

Exo-Planeten, was ist das?



**Eine Betrachtung von
Reinhard Woltmann**

**KVHS Peine
Astro-Stammtisch**

Ilse, den 14.11.2008

Gliederung

1. Allgemeines

2. Definition Planet

3. Wie entdeckt man Exo-Planeten

- Pulsar-Timing**
- Radialgeschwindigkeitsmethode**
- Transitmethode**
- Gravitationslinsenmethode**
- Astrometriemethode**
- Direkte Abbildung**

4. Aktueller Stand der Entdeckungen

5. Habitabilität - Leben auf anderen Planeten

6. Missionen zur Suche

7. Quellen

1. Allgemeines

Seit ewigen Zeiten schon schaut der Mensch gebannt und ehrfürchtig an das nächtliche Himmelsfirmament in dem Glauben, dass da draußen irgendetwas Übergeordnetes existiert.

Im Lauf der Geschichte entwickelten sich in den Kulturen der Völker Weltbilder, die die Erde in den Mittelpunkt stellten, quasi wie eine Scheibe mit darüberliegendem Himmelsgewölbe an dem Sonne, Planeten und Sterne ihren Platz hatten.



Holzstich von Nicolas Camille Flammarion

Dieses so genannte geozentrische Weltbild hatte lange Bestand und wurde später besonders von den christlichen Kirchen übernommen und vehement gegen Andersdenkende verteidigt.

Erst durch die Forschungen bedeutender Wissenschaftler des 15. bis 18. Jahrhunderts wie Kopernikus 1473-1543, Kepler 1571-1630, Galilei 1564-1642 und Newton 1642-1727 wurde das Weltbild verändert und durch das heliozentrische ersetzt. Dieses Bild basiert auf der Tatsache, dass sich die Planeten um die Sonne bewegen. Die Erkenntnis, dass das nur ein winziger Teil eines gesamten Universums darstellt, setzte sich erst nach und nach durch.

Was die Menschheit nach diesen neuen Erkenntnissen brennend interessierte, war die Frage, ob es in den neuentdeckten Weiten des Universums außerirdisches Leben gibt.

Die Begriffe:

„Mann im Mond“



oder „Männchen vom Mars“

Home | 23. Januar 2008 | 09:14 Uhr

Bild.de NEWS LEUTE SPORT ENTERTAINMENT LIFESTYLE F

Übersicht Politik Wirtschaft Vermischtes Kolumnen Leser

DRUCKEN VERSENDEN



Sehen wir hier zum 1. Mal ein Mars-Männchen?

VOTING
WAS IST AUF DEM FOTO ZU SEHEN?

- Es ist ein Marsmännchen
- Eine optische Täuschung
- Das ist eine Fälschung

ABSTIMMEN

Cape Canaveral – Ist es ein Schatten, ein Felsen? Oder tatsächlich der Beweis, dass es Marsmenschen gibt?

Nasa-Forscher rätseln derzeit laut „Times“ über dieses Foto, aufgenommen von einem Roboter, der den Roten Planeten erkundet. Die „Rover“-Expeditionen (Kosten: 600 Mio. Euro) suchen seit vier Jahren nach Spuren von Leben auf dem Mars. Ist mit diesem Foto die Mission erfüllt?

„Bild“ vom 23.01.2008

sind jedem von uns hinreichend bekannt. Inzwischen wissen wir aber, dass Leben auf dem Mond oder dem Mars nicht existiert. Auch auf den anderen Planeten unseres Sonnensystems scheint es kein Leben zu geben. Wenn wir also Leben suchen, müssen wir uns nach Planeten außerhalb unseres Systems umschauen, nach so genannten extrasolaren Planeten kurz Exoplaneten.

Doch was genau ist eigentlich ein Planet? Wie und von wem wird der Begriff definiert?

2. Definition Planet

Begriffsdefinition:

Das Wort *Planet* stammt aus dem Griechischen und bedeutet soviel wie Wandelgestirn. Nach der aktuellen Definition des Begriffs *Planet*, die von der Internationalen Astronomischen Union (IAU) im August 2006 in Prag beschlossen wurde, bezeichnet man Objekte, die aufgrund ihrer eigenen Schwerkraft nahezu rund sind, die zudem direkt um die Sonne kreisen und die dabei ihre Umlaufbahn frei geräumt haben als Planeten.

Definiert wurde der Begriff *Planet* zunächst für das Sonnensystem, wobei relativ leicht beobachtbare Eigenschaften genutzt werden, insbesondere die Masse der Objekte.

Diese Definition kann aber analog auch auf Objekte, die um andere Sterne kreisen, angewandt werden, also auch auf **extrasolare Planeten**.

Ob jedoch ein Planetenkandidat eines weit entfernten Sterns seine Umlaufbahn frei geräumt hat, ist nur sehr schwer nachweisbar. Insofern erfüllt praktisch keiner der inzwischen entdeckten, über 300 extrasolaren Planeten alle definierten Kriterien.

Ein extrasolarer Planet, oder Exoplanet, ist also ein Planet außerhalb des vorherrschenden, gravitativen Einflusses unserer Sonne. Extrasolare Planeten gehören somit nicht unserem Sonnensystem an, sondern einem anderen Planetensystem bzw. umkreisen einen anderen Stern.



Erdähnlicher Planet umkreist einen roten Zwerg

3. Wie entdeckt man Exo-Planeten?

Die Methoden:

Man unterscheidet indirekte und direkte Methoden.

Indirekte Methoden:

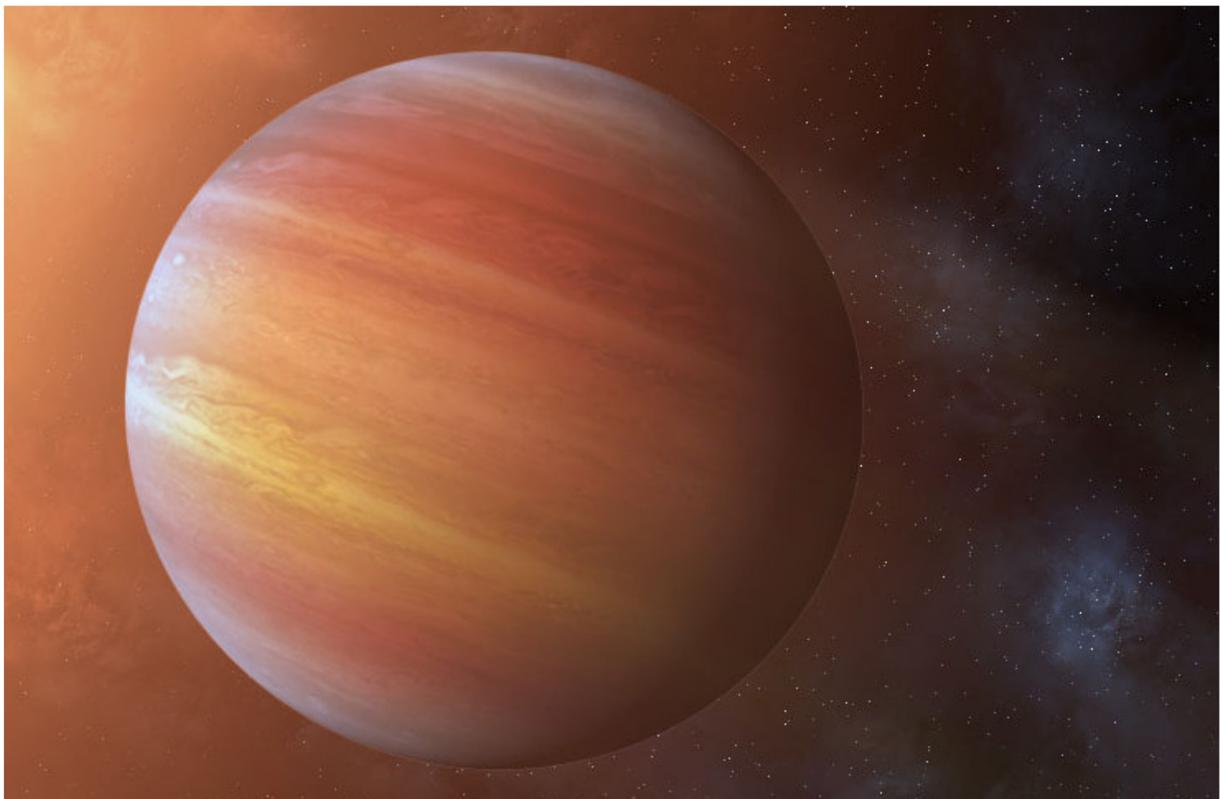
Pulsar-Timing

Seit fast 20 Jahren können Planeten auch bei anderen Sternen entdeckt und beobachtet werden. Bereits 1992 wurden solche Körper bei einem Pulsar entdeckt, also einem sehr schnell rotierenden Neutronenstern. Entdeckt wurden die Objekte durch Pulsar-Timing, also dadurch, dass der Pulsar nicht exakt konstant zu pulsieren schien, sondern seiner Pulsation mehrere periodische, sinus-artige Abweichungen überlagert waren; diese wurden von den umkreisenden Objekten bewirkt, alle Objekte

kreisen um den gemeinsamen Massenschwerpunkt, also auch der Pulsar. Aus den Amplituden der Abweichungen konnte man auf die Massen der Objekte schließen.

Radialgeschwindigkeitsmethode

Im Jahre 1995 wurde dann erstmals ein Planet um einen normalen Stern entdeckt, nämlich der Planet 51 Pegasi b, der um den sonnenähnlichen Stern *51 Pegasi* im Sternbild *Pegasus* kreist.



Künstlerische Darstellung des jupiterähnlichen Exoplaneten 51 Pegasi (peg) b

Der Stern:

51 Pegasi

Sternentyp:	Gelber Zwerg
Spektralklasse:	G5V
Entfernung:	42 Lichtjahre
Leuchtkraft:	1,32 L
Masse:	1,05 Sonnenmassen
Oberflächentemperatur:	5750 K

Der Planet:

Masse:	0,6 Jupitermassen
Entfernung vom Stern:	0,05 AU
Umlaufzeit:	4,2 Tage
Tagestemperatur:	1300°C
Exzentrizität:	0,0

Sonnensystem



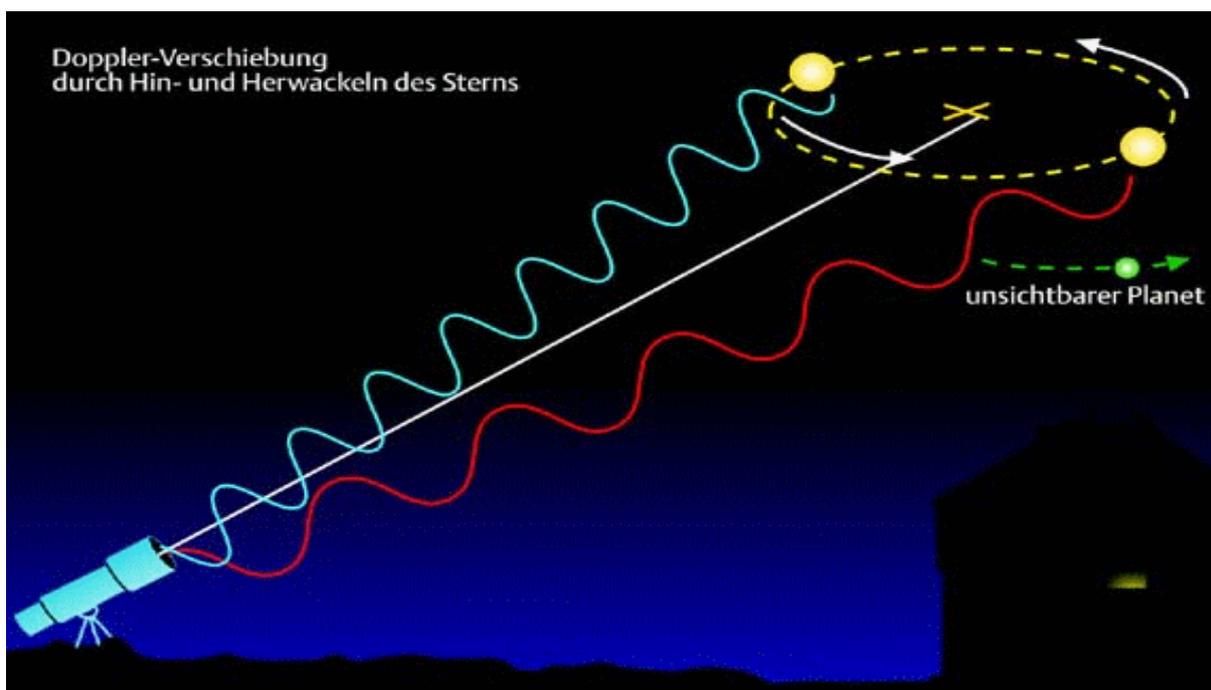
Pegasi 51



Dieser jupiterähnliche Planet wurde mit Hilfe der Radialgeschwindigkeitsmethode entdeckt.

Für den Nachweis von Exoplaneten mit dieser Methode (auch Doppler-Spektroskopie genannt) ist die Bewegung des Sterns und des Planeten um den gemeinsamen Masseschwerpunkt von entscheidender Bedeutung.

Der Planet konnte erkannt werden, weil er den Zentralstern auf Grund der Schwerkraft während eines Umlaufes hin- und herschleudert (Dopplereffekt). Diese Schleuderbewegung des Sterns erzeugt im Spektrum eine charakteristische Verschiebung der Spektrallinien. Die abwechselnde Blau- und Rotverschiebung kann so auf mehreren, zeitlich nacheinander gewonnenen Aufnahmen nachgewiesen werden. Die Methode funktioniert, wenn wir das beobachtende System von der Seite her sehen. Wenn der Stern sich auf uns zubewegt, erfolgt in diesem Moment eine Blauverschiebung, wenn er sich wieder von uns entfernt, erscheint im Spektrum eine Rotverschiebung.



Mithilfe dieser Methode wurden bisher die meisten Exoplaneten entdeckt. Allerdings sind sie zunächst noch Planetenkandidaten.

Erst wenn festgestellt wird, dass die Masse des Kandidaten kleiner als 8% Sonnenmasse ist, spricht man von einem Planeten, ansonsten könnte es sich auch um einen massearmen Begleiterstern handeln oder um einen Braunen Zwerg, denn Objekte ab ca. 8% Sonnenmasse haben genug Masse, so dass im Kern Druck und Temperatur ausreichen, um normalen Wasserstoff zu Helium zu verbrennen.

Transitmethode

Wenn ein Planet die Sichtlinie zu seinem Mutterstern kreuzt, nimmt die beobachtete Helligkeit des Sterns um einen winzigen Betrag ab. Die Stärke des Helligkeitsabfalls hängt von der Größe des Sterns und der des Planeten ab, die dadurch ermittelt werden kann. Da solche Planetendurchgänge nur möglich sind, wenn die Bahnebene praktisch in der Sichtlinie liegt, die Bahnneigung also bekannt ist, können durch zusätzlichen Messungen mittels der Radialgeschwindigkeitsmethode relativ genaue Planetenmassen abgeleitet werden.

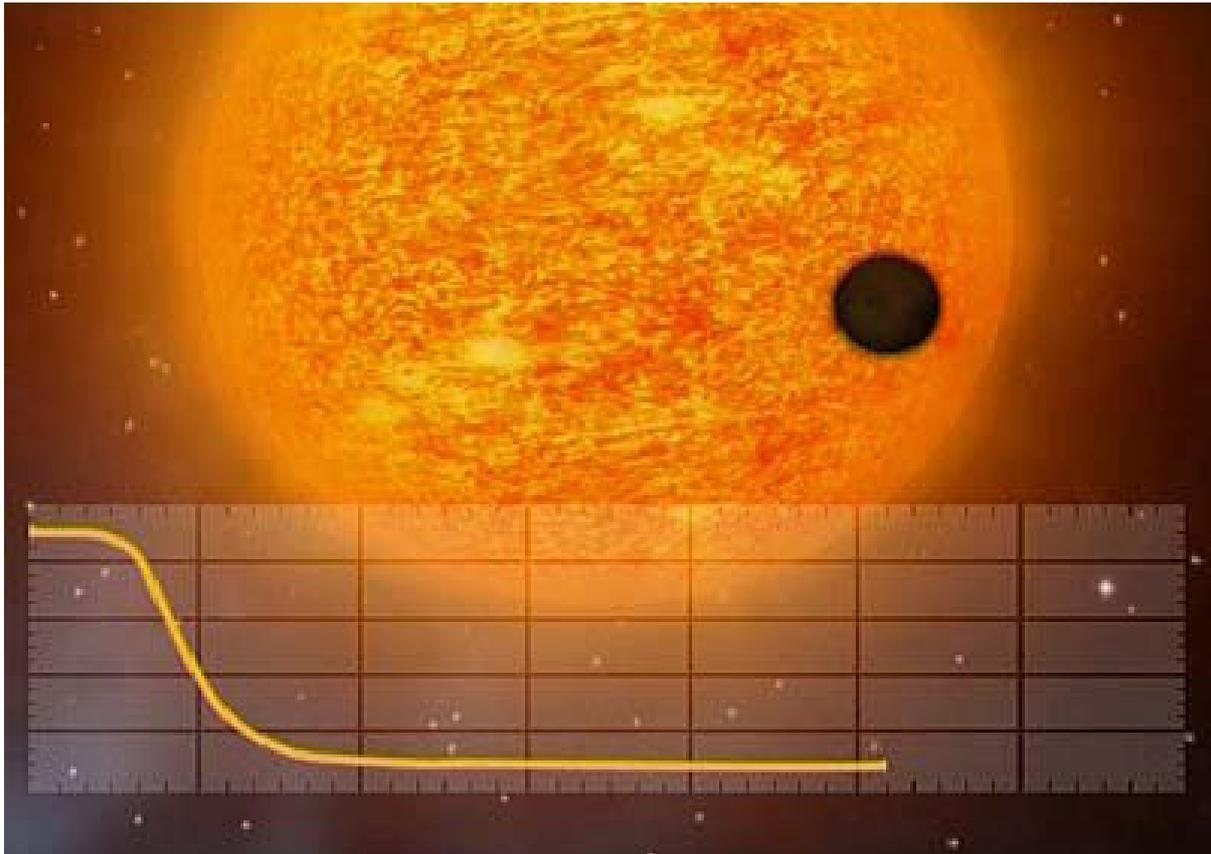
So verursacht ein jupitergroßer Planet, der um einen sonnenähnlichen Stern kreist, einen Helligkeitsabfall von ca. 1%. Allerdings reicht ein Transit allein nicht aus, um mit Sicherheit einen Planeten zu detektieren. Schließlich können noch andere Phänomene bei einem Stern einen Helligkeitsabfall verursachen: z.B. Sternenflecke oder Sternpulsationen. Erst nach drei periodisch

auftretenden Helligkeitsminima kann mit großer Sicherheit von der Entdeckung eines Planeten gesprochen werden. Tatsächlich wurden bereits über 50 Planeten mit dieser Methode entdeckt.



Foto: Reiner Guse, KVHS Peine, Astro-Stammtisch

**Ein Beispiel aus unserem Sonnensystem:
Der Venustransit vom 8. Juni 2004. Hierbei verdeckt die Venus weniger als 1% die Fläche der Sonne.**

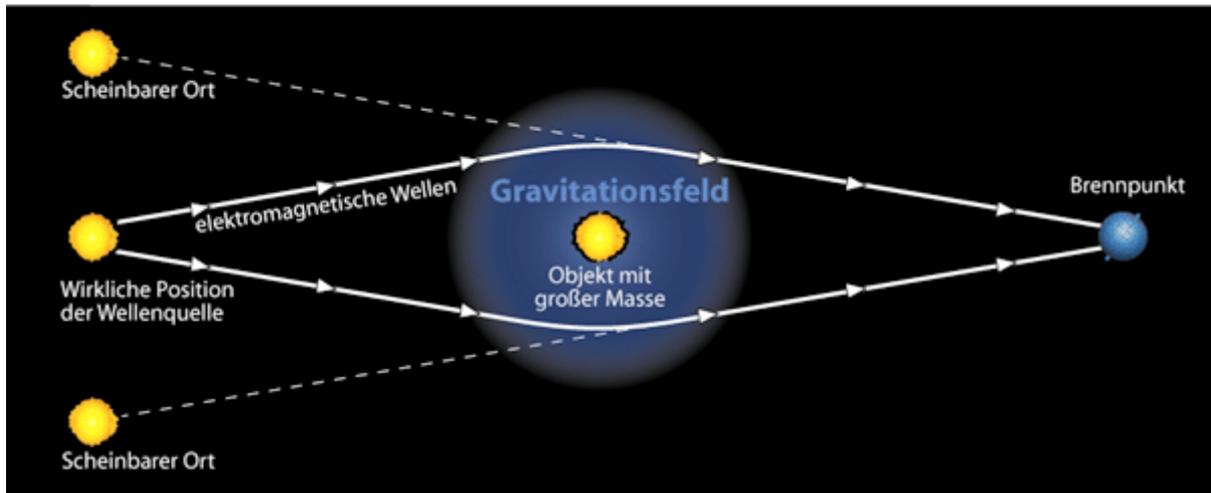


Beispiel einer Messung.

Dabei wird die Helligkeitsänderung in der Ordinate, der zeitliche Ablauf in der Abszisse dargestellt.

Die Gravitationslinsenmethode

Diese Methode macht sich eine Eigenschaft des Universums zunutze, die von Einsteins allgemeiner Relativitätstheorie vorhergesagt wurde: Schwere Objekte krümmen die Raumzeit. Das hat sogar Auswirkungen auf vorbeifliegendes Licht. Denn in der Nähe eines schweren Himmelskörpers werden Lichtwellen zum Objekt hin abgelenkt, da das Licht der gekrümmten Raumzeit folgt. Das Gravitationsfeld einer großen Masse wirkt also wie eine Sammellinse. Inzwischen wurden viele mitunter spektakuläre Beispiele für Gravitationslinsen gefunden.



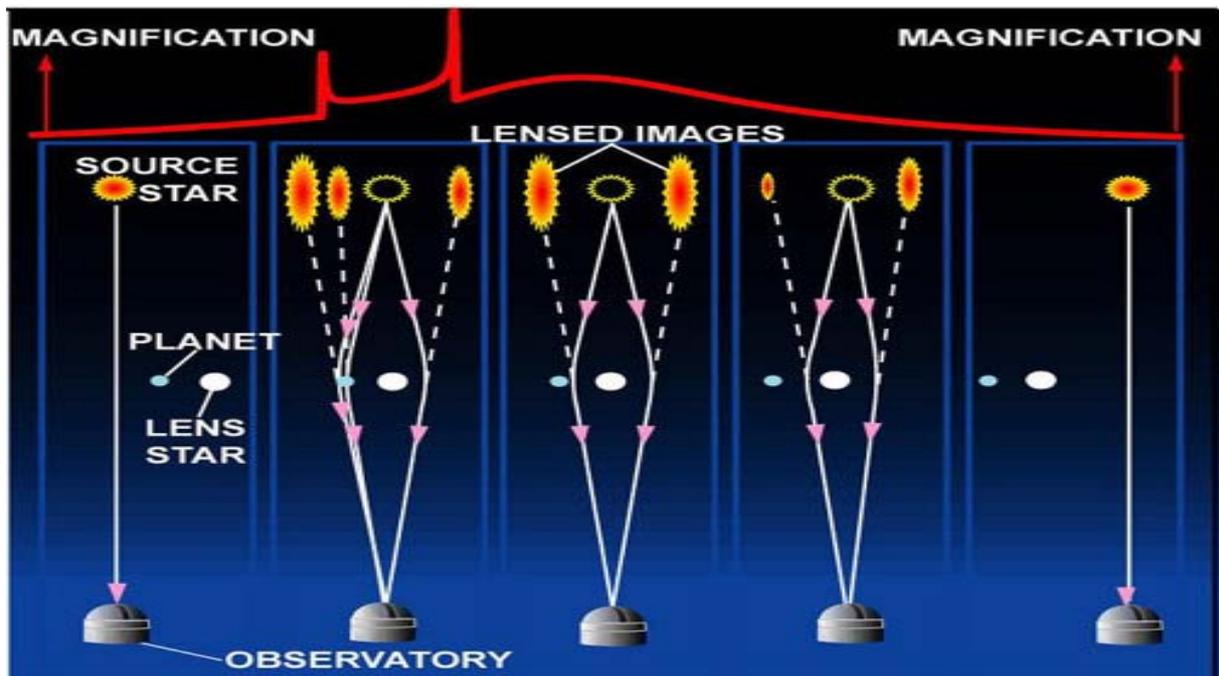
Das Licht eines Hintergrundobjekts (Quellobjekt) wird durch ein Objekt mit großer Masse (Linsenobjekt) wie bei einer Sammellinse gebeugt. Dadurch entstehen zwei oder mehr Bilder des Hintergrundobjekts. Diese Bilder können aber zu Linien, Bögen oder Ringen (Einsteinringen) verzerrt sein. Gleichzeitig wird die Helligkeit verstärkt.

Gravitationslinsen wirken in vierfacher Hinsicht auf das Licht:

- Sie lenken es ab, so dass die tatsächliche Position des dahinterliegenden Objektes nicht mit der beobachteten übereinstimmt,
- sie verzerren die Form des Bildes zu Bögen oder Einsteinringen,
- sie erzeugen zwei oder mehrere Bilder des dahinterliegenden Objektes
- und sie verstärken die Helligkeit des Quellobjektes.

Letzteres machen sich Astronomen beim Nachweis von extrasolaren Planeten zu Nutze. Denn wenn ein Stern, der als Gravitationslinse dient, von einem extrasolaren Planeten umkreist wird, kann der Planet als zusätzliche Linse fungieren und führt dann zu einer kurzfristigen zusätzlichen Verstärkung des

Lichtes. Dabei entstehen typische Verstärkungsspitzen (siehe Bild unten)



Schematische Darstellung des Nachweisverfahrens bei der Gravitationslinsen-Methode, die auch "Microlensing" genannt wird. Ein Stern kann für ein dahinter liegendes Objekt als Linse fungieren. Wenn dieser Linsenstern von einem Planeten umkreist wird, wirkt der Planet zeitweise als zusätzlicher Verstärker. In diesem Fall steigt die Helligkeit des Hintergrundobjektes kurzzeitig steil an.

Die Gravitationslinsenmethode hat allerdings zwei große Nachteile:

- Der Planet ist nur ein einziges Mal für Wochen "sichtbar".
- Oft lässt sich nicht genau bestimmen, wie weit der Planet von seinem Zentralstern entfernt ist.

Astrometriemethode

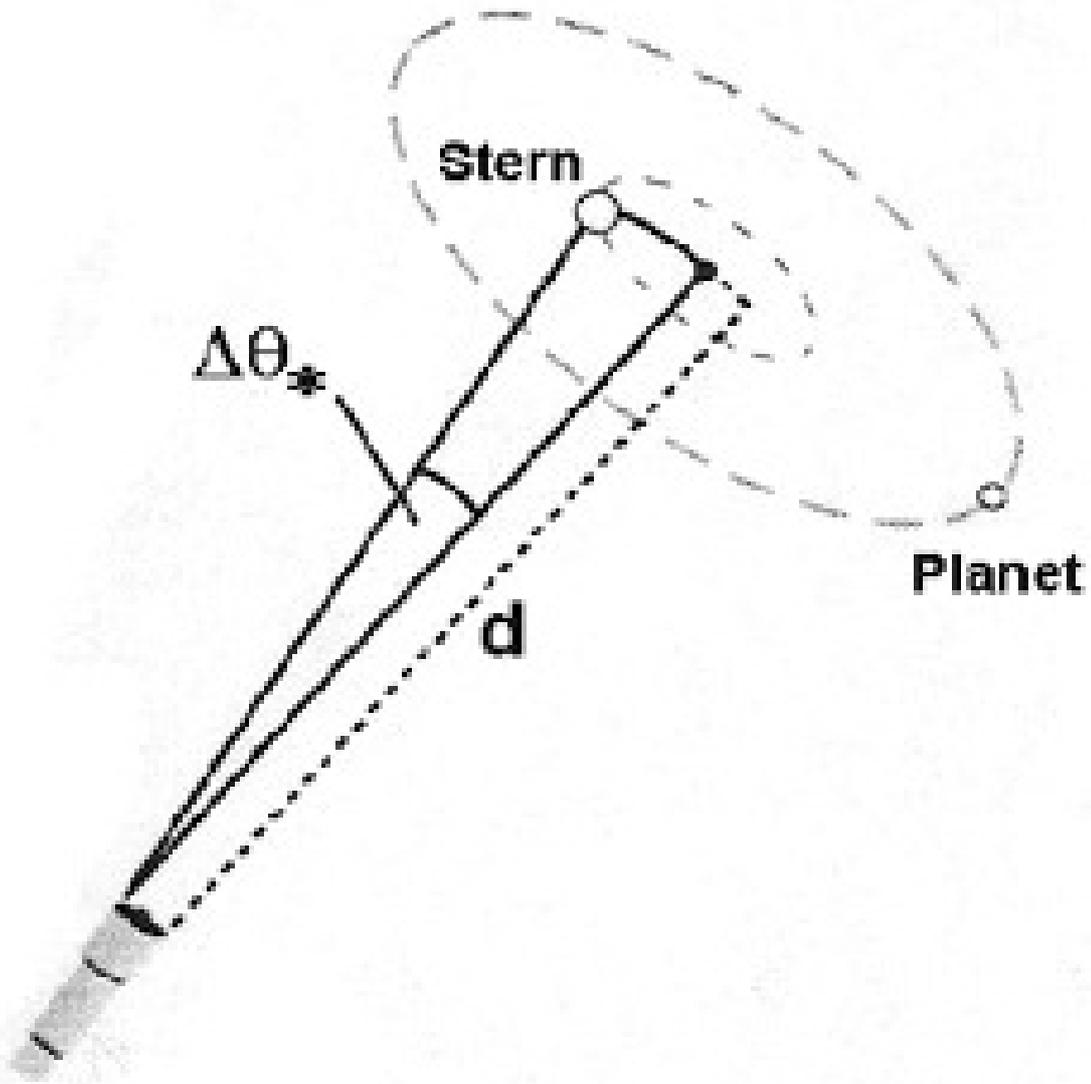
Im Rahmen der Astrometriemethode wird die Position des Sterns sehr genau vermessen, um aufgrund seiner Eigenbewegung auf eventuell vorhandene Planeten zu schließen.

Ein Stern und sein umgebender extrasolarer Planet kreisen beide um einen gemeinsamen Schwerpunkt. Da der Planet nur wenig Licht emittiert bzw. von seinem Zentralstern reflektiert, ist er meist dem Auge eines Astronomen verborgen. Der Zentralstern allerdings ist sichtbar, so dass prinzipiell die Bewegung des Sterns um den gemeinsamen Schwerpunkt und damit die Existenz eines extrasolaren Planeten indirekt nachgewiesen werden kann. Das Problem dabei ist allerdings, dass diese Bewegung sehr schwierig zu messen ist. Der Schwerpunkt eines Planetensystems befindet sich aufgrund der im Vergleich zum Zentralstern geringen Masse des Planeten im Inneren des Sterns. D.h. der Stern beschreibt vom Beobachter aus gesehen keine Kreis- bzw. Ellipsenbahn, sondern "eiert" förmlich um seine Position, wie ein Kreisel, der nicht exakt in der Mitte ausgerichtet ist.

Die Astrometriemethode ist die erste und älteste, allerdings auch die schwierigste Methode, mit der versucht wurde, extrasolare Planeten nachzuweisen.

Satellitenmissionen ins All, größere und präzisere Teleskope sollen hier Abhilfe schaffen. Theoretisch sollte es dann möglich sein, die nötige Präzision in der Positionsbestimmung der Sterne zu erreichen, um zumindest Gasriesen als extrasolare Planeten nachweisen zu können. Interessant ist, dass die Astrometriemethode gerade gut bei Planetensystemen funktioniert, bei denen die Radialgeschwindigkeitsmethode versagt. Das Taumeln eines Sterns lässt sich besonders gut bestimmen, wenn die Planetenbahn um genau 90 Grad gegenüber der Sichtlinie zur Erde geneigt ist.

Das sind aber genau die Planetensysteme, die für die Radialgeschwindigkeitsmethode unsichtbar sind.



$$\Delta\theta_* \sim \tan(\Delta\theta_*) = \frac{a_{\text{Begleiter}} M_{\text{Begleiter}}}{M_{\text{Stern}} d}$$

Einschätzung der indirekten Nachweismethoden:

Planeten können nicht direkt und damit nicht mit 100-prozentiger Sicherheit als solche nachgewiesen werden, da man sie selbst nicht sieht. Sie zeigen aber das Vorhandensein von Planeten mit hoher Wahrscheinlichkeit auf.

Mit allen indirekten Methoden wurden schon Exoplaneten entdeckt, die meisten mit der Radialgeschwindigkeitsmethode.

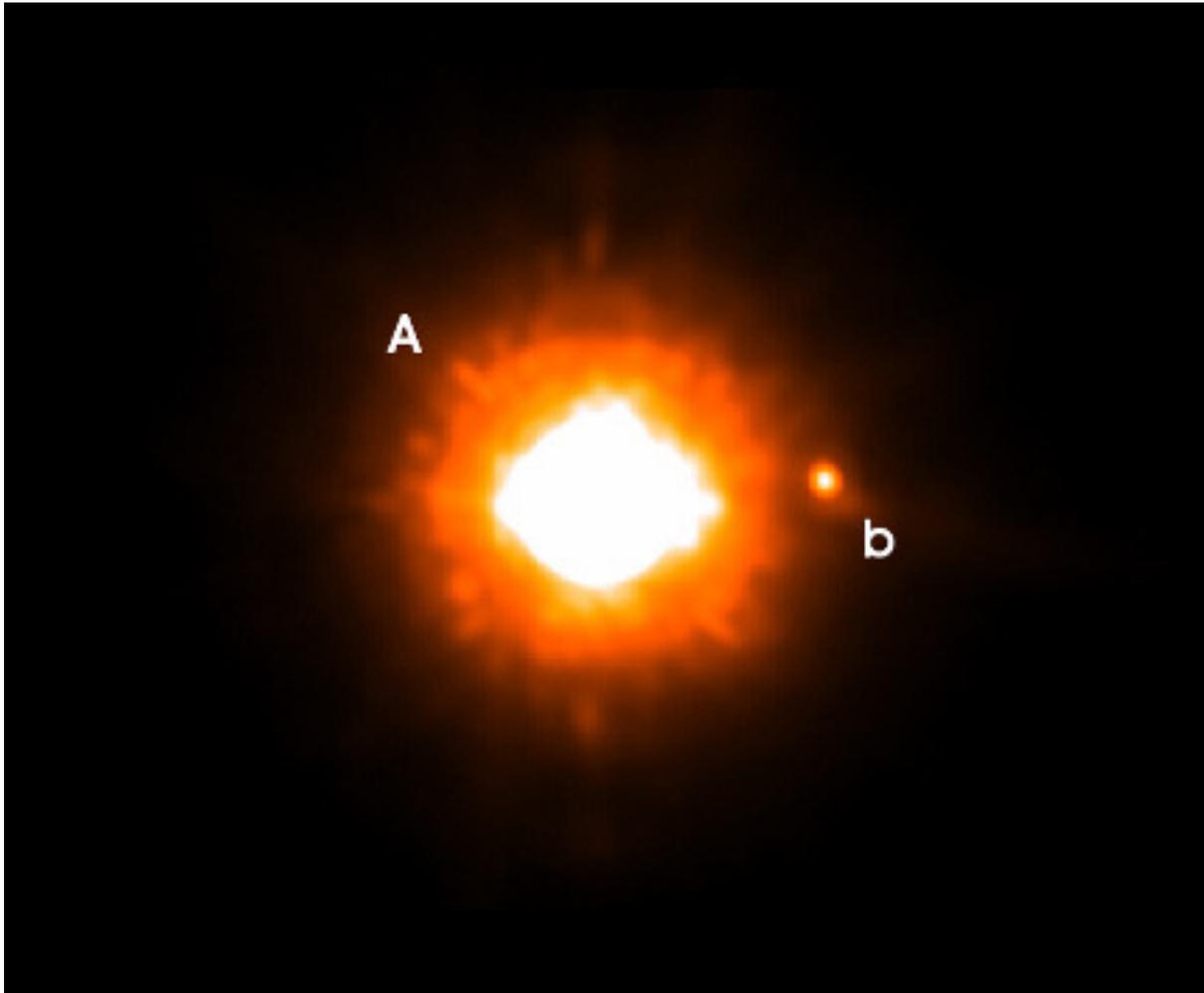
Direkte Methoden:

Direktabbildung

Die direkte Abbildung von Exoplaneten ist sehr schwer, weil:

- Planeten kein eigenes Licht ausstrahlen und sehr viel kleiner sind als der Stern-->Überstrahlung durch den Stern und großer Helligkeitsunterschied zwischen Planet und Stern.**
- Auflösungsvermögen (= Fähigkeit, zwei Punkte noch getrennt voneinander wahrnehmen zu können) ist bei aktuellen Teleskopen meist nicht ausreichend um Beobachtungen zuzulassen --> es existieren nur wenige (größtenteils umstrittene) Aufnahmen von Exoplaneten.**

Im Jahr 2005 wurden dann die ersten Bilder eines extrasolaren Planeten aufgenommen. Es war das erste Mal, dass ein, mit hoher Wahrscheinlichkeit, extrasolarer Planet direkt beobachtet werden konnte.



The Sub-Stellar Companion to GQ Lupi
(NACO/VLT)

ESO PR Photo 10a/05 (7 April 2005)

© European Southern Observatory

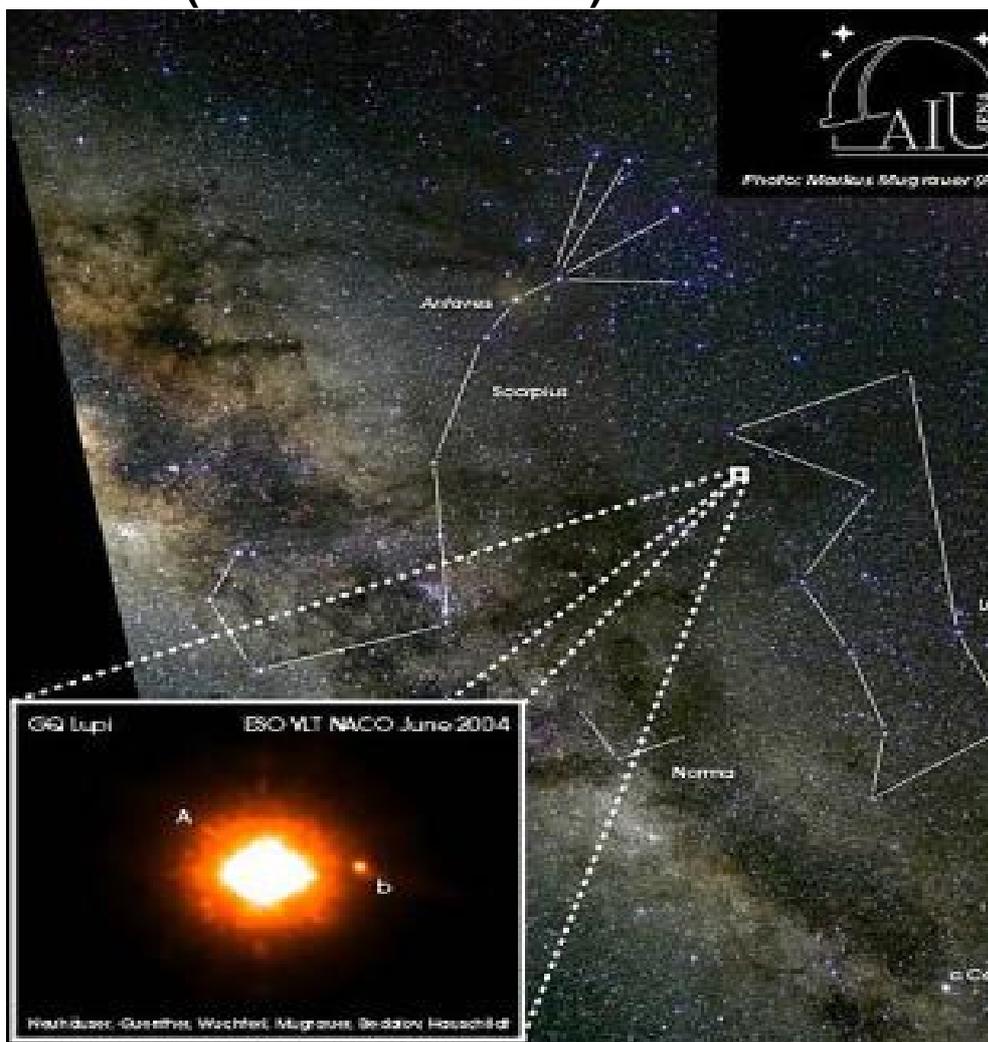


Foto der ESA (European Southern Observatory)

Dies ist der erste fotografierte extrasolare Planet um einen fernen Stern oder ein brauner Zwerg? Die Experten streiten sich noch darüber.

Hierbei handelt es sich um den Stern GQ Lupi im Sternbild Lupus (Wolf) in Nachbarschaft zum Skorpion ca. 400 Lichtjahre entfernt und mit ca. 2 Mio. Jahre noch sehr jung. Der Planet hat die Bezeichnung GQ Lupi b.

In den vergangenen Jahren gab es freilich schon mehrere derartige Erfolgsmeldungen, die sich später als verfrüht heraus stellten. Die meisten der vermeintlichen Planeten entpuppten sich als Hintergrundsterne. Das können die Entdecker von GQ Lupi zwar ausschließen, bleibt allerdings die Möglichkeit, dass der Begleiter kein Planet ist, sondern ein Brauner Zwerg. Braune Zwerge sind "verhinderte Sterne", deren Masse zwar nicht ausreicht, um selbst dauerhaft per Kernfusion Energie zu erzeugen, die aber im Gegensatz zu Planeten selbst leuchten, weil sie schweren Wasserstoff (Deuterium) fusionieren können. Dazu benötigen sie geringere Temperaturen als echte Sterne. (Ca. 200.000 Grad)



4. Aktueller Stand der Entdeckungen

Unter der Url <http://www.exoplanet.eu/catalog.php> kann man den relativ aktuellen Stand der Planetenentdeckungen abrufen. Danach ergibt sich mit Stichtag 04.November 2008 folgendes Bild:

Gesamt: 322 Planeten

Durch Radialgeschwindigkeiten oder durch Astrometrie gefunden: 303 Planeten
in 261 Planetensystemen
davon 30 Systeme mit mehreren Planeten.

Durch Transit gefunden: 52 Planeten
in 52 Planetensystemen
davon 0 Systeme mit mehreren Planeten.

Durch Mikrolensing gefunden: 8 Planeten.

Durch Pulsar-Timing gefunden: 5 Planeten
In 3 Planetensystemen
Davon 1 System mit mehreren Planeten.

Durch Direktabbildung gefunden: 6 Planeten.

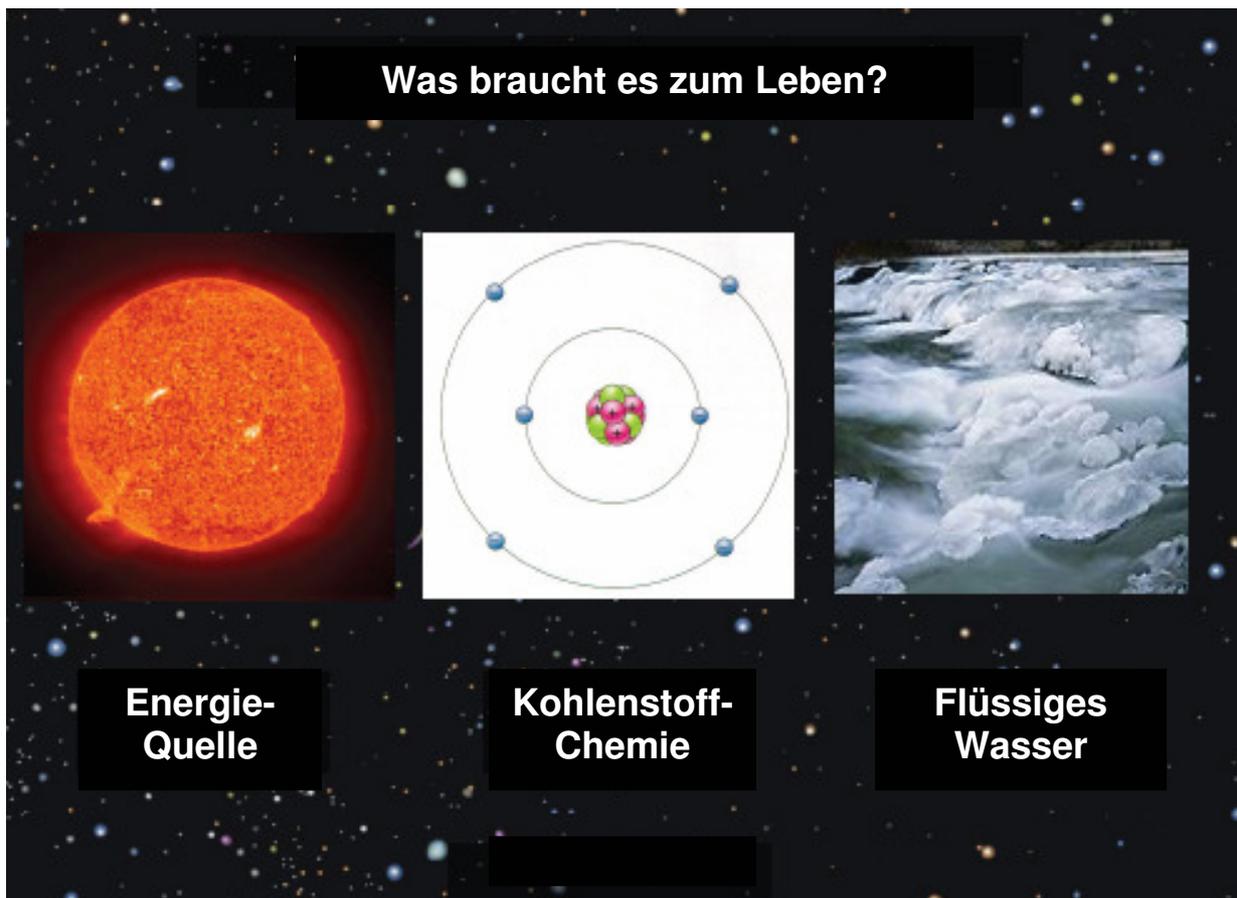
5. Habitabilität - Leben auf anderen Planeten.

Da es nun möglich ist, Planeten bei anderen Sternen zu entdecken, stellt sich die Frage, ob auch dort Leben entstanden ist bzw. noch entstehen kann.

Zunächst müsste man also den Begriff *Leben* definieren, was sehr schwierig ist. Zu den Eigenschaften von lebendigen Organismen gehören zweifellos die Fähigkeiten zur indirekten Anpassung an die Umgebungseinflüsse z.T. durch Mutation,

außerdem zur Fortpflanzung und Arterhaltung, zum Stoffwechsel und zu einer Art Selbstregulierung bzw. Selbstheilung bei (kleineren) Schäden. Die Lebewesen auf der Erdoberfläche und in oberflächennahen Gewässern benötigen zudem noch Sonnenlicht z.B. für die Photosynthese oder für eine hinreichend stabile Umgebungstemperatur.

Was braucht es zum Leben?



Energie-Quelle

Kohlenstoff-Chemie

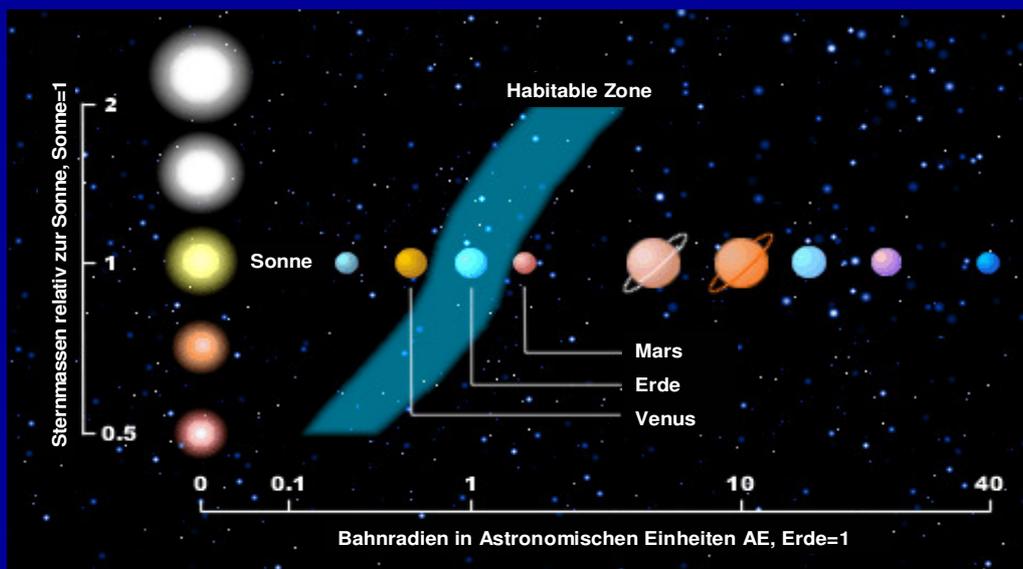
Flüssiges Wasser

Was extrasolare Planeten angeht, so können wir nur über erdähnliches Leben spekulieren, da wir anderes nicht kennen.

Als habitable Zone um einen Stern herum kann man denjenigen Bereich bezeichnen, in dem Wasser in flüssiger Form vorhanden ist, so dass erdähnliches Leben möglich ist. Je nach Masse und somit Temperatur eines Sterns ist dies ein schmaler Entfernungsbereich, der bei Sternen mit weniger

Masse und geringerer Temperatur als der Sonne näher am Stern liegt als im unserem Sonnensystem, in der dieser Bereich offenbar etwa in der Entfernung von Erde zur Sonne (1 AE) liegt.

Habitabilität



Habitable Zone: Bereich der Bahnradien, bei dem die Existenz von flüssigem Wasser auf der Oberfläche der Planeten möglich ist

Im Sonnensystem hat man bisher auf anderen Planeten noch kein Leben entdeckt. Damit Leben nicht nur entsteht, sondern auch langfristig überleben kann, müssen die notwendigen Eigenschaften mit einer gewissen Stabilität dauerhaft vorhanden sein. Welche Rolle dabei katastrophale Ereignisse wie z.B. nahe Supernova-Explosionen oder Zusammenstöße mit anderen Himmelskörpern spielen, ist fraglich: Es kann dabei zu einer massenhaften Auslöschung von Leben kommen (Dinosaurier vor 65 Mio. Jahren), aber gerade dies kann auch die Entwicklung von anderen, komplexeren Lebensformen beschleunigen.

Die meisten Planeten, die man bisher bei anderen Sternen entdeckt hat, erfüllen diese Kriterien nicht, da sie meist sehr eng um ihren Stern kreisen, wo Temperatur bzw. hochenergetische Strahlung zu hoch sind. Jedoch gibt es einige Planeten in habitablen Zonen. Diese aber sind jupiterartige Riesenplaneten, also ohne festen Kern oder höchstens sehr kleinem, festen Kern. Diese wiederum könnten aber feste Monde haben, auf denen Leben möglich ist. Entdeckt wurden solche Monde allerdings noch nicht.

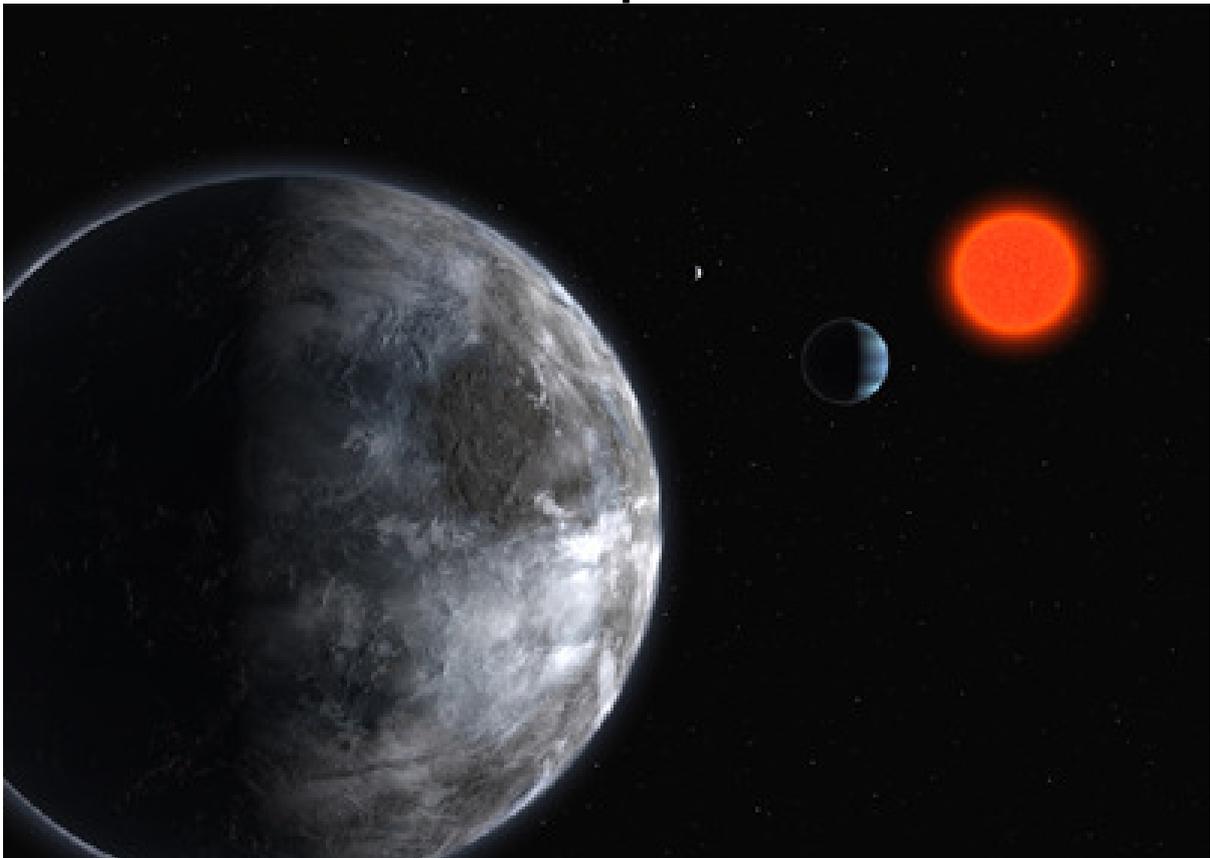
Am 25. April 2007 gab es dann eine Sensation. Der erste, erdähnliche Planet um Gliese 581 im Sternbild Waage wurde entdeckt.



Meldung im „Der Tagesspiegel“ vom 25.04.2007

Der Zentralstern Gliese 581 M, ca. 20 Lichtjahre von unserer Erde entfernt, ist ein sogenannter Roter Zwerg, der wesentlich kühler ist als unsere Sonne.

Er verfügt zwar über ein Drittel der Masse unserer Sonne, leuchtet aber 50mal schwächer als diese. Das Planetensystem um diesen roten Zwerg besteht aus dem "heißen" Gliese 581b, einen Planeten von der Größe Neptuns, der den Stern alle 5,4 Tage umkreist und den zwei "Super-Erden".



Das Planetensystem um Gliese 581 M.

Das sind Planeten, die bis zu zehnmal mehr Masse als die Erde besitzen, Gliese 581c mit fünffacher Erdmasse, der 13 Tage für einen Umlauf benötigt und Gliese 581d, mit achtfacher Erdmasse und einer Umrundungszeit von 83,6 Tagen. Nach den neuesten wissenschaftlichen Auswertungen befindet sich nur der Letztere mit seiner Umlaufbahn in der so genannten bewohnbaren Zone um den Zentralstern, nicht, wie ursprünglich im April 2007 gemeldet, der kleinere Bruder Gliese 581c.

Die Bedeutung der Exoplaneten für unser Weltbild liegt auf der Hand: Nur auf ihnen kann sich Leben entwickeln, jedenfalls von der Art, wie wir es kennen und definieren. Es ist allerdings auffällig, dass bisher überwiegend Gasriesen von oft mehrfacher Jupitermasse gefunden wurden, die ihre Zentralsterne auf sehr engen Bahnen umlaufen. Sollten solche heißen, unwirtlichen Welten die Regel sein? Wenn das zuträfe, dann wären lebensfreundliche, erdähnliche Planeten in der Minderheit und die Wahrscheinlichkeit, dass sich auf ihnen auch tatsächlich Leben entwickeln konnte, wäre entsprechend gering. Die Dominanz der "heißen Jupiter" dürfte jedoch ein reiner Auswahleffekt sein. Große Gasriesen, die einen starken Einfluss auf ihren nahen Zentralstern ausüben, sind viel einfacher zu entdecken, als kleine terrestrische Planeten, die bei den heute üblichen Suchmethoden häufig noch verborgen bleiben. Es besteht also begründete Hoffnung, dass eine große Anzahl von noch unentdeckten kleinen Exoplaneten mit Umlaufbahnen in der habitablen Zone ihres Zentralsterns existieren, auf denen die Entstehung von Leben zumindest prinzipiell möglich ist - oder vielleicht sogar schon stattgefunden hat.

6. Missionen zur Suche

Zur Erforschung extrasolarer Planeten wurden in den vergangenen Jahren und werden auch zukünftig diverse Missionen unternommen.

Die Atmosphäre unserer Erde begrenzt das erzielbare Auflösungsvermögen von erdgebundenen

Teleskopen erheblich. Dies behindert nicht nur die Trennung von eng benachbarten Objekten wie eines Sterns und dessen begleitenden Planeten sondern limitiert auch die erzielbaren Genauigkeiten von Helligkeitsmessungen, wie sie bei der Transitmethode wichtig sind.

Die Entwicklung der optischen Geräte hat in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht, trotzdem kann kein Großteleskop sein theoretisches Auflösungsvermögen erreichen.

Deshalb ist es naheliegend, die Erde zu verlassen und außerhalb der Atmosphäre die Suche nach Exoplaneten zu ergänzen.

Laufende und zukünftige Missionen:

BEST und BEST II

(**B**erlin **E**xoplanet **S**earch **T**elescope)

Ferngesteuertes erdgebundenes Teleskop mit Standort in Frankreich und Chile.

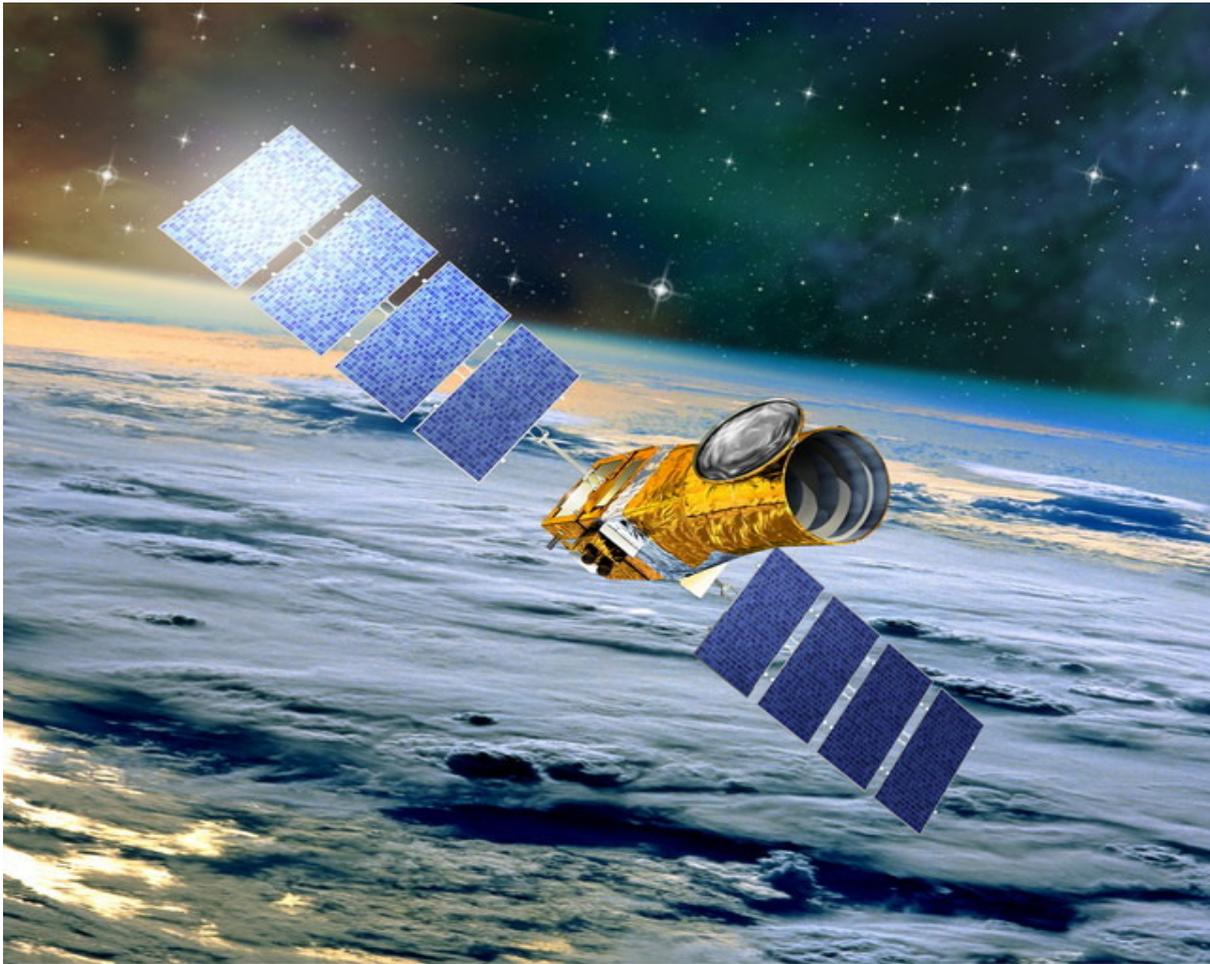
CoRoT

(**C**onvection **R**otation and planetary **T**ransits)

Satellitengestützte Mission der CNES Frankreich mit Beteiligung von Österreich, Belgien, Deutschland, Spanien der ESA und Brasilien.

Start am 27. Dezember 2006 vom Weltraumbahnhof Baikonur.

Ziel: Suche nach Planetentransits und Astroseismologie.



© CNES - Octobre 2005/Illus. D. Ducros

CoRoT-Satellit auf einer Erdumlaufbahn

KEPLER

Satellitengestützte Mission der NASA als Gegenstück zur Mission CoRoT

Geplanter Start: März 2009

Ziel: Suche nach Planetentransits.

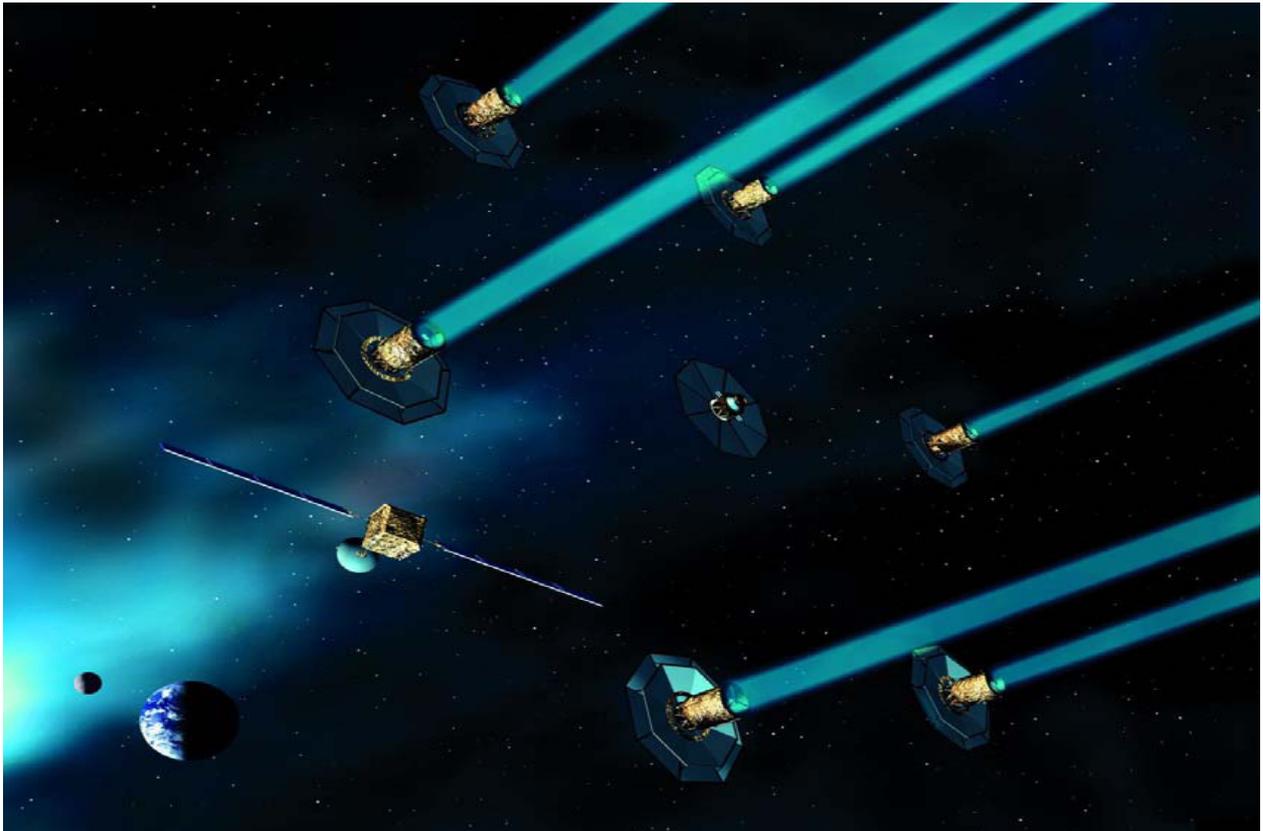
DARWIN

Satellitengestützte Mission der ESA.

Darwin ist als komplexes System aus mehreren Satelliten im präzisen Formationsflug geplant.

Geplanter Start: 2015

Ziel: Erdähnliche Exoplaneten beobachten und nach Anzeichen von Leben auf ihnen suchen.



Satelliten der Mission DARWIN

SIM

Space Interferometry Mission.

Weltraumteleskop der NASA

Geplanter Start: 2005, mehrmals wegen Budget – Kürzungen auf 2015 verschoben.

Ziel: Suche nach erdgroßen Exoplaneten.

TPF

Terrestrial Planet Finder

geplantes NASA-Projekt, das mit Hilfe mehrerer Weltraumteleskope nach erdähnlichen Planeten in anderen Sonnensystemen unserer Galaxie suchen soll.

Geplanter Start: 2020

Ziel: Finden erdgroßer Planeten in der habitablen Zone, Suche nach Vorhandensein von Wasser, CO und CO₂, O₂-Molekülen, Ozon und Methan.

Alle genannten Missionen zeigen, dass erhebliche Anstrengungen unternommen werden, um die Frage nach außerirdischem Leben zu beantworten. Ob diese Anstrengungen letztendlich Erfolg haben werden, kann aus heutiger Sicht nicht beantwortet werden.

Aufgrund der Entfernung von Planeten außerhalb unseres Sonnensystems ist der direkte Nachweis für Leben fast unmöglich. Allerdings gibt es indirekte Methoden um zumindest im Lichtspektrum eines fernen Planeten aufgrund bestimmter Moleküle auf Leben schließen zu können.

Eindeutig für Leben sprächen z.B. Signale außerirdischer Zivilisationen, wie man sie mit dem SETI-Projekt zu finden versucht. Bisher ist diesem Projekt allerdings noch kein Erfolg beschieden.

7.Quellen

Internet:

<http://www.raumfahrer.net/portal/isrn/home.shtml>

<http://www.focus.de/wissen/wissenschaft/>

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/>

<http://www.exoplaneten.de/>

http://www.planeten.ch/KdW_Exoplaneten

http://www.drfreund.net/astronomy_planets.htm

<http://Indw.tu-berlin.de/forschungscampus/file.php/>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Exoplanet>

<http://exoplanet.eu/catalog.php>

<http://www.exoplanet.de/>

<http://lexikon.meyers.de/wissen/Exoplanet+%28Sachartikel%29>

<http://www.astro-stammtisch.de/>

<http://www.nasa.gov/missions/index.html>

<http://www.corot.de/>