

Exoplaneten – eine Bestandsaufnahme

Im Jahr 1995 wurde zur Gewissheit, worüber sich zuvor nur spekulieren ließ: Es gibt definitiv Planeten bei anderen Sternen. Mit einem Schlag war gezeigt, dass unser Planetensystem nicht einzigartig ist. Mittlerweile kennen wir 344 Exoplaneten.

Nimmt man das Auftreten der Schriftkultur vor etwa 2500 Jahren zwischen Mittelmeer und Persischem Golf als Startzeitpunkt, dann beträgt die Entdeckungsrate von Planeten bis zur Identifikation von Uranus im Jahr 1781 rund ein Planet in 700 Jahren. Die Rate erhöhte sich mit den Entdeckungen von Neptun im Jahr 1846 durch Johann Gottfried Galle und Pluto im Jahr 1930 durch Clyde Tombaugh (sofern wir den Zwergplaneten an dieser Stelle noch einmal als Planet werten) um eine Größenordnung auf einen Planeten in 70 Jahren. Mit den Exoplaneten stieg die Entdeckungsrate um weitere drei Größenordnungen an. Im Mittel werden

derzeit rund zwei neue Exoplaneten pro Monat gemeldet.

Das generelle Problem bei der Suche nach Planeten, die andere Sterne umkreisen, ist der gewaltige Helligkeitsunterschied: Da der im Vergleich zu seinem Zentralgestirn winzige Planet nur einen äußerst kleinen Teil des Lichts seines Sterns zu uns reflektiert, geht er in dessen Lichtflut völlig unter. Zudem steht er wegen der vielen Lichtjahre großen Distanz zur Erde in einem winzigen Winkelabstand zum Stern. Das macht eine Entdeckung auf dem Wege der direkten Abbildung nahezu unmöglich.

Den entscheidenden Durchbruch, der zur Entdeckung des ersten Exoplaneten

führte, verdanken wir einer anderen Suchstrategie. Ein Exoplanet und sein Zentralgestirn umkreisen einander gemäß dem Schwerpunktsatz, wobei der Schwerpunkt zwischen ihnen liegt. Auf seiner Umlaufbahn um den Schwerpunkt nähert sich der Stern dabei zeitweilig der Erde, zeitweilig entfernt er sich von ihr. Seine Spektrallinien sind deshalb gemäß der momentanen Radialgeschwindigkeit periodisch rot- und blauverschoben, jedoch gemäß der geringen auftretenden Geschwindigkeiten nur um sehr kleine Beträge. Der Nachweis der kleinen spektralen Verschiebungen erfordert hochempfindliche Spektrografen.

ZUM NACHDENKEN

Die Umlaufbahn von HR 8799 b



Drei Planeten umkreisen den KOV-Stern HR 8799 im Sternbild Pegasus. Einer internationalen Forschergruppe um Christian Marois gelang es kürzlich, die Planeten direkt abzubilden. Durch eine erneute Analyse älterer Bilddaten konnten zwei andere Teams den Exoplaneten HR 8799 b, der von den drei Planeten zu seinem Zentralstern den größten Bahnradius aufweist, herausfiltern und seine Position bestimmen. Dadurch erweiterte sich die Zeitbasis bei ihm auf einen Bereich von fast zehn Jahren.

Aufgabe 1: Der beste Wert für die Parallaxe π dieses Planetensystems stammt vom Satelliten Hipparcos aus der jüngsten Auswertung im Jahr 2007: $\pi = 25,38 \pm 0,70$ Millibogensekunden. Man berechne die Distanz d des Sterns HR 8799. Sie folgt unmittelbar aus seiner Parallaxe:

$$d = \frac{1''}{\pi} \text{ pc.}$$

Für die folgenden Aufgaben ist es nützlich, die Einheit Parsec (pc) in Vielfachen

der Astronomischen Einheit (AE) auszudrücken: $1 \text{ pc} = 1/\tan(1''/3600) \text{ AE}$.

Die Grafik auf der rechten Seite enthält die Messpunkte entlang der Umlaufbahn von HR 8799 b. Am 29. 10. 1998 betrug die rechtwinklige Winkeldistanz zu HR 8799: $\varrho_{x,1998} = 1,411''$, $\varrho_{y,1998} = 0,968''$, am 18. 9. 2008 betrug sie: $\varrho_{x,2008} = 1,528''$, $\varrho_{y,2008} = 0,798''$.

Aufgabe 2: Man berechne aus diesen Positionen den Bahnradius des Exoplaneten in AE. Die Umlaufbahn sei dabei als kreisförmig und in der Himmelsebene liegend gedacht. Die tatsächliche Bahnneigung ist mit $i = 19,2^\circ$ bei diesen Abschätzungen vernachlässigbar klein.

Aufgabe 3: Welche Strecke Δs (in AE) hat HR 8799 b zwischen den beiden oben angegebenen Positionen zurückgelegt?

Aufgabe 4: Wie lange benötigt der Exoplanet für einen Umlauf um seinen Stern? Die Angabe der Umlaufperiode P erfolge in der Einheit Jahr.

Aufgabe 5: Ist die Umlaufbahn eines Planeten bekannt, so lässt sich aus dem Bahnradius und der Umlaufperiode ganz leicht die Masse des Zentralgestirns berechnen. Dies gelingt mit Hilfe des dritten keplerschen Gesetzes. Es lautet in der hier nützlichen Form unter Vernachlässigung der Masse des Planeten:

$$M_{\text{HR 8799}} = \left(\frac{2\pi}{P}\right)^2 \frac{a^3}{G}.$$

Man gebe die Masse von HR 8799 in Vielfachen der Sonnenmasse an. Astronomische Einheit: $1 \text{ AE} = 149,6 \text{ Mio. km}$, Sonnenmasse: $1 M_\odot = 1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$, Gravitationskonstante: $G = 6,6743 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$. AMQ

Ihre Lösungen senden Sie bitte bis zum **15. Mai 2009** an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Max-Planck-Institut für Astronomie, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: (+49)0 62 21–52 82 46. Einmal im Jahr werden unter den erfolgreichen Lösern attraktive Preise verlost: siehe Seite 115.