

deren physikalischen Mechanismen, die zur periodischen Helligkeitsveränderung eines Sterns führen können, auszuschließen, gilt ein Planetenkandidat als verifiziert. Diese zusätzlichen Beobachtungen sind jedoch sehr zeitaufwändig. Sie ließen sich bisher nur für wenige der mehr als 3200 Sterne durchführen, bei denen Kepler Helligkeitsschwankungen feststellte.

Astronomen nutzen deswegen bereits die Daten der Planetenkandidaten zu statistischen Aussagen über die Eigenschaften und zu Extrapolationen bezüglich der Existenz weiterer Exoplaneten. Wird dieses Verfahren präzise durchgeführt, so lassen sich durchaus verlässliche Aussagen treffen.

François Fressin vom Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics in Cambridge, Massachusetts, und sein Team haben sich nun dieses Verfahrens erneut

angenommen. Sie errechneten, wie viele der von Kepler gefundenen Planetenkandidaten sich bei näherem Hinsehen wohl als Täuschung erweisen werden. Dazu simulierten sie die verschiedenen Szenarien, die einen Planeten vorgaukeln können, und testeten, ob diese durch die Auswerteprogramme als Planetenkandidat interpretiert würden. Sie fanden dabei, dass sich im Mittel hinter ungefähr neun Prozent aller von Kepler registrierten Planetenkandidaten keine echten Planeten verbergen (siehe linke Grafik auf S. 21). Bei erdgroßen Planetenkandidaten würden sich sogar zwölf Prozent als Fehlalarm entpuppen.

Doch wer Statistik über die Häufigkeit von Exoplaneten betreiben will, muss nicht nur fälschliche Planetenkandidaten enttarnen, sondern auch beachten, dass Kepler die meisten Exoplaneten prinzi-

piell gar nicht nachweisen kann. Denn nur in den wenigsten Fällen liegt die Umlaufbahn eines Planeten so günstig, dass er von der Erde aus gesehen vor seinem Stern vorbei zieht. Diese Effekte lassen sich jedoch berechnen. So lässt sich aus der Zahl der Sterne, die einen Transit aufweisen, auch ableiten, wie viele weitere Sterne Planeten mit ungünstig liegenden Umlaufbahnen besitzen. Zieht man von Keplers Planetenkandidaten also alle fälschlichen ab und rechnet die nicht nachweisbaren Planeten hinzu, so folgt daraus eine Abschätzung für die tatsächlich vorhandene Zahl von Planeten in Keplers Blickfeld.

### Planeten um jeden zweiten Stern

Das Ergebnis der Forschergruppe um Fressin zeigt einmal mehr, dass unser Sonnensystem keine Sonderrolle im Universum spielt: Ihrer Untersuchung zufolge, die sich auf Planeten mit einer Umlaufdauer von maximal 85 Tagen erstreckt, hat jeder zweite Stern einen Planeten (siehe rechte Grafik auf S. 21). Gut 16 Prozent aller Sterne im Sichtfeld von Kepler werden von einem erdgroßen Planeten mit dieser kurzen Umlaufdauer umrundet. Für Planeten mit längeren Umlaufzeiten ließen sich bisher noch nicht genügend Transits beobachten, so dass sich zu diesen keine statistisch signifikanten Aussagen treffen lassen. Dies ist jedoch ein Problem, das sich durch fortgesetzte Beobachtungen teilweise von alleine lösen würde.

Die Missionsdauer des 2009 gestarteten Weltraumteleskops war auf dreieinhalb Jahre ausgelegt, im November 2012 hatte die NASA die Mission um bis zu vier Jahre bis 2016 verlängert. Dies geschah allerdings unter der Voraussetzung, dass keine gravierenden technischen Probleme auftreten. Nun bleibt abzuwarten, wie sich die Lage entwickelt.

*ELENA SELLENTIN schrieb ihre Masterarbeit auf dem Gebiet der Planetenentstehung. Inzwischen promoviert sie am Institut für Theoretische Physik in Heidelberg über Kosmologie und ist am Haus der Astronomie aktiv.*

## ZUM NACHDENKEN

### (Exo)Planeten im Universum



Die Analyse falscher Identifikationen mit Hilfe von Simulationsrechnungen zu den als Kepler Objects of Interest (KOI) bezeichneten Exoplaneten-Kandidaten ergab auf der Basis von immerhin 2222 KOIs für Umlaufdauern von maximal 85 Tagen folgendes Bild: Der Anteil von Sternen mit wenigstens einem Planeten liegt bei 52,26 % ( $q_1 = 0,5226$ ). Der Fehler dieser Abschätzung beträgt  $\pm 4,16$  %. Für Exoplaneten von etwa Erdgröße (E) fanden die Forscher den Wert  $q_E = 0,1655$ , für Supererden (SE), kleine (kN) und große Neptune (gN) sowie Riesenplaneten (R) ergaben sich die Werte  $q_{SE} = 0,2031$ ,  $q_{kN} = 0,199$ ,  $q_{gN} = 0,0186$ , und  $q_R = 0,0197$ .

**Aufgabe 1:** Unter der Voraussetzung, dass milchstraßenweit die aus den Kepler-Beobachtungen gefolgerten Häufigkeiten gelten, berechne man **a)** die Zahl  $N_1$  der Sterne mit mindestens einem Planeten in unserer Galaxis und **b)** die Zahlen  $N_x$  für die verschiedenen Typen  $x = E, SE, kN, gN$  und  $R$ . Für die Gesamtzahl der Sterne in unserem Milchstraßensystem verwende man die Abschätzung  $N_G = 400$  Milliarden.

**Aufgabe 2:** Welche Zahlen ergeben sich im gesamten Universum mit  $N_G = 200$  Milliarden Galaxien?

**Aufgabe 3:** Die Drake-Formel beschreibt die Zahl kommunikationsfähiger Zivilisationen in der Galaxis. Sie lautet:  $N_Z = R^* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$ . Dabei ist  $R^* = 7/\text{Jahr}$  die Sternentstehungsrate in der Galaxis,  $f_p = q_1$  ist der Anteil von Sternen mit Planeten. Der Anteil, auf dem Leben möglich ist, sei  $n_e = 0,1$ , der Anteil auf dem Leben tatsächlich entsteht, sei  $f_i = 0,13$ . Intelligentes Leben entsteht dort immer:  $f_c = 1$ . Zivilisationen, die sich bemerkbar machen, haben den Anteil  $f_c = 0,2$  und die Lebensdauer der Zivilisationen betrage im Mittel  $L = 100\,000$  Jahre. Wie viele Zivilisationen sollten **a)** in der Galaxis und hochgerechnet **b)** im Universum vorkommen? AXEL M. QUETZ

Ihre Lösungen senden Sie bitte bis zum **15. August 2013** an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Haus der Astronomie, MPIA-Campus, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: 06221 528377. Einmal im Jahr werden unter den erfolgreichen Lösern Preise verlost: siehe S. 109

### Literaturhinweis

Fressin, F. et al.: The False Positive Rate of Kepler and the Occurrence of Planets. In: The Astrophysical Journal 766, 81, 2013