

Ruth Titz-Weider, Heike Rauer et. al.

Auf der Suche nach Planeten um andere Sonnen

Einleitung

Schon seit dem Altertum haben Menschen ihre Vorstellungen zu anderen möglichen Welten, auf denen es Leben gibt, entwickelt. Methoden zur Entdeckung von Planeten um andere Sterne schlug Otto von Struve in den 50er Jahren des vergangenen Jahrhunderts vor (O. Struve 1952).

Im Jahr 1995 wurde schließlich der erste Planet um einen sonnenähnlichen Stern entdeckt: 51 Pegasi b (M. Mayor, D. Queloz 1995). Das war eine Sensation, wenn man auch aus statistischen Erwägungen und aus der Kenntnis der Entwicklung unseres Sonnensystems und der Galaxie andere Planetensysteme erwartet hatte. Neben dem Nachweis der Existenz des ersten extrasolaren Planetensystems sind seine Bahnparameter und seine Masse erstaunlich. Der Planet kreist in rund 4 Tagen in einem Abstand von 0.052 AE^{11} einmal um seinen Zentralstern. In unserem Sonnensystem läge diese Bahn innerhalb der Merkurbahn. Die Masse dieses ersten extrasolaren Planeten entspricht wenigstens der Hälfte der Jupitermasse.

So wirft bereits die Entdeckung dieses ersten Planeten grundsätzliche Fragen auf: Wo entstehen Planeten? Wie sieht ein typisches Planetensystem aus? Ist unser Sonnensystem ein Sonderfall?

Wieviele extrasolare Planeten gibt es?

Bis heute, Oktober 2007, kennt man mehr als 260 extrasolare Planeten.²² Die Mehrzahl von ihnen sind jupitergroße Planeten, die sehr dicht um ihren Zentralstern kreisen. Das ist eine Anordnung, die wir in unserem Sonnensystem

1 Eine astronomische Einheit (AE) ist die mittlere Entfernung zwischen Erde und Sonne und entspricht 149,6 Millionen km.

2 Den aktuellen Stand und Angaben zu Masse und Bahnparamter der entdeckten extrasolaren Planeten findet man online in der „Enzyklopädie der extrasolaren Planeten“ von Jean-Marie Schneider: exoplanet.eu

nicht kennen. Hier befinden sich die Gasriesen im Abstand von 5,2 AE (Jupiter) und 9,5 AE (Saturn) und haben sich nach bisher vorherrschender Theorie über die Entstehung unseres Sonnensystems in diesem Abstand gebildet. Die Bahnparameter dieser extrasolaren Planeten decken einen großen Bereich ab. Die große Halbachse der entdeckten Planeten liegt zwischen 0.02 AE und 270 AE. Es gibt fast kreisförmige Bahnen wie in unserem Sonnensystem, aber auch sehr stark elliptische, auf denen der Planet einer ständig sich verändernden Einstrahlung seines Zentralsterns unterworfen ist.

Die jupitergroßen Planeten mit kleinem Bahnradius werden von ihrem Zentralstern stark erhitzt, entsprechend bezeichnet man sie als „heiße Jupiter“. In Analogie dazu gibt es auch die „heißen Neptune“. Die Darstellung der Planetenmasse gegen die große Halbachse zeigt den Schwerpunkt der bisher entdeckten Planeten bei schweren Objekten im nahen Abstand zum Zentralstern. Ziel zukünftiger Forschung ist es, die „freien“ Bereiche zu füllen, vor allen Dingen terrestrische Planeten zu finden.

Wie findet man extrasolare Planeten?

Die Methode, mit der bisher die meisten Exoplaneten entdeckt wurden, ist die Radialgeschwindigkeitsmethode. Bei dieser Methode untersucht man die Spektrallinien eines Sternes nach periodischen Veränderungen in der Wellenlänge (Dopplereffekt). Der Dopplereffekt kann durch einen Planeten verursacht werden, der den Stern umkreist und ihn zu einer Bewegung um den gemeinsamen Schwerpunkt zwingt. Mit dieser Methode kann man nur eine untere Grenze der Planetenmasse angeben.

Die Transitmethode ist eine photometrische Meßmethode: Die Anwesenheit eines Planeten führt zu regelmäßigen Verdunkelungen, wenn der Planet zwischen Stern und Beobachter vorbeizieht. Diese Abnahme der Sternintensität beträgt ein Prozent für das System Sonne und Jupiter. Mit der Transitmethode kann man kleinere Planeten als mit der Radialgeschwindigkeitsmethode entdecken, man ist allerdings auf die richtige geometrische Konstellation von Stern, Planet und Beobachter angewiesen. Beide Methoden zusammen ermöglichen die Bestimmung der Planetenmasse.

Andere Methode zur Suche nach extrasolaren Planeten sind die astrometrische Methode – man mißt die Bewegung des Sterns am Himmel –, die Gravitationslinsenmethode und schließlich die direkte Abbildung bei weit entfernten, jungen Planeten.

BEST

Systematische Langzeitbeobachtungen zum Aufspüren neuer Planeten sind bisher nur vom Boden aus durchgeführt worden. Eines der weltweit laufenden Suchprogramme ist BEST (Berliner Exoplaneten Suchteleskop, H. Rauer et al 2004) mit Teleskopen in Südfrankreich und Chile. Leider hat BEST noch keinen extrasolaren Planeten gefunden. Allerdings lag der Schwerpunkt der Beobachtungen mit BEST in den letzten Jahren in der Unterstützung der Satellitenmission COROT. Es wurde nach variablen Sternen in den Zielfeldern gesucht, bevor diese von COROT vermessen werden. Auf diese Weise konnten viele neue variable Sterne entdeckt und die Zielfelder damit charakterisiert werden.

COROT

Das erste Teleskop, das vom Satelliten aus nach extrasolaren Planeten sucht, ist COROT (The CoRoT Mission 2006). Das Akronym steht für Convection, Rotation and Planetary Transits. Seit Beginn letzten Jahres mißt COROT in seinem polaren Orbit Sternfelder mit rund 12000 Sternen. Mit COROT sind zum ersten Mal kontinuierliche Meßperioden von 150 Tagen möglich, um Planeten mit der Transitmethode nachzuweisen. An diesem von der französischen Raumfahrtagentur CNES geführten Satellitenprojekt sind neben Frankreich, Belgien, Brasilien, Italien, Österreich, Spanien und der ESA auch Deutschland beteiligt. Der deutsche Beitrag besteht in der Entwicklung eines Programmpakets, das an Bord des Satelliten für die präzise Ausrichtung des Teleskops, die Reduzierung der Meß- und Betriebsdaten und deren Versand zur Bodenstation sorgt. Diese Software wurde am Standort Adlershof des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt entwickelt. Die Instrumente erfüllen die in sie gesetzten Erwartungen und die erste Beobachtungsperiode von 150 Tagen wurde im Oktober erfolgreich beendet. Die Empfindlichkeit und zeitlichen Randbedingungen von COROT erlauben die Entdeckung von terrestrischen Planeten mit dem zwei- bis vierfachen Erdradius mit Umlaufzeiten von rund 50 Tagen (Super-Erden) und werden mit Spannung erwartet. Im Mai 2007 hat COROT seinen ersten Planeten entdeckt. Es umkreist in 1,5 Tagen seinen Zentralstern und seine Masse liegt zwischen 1,5 bis 1,8 Jupitermassen.

Könnte auf diesen Planeten Leben, wie wir es kennen, existieren?

Leben in der Form, die wir kennen, braucht eine Energiequelle, Kohlenstoffchemie und flüssiges Wasser. Ob sich solches Leben auf anderen Planeten entwickeln kann oder konnte, können wir bis heute nicht sagen. Ein Blick auf unser eigenes Sonnensystem zeigt, dass es nur kleine Parameterbereiche sind, die die Entwicklung zulassen (habitable Zone): Venus ist zu heiß und hat einen viel zu hohen Oberflächendruck. Mars dagegen ist zu kalt und hat eine zu dünne Atmosphäre. Bei neu entdeckten terrestrischen Planeten muß man Fragen nach der Habitabilität sorgfältig untersuchen: Um welchen Typ Stern kreist der Planet? Hat dieser Planet eine Atmosphäre? Welche Entwicklungszeit des Sterns liegt vor? Eine der wichtigsten Fragen ist die nach der Existenz, der Zusammensetzung und der Entwicklung einer Atmosphäre, die ganz wesentlich die Temperatur und den Druck bestimmt und damit z.B. die Existenz von flüssigem Wasser ermöglicht. Spektralmessungen der Atmosphären geben Hinweise auf biogene Moleküle. Der Nachweis von Ozon läßt z.B. auf die Existenz von molekularem Sauerstoff schließen, der notwendig ist für die Form des Lebens, die wir es kennen.

Wie können wir mehr über diese Planeten herausfinden?

Zukünftige Projekte sind auf die Suche nach extrasolaren terrestrischen Planeten gerichtet (KEPLER-Mission der Nasa)³³ und auf die Untersuchung der Atmosphären dieser noch zu entdeckenden Planeten (DARWIN, ein Vorschlag im Cosmic Vision Programm der ESA⁴⁴).

Literatur

O. Struve, *The Observatory*, 1952, 72, 199.

M. Mayor, D. Queloz, *Nature* 1995, 378, 355

H. Rauer et al, *The Berlin Exoplanet Search Telescope System*, ASP, 2004, 116, 38-45
The CoRoT Mission, Pre-Launch Status, Stellar Seismology and Planet Finding,
ESA-SP-1306, 2006

3 kepler.nasa.gov

4 www.esa.int/science/darwin

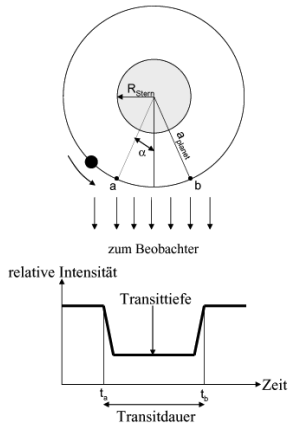
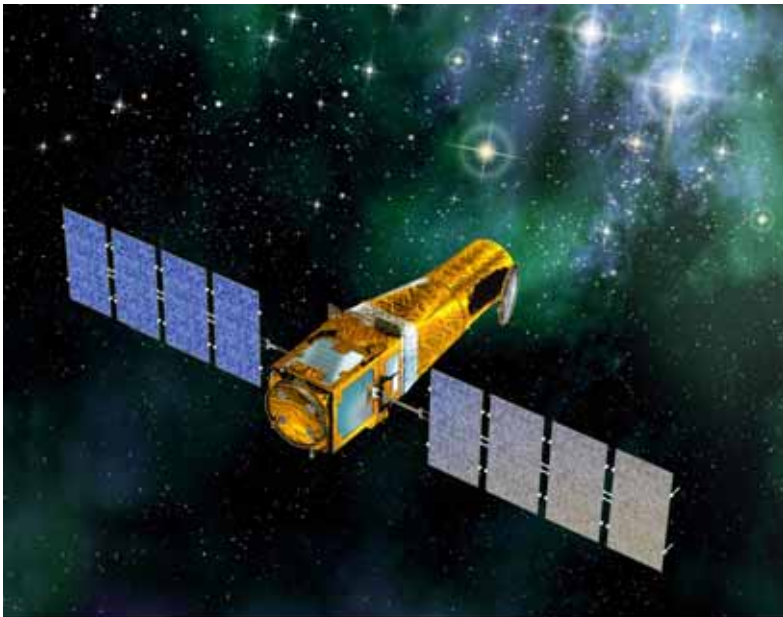


Bild 1. Darstellung der Transitmethode

Quelle: R. Titz-Weider, Physik in unserer Zeit, 6/2006 (37)



© CNES - Octobre 2005/illus. D. Ducros

Bild 2. Künstlerische Darstellung des CoRoT-Satelliten

Quelle: CNES Oct 2005/illus. D. Ducros