Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 31 (1973)
Heft: 137

Artikel: Entstand das Leben im interstellaren Raum?
Autor: Trefzger, Ch.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-899707

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: 04.12.2025

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

ORION

Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Bulletin de la Société Astronomique de Suisse

31. Jahrgang, Seiten 105—136, Nr. 137, August 1973 31e année, pages 105—136, No. 137, Août 1973

Entstand das Leben im interstellaren Raum?

von Ch. Trefzger, z. Zt. Heidelberg

Die in den letzten Jahren bekannt gewordene Entdekkung organischer Moleküle in der interstellaren Materie lässt die Frage nach der Entstehung des Lebens in einem neuen Licht erscheinen. Es soll deshalb in diesem Beitrag ein Überblick über diese Entdeckungen gegeben und auf ihre Bedeutung für die Entwicklung des Lebens im Kosmos eingegangen werden.

Moleküle in der interstellaren Materie

Der Ort, wo die organischen Moleküle gefunden wurden, ist *nicht* die Oberfläche eines Planeten, sondern der *interstellare Raum*. Man weiss schon seit einiger Zeit, dass dieser nicht ganz leer ist, sondern dass er von einer feinverteilten Materie, der interstellaren Materie, erfüllt ist. Sie besteht im wesentlichen aus zwei Komponenten, aus Gas und aus Staub. Das Gas tritt besonders dann deutlich zu Tage, wenn es sich in der Nähe von heissen Sternen befindet: Es wird von ihnen zum Leuchten angeregt. Dies sind die bekannten Emissionsnebel, deren schönster Vertreter der Orionnebel ist. Dieses Gas, welches in den grössten Nebeln etwa eine Dichte von 1000 Atomen pro cm^3 erreicht, besteht in der Hauptsache aus Wasserstoff (ca. 60 Gewichtsprozente) und Helium (ca. 38%); den Rest bestreiten die übrigen schwereren Elemente. Die zweite Komponente, der Staub, tritt in der Form sog. Dunkelwolken auf, der die Eigenschaft besitzt, Sternlicht zu absorbieren. Solche absorbierende Wolken sind in der Milchstrasse sehr häufig, man kann sie schon mit dem Feldstecher deutlich erkennen. Der Staub besteht wahrscheinlich aus feinsten Teilchen von der Grösse eines Tausendstel Millimeters. Beide Komponenten treten häufig miteinander vermischt auf. Es ist durch spektroskopische und radioastronomische Beobachtungen gesichert, dass im interstellaren Gas auch einfachste Moleküle und Radikale wie CH, CN, CH^+ und OH auftreten. Die Existenz komplizierterer Moleküle wurde bis zum Jahre 1968 für unwahrscheinlich gehalten. Man glaubte nicht, dass sich in diesen hochverdünnten Wolken weitere Atome zu grösseren Molekülen gruppieren könnten, besonders deshalb nicht, weil die kosmische Strahlung grössere Komplexe zerschlagen würde. Umso erstaunlicher war es, dass interstellares Ammoniak

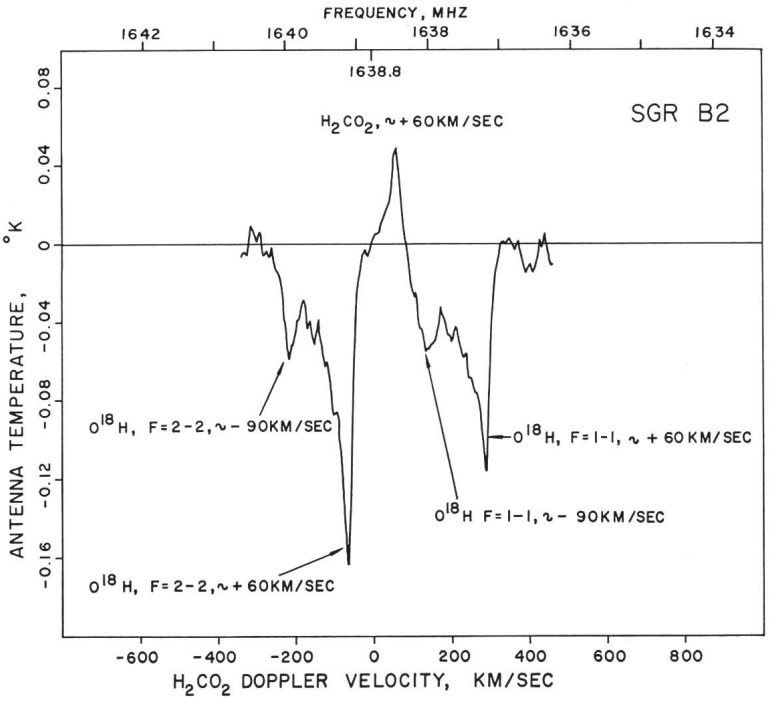

Fig. 1: Registrierung des Spektrums von Ameisensäure (HCOOH) und des Hydroxylions (OH) der Quelle Sagittarius B 2.

(NH_3) und Wasser (H_2O) 1968 erstmals nachgewiesen werden konnten. In den Jahren 1970 und 1971 wurde eine ganze Menge weiterer Moleküle entdeckt. In der Tabelle sind alle bis Mitte 1972 entdeckten Moleküle aufgeführt.

Wie können diese Stoffe überhaupt identifiziert werden? Die Physik lehrt uns, dass ein Atom bzw. ein Molekül verschiedene Energiezustände annehmen kann. Beim einzelnen Atom gibt es deshalb ein Energiespektrum, weil die Elektonen auf verschiedenen Bahnen um den Kern laufen können. Beim Molekül, das ein Agglomerat von Atomen darstellt, treten zusätzlich noch Rotationen und Schwingungen auf, wodurch das Energiespektrum noch komplizierter wird. Beim Übergang von einem höheren in einen tieferen Zustand wird ein Lichtquant ausgestrahlt. Seine Energie ist gleich der Energiedifferenz der beiden Zustände. Viele organische Stoffe können Strahlen im Bereich der Mikrowellen (Wellenlänge cm bis mm) aussenden, welche auf der Erde von geeigneten Radioteleskopen empfangen werden. Fig. 1 zeigt ein Linienprofil, welches der Ameisensäure zugeordnet wird. In der Tabelle sind die Wellenlängen der betreffenden Moleküle angegeben.

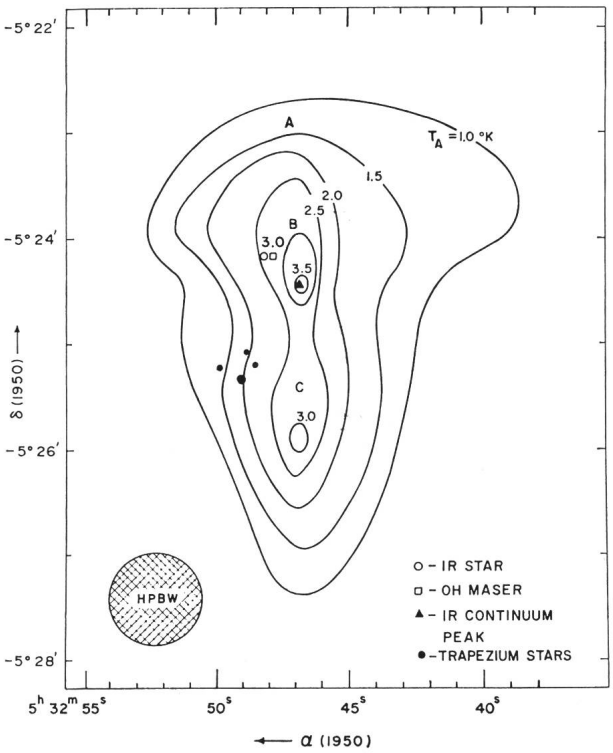

Fig. 2: Karte der 2.1 mm-Formaldehyd-Emission (HCHO) im ORION-Nebel. Eingetragen sind ferner die 4 Trapez-Sterne, eine OH-Quelle, sowie die Infrarot-Strahler.

Die Beobachtungen zeigen, dass die Strahlungen dieser organischen Substanzen ihren Ursprung in dichten interstellaren Gas- und Staubwolken haben. Eine sehr reichhaltige Quelle scheint sich im Sternbild Sagittarius zu befinden, eine weitere ist der Orionnebel. In der Nähe der vier Trapezsterne trifft man auf eine ausgedehnte Wolke mit Emission von Formaldehyd, ferner auf eine Quelle von OH- und Methylalkoholemission (siehe Fig. 2). Wie man aus früheren Beobachtungen schon weiss, ist an der gleichen Stelle auch ein intensiver Infrarotstrahler zu finden. Der Orionnebel stellt also nicht nur im optischen, sondern auch im Mikrowellen- und Infrarotgebiet ein bemerkenswertes Objekt dar. Diese Beobachtungsbefunde deuten darauf hin, dass Molekülwolken und Infrarotstrahler bevorzugt an Orten auftreten, wo sich dichte interstellare Gaswolken zu neuen Sternen verdichten, also an Orten der Sternentstehung. In den Zentren prästellarer Aktivität ist die Dichte so gross, dass die kosmische Strahlung nur noch einen Teil der Moleküle zerstören kann, die sich dort aufbauen können. Wie das aber im einzelnen geschieht, welche Vorgänge dabei eine Rolle spielen, ist heute noch ungeklärt. Manche Forscher nehmen an, dass sich die Moleküle an der Oberfläche von Staubteilchen bilden, wobei das Korn die Funktion eines Katalysators ausübt. Eine andere Hypothese besteht darin, dass sich die Moleküle in den Atmosphären alter, kühler Sterne bilden. Eine endgültige Antwort auf diese Frage kann nur die gemeinsame Arbeit von Astronomen und Chemikern geben.

Die Entstehung des Lebens im Lichte der neuen Entdekkungen

Die Stoffe, die bisher in interstellaren Molekülwolken gefunden wurden, sind uns aus der Chemie wohlbekannt; sie treten in der freien Natur als organische Bestandteile in den Lebewesen auf. Aus dieser Tatsache ergeben sich interessante Fragestellungen: Bis zu welchem Komplexitätsgrad sind Moleküle in der interstellaren Materie vorhanden? Welchen Einfluss hat die Anwesenheit dieser Moleküle auf die Entstehung des Lebens? Kann durch sie eine biologische Entwicklung ausgelöst werden? Diese Fragen sind deshalb berechtigt, weil die Moleküle in den dichten Gas- und Staubwolken vorkommen, also dort, wo nach unserer Vorstellung neue Sterne durch Verdichtung des Gases gebildet werden. Parallel dazu verläuft im entstandenen Urnebel die Kondensation der Materie zu Planeten und Monden.

Wir erkennen also folgende wichtige und neue Tatsache: Schon bei der Entstehung der Planeten sind organische Stoffe in fein verteilter Form vorhanden, welche sich auf den erstarrenden Planetenkrusten ansammeln werden. Ist dabei schon Leben entstanden? Wenn wir diese Frage beantworten wollen, müssen wir zuerst eine andere stellen: Was ist Leben überhaupt? Dies stellt das zentrale Problem der biologischen Wissenschaften dar, welches trotz der grossen Fortschritte der letzten Jahrzehnte noch keineswegs gelöst ist. Diese Fortschritte beziehen sich vor allen Dingen auf die materiellen Aspekte des Problems Leben, während die ebenfalls vorhandenen geistigen Aspekte sowie die Bewusstseinsphänomene allgemein noch ganz im Dunkeln liegen. Wir wollen uns daher

auf die materiellen Probleme beschränken. Das Leben ist an die Existenz von ganz bestimmten, äusserst komplexen Strukturen gebunden. Sie liegen in Form von langen, komplizierten Molekülen, sog. Makromolekülen vor. In diesen Gebilden sind die Atome in fest vorgeschriebener Reihenfolge angeordnet. Sie enthält eine Information, welche ihrerseits einer spezifischen Funktion des Moleküls entspricht. Die lebende Zelle stellt ein System dar, welches durch Makromoleküle (Eiweisse und Proteinsäuren) aufgebaut und gesteuert wird. Dadurch erhält sie ihre Eigenschaften, die sie als lebenden Organismus auszeichnen.

Tabelle

Liste der bis Mitte 1972 entdeckten interstellaren Moleküle mit Symbol und Wellenlänge.

Entdeckung	Molekül	Symbol	Wellenlänge
1937		CH	4300 Å
1940	Cyan	CN	3875 Å
1941		CH^+	3745–4233Å
1963	Hydroxyl	OH	18, 6.3, 5.0, 2.2 cm
1968	Ammoniak	NH_3	1.3 cm
1968	Wasser	H_2O	1.4 cm
1969	Formal dehyd	H_2CO	6.2, 2.1, 1,0 cm, 2.1 2.1, 2.0 mm
1970	Kohlenmonoxyd	CO	2.6 mm
1970	Cyan	CN	2.6 mm
1970	Wasserstoff	H_2	1100 Å
1970	Blausäure	HCN	3.4 mm
1970	X-ogen	??	3.4 mm
1970	Cyanacetylen	HC_3N	3.3 cm
1970	Methylalkohol	CH_3OH	36, 1.2 cm 3.5 mm
1970	Ameisensäure	CHOOH	18 cm
1971	Kohlenmonosulfid	CS	2.0 mm
1971	Formamid	NH_2CHO	19.5, 6.5 cm
1971	Siliziummonoxyd	SiO	2.3 mm
1971	Carbonylsulfid	OCS	2.5 mm
1971	Methylcyanid	CH^3CN	2.7 mm
1971	Isocyansäure	HNCO	3.4 mm, 1.4 cm
1971	Isocyanwasserstoff	HNC	3.3 mm
1971	Methylacetylen	CH_3C_2H	3.5 mm
1971	Azetaldehyd	CH_3CHO	2.8, 9.5 cm
1971	Thioformaldehyd	H_2CS	9.5 cm
1972		H_2CNH	

Kommen wir auf die interstellaren Moleküle zurück. Wie ersichtlich, ist der Schritt von den gefundenen organischen Substanzen zum Nukleinsäuremolekül ungeheuer gross, noch einmal so gross ist der strukturelle Unterschied zwischen der Nukleinsäure und der lebenden Zelle. Daraus erkennen wir, dass mit der Anwesenheit von organischen Molekülen in der interstellaren Materie nur ein winzig kleiner Schritt in Richtung Leben gemacht wurde. Zwar wissen wir nicht, bis zu welchem Molekülargewicht Moleküle im interstellaren Raum aufgebaut sind, doch dürften die für organisches Leben notwendigen hohen Gewichte wegen den extremen Bedingungen unwahrscheinlich sein. Es lässt sich aber trotzdem eine sehr wichtige Feststellung machen: Im zirkumstellaren Raum befinden sich Stoffe, die das Grundmaterial für die Entstehung des Lebens darstellen. Wenn auf einem der entstandenen Planeten günstige Bedingungen herrschen, dann ist es denkbar, dass die Lebensentstehung einsetzen kann.

Dies stellt aber eine grundsätzlich neue Situation dar. Während man noch vor wenigen Jahren glaubte, organische Stoffe entstehen ausschliesslich auf den Planetenoberflächen selbst, deuten diese Beobachtungsbefunde aber darauf hin, dass zumindest einfache Moleküle bereits in der Materie vorhanden sind, aus der sich Planeten bilden.

Wie diese Betrachtungen zeigen, ist die Wahrscheinlichkeit dafür, dass sich ausserhalb unserer Erde, auf Planeten anderer Sonnensysteme, Leben entwickeln kann, mit den neuen Erkenntnissen grösser geworden. Einiges deutet darauf hin, dass das Phänomen Leben nicht einen Spezialfall hier auf der Erde darstellt, sondern dass es zwangsläufig als ein Abschnitt in der Evolution des Kosmos auftritt.

Ob es von den interstellaren Molekülen einen direkten Weg zum Aufbau lebender Strukturen gibt, ist gegenwärtig noch offen. Das Problem kann nur durch Zusammenarbeit von Astronomen, Biophysikern und Biochemikern gelöst werden, da es weit über die reine Astronomie hinausgeht. Es zeigt sich also, dass unsere Wissenschaft bei der Diskussion um den Ursprung des Lebens plötzlich eine neue Bedeutung erlangt hat. Die uralte Ahnung des Menschen, dass seine Herkunft in den unermesslichen Tiefen des Raumes zu suchen ist, könnte sich doch bewahrheiten. Ob wir diese Geheimnisse jemals ergründen können, weiss niemand.

Adresse des Verfassers: Ch. Trefzger, Dipl. Ing. E.T.H., Max Planck-Institut für Astronomie / Königstuhl, D-69-Heidelberg.

Anmerkung der Redaktion: Zu dem hier behandelten Thema gibt es viel neuere Literatur. Es sei inbesondere verwiesen auf die Conference about the origins of life, abgehalten in Pacific Palisades, California, vom 27. 2. bis 1. 3. 1970, deren Proceedings nun im Springer-Verlag erscheinen (Band III wurde soeben herausgegeben), sowie auf Einzel-Publikationen, von denen jene von Manfred Eigen in Umschau *73*, 420 (1973) erwähnt sei.
E. Wiedemann