

## ZUM NACHDENKEN

# Akkretion auf den Exoplaneten PDS 70 b



Bei PDS 70 handelt es sich um einen rund fünf Millionen Jahre alten T-Tauri-Stern vom Spektraltyp K7. Er befindet sich in der Sterngruppierung Upper Scorpius, einer von drei Untergruppen der Scorpius-Centaurus-Assoziation. Das ist die nächstgelegene Sternansammlung mit vielen jungen Sternen der Spektralklassen O und B. PDS 70 ist von einer Gas- und Staubscheibe umgeben, in der sich gerade Planeten bilden (siehe »Zum Nachdenken: PDS 70 – ein junger Stern mit Scheibe und Protoplanet«, SuW 7/2019, S. 20). Zwei wurden bislang entdeckt, PDS 70b und PDS 70c. Die sehr genau bekannte Entfernung des Systems ist  $d_{\text{PDS70}} = 113,43 \text{ pc}$  ( $1 \text{ pc} = 1 \text{ AE}/\tan(1^\circ/3600)$ ,  $1 \text{ AE} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$ ).

**Aufgabe 1:** Mit der Wide Field Camera 3 des Weltraumteleskops Hubble wurden am PDS-70-System zwischen Februar und Juli 2020 über insgesamt 18 Erdborbits Beobachtungen im UV und visuellen Spektralbereich durchgeführt. Dabei kamen 21 600 Sekunden durch das Filter F336W und weitere 3240 Sekunden durch den Filter F656N zusammen (die Zahlen in den Filternamen geben die Zentralwellenlänge in Mikrometern an). Die effektive Bandbreite des Filters F656N ist  $\Delta\lambda_{656} = 1,765 \text{ nm}$ . Die Photometrie ergab dann für PDS 70b eine spektrale Flussdichte von  $f_{656} = 9,2 \cdot 10^{-19} \text{ W m}^{-2} \text{ nm}^{-1}$ . Man bestimme die Linienflussdichte  $F_{\text{H}\alpha}$  von H-Alpha mit

$$F_{\text{H}\alpha} = f_{656} \Delta\lambda_{656}.$$

**Aufgabe 2:** Die Leuchtkraft  $L_{\text{line}}$  von PDS 70b in der Emissionslinie von H-Alpha ergibt sich durch Integration der Linienflussdichte über die gesamte Sphäre mit Radius  $d_{\text{PDS70}}$  um das System aus

$$L_{\text{line}} = 4 \pi d_{\text{PDS70}}^2 F_{\text{H}\alpha}.$$

Man berechne die Leuchtkraft in der H-Alpha-Linie. Die Sonnenleuchtkraft beträgt  $L_{\odot} = 3,846 \cdot 10^{26} \text{ W}$ .

**Aufgabe 3:** Die Gesamtleuchtkraft  $L_{\text{Akk}}$  des Akkretionsprozesses auf PDS 70b ergibt sich aus der H-Alpha-Leuchtkraft und der Leuchtkraft  $L_{\text{cont}}$  im Kontinuum:

$$L_{\text{Akk}} = L_{\text{line}} + L_{\text{cont}}.$$

Die Kontinuumsleuchtkraft  $L_{\text{cont}}$  folgt aus den Messungen durch den UV-Filter F336W und aus einem das Kontinuum beschreibenden Modell zu  $L_{\text{cont}} = 1,2 \cdot 10^{-6} L_{\odot}$ . Wie groß ist die Gesamtleuchtkraft?

**Aufgabe 4:** Ein Modell mit magnetosphärisch gelenkter Akkretion auf den Planeten beschreibt den Zusammenhang zwischen Leuchtkraft und der Massenakkretionsrate:

$$\dot{M} = \left(1 - \frac{R_{\text{PDS70b}}}{R_{\text{in}}}\right) \frac{R_{\text{PDS70b}}}{G M_{\text{PDS70b}}} L_{\text{Akk}}.$$

Dabei wird angenommen, dass die gesamte kinetische Energie der einfallenden Materie in Leuchtkraft umgesetzt wird. Der Akkretionsstrom beginnt unter dem Einfluss von Magnetfeldern am Innenrand  $R_{\text{in}}$  der den Planeten umgebenden Scheibe und fällt im freien Fall auf die Planetenoberfläche; dabei gelte  $R_{\text{in}} = 5 R_{\text{PDS70b}}$ . Der Radius des noch jungen Exoplaneten PDS 70b wird zu  $R_{\text{PDS70b}} = 1,75 R_{\text{J}}$  angesetzt. Der Radius von Jupiter ist  $R_{\text{J}} = 7,1492 \cdot 10^7 \text{ m}$  und die Gravitationskonstante ist  $G = 6,6742 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ . Die Masse von PDS 70b sei  $M_{\text{PDS70b}} = 1 M_{\text{J}}$ . Man berechne die Massenakkretionsrate in Vielfachen der Jupitermasse  $M_{\text{J}} = 1,8982 \cdot 10^{27} \text{ kg}$ . AXEL M. QUETZ

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](mailto:zum-nachdenken@sterne-und-weltraum.de). Einsendeschluss ist der 4. Februar 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](mailto:service@spektrum.de) kontaktieren.

kontinuierlichen Emissionsspektrum von Wasserstoff. Zu Stande kommt ein derartiges Spektrum durch die gleichen Prozesse wie bei der H-Alpha-Emission. Dieses Emissionsspektrum sollte ihnen genauere Hinweise auf die Akkretionsrate des Exoplaneten liefern, da sich die Rate durch die H-Alpha-Linie allein nur grob abschätzen lässt.

## Der Exoplanet wächst kaum noch

PDS 70b hat es demzufolge in den rund fünf Millionen Jahren seiner Existenz – ein kosmischer Klacks – auf etwa drei bis fünf Jupitermassen gebracht. Den Großteil des Massenaufsammlens scheint er aber schon hinter sich zu haben, denn die Forschenden schätzen, dass der Exoplanet lediglich um ein weiteres Hundertstel der Jupitermasse wüchse, würde er noch eine weitere Million Jahre so weitermachen wie derzeit.

Zumindest einen weiteren Planeten gibt es in dem System: PDS 70c. Er wurde im Jahr 2019 entdeckt und ist mit rund 34 AE noch weiter vom Zentralgestirn entfernt als PDS 70b. Zum Vergleich: Neptuns Bahnradius beträgt rund 30 AE. Genauere Messungen mit Hilfe des Weltraumteleskops Hubble waren in der vorliegenden Arbeit nicht möglich, da Planet c weiter vom Stern entfernt und daher auch kühler ist als PDS 70b.

Mit den neuen Erkenntnissen ist recht klar, welche Art von Planet PDS 70b einmal sein wird: Er gerät zu einem richtigen Gasriesen, größer als Jupiter, und ist auf gar keinen Fall alleine bei seinen Umrundungen um PDS 70.

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

## Literaturhinweise

**Kepler, M.:** Die Geburt eines Planeten. Sterne und Weltraum 7/2019, S. 18–20  
**Zhou, Y. et al.:** Hubble Space Telescope UV and H $\alpha$  measurements of the accretion excess emission from the young giant planet PDS 70b. The Astronomical Journal, 2021



Didaktische Materialien:

[www.wissenschaft-schulen.de/artikel/1285836](http://www.wissenschaft-schulen.de/artikel/1285836)