulgarisches Hirtenlied, der Strassenlärm einer Grosstadt, oder Musik von Beethoven.

Niemand erwartet, dass «jemand draussen» je diese Raumsonden finden wird. Die mitgeführten Mitteilungen haben aber eine symbolische Bedeutung. Mit diesen Sonden haben wir nicht nur die Schwerkraft der Erde überwunden, sondern auch die Schwerkraft der Sonne, und fahren in die kosmischen Tiefen der Sternenwelt hinein. Dabei blicken wir auf unsere Heimat zurück und sehen sie als den dritten kleinen Planeten um einen ganz gewöhnlichen Stern unter den unzähligen anderen. Dies zwingt uns zum Nachdenken. Sind wir uns der Schönheit und Zerbrechlichkeit unserer kleinen kosmischen Insel voll bewusst? Hüten wir verantwortungsvoll diese Perle im kosmischen Ozean? Wir verstehen dann, dass die eingravierten Mitteilungen auf den Raumsonden eigentlich Botschaften an uns selbst sind.

4. Schönheit, Einheit und Mystik der Natur

Zu unseren wundervollsten Erlebnissen zählen die Schönheitsgefühle im Direktkontakt mit der Natur, zum Beispiel unter einem strahlenden Sternhimmel. Die meisten Menschen sehen aber leider wenig Anlass sich mit den Sternen zu befassen, weil sie ja wegen ihrer grossen Entfernung für uns «unnütz» sind.

Das heutige astronomische Weltbild hilft uns, die Natur ganzheitlicher zu betrachten. So zeigt z. B. die Wissenschaft, wie unser Schicksal mit dem der Sterne vernetzt ist, wie wir aus Sternmaterie bestehen, dass wir buchstäblich Kinder der Sterne sind. Diese Erkenntnisse vertiefen das romantische Schönheitsgefühl, das wir im Direktkontakt mit der Natur erleben.

Die Kosmologie befasst sich mit der physikalischen Ganzheit. Diese Ganzheit ist aber gar nicht einfach die Summe der Teile (Raum, Zeit, Atome, Sterne, usw.). Das Wesentliche liegt vielmehr in den Beziehungen, der Organisation und den Wechselwirkungen, die in der heutigen Physik auf Symmetrieprinzipien zurückgeführt werden. Aus diesen abstrakten Symmetrien werden nicht nur die Beziehungen (Kräfte), sondern sogar auch die Existenz der Materie abgeleitet. Wie im Abschnitt 1 angedeutet wurde, erklärt man z.B. die heutige Trennung zwischen Makro- und Mikrokosmos, zwischen gross und klein, als Resultat von symmetriebrechenden Prozessen im frühen Universum (in der ersten Sekunde des Urknalls). Die heutige vielfältige und unsymmetrische Welt war im Urknall viel einheitlicher und symmetrischer.

Weil bei solchen Überlegungen unsere Begriffswelt sich immer im Wandel befindet, wie unsere Vorstellungen über Raum, Zeit und Materie, über Anfang und Ende, über Kausalität und Subjekt-Objekt-Beziehungen, kommen Physik und Astronomie immer wieder mit Religion und Philosophie in Kontakt. Es soll in diesem Zusammenhang nicht vergessen werden, dass die physikalische Welt eine Welt der mathematischen Symbole ist, und sich nicht mit dem «Ding an sich» befasst. Die Physik gibt eine symbolische Darstellung der Erfahrungswelt, und als effizienteste Sprache dafür hat sich die Mathematik eindrucksvoll erwiesen. Die gewählte Darstellung hat aber keinen absoluten Charakter und muss von Zeit zu Zeit erneuert oder ersetzt werden, um die ständig erweiterte Erfahrungswelt (durch neue Teleskope oder Teilchenbeschleuniger) optimal zu beschreiben. Die erfolgreichsten Darstellungssysteme (Theorien) der Natur sind in der Regel diejenigen gewesen, die von Einheit, Eleganz und Schönheit gekennzeichnet sind. Dies erklärt zum Teil die Faszination der Physik. Auch in der Schattenwelt der Symbole gibt es eine ästhetische Qualität.

Nicht nur unsere heutige Umgangssprache, auch die Sprache der Theologen und Philosophen, ist von der Begriffswelt der Physik geprägt, z.B. von den Vorstellungen über Raum, Zeit und Kausalität (obwohl im gewöhnlichen Gebrauch noch die Vorstellungen des letzten Jahrhunderts dominieren). Zum Beispiel hätten theologische Fragen über die «Schöpfung» ohne einen Zeitbegriff (der aus der physikalischen Vorstellungswelt stammt) keinen Sinn. Dennoch impliziert das Wort «Schöpfung» eine Extrapolation des Zeitbegriffes zu einem extremen Zustand des frühen Universums (zum ersten winzigen Bruchteil der ersten Sekunde), für welchen die heutigen Vorstellungen über die Natur der Zeit sicher nicht gelten. Aus physikalischer Sicht sind solche Fragen deshalb nicht sinnvoll, weil sie mit nicht brauchbaren sprachlichen Begriffen formuliert worden sind.

Mit den Umwälzungen der Wissenschaft verändert sich auch die Begriffswelt der Sprache, die von Theologen und Philosophen verwendet wird. Die Theologie ist ja auch eine Schattenwelt der sprachlichen Symbole, und die gewählten symbolischen Darstellungen sind eng mit dem kulturellen Umfeld verbunden, müssen sich also ständig erneuern, damit sie nicht schnell irrelevant werden. Wir sehen also, dass die Wissenschaft und die religiöse Vorstellungswelt sich nicht von einander unabhängig entwickeln, sondern ganzheitlich vernetzt sind.

Ziel der Wissenschaft soll es sein, die Natur zu verstehen, nicht sie zu beherrschen. Die Welt ist nicht zwischen uns und der Natur, zwischen Subjekt und Objekt, getrennt. Im Gegenteil sind wir, zusammen mit unseren geistigen Fähigkeiten, ein integrierter Bestandteil der Natur. Zwar ist unser Platz im Raum sowie unser Augenblick in der Zeit des kosmischen Ozeans gering, wir sind aber mit den Sternen und allem anderen in einem einzigen kosmischen Gewebe von unglaublicher Schönheit verbunden. Die der Natur zugrundeliegenden abstrakten Symmetrien, die sich bei hohen Energien und besonders in der ersten Urknallsekunde manifestieren, sind jenseits der scheinbaren Gegensätze Eins - Viele, Gross - Klein, usw. Wenn die Natur ganzheitlich betrachtet wird, ist eine derartige Kategorisierung nicht mehr sinnvoll.

Ebenso wenig sinnvoll erscheint dann die Trennung Geist - Materie, Gott - Kosmos, usw. Die eigentliche Qualität der Natur, die nicht via Sprache oder Symbole erfassbar ist, die wir aber durch Direkterlebnis vielleicht diffus erahnen können, ist jenseits solcher Begriffe.

Zweite Hälfte des Vortrags vom 8. September 1989, bei der «Cortona-Woche», Perugia, Italien.

Copyright: Aktuell Verlag, Bonn.

J. O. Stenflo
Institut für Astronomie
ETH-Zentrum
8092 Zürich