

Nach sorgfältiger Berücksichtigung der vom Stern selbst herrührenden Störungen entdeckte die Queloz-Gruppe ein weiteres periodisches, nicht vom Stern herrührendes Signal. Bei der Periode 3,69 Tage fanden sie einen zweiten Planeten in diesem System: COROT-7c. Dessen Masse und Bahnperiode verursachen beim Stern eine Radialgeschwindigkeitsamplitude von rund 4 Metern pro Sekunde. Dieser Exoplanet umläuft den Stern offenbar in einem etwas größeren Abstand als COROT-7b.

Super-Erden

Exoplaneten, deren Masse kleiner als etwa zehn Erdmassen ist, werden mittlerweile »Super-Erden« genannt. Ihre begrenzte Masse lässt nämlich vermuten, dass sie eine felsige Oberfläche besitzen und daher der Erde ähneln. Die ersten beiden Super-Erden entdeckten der polnische Astronom Aleksander Wolszczan (Universität Thorn, Polen) und der kanadische Radioastro-

nom Dale Frail (National Radio Astronomy Observatory, Socorro, New Mexico) im Jahr 1991 um den Pulsar PSR 1257+12 bei der Analyse der Ankunftszeiten der Radiopulse vom Pulsar. Die beiden Super-Erden besitzen jeweils Massen von rund vier Erdmassen. Da sie eine aus einer Supernova-Explosion hervorgegangene Sterneneiche umrunden, bezeichnen sie die Astronomen zumeist als Pulsarplaneten.

Mit der Radialgeschwindigkeitsmethode entdeckten Eugenio J. Rivera von der Universität Kalifornien und Kollegen im Jahr 2005 als Resultat ihrer acht Jahre andauernden Überwachung des Zwergsterns Gliese 876 einen dritten Exoplaneten in diesem System mit nur rund sechs Erdmassen – die erste Super-Erde um einen normalen Stern.

Bei der Suche nach Exoplaneten findet auch die Mikrolinsen-Methode Verwendung. Ein im Vordergrund vorbeiziehender Stern wirkt dabei als Gravitations-

linse und lässt uns ein aus Sicht der Erde zufällig weit dahinter befindliches System für kurze Zeit quasi unter dem Mikroskop betrachten. Bei solchen Beobachtungen entdeckten die Forscher des an der Universität Warschau, beheimateten Optical Gravitational Lensing Experiment (OGLE) im Januar 2006 eine Super-Erde um den Stern OGLE-05-390L. Dieser Exoplanet besitzt eine Masse von 5,5 Erdmassen.

Im Mai 2006 gaben Christophe Lovis vom Genfer Observatorium und Kollegen bei HD 69830 b eine weitere Super-Erde von rund zehn Erdmassen bekannt. Im April 2007 entdeckte ein Team um den Schweizer Astronomen Stephane Udry von der Universität Genf gleich zwei weitere Super-Erden um Gliese 581, Gliese 581 c und d, mit rund fünf und sieben Erdmassen. Beide Exoplaneten umkreisen ihren Zentralstern, einen kühlen Zwerg vom Spektraltyp M3, nahe der Ökosphäre. Das ist die nach irdischen Maßstäben bewohnbare Zone in einem Planetensystem. Im Juni 2009 gaben Michael Major, der andere Entdecker des ersten Exoplaneten, und Kollegen einen weiteren Planeten im Umlauf um Gliese 581 bekannt. Seine Masse beträgt rund zwei Erdmassen.

Seit dem Jahr 2008 entdeckten Astronomen weitere sechs Kandidaten. Unter Berücksichtigung von COROT-7b und COROT-7c kennen wir nun insgesamt 16 Super-Erden.

Exoterrestrischer Planet

Im Oktober 2009 stellten Alain Léger vom Institut d'Astrophysique Spatiale in Paris und zahlreiche Kollegen eine Veröffentlichung vor, in der sie unter anderem auch den Durchmesser von COROT-7b präsentieren. Ihre Analyse der Lichtkurve bei der Bedeckung des Sterns ergab 1,68 Erddurchmesser mit einer Unsicherheit von nur rund fünf Prozent. Damit ist COROT-7b die erste Super-Erde, deren Radius gemessen werden konnte. Zusammen mit der Masse von 4,8 Erdmassen folgt daraus eine mittlere Dichte von 5,6 Gramm pro Kubikzentimeter, sie ist mit derjenigen unserer Erde fast identisch. Aus seiner geringen Größe lässt sich schließen, dass COROT-7b kein Gasplanet aus Wasserstoff und Helium wie die Gasriesen unseres Sonnensystems ist, vielmehr muss er aus schwereren Elementen aufgebaut sein. Deshalb ist bei diesem Exoplaneten erstmals die Bezeichnung »exoterrestrischer Planet« angebracht. AXEL M. QUETZ

ZUM NACHDENKEN

Super-Erden bei COROT-7



Spektroskopische Untersuchungen des Zentralsterns der beiden Super-Erden ergaben einen Spektraltyp G9V und eine zugehörige Masse von $M_* = 0,93$ Sonnenmassen sowie einen Radius von $R_* = 0,87$ Sonnenradien. Die Sonnenmasse beträgt $M_\odot = 1,989 \cdot 10^{30}$ kg, der Sonnenradius $R_\odot = 6,96 \cdot 10^8$ m.

Aufgabe 1: Man bestimme aus der Umlaufdauer der beiden Exoplaneten $P_b = 0,8535$ Tage und $P_c = 3,63$ Tage ihre großen Bahnhalbachsen a_b und a_c .

Anleitung: Aus dem Schwerpunktsatz $M_* \cdot r_* = M_{pl} \cdot r_{pl}$ und $a = r_* + r_{pl}$ folgt wegen $M_* \gg M_{pl}$ für die große Bahnhalbachse des Planeten $a_{pl} \approx r_{pl}$. Dann lässt sich das dritte keplersche Gesetz in der folgenden Form verwenden:

$$a_{pl}^3 = P_{pl}^2 \cdot \frac{G \cdot M_*}{4 \pi^2}$$

Aufgabe 2: Während jedes Umlaufs zieht der innere der beiden Planeten vor seinem Stern vorüber und kann bei diesem Transit genau vermessen werden. Die Zeit zwischen erstem und viertem Kontakt beträgt $\tau_{14} = 1,253$

Stunden, die Zeit zwischen zweitem und drittem Kontakt ist $\tau_{23} = 0,808$ Stunden. Man bestimme die Zeit, die der Planet zum Überqueren des Sterns benötigt und daraus den Durchmesser D_b des Planeten.

Aufgabe 3: Mit Hilfe des Schwerpunktsatzes und der Geschwindigkeiten $v_{*b} = 3,3$ m/s und $v_{*c} = 4$ m/s, mit denen COROT-7 den mit Planet b beziehungsweise Planet c gemeinsamen Schwerpunkt umrundet, berechne man die Massen M_b und M_c der beiden Super-Erden. Dabei gilt: $v_* = 2 \pi r_*/P_{pl}$.

Aufgabe 4: Welche Dichte ρ_b folgt mit den Ergebnissen der Aufgaben 2 und 3 für COROT-7b? AMQ

Ihre Lösungen senden Sie bitte bis zum **15. Dezember 2009** an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Max-Planck-Institut für Astronomie, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: (+49)0 6221-52 82 46. Einmal im Jahr werden unter den erfolgreichen Lösern Preise verlost: siehe Seite 117.