

„Exoplaneten – Auf der Suche nach der zweiten Erde“

Herbert Haupt, Astronomische Vereinigung Rottweil

Vor 400 Jahren haben Kepler und Galileo die Erde endgültig aus dem Zentrum der Welt verbannt. Seither beschäftigt die Menschheit die Frage, ob es eventuell noch andere Planeten gibt, womöglich ähnlich unserer Erde, auf der sich auch intelligente Lebewesen tummeln. 50 Jahre lang wurde mit modernsten Teleskopen danach gesucht. Vergebens.

Dabei ließen die theoretischen Berechnungen der Astrophysik erwarten, dass bei der Sternentstehung durch Kollabieren einer großen interstellaren Gas- und Staubwolke Planeten fast zwangsläufig in der Umgebung der sich bildenden Sterne mit entstehen sollten.

In so einer Wolke gibt es immer großräumige langsame Drehbewegungen. Wenn sie sich nun unter ihrer eigenen Gravitation zusammen zieht, werden diese Drehbewegungen immer schneller (Pirouetten-Effekt). Beim schließlichen Kollaps zum Stern würde dieser – wegen der Erhaltung des Drehimpulses - dann so schnell rotieren, dass er gleich wieder auseinander gerissen würde. Deshalb separiert ein Teil der Masse vom Stern, und bildet senkrecht zur Rotationsachse eine Scheibe, da parallel zur Achse nur die Gravitation wirkt, die die Masse weiter zusammen drückt. In der rotierenden Scheibe bilden sich dann zunächst durch Agglomeration Körner bis hin zu Planetesimalen, die sich infolge ihrer Gravitationswirkung zu Planeten zusammen lagern. Ab etwa einer halben Erdmasse kann der junge Planet eine Atmosphäre halten, ab etwa zehn Erdmassen kann er den leichten Wasserstoff an sich binden und so zum Gasplaneten werden.



Protoplanetare Scheibe mit Planetesimalen um jungen Stern

Vor 14 Jahren konnten nun endlich Mayor und Queloz aus Genf den ersten extrasolaren Planeten nachweisen. Dies gelang mit der Radialgeschwindigkeits-Methode. Dabei wird ausgenutzt, dass sich Planet und Stern um einen gemeinsamen Schwerpunkt bewegen. Wenn deren Bahnebene eine Komponente parallel zur Sichtlinie hat, kann man eine Doppler-Verschiebung der Spektrallinien zum blauen

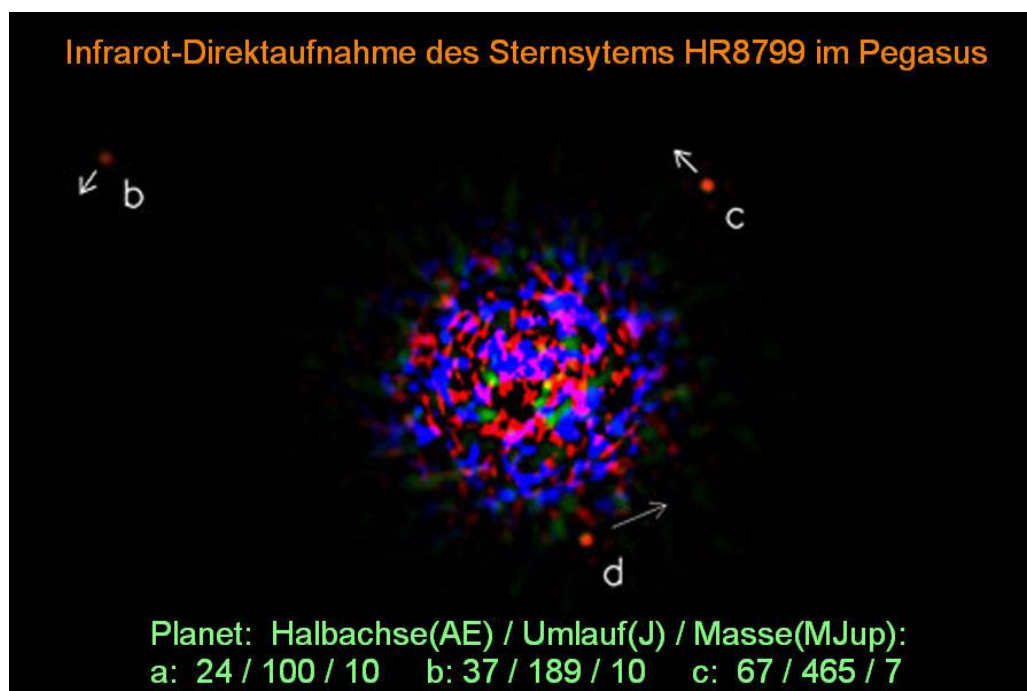
Spektralbereich bzw. zum roten hin beobachten, je nachdem, ob der Stern sich gerade auf uns zu oder von uns weg bewegt. Wenn man diese Änderungen über mindestens eine Umlaufperiode verfolgt und den Abstand des Sterns von der Sonne abschätzen kann, so lässt sich daraus die Mindestmasse M_i des Planeten ermitteln. Die wahre Masse ist $M = M_i / \sin i$, wobei $\sin i$ sich auf den Inklinationswinkel zwischen Sichtlinie und der Bahnebene des Planeten bezieht.

Im Idealfall sind Bahnebene und Sichtlinie parallel: dann hat man direkt M und man bekommt Bedeckungen von Stern und Planet. Daraus lässt dann auch die Größe des Planeten bestimmen.

Insgesamt gibt es fünf Methoden, Exoplaneten zu entdecken:

1. Direktbeobachtung
2. Beobachtung der Eigenbewegung (Astrometrie)
3. Helligkeitsänderungen durch Bedeckungen
4. Radialgeschwindigkeits-Methode:
5. Gravitationslinsen-Effekt

(1) Die Direktbeobachtung ist extrem schwierig. Zum Einen wegen des sehr geringen Bahndurchmessers von wenigen Lichtminuten oder -stunden im Vergleich zur Distanz von der Erde von vielen Lichtjahren. Zum Andern ist der Stern etwa eine Milliarde mal heller als der Planet. Dennoch sind in den letzten fünf Jahren mehrere Beobachtungen gelungen, und zwar in Fällen, wo ein leuchtschwacher Stern (brauner oder roter Zwerg) in großem Abstand von einem großen Planeten mit mehreren Jupitermassen umrundet wird. Im Infraroten (dort ist die Leuchtkraftdifferenz viel geringer) wurden um einen Stern im Pegasus (HR8799) sogar drei Planeten abgebildet.

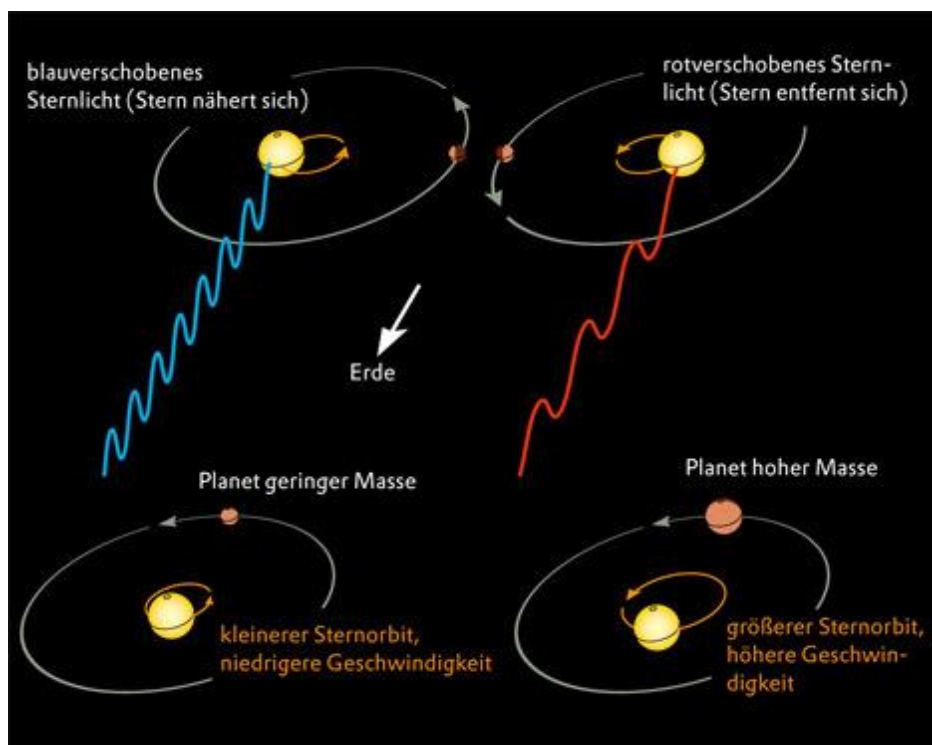


(2) Wenn ein Stern und ein leuchtschwacher Begleiter den gemeinsamen Schwerpunkt umrunden, beschreibt der helle Stern am Himmel eine Schlangenlinie. So wurde z.B. Sirius B entdeckt. Allerdings ist bei solchen Doppelsternen das Massenverhältnis etwa 1:1; für Planeten liegt es bei nur 1:100 oder gar 1:10.000. Daher wurde damit erst vor Kurzem ein Exoplanet entdeckt: VB10b. Dieser ist ein Schwergewicht mit 6 Jupitermassen, während sein Stern umgekehrt mit 83 M_J an der Untergrenze für Sterne überhaupt liegt.

(3) Helligkeitsänderungen durch Bedeckungen sind die zweit-effektivste Methode, obwohl nur etwa 1% der Bahnen entsprechend zur Sichtlinie liegen. Hierbei erhält man die meisten Informationen über den Planeten: neben Masse und Größe sogar auch über sein Spektrum! Hierin kann man nach Signaturen für organisches Leben suchen. Z. B. wären Ozon- und CO_2 -Linien ein deutlicher Hinweis auf Leben.

Jupitergroße Planeten (1% Helligkeitsabnahme sind gut zu entdecken. Mit dem Satelliten-Teleskop gelang dies auch für Körper mit nur zwei Erdmassen.

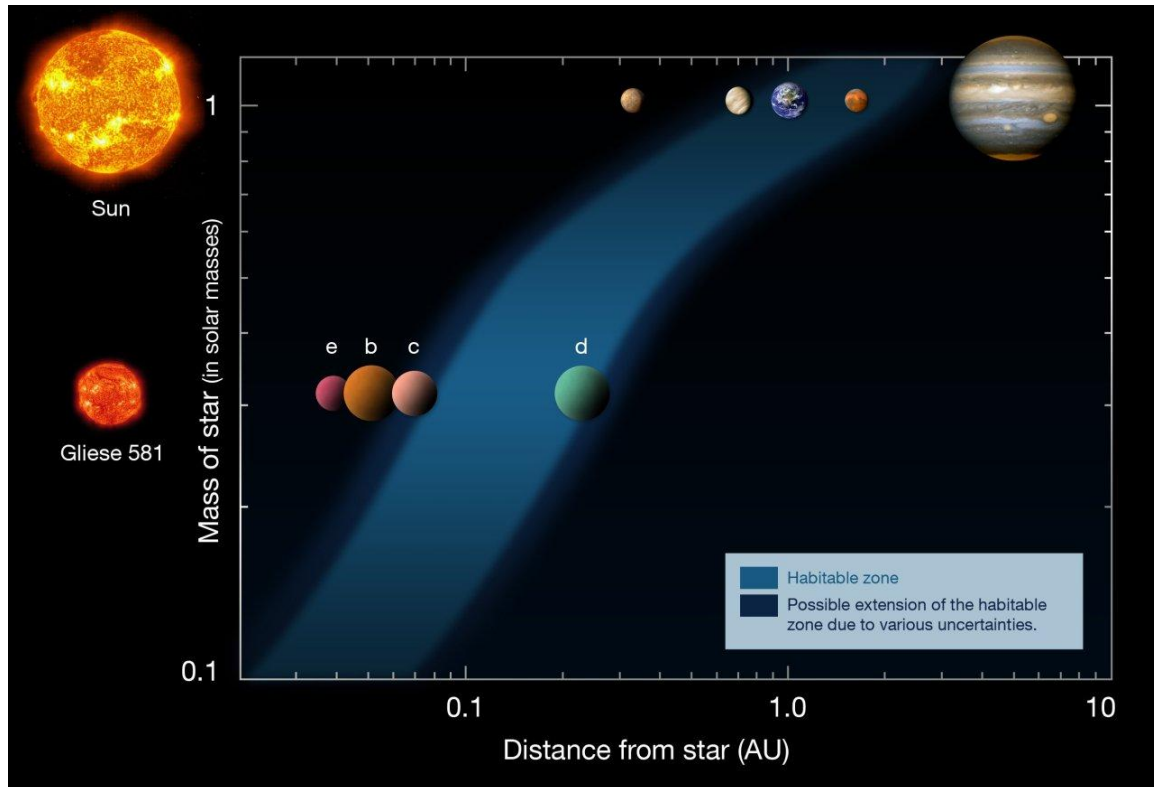
(4) Die Radialgeschwindigkeits-Methode hat bisher bei weitem die meisten Entdeckungen gebracht. Aus der Form der Schwingung einer Spektrallinie um ihren irdischen Laborwert lässt sich auch etwas über die Bahnexzentrizität ableiten. Weitere Planeten um denselben Stern geben sich durch Wobbeln der Hauptschwingung zu erkennen. Die kleinsten bis jetzt detektierbaren Planeten liegen bei 2-10 Erdmassen. In wenigen Jahren soll die Auflösung soweit gesteigert werden, dass die Geschwindigkeiten auf m/s genau gemessen werden können. Das entspricht einer Wellenlängenänderung von besser als 1:10.000.000. Damit kann man dann auch erdähnliche Gesteinsplaneten „sehen“.



(5) Beim Gravitationslinsen-Effekt (zuerst von Einstein postuliert) geschieht Folgendes: wandert ein Stern vor einem hellen Hintergrundstern vorbei, so wird dessen Licht durch die Gravitationswirkung des Vordergrundsterns leicht nach innen abgelenkt, und dadurch wie durch eine Linse verstärkt. Dieser Anstieg erhält ein Nebenmaximum, wenn vor oder nach dem Stern ein Planet vorbeizieht. Hiermit wurden bei Himmelsdurchmusterungen schon zehn Exoplaneten gefunden.

Das in den letzten 14 Jahren Erreichte ist enorm. Über 400 Exoplaneten wurden identifiziert, davon 40 die zu Mehrfachsystemen gehören, die weitest entfernten bei bis zu 20000 Lichtjahren. Damit ist zumindest klar: Planetenbildung um junge Sterne ist eher die Regel, als die Ausnahme. D.h. die Zahl der Planeten ist ähnlich groß wie die der Sterne, so etwa 10^{22} (oder 100 Milliarden Sterne in 100 Milliarden Galaxien). Zwar sind die meisten der gefundenen Planeten sehr groß, zum Teil mit vielen

Jupitermassen; und sie sind häufig so nahe an ihrem Stern, dass die Oberfläche glühend heiß ist. Aber das ist einmal ein Auswahleffekt der Messmethoden. Außerdem ist statistisch gesehen sicher damit zu rechnen, dass es viele unserem Sonnensystem ähnliche Systeme gibt, die Leben zulassen. Dass es möglich ist, beweist ja unsere eigene Erde.



Immerhin kennen wir inzwischen mehr als zehn Exoplaneten mit nur zwei bis zehn Erdmassen. Einer davon, Gliese 581d, liegt sogar in der „habitablen“ Zone, d.h. seine Oberflächentemperatur könnte bei 0-40°C liegen und damit flüssiges Wasser zulassen. Und eine feste Oberfläche hat er wohl auch. Doch Vorsicht mit voreiliger Reisebuchung! Seine Sonne sendet tödliche Röntgenflares aus; der Planet läuft auf einer elliptischen Bahn und sehr nahe (und daher vermutlich in gebundener Rotation, also vorne heiß und hinten kalt) um seinen „kühlen“ Zwergstern und ist damit alles Andere als ein gemütliches Plätzchen für Erdverdrossene.

Aber die Suche nach erdähnlichen Planeten geht weiter, bei immer feineren Beobachtungsmöglichkeiten.

Würden wir anderswo Leben entdecken, wäre das die gewaltige Erkenntnis, dass Leben nicht nur irdisch ist. Und fänden wir Hinweise auf intelligentes Leben, wäre dieses wohl fortschrittlicher und hätte die tröstliche Erkenntnis für uns, dass für technische Zivilisationen langfristiges Überleben möglich ist.

Vergessen wir aber nicht: selbst mit unseren derzeit besten technischen Möglichkeiten können wir keine neuen Ufer erreichen, ja noch nicht einmal mit fremden Intelligenzen kommunizieren:

Auswandern geht nicht! Also lasst uns unseren irdischen Planeten lebenswert erhalten!!