

einen Gesteinsplaneten als Kern bestehen. Eine solche Welt wäre für Leben, wie wir es kennen, ungeeignet.

Setzt man bei GJ 667Cc einen erdähnlichen Aufbau mit gleicher mittlerer Dichte und chemischer Zusammensetzung voraus, so würde auf seine hypothetischen Bewohner die 1,65-fache Erdschwerkraft einwirken. Für Menschen wäre diese Belastung auf längere Sicht nicht tragbar, es würden sowohl ihr Skelett als auch ihr Herz-Kreislauf-System überlastet. Demnach ist auch GJ 667Cc keine zweite Erde.

GJ 667Cb ist im Mittel 0,05 Astronomische Einheiten – also 7,5 Millionen Kilometer – von seinem Zentralgestirn entfernt und hat eine Masse von rund sechs Erdmassen. Für einen Umlauf benötigt er nur 7,2 Tage. Durch die Nähe zu seiner Sonne ist auch er für Leben zu heiß (siehe Grafik oben).

Das Forscherteam um Anglada-Escudé hat in den Dopplersignalen Hinweise auf zwei weitere Planeten in diesem System gefunden. Um diese beiden Welten zu bestätigen, sind allerdings genauere Daten erforderlich. Einer der beiden Kandi-

Die habitable Zone des roten Zwergsterns GJ 667C (unten) ist wegen seiner geringeren Leuchtkraft deutlich kleiner als die des Sonnensystems – man beachte den unterschiedlichen Maßstab. Während Planet b und Merkur zu heiß sind für flüssiges Wasser, befindet sich Planet c in hierfür geeignetem Abstand – der noch unbestätigte Planet d nur dann, wenn er eine kohlendioxidreiche Atmosphäre aufweist. Die schmalen grünen Bereiche stellen den inneren Rand der habitablen Zone bei unterschiedlichem Bedeckungsgrad durch Wolken dar.

### Potenziell lebensfreundliche Welten

In den letzten Monaten wurden von Astronomen immer wieder potenziell lebensfreundliche Planeten mit ähnlichen Eigenschaften gemeldet. Darunter befinden sich die Welten Kepler 22 und GJ 581d (siehe SuW 2/2012, S. 16 und SuW 9/2011, S. 14). Besonders umstritten in der Fachwelt sind die Begleiter GJ 581g und 581f, deren bloße Existenz mittlerweile stark angezweifelt wird. Für alle diese Planeten gilt aber, dass sie keine zweite Erde sind, da ihre Massen zu hoch liegen. Die kürzlich mit dem Weltraumteleskop Kepler aufgespürten erdgroßen Welten bei den Sternen Kepler 20 und KOI 961 sind dagegen ihren Zentralgestirnen zu nahe, somit mehrere hundert Grad heiß und für Leben ungeeignet (siehe SuW 3/2012, S. 48).

Ähnliches gilt auch für einen weiteren Planeten von GJ 667C, der innerhalb der Bahn von GJ 667Cc seine Runden zieht:



### ZUM NACHDENKEN

## Das Dreifachsystem GJ 667

Eine kleine Überraschung ist der Fund von Exoplaneten im Dreifach-Sternsystem GJ 667. Dort umkreisen ein Paar aus K-Sternen und ein roter Zwergstern den gemeinsamen Schwerpunkt des Systems. Der Rote Zwerg GJ 667C hat gegenwärtig etwa den Abstand  $a_C = 230$  AE zu dem engeren Paar aus GJ 667A und B. Die wiederum umkreisen einander im Abstand von  $a_{AB} = 12,6$  AE.

**Aufgabe 1:** Man berechne mit Hilfe des dritten keplerschen Gesetzes

$$P/a = \sqrt{\frac{(a/AE)^3}{(M_1 + M_2)/M_\odot}}$$

a) die Umlaufzeit  $P_C$  des Roten Zwergs um das enge Paar und b) die Umlaufzeit  $P_{AB}$  der Komponenten A und B umeinander. Die Massen der drei Sterne sind  $M_A = 0,73 M_\odot$ ,  $M_B = 0,69 M_\odot$  und  $M_C = 0,31 M_\odot$ .

**Aufgabe 2:** Die visuellen Helligkeiten der drei Komponenten sind  $m_A = 6,37$  mag,  $m_B = 7,38$  mag und  $m_C = 10,22$  mag. Mit Hilfe des Entfernungsmoduls

$$\Delta m = m - M = 5 \text{ mag} \cdot \lg(d/10 \text{ pc})$$

und dem Abstand  $d = 6,84$  pc des Dreifachsystems zur Erde bestimme man die visuellen absoluten Helligkeiten  $M_v$  der drei Sterne.

daten, GJ 667Cd, könnte eine weitere Supererde mit etwa sechs Erdmassen sein, die rund 75 Tage für einen Umlauf benötigt und 0,24 Astronomische Einheiten (35,2 Millionen Kilometer) vom Stern entfernt ist (siehe Grafik S. 19). Auf der Oberfläche dieses Planeten könnte nur dann flüssiges Wasser vorkommen, wenn er von einer dichten, kohlendioxidreichen Gas-hülle umgeben ist. Sie würde dann durch den Treibhauseffekt dafür sorgen, dass die Temperaturen im lebensfreundlichen Bereich liegen.

### Ein Sternsystem in unserer Nachbarschaft

Das Dreifach-Sternsystem GJ 667 ist rund 22 Lichtjahre von uns entfernt und liegt somit in unserer näheren kosmischen Umgebung. Die Bezeichnung GJ geht auf die deutschen Astronomen Wilhelm Giese (1915–1993) und Hartmut Jahreis zurück, die bis zum Jahr 1991 Ergänzungen ihres Katalogs sonnennaher Sterne veröffentlichten. Er enthält 3803 Sterne bis zu einer Entfernung von rund 70 Lichtjahren.

GJ 667 ist ein so genanntes hierarchisches Dreifach-Sternsystem, in dem die Komponenten GJ 667A und GJ 667B in einem geringen Abstand von im Mittel 12,6 Astronomischen Einheiten ihren gemeinsamen Schwerpunkt auf elliptischen Bahnen umrunden. Sie benötigen für einen Umlauf rund 42 Jahre. Von der Erde aus erscheinen sie als ein Lichtpunkt

mit einer Helligkeit von 6 mag, da sie am Himmel nur einen Abstand von 1,8 Bogensekunden haben. Wesentlich weiter außen umkreist die Komponente GJ 667C die beiden Sterne. Sie ist in Fernrohren als 10,2 mag heller Stern in einem Abstand von einer halben Bogenminute von den beiden Hauptkomponenten zu sehen.

Erstaunlich ist, dass im System GJ 667 überhaupt Planeten vorkommen, denn alle drei Sterne enthalten im Vergleich zu unserer Sonne nur etwa ein Viertel des Gehalts an schwereren Elementen wie Kohlenstoff, Silizium und Eisen. Bisherige Untersuchungen an den rund 760 bekannten Exoplaneten zeigen, dass die Wahrscheinlichkeit ihrer Anwesenheit mit dem Gehalt an schweren Elementen in den Spektren der Muttersterne wächst.

TILMANN ALTHAUS

### Literaturhinweise

**Anglada-Escudé, G. et al.:** A planetary system around the nearby M dwarf GJ 667C with at least one super-earth in its habitable zone. In: The Astrophysical Journal Letters 2012, eingereicht.

[arxiv.org/abs/1202.0446](http://arxiv.org/abs/1202.0446)

**Bonfils, X. et al.:** The HARPS search for southern extra-solar planets, XXXI. The M-dwarf sample. In: Astronomy & Astrophysics 2012, eingereicht.

[arxiv.org/abs/1111.5019](http://arxiv.org/abs/1111.5019)

Hauptreihensterne des Dreifachsystems von GJ 667 gilt deshalb näherungsweise:

$$L/L_{\odot} = (\mathcal{M}_L/M_{\odot})^{3,5}$$

Man berechne die Massen  $\mathcal{M}_L$  und vergleiche mit den eingangs genannten Literaturwerten  $\mathcal{M}$ .

**Aufgabe 6:** Welche scheinbare Helligkeit haben die drei Komponenten am Himmel der Supererde 667Cc, wenn diese ihr Zentralgestirn im Abstand von 0,12 AE umrundet? AMQ

Ihre Lösungen senden Sie bitte bis zum **15. April 2012** an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Haus der Astronomie, MPIA-Campus, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: 06221 528377. Einmal im Jahr werden unter den erfolgreichen Lösern Preise verlost: siehe S. 117

**Aufgabe 3:** Gemäß ihrer Spektraltypen K3V, K5V und M1,5V strahlen die drei Komponenten ihre Energie unterschiedlich ab. Dies berücksichtigt die bolometrische Korrektur  $BC = M_b - M_v$ . Es gilt:  $BC_A = -0,50$  mag,  $BC_B = -0,72$  mag und  $BC_C = -1,77$  mag. Wie groß ist demnach ihre bolometrische Helligkeit  $M_b$ ?

**Aufgabe 4:** Man bestimme die Leuchtkraft  $L$  der drei Sterne. Dabei hilft der Vergleich mit der bolometrischen Helligkeit  $M_{b\odot} = 4,72$  mag der Sonne:

$$M_b - M_{b\odot} = -2,5 \text{ mag} \cdot \lg(L/L_{\odot})$$

**Aufgabe 5:** Der beobachtenden Astronomie gelang es, einen Zusammenhang zwischen Masse und Leuchtkraft der Sterne aufzustellen. Diese so genannte Masse-Leuchtkraft-Beziehung entdeckte Sir Arthur Eddington im Jahr 1924. Für die

Beratung, Service, Verkauf. Wir liefern weltweit!



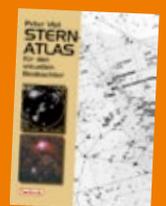
**SPLER PLANETENOKULARE**  
3, 5, 6, 9 mm 76 €  
12,5, 14,5, 18 mm 76 €



**LACERTA MGEN-II**  
Stand Alone Autoguider 549 €  
mit 50 mm Leitrohr 593 €  
mit 80 mm Leitrohr 688 €  
(Leitrohr inkl. justierbare Halterung)



**FORNAX-10**  
Reisemontierung inkl. Steuerung: 449 €  
Polarblock: 159 €



**VIZI STERNATLAS**  
finden statt herumsuchen 19 €



**BILDFELDEBNER FÜR ED-APO**  
mit 1,1x Faktor 79 €



**CASTELL FILTER**  
UHC oder OIII 1,25" 39 €  
UHC oder OIII 2" 59 €  
CLS 1,25" 49 €  
CLS 2" 79 €



**1:10 UNTERSETZUNG**  
für SkyWatcher Crayford 59 €



**BAHTINOV MASKE**  
(von 80mm bis 300mm) ab 18 € bis 48 €



**LACERTA OAGHU48**  
Off Axis Guider 199 €



**BIM-105 MIKROSKOPFAMILIE**  
Monokular: 198 €  
Binokular: 268 €  
Trinokular: 338 €



**LACERTA INFINITY SERIES**  
LIS-basic Trino: ab 1099 €  
mit Phasenkontr.: ab 1498 €  
mit Cardioid DF: ab 1803 €



**ZEISS PRIMOSTAR MIKROSKOPE**  
Fix Köhler & Bino: ab 1315 €  
Full Köhler & Trino: ab 2068 €  
mit Phasenkontr.: ab 2262 €

TUNING

ZUBEHÖR, WELCHES NICHT FEHLEN DARF

UND WENN ES REGNET