

Planet hat überlebt: Die künstlerische Darstellung zeigt den neu entdeckten jupiterähnlichen Exoplaneten MOA-2010-BLG-477Lb, der wahrscheinlich einen Weißen Zwerg umkreist. Die Existenz dieses Systems beweist, dass Planeten die heftige Rote-Riesen-Phase ihres Muttergestirns überstehen können.

W. M. Keck Observatory / Adam Makarenko

Planet nahe Sternleiche nicht geschreddert

W I S wissenschaft
in die schulen!

Wenn Sonnen in ihrem Todeskampf zu Weißen Zwergen werden, geht es hoch her in deren Sternsystem. Nun zeigt ein Fund: Manche Exoplaneten können das offenbar intakt überstehen.

Vielleicht hat das Team um Joshua Blackman von der University of Tasmania weit draußen im All die Zukunft unseres Sonnensystems erspäht: Dort, rund 6500 Lichtjahre von uns entfernt, umkreist ein jupiterähnlicher Planet offenbar in aller Ruhe einen Weißen Zwerg. Die besten Zeiten hat dieses Sternsystem damit schon hinter sich, denn Weiße Zwerge stellen das Endstadium der Entwicklung von Sternen wie unserer eigenen Sonne dar: Sie sind ausgebrannte Sterne. Zuvor blähen sie sich zu Roten Riesen auf, deren Durchmesser durchaus mit der Bahn des Jupiters vergleichbar sind. Blackman und seine Kolleginnen und Kollegen deuten ih-

ren Fund als Indiz dafür, dass zumindest größere Planeten den Todeskampf ihres Zentralgestirns überleben können. Die dazugehörige Studie erscheint im Fachmagazin »Nature«.

Darin beschreiben die Forschenden streng genommen eine Nichtentdeckung. Eigentlich hatten sie am Keck Observatory auf Hawaii nach einem ganz normalen Stern Ausschau gehalten. Hinweise auf die Existenz des jupiterähnlichen Planeten mit der Bezeichnung MOA-2010-BLG-477Lb hatten sie bereits im Jahr 2010 in Form einer massearmen Gravitationslinse aufgespürt. Bei einem derartigen Gravitationslinsenereignis

Nahinfrarotkamera NIRC2

Als Kamera der zweiten Generation arbeitet NIRC2 im nahen Infrarot in Kombination mit dem adaptiven Optiksistem des Teleskops Keck II. Mit dieser Kombination gelingen sehr scharfe Bilder im nahen Infrarotbereich. Die erzielte räumliche Auflösung ist dabei mit derjenigen des Weltraumteleskops Hubble bei optischen Wellenlängen vergleichbar, wenn nicht sogar besser.



Exojupiter umkreist Weißen Zwerg

Am 2. August 2010 ging der MOA-Kollaboration (Microlensing Observations in Astrophysics) mit 19 Teleskopen ein Mikrolinsenereignis im Sternbild Schütze ins Netz. Die Lichtkurve zeigt neben einem Hauptmaximum eine Nebenspitze – den Stern MOA-2010-BLG-477L und den jupiterähnlichen Exoplaneten MOA-2010-BLG-477Lb. Beide Körper fungierten als Gravitationslinse und verstärkten beim Vorübergang die Helligkeit einer deutlich weiter entfernten Lichtquelle.

Nachbeobachtungen fanden nun am Ort des Geschehens keinen als Gravitationslinse geeigneten Hauptreihenstern. Die Empfindlichkeit der Messungen mit NIRC2, der Near-Infrared Camera am Teleskop Keck-II, in den Jahren 2015, 2016 und 2018 reichte im H-Band bei der Wellenlänge von 1,633 Mikrometern bis zur Grenzgröße von $H = 21,1$ mag.

Ein Hauptreihenstern hätte in der Distanz D_L der Linse eine Helligkeit H von mindestens $H < 18,10$ mag haben müssen und scheidet somit als Gravitationslinse aus. Was bleibt, ist ein dunkleres Objekt, bei dem es sich wegen der involvierten Masse wohl nur um einen

Weißen Zwerg handeln kann (siehe »Planet hat überlebt«).

Aufgabe 1: Aus der Lichtkurve des Hintergrundobjekts ließ sich beim Vorüberziehen des Weißen Zwergs und des Exojupiter für die beiden Körper das Massenverhältnis $q = M_E/M_{WZ} = 2,18 \cdot 10^{-3}$ bestimmen. Für den Weißen Zwerg leiteten die Forschenden eine Masse von $M_{WZ} = 0,53 M_\odot$ ab (Sonnenmasse: $M_\odot = 1,989 \cdot 10^{30}$ kg). Wie groß ist demnach die Masse M_E des Exojupiter? Man gebe das Ergebnis auch in Vielfachen der Jupitermasse $M_J = 1,898 \cdot 10^{27}$ kg an.

Aufgabe 2: Eine für das Linsensystem charakteristische Größe ist der Einstein-Ring mit Winkelsradius θ_E . Die neue Untersuchung (siehe Kurzbericht »Planet nahe Sternleiche nicht geschreddert«, S. 19) ergab hierfür den Wert $\theta_E = 1,26''$ (Millibogensekunden). Mit Hilfe von Modellen ergab sich die Entfernung von Weißem Zwerg und Exojupiter zu $D_L = 1,99$ kpc und die Distanz der Hintergrundlichtquelle zu $D_S = 7,8$ kpc. Wie groß ist der lineare Einstein-Radius R_E in AE? Hierbei gilt

wegen der kleinen Winkel die Beziehung $\tan \theta_E = R_E/D_L \approx \theta_E$ (im Bogenmaß) $= \theta_E (180^\circ/\pi)$. Per Definition gilt: $1 \text{ pc} = 1/\tan(1^\circ/3600) \text{ AE}$.

Aufgabe 3: Eine zweite Möglichkeit, den Einstein-Radius zu ermitteln, ergibt sich aus der Gleichung

$$R_E^2 = 4 \frac{G M_L D_S + D_L}{c^2 D_S}$$

(siehe die vier »Zum Nachdenken« in SuW 4/2004, 9/2012, 5/2015 und 8/2017). Für die Masse der Mikrolinse gilt $M_L = M_{WD}$. Die Gravitationskonstante ist $G = 6,6743 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ und die Lichtgeschwindigkeit $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Wie groß ist dieses R_E ? AXEL M. QUETZ

Literaturhinweis

Bachelet, E. et al.: MOA 2010-BLG-477Lb: Constraining the mass of a microlensing planet from microlensing parallax, orbital motion, and detection of blended light. The Astrophysical Journal 764, 2012

Ihre Lösungen senden Sie bitte an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Haus der Astronomie, MPIA-Campus, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: 06221 528377. E-Mail: zum-nachdenken@sterne-und-weltraum.de. Einsendeschluss ist der 4. März 2022. Alle Leser, die bis einschließlich des Maihefts 2022 mindestens neun richtige Lösungen senden, werden bei der jährlichen Verlosung berücksichtigt; siehe S. 95. Bitte beachten Sie unsere Teilnahmebedingungen auf S. 14. Sie können Ihre Datenschutzrechte nach Art. 15 ff. DSGVO ausüben, indem Sie uns unter service@spektrum.de kontaktieren.



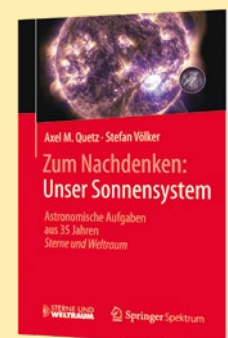
W.M. Keck Observatory / Adam Makarenko

Planet hat überlebt: Exoplanet MOA-2010-BLG-477Lb steht in dieser künstlichen Darstellung bei seinem Mutterstern, einem Weißen Zwerg.



Animation der Entwicklung eines Systems mit Weißem Zwerg und Planet: suw.link/2203-WZmitPlanet

ZUM NACHDENKEN: Unser Sonnensystem



368 Seiten. Preis: 25 €. Bestell-Link: <https://amzn.to/2sIYh6L>

passiert ein Himmelskörper – die Linse – die Sichtlinie zwischen Erde und weit entfernter, leuchtstarker Quelle (siehe SuW 1/2022, S. 22). Ist die Linse besonders massereich, dann können dabei so spektakuläre Effekte wie ein Einstein-Kreuz zu Stande kommen, bei dem die Quelle mehrfach um die Linse abgebildet wird. Masseärmere Linsen hingegen verraten sich über die Lichtkurve der Quelle, die auf charakteristische Art und Weise heller wird, so wie im vorliegenden Fall.

Jupiterähnlicher Planet soll Weißen Zwerg umkreisen

Zunächst waren die Forschenden aber davon ausgegangen, dass der potenzielle Exoplanet MOA-2010-BLG-477Lb einen ganz normalen Stern umkreist – und nach diesem suchten sie in den Jahren 2015, 2016 und 2018 mit NIRC2, der Nahinfrarotkamera 2, am Teleskop Keck II (siehe »Nahinfrarotkamera NIRC2«, S. 19). Allein das leistungsfähige Teleskop konnte keinen derartigen Stern aufstöbern. Auch Braune Zwerge, Schwarze Löcher oder Neutronensterne mussten als Zentralgestirn für den jupiterähnlichen Planeten ausgeschlossen werden.

Somit blieb nur noch ein Weißer Zwerg als Kandidat übrig. Diesen konnten sie zwar ebenfalls nicht entdecken, doch ihren Berechnungen zufolge dürfte der Planet mit rund der anderthalbfachen Jupitermasse einen Weißen Zwerg umkreisen, der es auf ungefähr die Hälfte der Sonnenmasse bringt (siehe »Planet hat überlebt«, S. 20). Die Entfernung zwischen den beiden Himmelskörpern soll wahrscheinlich das Dreifache der Distanz zwischen Erde und Sonne betragen, etwa 2,8 Astronomische Einheiten.

Erst im Jahr 2020 hatten Forscherinnen und Forscher überhaupt den ersten Planeten gefunden, der einen Weißen Zwerg umkreist (siehe SuW 3/2020, S. 12). Zuvor hatten sich Weiße Zwerge vor allem als stellare Langweiler oder Zerstörer einen Namen gemacht: Sie tun über Milliarden Jahre hinweg nichts anderes, als immer weiter abzukühlen und dabei leuchtschwächer zu werden. Ab und an, je nach Sternsystem, mögen sie auch ihre ehemaligen Planeten in sich aufnehmen und schreddern, wenn diese in sie hineinstürzen. Wird ein Stern zum Weißen Zwerg, bringt er sein gegebenenfalls vorhandenes Planetensystem gehörig

durcheinander. Selbst die Umlaufbahnen jener Planeten, die nicht schon vorher im Riesenstadium des Sterns von ihm verschluckt wurden, können dadurch destabilisiert werden. Das Team um Blackman wertet den Fund nun als Hinweis darauf, dass zumindest Planeten in jupiterähnlichen Umlaufbahnen auch diese Phase überstehen können. Die Forschungsgruppe vermutet, dass es dort draußen noch mehr Planeten gibt, die ihren ausgebrannten Stern mehr oder weniger intakt umkreisen.

FRANZISKA KONITZER studierte Physik und Astrophysik an der University of York in Großbritannien und ist in München als Journalistin tätig.

Literaturhinweis

Blackman, J.W. et al.: A Jovian analogue orbiting a white dwarf star. *Nature* 598, 2021

W I S Didaktische Materialien:
www.wissenschaft-schulen.de/artikel/1285880

Funkstille

Am 14. Juli 2021 ereignete sich die katastrophale Überschwemmung im Ahrtal. Eine Schutzzone um das Radioteleskop Effelsberg blockierte dabei die Satellitentelefone der Fluthelfer.

In Krisengebieten wie zum Beispiel Mali sind Kommunikationsmittel, die unabhängig von der örtlichen Infrastruktur funktionieren, für die Bundeswehr überlebenswichtig. Mit dem Satellitentelefon Explorer 710 beispielsweise können die Soldaten von nahezu allen Orten der Welt verschlüsselt telefonieren und Daten senden – nur nicht aus Bad Münstereifel. Das wusste die Bundeswehr allerdings nicht, als sie den Flutopfern dort im Juli zur Hilfe kam (siehe »Kein Anschluss per Satellitentelefon«).

Die nordrhein-westfälische Kleinstadt ist vor allem für ihr Radioteleskop bekannt, das 1,4 Kilometer vom Ortsteil Effelsberg entfernt ist und dessen Namen es trägt (siehe »Radioschüssel in der Eifel«).



Bundeswehr / Ralf Keller

Kein Anschluss per Satellitentelefon: Nach der Flut am 14. Juli 2021 im Ahrtal waren Bundeswehrsoldaten auch in Bad Münstereifel eingesetzt.