

Unendlich und ewig

Wer in die Tiefen des Alls eintauchen möchte, kann das heute dank Internet bequem vom Schreibtisch aus tun. Unter www.hubblesite.org finden wir eine farbenprächtige Auswahl an Bildern, die beispielsweise die Entstehung eines Sonnensystems aus glühendem Gasplasma zeigen. Vor rund 4,5 Milliarden Jahren mag es bei der Geburt unseres Planeten ähnlich ausgesehen haben.

Die faszinierenden Fotos stammen vom Weltraumteleskop Hubble, das seit 1990 um die Erde kreist. Seine Aufgabe ist die genaue Bestimmung der sogenannten Hubble-Konstante, aus der man das Alter unseres Universums auf ziemlich genau 13,75 Milliarden Jahre berechnen kann. Nach einer Runderneuerung soll das Teleskop nun weitere zehn Jahre lang Daten zur Erforschung von Zeit und Raum auf die Erde senden und dabei nicht nur immer tiefer ins All, sondern auch in die Vergangenheit vordringen. Denn je weiter entfernt ein Objekt ist, desto länger braucht sein Licht, bis wir es sehen.

Angenommen, wir kämen mit künftigen Teleskopen 13,75 Milliarden Lichtjahre weit voran, dann müssten wir theoretisch der Geburt unseres Universums, dem „Urknall“ beiwohnen können. Was aber, wenn dort gar nichts Besonderes zu sehen wäre, etwa so, wie wenn man stetig nach Norden wandert und am Nordpol angekommen einfach weitergeht, obwohl die Reise hier rein theoretisch zu Ende sein müsste?

Wenn es stimmt, dass Raum und Zeit nur Koordinaten unseres durch menschliche Sinne begrenzten Horizonts sind, dann ist das Universum in Wirklichkeit vielleicht doch unendlich und ewig – wie die grenzenlose Oberfläche einer Kugel, auf der es keinen Anfang und kein Ende gibt. Leichter verständlich als die Urknalltheorie wäre das allemal.

gh



Bild: NASA, ESA, A. Riess (STScI/JHU), L. Macri (Texas A&M University), und das Hubble Heritage Team (STScI/AURA), www.hubblesite.org

Astrobiologie

Lebenszeichen aus dem All

Aliens, die Morsezeichen zur Erde funken, gibt es vermutlich nicht. Doch aus zahlreichen anderen Signalen schließen Astrobiologen mit zunehmender Wahrscheinlichkeit, dass es außerirdisches Leben gibt. Und auch auf der Erde selbst finden sich Lebensspuren aus dem All.

Bewohnbare Planeten, die um ferne Sonnen kreisen, scheinen in Science-Fiction-Romanen eine Selbstverständlichkeit zu sein. Dabei wurde der erste „Exoplanet“ vor gerade einmal 16 Jahren zweifelsfrei nachgewiesen und basierte auch nur auf einem indirekten Nachweis: Prof. Michel Mayor und sein Mitarbeiter Didier Queloz von der Universität Genf beobachteten 1995 im Sternbild Pegasus einen Fixstern, dessen Licht eine periodische Farbverschiebung – abwechselnd in Richtung Rot und Blau – aufwies. Diesen „optischen Dopplereffekt“ konnten sie auf die Anziehungskraft eines ihn umkreisenden Planeten zurückführen, die den Stern in leichte Schwingungen versetzte.

Seither geht es Schlag auf Schlag: Man hat inzwischen über 700 Exoplaneten sicher identifiziert (<http://exoplanet.eu>). Auf Basis dieser Beobachtungen schätzt die NASA die Gesamtzahl an Planeten allein in unserer Milchstraße auf mehrere Milliarden. Dass einige von ihnen durchaus erdähnlich sein könnten, legt die Entdeckung des „nur“ 600 Lichtjahre entfernten *K-22b* (K wie Kepler) nahe: Er liegt in der gleichen Größenordnung wie die Erde, kreist in etwa derselben Entfernung um seine Sonne und hat eine Oberflächentemperatur von angenehmen 22°C. Damit – so die NASA auf einer Konferenz am 5. Dezember 2011 – habe die Wahrscheinlichkeit erheblich zugenommen, in nicht mehr allzu ferner Zukunft

Anzeichen für extraterrestrisches Leben zu finden. Zwar bleiben Morsezeichen, Raumschiffe und Aliens auch weiterhin Science-Fiction, aber Signale, die mit den Methoden der Astrobiologie ausgewertet werden können, gibt es bereits reichlich.

Die zuerst entdeckten Exoplaneten erwiesen sich als lebensfeindliche, zum Teil gasförmige Giganten, die in geringem Abstand um ihren Zentralstern kreisen und deshalb sehr heiß sind. Ausschließlich diese Riesenplaneten bewirken einen Doppler-Effekt, den man trotz der Filterwirkung der Erdatmosphäre mit irdischen Teleskopen messen kann.

Höhere Empfindlichkeiten erreicht man mit Raumsonden: Das französische Teleskop CoRoT (*Convection, Rotation, Transits*) und sein amerikanisches Pendant *Kepler* gehen seit fünf bzw. zwei Jahren direkt vom All aus auf die Suche. Wie das T im Namen besagt, erfasst CoRoT unter anderem sogenannte Transit-Ereignisse, bei denen Planeten die Sichtlinie zu einem Fixstern durchkreuzen und dessen Licht dabei kurzzeitig verdunkeln. Tritt dieser Effekt zum ersten Mal auf, spricht man von einem Kandidaten, wiederholt sich die Verdunkelung in regelmäßigen Abständen, so gilt dies als direkter Nachweis. Zusätzlich analysiert die Sonde Dichteschwankungen in Sternen, die von der Schwerkraft eines Planeten ausgelöst werden.

Mit dieser 170 Millionen Euro teuren Technik hat CoRoT bisher 25 neue Exo-

planeten nachgewiesen. Zwei davon, *CoRoT 24b* und *c*, umkreisen ähnlich wie Merkur und Venus denselben Stern und sind nicht wesentlich größer als die Erde. Ihre Bahnen liegen jedoch mit Umlaufzeiten von fünf bzw. zwölf Tagen sehr nahe am Zentralstern, so dass ihre Temperatur für Lebewesen zu hoch sein dürfte.

Das zweite, fast eine halbe Milliarde Euro teure Weltraumteleskop Kepler entdeckte seit Anfang 2010 knapp 30 Exoplaneten und identifizierte bereits über 1.000 potenzielle Kandidaten. Fünf von ihnen scheinen annähernd so groß wie die Erde zu sein und in einer habitablen („bewohnbaren“) Zone zu liegen. Diese Sonde soll bis Ende 2012 etwa 100.000 Sternensysteme nach Planeten mit lebensfreundlichen Bedingungen absuchen.

Ist ein Exoplanet erst einmal nachgewiesen, dann können Astronomen auch die Veränderung des Sternenlichts während

Winziger Ausschnitt

Zwei Raumsonden durchkämmen unsere Milchstraße in einem Umkreis von wenigen tausend Lichtjahren systematisch nach bewohnbaren Planeten. Trotz des geradezu winzigen Ausschnitts (orange Markierung unten) haben sie schon über 1.000 Kandidaten identifiziert, von denen mindestens fünf durchaus lebensfreundliche Umweltbedingungen bieten. In der gesamten Milchstraße müssen es folglich Hunderte bis Tausende sein.

www.tif-kepler.de

des Transits messen und so Rückschlüsse auf die spektralen atmosphärischen Eigenschaften des Planeten ziehen. Die Welt- raumteleskope Hubble und Spitzer fanden auf diese Weise Wasser, Methan, Kohlendioxid und Kohlenmonoxid in den Atmosphären der Exo- planeten *HD 189733b* und *HD 209458b*.

Befindet sich die Zusammensetzung der Gase fernab vom chemischen Gleichgewicht, dann kann angenommen werden, dass dieses Ungleichgewicht durch einen aktiven Prozess aufrechterhalten wird – ein möglicher Hinweis auf Leben. Im Falle unseres eigenen Planeten Erde ist zum Beispiel die gleichzeitige Anwesenheit von Methan und Sauerstoff in der Atmosphäre auffällig: Ohne methan- bzw. sauerstoffbildende Organismen würden die beiden Moleküle miteinander reagieren und in Kohlendioxid und Wasser umgewandelt. Im November 2011 berichteten Astronomen der Universität Hongkong in der Zeitschrift *Nature* über Sternennebel, deren Infrarotsignale sogar auf das Vorkommen komplexer organischer Moleküle – zum Beispiel Kohle oder Petroleum – hinweisen.

In unserem eigenen Sonnensystem ist die Erde zwar der einzige Planet mit komfortablen Lebensbedingungen, doch flüssiges

Wasser findet sich zum Beispiel auch auf dem Saturnmond Enceladus. Den Beweis lieferte 2008 die europäische Raumsonde Cassini, als sie dort Eisevulkane in geringer Höhe überflog. Auch geladene organische Kohlenstoffverbindungen kamen in dem ausgestoßenen Material vor.

Weltraumähnliche Bedingungen auf der Erde

Sogar direkt auf der Erde kann man Spuren von potenziell außerirdischem Leben entdecken: Im Sommer 2011 wurden in Meteoriteneinschlägen genetische Bausteine von Nukleinsäuren nachgewiesen, die in dieser Zusammensetzung auf der Erde äußerst selten sind. Dies spricht nach Meinung der Forscher gegen die Vermutung, dass es sich hier lediglich um Verunreinigungen aus der Erdatmosphäre handelt. Wenn Lebewesen tatsächlich per „Star Hopping“ von einem Himmelskörper zum nächsten gelangen, dann könnte auch das Leben auf der Erde letztlich aus dem All stammen.

Aufschlussreich sind deshalb auch Untersuchungen an „extremophilen“ Lebewesen, die auf der Erde unter weltraumähnlichen Bedingungen existieren. Am Meeresboden nutzen Bakterien und Archaeen beispielsweise den Schwefelwasserstoff der bis über 400°C heißen Hydrothermalschlote („schwarze Raucher“) als Energielieferanten. In einem stark mit Arsen verseuchten Salzsee in Kalifornien scheint ein Bakterium das giftige Halbmetall an Stelle von Phosphor zu verwenden. Und im Eis über dem rund 4.000 m tief liegenden antarktischen Wostok-See fand man biologisches Material, das auf Leben in der Tiefe hinweist, wo das Wasser durch den enormen Eisdruck flüssig bleibt. Ähnliche Bedingungen herrschen auch unter der kilometerdicken Eiskruste des Jupitermonds Europa; der dort verborgene Ozean enthält vermutlich doppelt soviel Wasser wie alle unsere Weltmeere zusammen.

Als vor 35 Jahren zwei Viking-Sonden der NASA als erste irdische Pioniere auf

dem Mars landeten, waren die Erwartungen hoch, dort auf Lebensspuren zu stoßen. Natürlich glaubte niemand an kleine, grüne Marsmännchen. Aber als die Kameras Bilder von vermeintlichen Kunst- oder Bauwerken – etwa eines „Marsge- sichts“ oder einer „Inkastadt“ – zur Erde funkten, gab das Anlass zu kühnsten Fantasien. Sämtliche Zeugnisse potenzieller Intelligenz stellten sich jedoch als Erosionserscheinungen heraus, und auch die biochemischen Experimente der Sonden erbrachten widersprüchliche Ergebnisse,

Kein Platz für das Jenseits

„Ich glaube an ein unendliches Universum... Im All ist weder Mitte noch Umkreis, sondern in allem ist, wenn Du willst, eine Mitte, und jeder Punkt kann als Mittelpunkt irgendeines Umkreises gelten. Ich behaupte, dass das All unendlich ist, dass eine Unzahl von Weltkörpern existiert: Gestirne, Erden, Sonnen.“

Diese Sätze stammen nicht etwa von einem zeitgenössischen Astronomen, sondern von einem italienischen Dominikanermönch, der das geozentrische Weltbild des 16. Jahrhunderts anzweifelte. Für seine Theorie eines räumlich unendlichen und zeitlich ewigen Universums mit zahllosen Sonnen und Erden

die letztendlich als negativer Befund gewertet wurden.

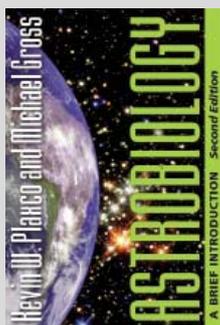
Nachdem sich nun aber aufgrund der Untersuchungen an Extremophilen auf der Erde die Grenzen des Denkbaren verschoben haben und Leben in tieferen Schichten des Marsbodens nicht mehr auszuschließen ist, erwacht das Interesse an unserem Nachbarn als Lebensraum erneut. Der 1997 gelandete Mini-Rover *Pathfinder* eröffnete eine ganze Serie von neuen Mars- Expeditionen; gegenwärtig unterwegs ist der Rover *Curiosity*, der im August 2012 auf dem „roten Planeten“ landen und nach Leben suchen soll. 🌱

Dr. Michael Groß

Mitglied der Redaktion

Astrobiologie

Die Beiträge dieses Panoramas stammen von den Autoren des Buchs *Astrobiology – a brief introduction*, erschienen 2011 in der zweiten Auflage bei Johns Hopkins University Press (ISBN 1-4214-0096-0).



Eine deutsche Fassung kommt voraussichtlich im Herbst 2012 bei Wiley-VCH heraus.

Aus dem Inhalt:

Was ist Leben? Bewohnbare Planeten. Von Molekülen zu Zellen. Die Suche nach ET.