

»Einsteins Planet«, offiziell bekannt als **Kepler 76 b**, kreist in rund anderthalb Tagen um einen 2000 Lichtjahre entfernten Stern des Spektraltyps F – hier in einer künstlerischen Darstellung. Er wurde mit Hilfe schwacher Helligkeitsänderungen des Sterns entdeckt, die der Planet durch verschiedene Effekte auslöst. Zusätzlich vollführt Kepler 76 b auch streifende Transits vor seinem Stern.

wendung der Transitmethode Stern, Planet und Erde genau in einer Ebene liegen – dort muss also der Zufall helfen.

Die neue Methode, mit der Tsevi Mazeh und Simchon Faigler von der Universität von Tel Aviv den Exoplaneten Kepler 76 b in den Daten des Weltraumteleskops Kepler fanden, benötigt beides nicht. Kepler überwachte bis zu seinem unerwarteten Ausfall im Mai 2013 rund 160 000 Sterne auf winzigste Helligkeitsschwankungen, die meist, aber nicht nur, von Planetentransits verursacht werden. Der Trick von Matzeh und Faigler: Nach Einsteins Relativitätstheorie wird ein periodisch vor- und zurückbewegter Stern minimal heller, wenn er sich auf den Beobachter zu bewegt, und schwächer, wenn er sich entfernt. Dieser relativistische Dopplereffekt ist dann deutlich ausgeprägt, wenn die Bewegung nahe der Lichtgeschwindigkeit erfolgt, etwa bei relativistischen Materiejets in Quasaren. Im Falle von Kepler 76 b liegt er im Bereich einiger Tausendstel Promille und ist um Größenordnungen kleiner als die Lichtabschwächung bei einem Transit. Dennoch konnten Mazeh, Faigler und ihre Kollegen den Effekt dank der hohen Qualität der Kepler-Daten nachweisen.

Die viel heftigeren Helligkeitsschwankungen durch Sternflecken oder Flares überdecken einen so marginalen Effekt allerdings leicht. Deshalb nutzten die Astronomen einen recht einfallreich BEER (BEaming effect with Ellipsoidal and Reflection/emission modulations) genannten Algorithmus: Neben dem relativistischen Dopplereffekt beeinflusst der Planet die Helligkeit seines Sterns noch auf zwei andere Weisen. Einerseits verursacht seine Anziehungskraft eine leichte Verformung des Sterns zu einem Ellipsoid, so dass dieser für einen Beobachter unterschiedlich hell wirkt, je nachdem, welche Seite des Ellipsoids er sieht. Außerdem bewirkt das vom Planeten reflektierte Stern-

licht periodische Helligkeitsfluktuationen. Obwohl auch diese Effekte ähnlich klein sind wie der relativistische Dopplereffekt, ergeben sie zusammengenommen ein klares Muster. Mit diesem konnten die Forscher überdies extreme Winde auf Kepler 76 b nachweisen. Sie werden von den enormen Temperaturunterschieden zwischen Tag- und Nachtseite verursacht und bewirken eine Superrotation der Gase in den oberen Atmosphärenschichten. Superrotation heißt, die atmosphärischen Gase zeigen eine von der planetaren Breite abhängige Winkelgeschwindigkeit, etwa wie bei Jupiter.

Mazeh und seine Kollegen hoffen nun, dass der BEER-Algorithmus weitere Nicht-Transit-Planeten aus den Kepler-Daten herausdestillieren kann. Das ist Kepler 76 b ironischerweise nicht – dieser Exoplanet vollführt streifende Transits, weswegen der Stern zunächst als bedeu-

ckungsveränderlicher Doppelstern fehlklassifiziert worden war. Für die Suche nach erdähnlichen Planeten hingegen ist die Methode allerdings kaum geeignet: Nur massereiche Planeten auf engen Umlaufbahnen dürften messbare Helligkeitsschwankungen auslösen.

JAN HATTENBACH ist Physiker und an der Sternwarte der Volkshochschule Aachen tätig. In seinem Blog »Himmelslichter«, zu finden unter www.scilogs.de/kosmologs, schreibt er über alles, was am Himmel passiert.

Literaturhinweis

Faigler, S. et al.: BEER analysis of Kepler and CoRoT light curves: I. Discovery of Kepler-76b: A hot Jupiter with evidence for superrotation. arXiv:1304.6841v3

ZUM NACHDENKEN

Einsteins Planet



Drei subtile Effekte, die jeder für sich nur winzige Helligkeitsänderungen bewirken, führten bei ihrer gemeinsamen Berücksichtigung zum Fund des Exoplaneten Kepler 76 b. Zum einen handelt es sich um den relativistischen Dopplereffekt, der zweite rührt her von der dem Beobachter verschiedenen groß erscheinenden leuchtenden Sternfläche, die durch den gravitativen Einfluss des umkreisenden Planeten ellipsoid verformt wird. Der dritte Effekt beschreibt das vom Planeten reflektierte Sternlicht, dessen relative Amplitude in der Intensität des Sternlichts bei $A_b = \Delta I/I_b = 50 \text{ ppm} = 5 \cdot 10^{-5}$ liegt.

Aufgabe 1: Der relativistische Dopplereffekt hat bei Geschwindigkeiten $v \ll c$ die Leuchtkraftzunahme zur Folge:

$$L/L_* = 1 + 4 v_*/c.$$

Man berechne die hieraus folgende relative Intensitätsamplitude $A_D = \Delta I/I_D = \Delta L/L_*$ des Sterns mit $\Delta L = L - L_*$. Für das Verhältnis von Sternradius R_* zu Bahnhalbachse a des Planeten gilt: $R_*/a = 0,221$ mit $R_* = 1,32 R_\odot$, $R_\odot = 6,96 \cdot 10^8 \text{ m}$. Die Massen von Kepler 76

und Planet b sind: $M_* = 1,12 M_\odot$ und $M_b = 2,1 M_{J_1}$; Sonnenmasse: $M_\odot = 1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$, Jupitermasse: $M_{J_1} = 1,899 \cdot 10^{27} \text{ kg}$, Lichtgeschwindigkeit: $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Die Neigung des Systems gegen die Himmelsebene beträgt $i = 78^\circ$. Die Umlaufdauer des Planeten ist $P_b = 1,5474$ Tage.

Aufgabe 2: Die aus Lichtkurven abgeleitete, mit den unterschiedlichen Ansichten der Sternoberfläche verbundene Intensitätsamplitude ist:

$$A_F = \Delta F/F_* = 0,15 \lambda_{RV} (M_b/M_*) (R_*/a)^3 (\sin i)^2$$

mit $\lambda_{RV} = (15 + u_*)(1 + g_*)/(3 - u_*)$. Dabei sind $u_* = 0,313$ und $g_* = 0,30$ der geometrische und der gravitative Koeffizient der Randverdunklung. Wie groß ist A_F bei Kepler 76? AMQ

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