

■ Im Orbit eines sterbenden Sterns?

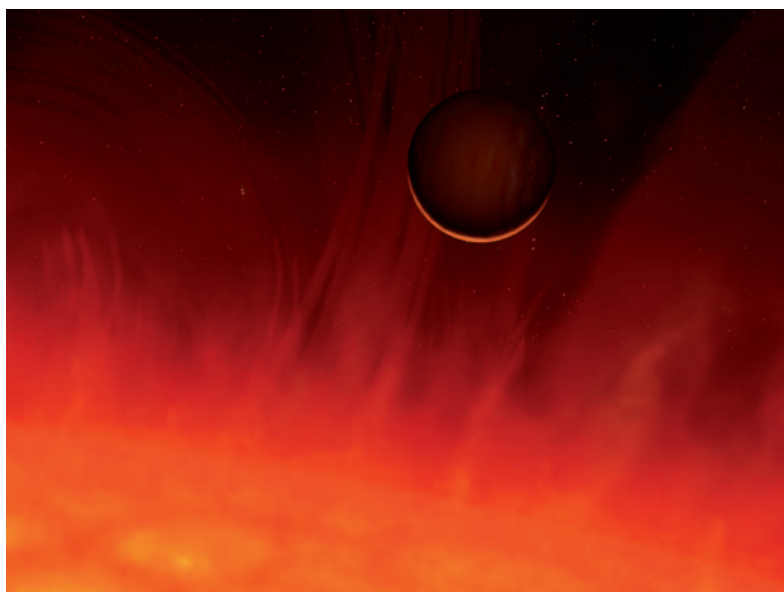
Um einen Stern, der das späte Stadium als Roter Riese bereits hinter sich hat, wurde erstmals ein Planetenkandidat entdeckt.

Die Suche nach extrasolaren Planeten, insbesondere solchen, die unserer Erde ähneln, gehört sicher zu den spannendsten Gebieten der modernen Astronomie. Seit 1989 haben Astronomen immerhin über 200 Kandidaten für „Exoplaneten“ um andere Sterne entdeckt. Davon erhoffen sie sich nicht zuletzt auch Erkenntnisse über die Entstehung und Entwicklung von Planetensystemen. Unter den entdeckten Kandidaten fanden sie auch solche, die um Neutronensterne oder sehr eng um normale Sterne kreisen [1]. Nun berichten Robert Silvotti et al. [2] über einen weiteren ungewöhnlichen Fall, nämlich einen Begleiter mit mindestens 3,2 Jupitermassen um den Stern V391 Pegasi. Dieser Stern hat bereits das späte Stadium als Roter Riese hinter sich.

Sterne mit mittlerer Masse dehnen sich, nachdem der Wasserstoff weitestgehend verbrannt ist, auf mehr als den hundertfachen Radius aus. Im Inneren verbrennen sie immer schwerere Elemente, sodass der nach außen gerichtete Strahlungsdruck zunimmt und sie sich ausdehnen. Dichte und Temperatur in der Hülle nehmen dann ab, sodass der Stern zunehmend röter erscheint.

Etwa zwei Prozent der Sterne, die das Stadium als Roter Riese durchlebt haben, bilden eine kleine Untergruppe, die aus noch ungeklärten Gründen ihre wasserstoffreiche Hülle durch starke Winde fast vollständig verloren haben, also um ihren Heliumkern herum nur noch eine dünne Wasserstoffschicht besitzen. Ein solcher Stern ist V391 Pegasi (das „V“ bedeutet, dass der Stern veränderlich ist), der ca. 1400 Parsec entfernt und mindestens 10 Milliarden Jahre alt ist.

V391 Pegasi gehört außerdem zu einer Unterklasse der Roten Riesen, die pulsieren. Bei ihm sind mehrere Pulsationsperioden bekannt, die alle bei knapp sechs Minuten liegen. Bei den Pulsationen des Sterns



Diese künstlerische Darstellung zeigt den Stern V 391 Pegasi zu einer Zeit vor rund 100 Millionen Jahren. Damals erreichte der Stern seine maximale Ausdehnung als Roter Riese und hätte den Begleiter, der nun entdeckt wurde, fast „verschluckt“.

wird dieser mal größer und mal kleiner und erscheint somit mal heller und mal dunkler. Aus häufigen Helligkeitsmessungen mit geeigneter Zeitüberdeckung lassen sich damit säkulare Veränderungen oder gar periodische Abweichungen detektieren. Eine geringe periodische Abweichung lässt sich erwarten, wenn ein massearmes Objekt um den Stern kreist. Der Stern wackelt dann leicht um den gemeinsamen Schwerpunkt hin und her. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Amplitude des Wackelns nicht nur von der Masse des umkreisenden Objektes abhängt, sondern auch von der Neigung der Bahn zu unserer Sichtlinie: Schauen wir von oben auf den Orbit, so ist kein Wackeln zu sehen, selbst bei sehr großer Begleitermasse. Blicken wir jedoch zufällig von der Kante auf die Bahnebene, so erhält man maximale Auslenkung. Daher lässt sich mit diesem Effekt immer nur die Masse m des Begleiters bis auf den Sinus der Bahnneigung i messen. Man erhält $m \sin i$, die Mindestmasse.

Das Verfahren der Zeitanalyse wurde auch bei den sog. Pulsarplaneten verwendet, z. B. bei den drei

Objekten mit planetaren Massen, die um den Pulsar PSR 1257 kreisen [3]. Auf ähnliche Weise ließen sich die meisten bisher bekannten Planetenkandidaten entdecken. Kandidaten deshalb, weil man auch hier meist nur die Mindestmasse kennt und es sich bei den Begleitern bei ungünstiger Lage der Bahnneigung auch um sog. Braune Zwerge oder massearme Sterne handeln könnte.

Den beiden Hauptpulsationsperioden des Sterns V391 Peg ist nun jeweils eine periodische, sinusförmige Abweichung von $5,3 \pm 0,6$ Sekunden überlagert. Dies ergab sich aus der ungewöhnlich hohen Zahl von insgesamt 109 531 Helligkeitsmessungen, die mit 18 verschiedenen Teleskopen weltweit innerhalb von sieben Jahren aufgenommen wurden. Silvotti und seine 22 Kolleginnen und Kollegen haben die so gewonnenen Daten ausgewertet und interpretiert [2]. Da die Variation bei zwei Pulsationsperioden gemessen wurde, liegt der Effekt sicher vor.

Das periodische Wackeln deutet auf ein massearmes Objekt hin, das um den Stern kreist. Unter den gerechtfertigten Annahmen, dass der Mutterstern eine halbe Sonnen-

Prof. Dr. Ralph
Neuhäuser,
Astrophysikalisches
Institut und Univer-
sitäts-Sternwarte,
Friedrich-Schiller-
Universität Jena,
Schillergässchen 2-3,
07745 Jena

HELAS - European Helio- and Asteroseismology Network

masse hat, die Begleitermasse im Vergleich dazu vernachlässigbar und der Orbit des Begleiters nahezu kreisförmig ist, erhält man aus dem dritten Kepler-Gesetz eine Periode für den Begleiter von 1170 ± 44 Tagen (also gut drei Jahre), eine große Halbachse von 255 Millionen Kilometern ($1,7 \pm 0,1$ Astronomische Einheiten) und eine Mindestmasse von $3,2 \pm 0,7$ Jupitermassen.

Noch immer besteht keine Einigkeit darüber, welche maximale Masse ein Planet haben kann, aber allgemein bezeichnet man Objekte mit bis zu etwa 13 Jupitermassen, die weder normalen Wasserstoff noch Deuterium verbrennen können, als Objekte mit planetarer Masse bzw. Planeten. Ob es sich um das eine oder das andere handelt, ist eine ungeklärte Definitionsfrage und hängt vermutlich auch von deren Entstehung ab. Allgemein spricht man bei Begleitern mit planetarer Masse, die um normale Sterne (wie unsere Sonne) kreisen,

von „Planeten“ (oder Planetenkandidaten), aber bei derartigen Begleitern um kompakte Sterne nach der Rote-Riesen-Phase, also u. a. bei Neutronensternen und Weißen Zwergen, von „Begleitern mit planetarer Masse“. Dies träfe nun auch auf V391 Pegasi zu. Es bleibt unklar, ob es sich bei derartigen Begleitern wirklich um Planeten handelt, die die Rote-Riesen-Phase oder gar eine Supernova-Explosion überlebt haben. Denkbar ist auch, dass es sich um Trümmerstücke handelt oder die Begleiter nachher entstanden sind. V391 Peg b hat eine Masse von weniger als 13 Jupitermassen, falls die Bahnneigung i kleiner als 14 Grad ist; bei statistischer Verteilung ist dies mit 97 Prozent Wahrscheinlichkeit der Fall.

Schon früher waren bei einigen Sternen, die sich bereits auszudehnen begonnen haben, Planetenkandidaten entdeckt worden. So hat z. B. der Stern Gliese 86 zwei Begleiter: einen mit mindestens

vier Jupitermassen im Abstand von 0,1 AE und einen Weißen Zwerg bei 19 AE [4]. Der Planetenkandidat hat offenbar die Rote-Riesen-Phase zumindest des Begleiters seines Muttersterns überlebt.

Immerhin besteht Hoffnung, weitere Planeten um Sterne wie V391 Peg zu finden, auch wenn leider nur etwa 40 solche Sterne bekannt sind. Interessant ist auf jeden Fall die Frage, ob Planeten das Stadium des Roten Riesen ihres Muttersterns überleben können – eine Frage, die sich für die Erde in fünf Milliarden Jahren stellen wird.

Ralph Neuhäuser

- [1] Enzyklopädie der extrasolaren Planeten: www.exoplanet.eu
- [2] R. Silvotti et al., *Nature* **449**, 189 (2007)
- [3] A. Wolszczan und D. A. Frail, *Nature* **355**, 145 (1992)
- [4] M. Mugrauer und R. Neuhäuser, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* **361**, L15 (2005)