

Der junge Doppelstern HD 100453 (7,8 mag) ist rund 340 Lichtjahre von uns entfernt. Seine beiden Komponenten A und B haben zueinander einen projizierten Abstand von 1,05 Bogensekunden, was 109 Astronomischen Einheiten entspricht. Der massereichere Stern A (1,7 Sonnenmassen) hat eine zirkumstellare Scheibe, die mit der Komponente B, einem Roten Zwerg mit 0,2 Sonnenmassen, in Wechselwirkung steht. Dies führt zur Ausbildung von Spiralstrukturen in der Scheibe, wobei einer der Spiralarme auf die masseärmere Komponente weist. Eine ähnliche Situation ließe sich erwarten, wenn der Begleiter ein massereicher Planet wäre. Dieser wäre dann allerdings schwieriger zu erkennen.

Treibt ein massereicher Protoplanet Spiralarme um einen jungen Stern an?

In der zirkumstellaren Scheibe um den jungen Stern MWC 758 entdeckten Astronomen eine Verdichtung, die sie als entstehenden Planeten deuten. Dieses Objekt steht im Verdacht, die spiralförmigen Strukturen in der Scheibe zu verursachen.

Exoplaneten wurden mittlerweile zu Tausenden entdeckt, darunter auch solche um nahe gelegene Sterne. Viele dieser exoplanetaren Systeme erweisen sich als völlig verschieden von unserem eigenen Sonnensystem. Um die Vielfalt der Planetensysteme zu verstehen, einschließlich der Frage, ob unseres im Ver-

Welche Wirkung hat ein Protoplanet bereits kurz nach seiner Entstehung auf die Scheibe? Computersimulationen weisen darauf hin, dass Planeten mit einigen Jupitermassen in der Lage sein sollten, beobachtbare Spiralstrukturen in zirkumstellaren Scheiben zu erzeugen. Ebenso sollten auch massereiche Part-

oben). Diese Entdeckung bestätigt sehr gut die theoretischen Vorstellungen über Spiralarmbildung.

Mehrere weitere Funde von zirkumstellaren Scheiben mit Spiralen um Einzelsterne und ihr Mangel an einem Begleitstern deuten aber darauf hin, dass solche Spiralen auch von Riesenplaneten verursacht sein könnten. Infolge ihrer nicht lange zurückliegenden Kontraktion unter dem Einfluss ihrer eigenen Schwerkraft wären diese jungen Planeten mit rund 700 bis 1200 Grad Celsius relativ heiß. Diese Wärme ließe sich mit empfindlichen Detektoren an großen Teleskopen im mittleren Infrarotbereich erfassen. Genau dies gelang unserem Team mit Hilfe des Large Binocular Telescope (LBT) auf dem Mount Graham in Arizona. Das LBT mit seinen zwei 8,4-Meter-Spiegeln ist für diesen Spektralbereich eines der empfindlichsten Observatorien der Welt.

Zirkumstellare Scheiben mit Spiralarmen deuten auf das Vorhandensein massereicher Exoplaneten hin.

gleich zu den anderen typisch oder einzigartig ist, müssen wir die Prozesse ergründen, durch die sich Planeten bilden. Auf der Suche nach gerade entstehenden Planeten, den Protoplaneten, fahnden Astronomen nach Hinweisen in zirkumstellaren Scheiben. Diese Geburtsorte von Planeten um junge Sterne herum sind heller als die Protoplaneten und leichter zu beobachten.

ner in jungen Doppelsternsystemen Spiralarme verursachen. Diese Vorhersage bietet die Möglichkeit, die Modelle zunächst an einem leichter zugänglichen Ziel zu testen. Und tatsächlich: Im rund zehn Millionen Jahre alten Doppelsternsystem HD 100453 im Sternbild Zentaur fanden sich kürzlich Spiralarme. Sie stehen im Verdacht, von den beiden Sternpartnern erzeugt zu werden (siehe Bild

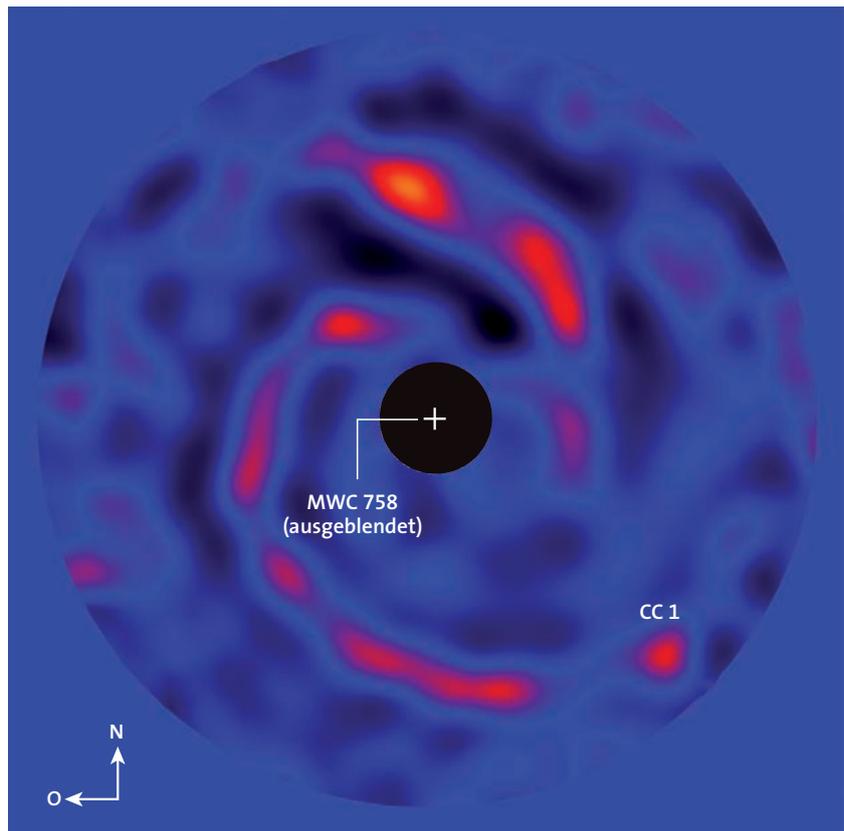
Als Ziel hatten wir uns MWC 758 im Sternbild Stier auserkoren. Dieser junge Stern, Nummer 758 im Mount Wilson Observatory Catalog, ist von einer protostellaren Scheibe umgeben, die ein spiralförmiges Muster aufweist. Er liegt gut zugänglich für das LBT am Nordhimmel. Wir beobachteten das junge System im Zeitraum vom Oktober 2016 bis Dezember 2018 mit der »LBT Mid-Infrared Camera« (LMIRcam) dreimal. Die Kamera mit Koronograf ist empfindlich bei nahen und mittleren Infrarotwellenlängen zwischen einem und fünf Mikrometern. Unsere letzten Aufnahmen schlossen wir am 25. Dezember 2018 ab, und sie erwiesen sich als die besten unserer gesamten Kampagne.

Planetenkandidat CC1

Nachdem alle Messungen vorlagen, kombinierten wir das Licht der beiden Teleskopspiegel und anschließend die Daten aus jeder der Nächte. Wir erhielten das bislang qualitativ hochwertigste Bild von MWC 758 – mit dem Potenzial, dort einen Riesenplaneten nachzuweisen. Und tatsächlich: Unsere Beobachtungen ergaben eine Wärmesignatur genau an dem Ort, der für den Protoplaneten vorhergesagt worden war. Nicht nur im kombinierten Bild, sondern auch bei jeder der Beobachtungen in den drei Nächten zeigte sich am Ende des südlichen Spiralarms eine schwache Lichtquelle, die viele der Eigenschaften des erwarteten Riesenplaneten aufweist (siehe Bild rechts). Diesen Planetenkandidaten nennen wir MWC758CC1. »CC« steht für »companion candidate«

Protoplanet in der Scheibe von MWC 758

Im kombinierten Bild aus Beobachtungen mit dem Large Binocular Telescope treten die beiden Spiralarme von MWC 758 deutlich hervor. Eine neu gefundene Quelle mit der Bezeichnung CC1 ist am Ende des südlichen Spiralarms als Protoplanet identifiziert worden. CC1 befindet sich genau an der richtigen Stelle und wird auf die gleiche Masse geschätzt, die ein Planet haben müsste, um die Spiralarme zu verursachen. Wenn die Quelle CC1 als Planet bestätigt wird, wäre sie einer der jüngsten beobachteten massereichen Planeten. Aus den sichtbaren Wechselwirkungen mit seiner Wirtsscheibe ließen sich Modelle entwickeln, wie Planeten ihre Umgebung beeinflussen.



Kevin R. Wagner et al. / LBT / LMIRCam

Anzeige

Sonderausstellung

AUFBRUCH INS ALL

Raumfahrt erleben

Verlängert
bis
19. April

Heinz Nixdorf MuseumsForum Paderborn www.hnf.de



Geschichte der Zukunft

H
N
F

(Begleiterkandidat). Seine Helligkeit entspricht einer Masse vom rund drei- bis fünffachen des Jupiter. Damit käme er tatsächlich als Ursache für die beobachteten Spiralarme infrage.

Die bisherigen Erkenntnisse sehen vielversprechend aus, aber ob MWC 758 CC 1 tatsächlich ein Planet ist (womit sich seine Bezeichnung dann zu MWC 758 b ändern würde), müssen zukünftige Beobachtungen zeigen. Während CC 1 viele der Eigenschaften des vorhergesagten Planeten erfüllt, könnte es dennoch ein hellerer Teil der Akkretionsscheibe sein, der zufällig den Eigenschaften des erwarteten Planeten entspricht. Wenn es sich bei der Quelle aber wirklich um einen Planeten handelt, dann sollte sich sein Spektrum auf Grund der höheren Temperatur und vielleicht auch durch von Molekülen in seiner Atmosphäre verursachte Absorptionslinien vom Spektrum der Scheibe unterscheiden.

Für den Winter 2019/2020 sind weitere Beobachtungen am Large Binocular Telescope und am Very Large Telescope der ESO geplant, durch die wir verifizieren wollen, ob es sich um planetengetriebene Spiralarme handelt. Wenn es sich bestätigen lässt, dann würde das System MWC 758 neben PDS 70 (siehe SuW 7/2019, S. 18) einen einzigartigen Einblick auf einen massereichen Planeten gewähren, der die Umgebung, aus der er sich gebildet hat, zugleich auch prägt. Dies wäre ein wichtiger Beitrag zu unserem Verständnis der Prozesse, wie, wann und wo Planeten entstehen.

KEVIN R. WAGNER promoviert über das Ab-bilden und die Entstehung von Exoplaneten am Department of Astronomy and Steward Observatory der University of Arizona.

Literaturhinweise

Wagner, K. et al.: Thermal infrared imaging of MWC 758 with the Large Binocular Telescope: Planetary driven spiral arms? *Astrophysical Journal* 882, 2019

Wagner, K. et al.: The orbit of the companion to HD 100453 A: Binary-driven spiral arms in a protoplanetary disk. *Astrophysical Journal* 854, 2018

W I S Didaktische Materialien:
www.wissenschaft-schulen.de/artikel/1285836

ZUM NACHDENKEN

Spiralen in protoplanetaren Scheiben



Im Katalog zirkumstellarer Scheiben sind derzeit 234 Einträge zu finden (www.circumstellardisks.org). Eine ganze Reihe von ihnen zeigt spiralförmige Strukturen in den Scheiben, die auf einen stellaren oder planetaren Beileiter hinweisen.

Aufgabe 1: Die chinesische Astronomin Si-Yue Yu und ihre Kollegen stellen im Jahr 2019 einen empirisch gefundenen Zusammenhang zwischen dem Steigungswinkel φ der Spiralstrukturen und der Scheibenmasse M_S in einer protoplanetaren Scheibe vor ($M_\odot = 1,989 \cdot 10^{30}$ kg):

$$|\varphi| = -7,8^\circ \lg(M_S/M_\odot) + 2,7^\circ. \quad (1)$$

Der Steigungswinkel der Spiralarme in der Scheibe des mit rund 3,5 Millionen Jahren sehr jungen Sterns MWC 758 liegt zwischen $\varphi_1 = 25^\circ$ und $\varphi_2 = 29^\circ$. Welcher Scheibenmassenbereich lässt sich mit Hilfe von Gleichung (1) folgern?

Aufgabe 2: Ende 2015 veröffentlichten der kanadische Astronom Jeffrey Fung und der chinesischstämmige US-Astronom Ruobing Dong eine aus 3-D-hydrodynamischen Simulationen abgeleitete Beziehung zwischen dem Winkelabstand ϕ_{sep} der beiden dominierenden Spiralarme in einer protoplanetaren Scheibe und der Masse M_p des Protoplaneten:

$$\phi_{\text{sep}} = 102^\circ (q/0,001)^{0,2}$$

mit $q = M_p/M_*$. Die Masse von MWC 758 liegt bei $M_* = (1,5 \pm 0,2) M_\odot$ und $\phi_{\text{sep}} = 142^\circ$. In welchem Bereich liegt die Masse des Protoplaneten in Einheiten der Jupitermasse $M_{J_1} = 1,898 \cdot 10^{27}$ kg?

Aufgabe 3: Die Spiralarme in der Scheibe um MWC 758 zeigen eine Winkelgeschwindigkeit von $\varphi = 0,6^\circ/\text{a}$. Welche Bahnperiode $P_{P\alpha}$ müsste der potenzielle Protoplanet MWC 758 CC 1 haben?

Aufgabe 4: Der Protoplanet hat von seinem Zentralgestirn einen Abstand von $a = 0,59''$ und das System befindet sich in der Distanz $d = 160,3$ pc. Welche Bahnperiode $P_{P\alpha}$ folgt daraus? **Hilfe:** Das dritte keplersche Gesetz lautet: $a^3 = (P_{P\alpha}/2\pi)^2 G M_*$. AXEL M. QUETZ

ZUM NACHDENKEN: Unser Sonnensystem



Das Buch enthält 119 Aufgaben und Lösungen der Rubrik »Zum Nachdenken« zum Sonnensystem, alle überarbeitet und mit zusätzlichen Informationen versehen.

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

Literaturhinweise

Fung, J., Dong, R.: Inferring planet mass from spiral structures in protoplanetary disks. *Astrophysical Journal Letters* 815, 2015

Yu, S.-Y. et al.: A tight relation between spiral arm pitch angle and protoplanetary disk mass. *Astrophysical Journal* 877, 2019

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 7. Februar 2020.

Alle Leser, die bis einschließlich des Mai-Heftes 2020 mindestens neun richtige Lösungen senden, werden bei der jährlichen Verlosung berücksichtigt. Die Preise der neuen Runde werden auf S. 95 vorgestellt.

Bitte beachten Sie unsere Teilnahmebedingungen auf Seite 14! Sie können Ihre Datenschutzrechte nach Art. 15 ff. DSGVO ausüben, indem Sie uns unter service@spektrum.de kontaktieren.