



Are we alone?

Das war das faszinierende Thema des 189. Jahreskongresses der Akademie der Naturwissenschaften SCNAT und der Schweizerischen Gesellschaft für Astrophysik und Astronomie SGAA am 13./14. November 2009 im Verkehrshaus in Luzern. Diese Tagung beschloss das Internationale Jahr der Astronomie (IYA2009) in einer eindrücklichen und feierlichen Atmosphäre. *Claudio Palmy, AGG*

Tom Millar, Queen's University Belfast, **The Origin of Prebiotic Molecules in the Interstellar Medium.**

In den 70er Jahren wurden mit Radioastronomischen-Mikrowellen-Messungen komplexe Moleküle wie Ammoniak (NH_3) und Formaldehyd (H_2CO) im interstellaren Staub entdeckt. Das war eine Sensation. Wie war das möglich? Was ist die Basis solcher organischer Moleküle? Könnten diese die Geschichte der interstellaren Staubwolken aufspüren?

Tatsächlich finden sich Mechanismen auf der Spur organischer Moleküle, die den Weg von der interstellaren Staubwolke zum werdenden Stern (Protostern) weisen. Zentral dabei ist das, kurz nach dem Urknall entstandene Verhältnis zwischen Deuterium und Wasserstoff, D/H. Diese D/H Relation betrug zunächst 10^{-5} , beobachtet wurden aber Verhältnisse von 10^{-3} . Aus quantenphysikalischen Gründen konnten aber solche D/H Häufungen bei 10K, der Temperatur interstellarer Wolken, theoretisch erklärt werden. Man verstand, weshalb mehr als 140 organische Moleküle in kalten und dunklen Nebeln entstehen können. Kometen bergen den Schlüssel zum Verständnis, sie enthalten schmutziges, gefrorenes Wasser. Das ALMA (Atacama Large Millimeter Array) Projekt kann uns möglicherweise in naher Zukunft die Spur aufzeigen, die organischer Molekülstaub aus interstellaren Wolken auf dem Weg zum Protostern einschlägt.

Stephan Udry, Universität Genf, **Extrasolar planets: Towards new Earth**

Die Ergebnisse der extrasolaren Planetenforschung seit 1995 sind verblüffend. Dieser junge astronomische Zweig nutzt

astrometrische Verfahren, wie den optischen Dopplereffekt von Spektren oder wertet Transit- und Bedeckungsbeobachtungen aus. Spektakulär war die Beobachtung eines Planeten um den Stern 51 Pegasi. Er zeigte periodisch wachsende Rot- und Blauverschiebungen, daraus errechnet sich eine Bahngeschwindigkeit von 57m/s.

Weil ein Stern und sein(e) Planet(en) um einen gemeinsamen Schwerpunkt kreist (en), kann mit der Radialengeschwindigkeitsmethode (RV-Methode) auf die Bahnparameter, Masse und Radius eines Planeten geschlossen werden. Aktuelle Verfahren detektieren die Geschwindigkeiten eines Sterns im Bereich 1m/s und das für Objekte, die in einer zweistelligen Licht-Jahr Distanz liegen. Ganz unglaublich!



4 Exoplaneten kreisen um den Stern Gliese 581

Beobachtungsmässig günstige Systeme zeigen nur einige Tage dauernde Umlaufperioden mit entsprechend kleinem Abstand des Planeten vom Zentralstern. Dies führt zu Oberflächentemperaturen um 1000K und mehr. Exoplaneten in einer zu definierenden, „bewohnbaren Zone“ haben Radien zwischen 1 und 1.75 Erdradien und Massen zwischen 1 und 8 Erdmassen.

Willy Benz, Universität Bern. **Planets and Earth formation**

Am Anfang steht die Drake Gleichung. Diese, hier vereinfacht, gibt eine Abschätzung an für die Anzahl N existierender Zivilisationen in der Milchstrasse, die möglicherweise an einer interstellaren Kommunikation teilnehmen könnten. Sie lautet:

$$N = N_{BP} \times f_{Leben} \times f_{Ziv} \times f_{heute} \times L$$

Dabei ist N_{BP} die Anzahl der Planeten, die zumindest prinzipiell Leben tragen könnten, f_{Leben} prozentualer Anteil der Planeten, auf denen es tatsächlich Leben gibt, f_{Ziv} der prozentuale Anteil auf denen es irgendwann eine Zivilisation gab sowie f_{heute} , der prozentuale Anteil, auf dem heute eine Zivilisation lebt und L , die erwartete Lebenszeit einer entsprechenden Zivilisation.

Natürlich kennen wir die einzelnen Faktoren nicht genau, aber die Beziehung gibt uns eine Vorstellung über die Wahrscheinlichkeit solcher Spekulationen.

Nach diesem Exkurs nun die Frage:

Wie entstanden Planeten und unsere Erde? Planeten entstanden, nachdem der solare Urnebel zu einer abgeflachten Scheibe kollabiert war. Dieser rotierende solare Urnebel hatte eine Ausdehnung, die in etwa dem Durchmesser der heutigen Pluto Umlaufbahn entspricht. Die Scheibe verlor an Drehimpuls. Wie dieser Drehimpulsverlust entsteht, ist heute teilweise noch unverstanden und in Diskussion. Warum entstanden kleine terrestrische Planeten wie Merkur und unsere Erde neben den Gasriesen Jupiter und Saturn? Nun, die steinigen Planeten haben sich in den heissen inneren Bereichen der rotierenden Scheibe gebildet, die jovianischen Planeten in den äusseren kalten Bereichen. In der Umgebung der bereits Wasserstoff fusionierenden Protosonne war die Restmaterie ausser den 98% Wasserstoff und Helium, fein verteilt. Sie begann sich, wahrscheinlich auf Grund elektrostatischer Anziehung, zu planetarischen Embrios zusammenzuklumpen. Aus diesen festen Keimen konnte die Schwerkraft schliess-

lich Planeten formen. Wasserstoff und Helium sammelten sich aber erst ausserhalb der Frostgrenze an, sie liegt jenseits der Marsbahn. Terrestrische Planeten konnten sich innerhalb dieser Grenze bilden, die gasförmigen, jovianischen aber ausserhalb.

Rainer Wieler, ETHZ, **The early evolution of the Earth**

Metalle und Silikate, SiC Körner, die sich in primitiven Meteoriten finden und in der Urzeit gebildet wurden, liefern uns Informationen aus dieser Zeit. Sie können, zusammen mit relativ kurzlebigen Radioisotopen, über ihre Tochter-Isotope manchen Schlüssel zum Verständnis des solaren Frühstadiums liefern. Wir kennen Indizien, wonach eine Supernovaexplosion als Grund für die Bildung unseres Sonnensystems und der Bildung der meisten kurzlebigen Isotopen angenommen wird.

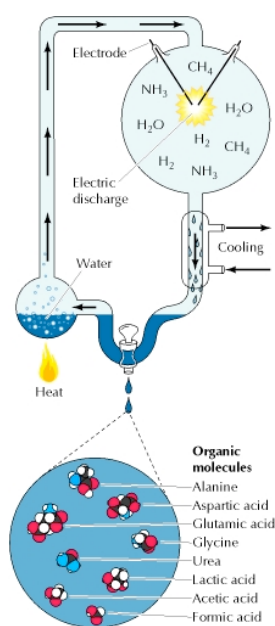
Um Ereignis-Sequenzen während der Bildung des Sonnensystems zu markieren, können radioaktive Isotope mit ähnlichen Zerfallszeiten als Uhren dienen. Al^{26} , mit einer Zerfallszeit von 0.7 Mio. Jahren kann als Uhr benutzt werden. Der Vergleich zweier Uhren, Al^{26} und der Zerfall von Uran Isotopen in Ca-Al reichen Einschlüssen deuten beide auf dasselbe Alter unseres Sonnensystems von 4.6 Mia Jahren hin. Ebenso kann der Hf^{182} Zerfall zu W^{182} mit einer Halbwertszeit von 8.9 Mio. Jahren als Chronometer für die solare Frühzeit genutzt werden.

Die Frage nach dem Ursprung des Wassers auf der Erde bleibt unbeantwortet. Unklar ist insbesondere, weshalb es bedeutend mehr Wasser auf der Erde als auf den anderen Planeten unseres Sonnensystems gibt.

Jeffrey L. Bada, University of California San Diego, **Origin of Life on Earth**

Theorien zum Ursprung des Lebens reichen ins Altertum zurück, von Aristoteles über Jean Baptiste Van Helmond (1580 - 1644), der sich fragte, ob Orga-

nisches aus Unorganischem entstehen könne. Die grundlegenden Experimente von Miller 1953 weckten die Hoffnung, die ursprünglichen Lebensmechanismen zumindest ansatzweise zu verstehen. Miller synthetisierte Aminosäuren, die in einer primitiven Erdatmosphäre simuliert wurden. Er zündete eine elektrische Entladung in einem Glaskolben, der CH_4 , NH_3 , H_2O und H_2 Moleküle enthielt. Sein Ergebnis war spektakulär, es entstanden biochemisch signifikante Verbindungen wie Aminosäuren, Hydroxylsäuren und Urea, einem stickstoffhaltigen organischen Molekül. Damit war die Ursuppe (Primordial soup) im Labor angerührt. Das Rezept zur Ursuppe stammt vom Biochemiker A. I. Oparin, der, ausgehend von Darwins Analyse, schon in der 30er Jahren erklärte, wie einfache organische und anorganische Moleküle sich zu komplexeren organischen Verbindungen wandeln.



Miller-Urey Experiment (1953)

Als treibende Kraft sah er das Sonnenlicht. In Millionen von Jahren erwerben diese Verbindungen die Fähigkeit, sich selbst zu kopieren und andere chemische Stoffe zu nutzen.

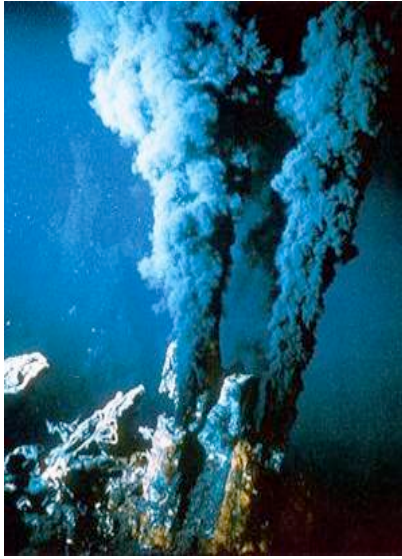
Der Weg einer Spontanzeugung (Abiogenese) über die Nukleinsäuren RNA und DNA wurde sichtbar. Das war der Beginn des Lebens auf Erden vor ca. 4 Mia Jahren. Notwendige Voraussetzungen sind Kohlenstoff - Wasserstoffverbindungen, gemässigte Temperaturen, keine zerstörerische elektromagnetische Strahlung sowie Wasser als Lösungsmittel. Wasser ist grundlegend, ohne H_2O gibt es kein Leben, so, wie wir es kennen.

William Martin, University of Düsseldorf, **From single- to multiple-cells organisms.**

In einem fulminanten Expose führt uns der Referent zu den schwarzen Rauchern auf dem Meeresgrund und damit direkt zur „Ursuppe der Ozeane“. Diese Ursuppe birgt andere Mechanismen als die Vorstellungen von A. Oparin, J.B. Haldane und die, welche das Miller-Urey Experiment zur Uratmosphäre suggeriert.

In kaminartigen Porensystemen am Meeresboden qualmen aus hydrothermalen Quellen bei Temperaturen von 300 bis 400°C wasserstoffhaltige Flüssigkeiten. Diese können, wenn sie mit CO_2 reichem ozeanischen Wasser in Berührung geraten, in Redox - Reaktionen Methan und andere organische Moleküle bilden. Die versprühte heisse und tödlich giftige Brühe besteht primär aus Schwefelwasserstoff, H_2S , dem Gas, das wir von faulen Eiern kennen.

Lokal entstehen hohe Konzentrationen von Biomolekülen. Dabei gedeihen in der Tiefsee Ökosysteme in völliger Finsternis. Interessanterweise leben verblüffende Lebewesen in den Schwarzen Raucheraminen am Meeresboden. Blinde Krabben, weisse Krebse, Röhrenwürmer sind nur einzelne von den über 300 von Biologen identifizierten Arten. Weder Pflanzen noch Photosynthese sind hier anzutreffen. Wie schaffen es denn diese Tierchen zu überleben? Chemiosmosis und Serpentinisation heissen die thermochemischen Mechanismen.



Schwarze Raucher in 2 bis 4km Tiefe

Kleine Mikroben oxidieren den Schwefelwasserstoff, der aus den Röhrrchen diffundiert. Diese Mikroorganismen sind das Futter für die Tierchen, die weiter oben in der Nahrungskette liegen. Interessant sind vor allem die von D. Kelley et. al. entdeckten Tiefsee-Hydrothermalquellen. Diese wurden „Lost City“ genannt und haben Austrittstemperaturen von nur 40 - 90°C, die damit „lebensfreundlicher“ sind. Sie enthalten vor allem H₂ und CH₄. Es gibt überzeugende Hinweise, wonach uns das Verständnis der submarinen Systeme auf Erden auf die Spuren des Lebens hier und ausserhalb führen.

Luis Bettencourt Los Alamos National Laboratory and Santa Fe Institute,
Lifetime of an advanced civilisation

Der Referent warnt zunächst seine Zuhörer: Die Aussagekraft seiner Überlegungen seien beschränkt, aber das Zureden seiner Frau hätte ihn zugunsten dieses Vortrags gestimmt.

Auf seine Frage woher wir kommen, zitiert er die Drake Gleichung (wie bei Willy Benz). Die biologischen Wurzeln der menschlichen Gesellschaften ähneln denen von

sozial organisierten Insekten. Biologische Systeme kooperieren. Dies gilt für verschiedene Ebenen biologischer Organisation. Sie reichen von einzelnen Zellverbänden bis zu Tieren, die in Gruppen leben. Menschliche Gesellschaften nutzen weitgehend Mechanismen, die Kooperation fördern.

Altruismus und Kooperation ist zwar ein Teil der menschlichen Natur, das System kann aber instabil werden. Das Ergebnis der Darwin'schen Evolutionsvorstellungen ist oft kein Gleichgewicht, das auf der Maximierung der Tüchtigsten basiert, es kann Oszillationen und Chaos einschliessen (Ohtsuki et al 2006, Nowak & Sigmund 1996). In unstrukturierten Populationen, begünstigt die natürliche Selektion egoistische Elemente gegenüber kooperierenden.

Weitere Gesichtspunkte sind Qualität und Quantität. Die Überlegungen skizziert der Referent anhand von Zusammenhängen in städtischen Bevölkerungen. So steht zum Beispiel einer Zunahme des Einkommens von 15% ein gleich grosser Prozentsatz der Kriminalität-Zunahme gegenüber.

Was sind die ökologischen Fussabdrücke der Menschheit? Zum Beispiel der CO₂ Anstieg gegenüber dem Bevölkerungswachstums. Die Zunahme ist linear, falls wir den Bevölkerungsmassstab logarithmisch auftragen.

Weiter interessiert die Frage, ob die kognitive Kraft einer sozialen Spezies sich möglicherweise gegen ihre Zivilisation richtet. Wissenschaft und Technik können nur in einer geeigneten, stabilen politischen Umgebung gedeihen (Derek de Solla Price). Die Organisation menschlicher Gesellschaften in überregionale Staaten verhindern grosse Konflikte, weil die Einsicht zur Selbsterhaltung und die Gefahr gegenseitiger Auslöschung überwiegt. Deshalb gilt für den Wert L in der Drake Gleichung möglicherweise

$$0 < L < \text{not alone}$$

Also sind wir vielleicht nicht alleine!