

All durchqueren und innerhalb einer Generation ihr Ziel erreichen soll: Proxima Centauri. Die Initiative finanziert in Zusammenarbeit mit der Europäischen Südsternwarte sogar die Erweiterung der Instrumentierung eines der ESO-Großteleskope des Very Large Telescope, um nach weiteren Planeten im Alpha Centauri System zu suchen.

Aber ginge eine derartige Reise in ein Doppel- oder ein Dreifachsystem? Das herauszufinden, gestaltete sich bislang trotz der vergleichsweise großen Nähe aller drei Sterne als erstaunlich schwierig. Das liegt hauptsächlich daran, dass Proxima Centauri mit einer scheinbaren visuellen Helligkeit von rund 11 mag wirklich sehr leuchtschwach ist. Astronomen benötigen hochgenaue Daten über seine Radialgeschwindigkeit, also wie schnell sich der Stern auf uns zu oder von uns wegbewegt. Die Radialgeschwindigkeit lässt sich über die Dopplerverschiebung der Spektrallinien ermitteln: Bewegt sich ein Stern auf uns zu, ist sein Licht leicht ins Bläuliche verschoben, bewegt er sich von uns weg, ins Rötliche. Mit Hilfe dieses Effekts begeben sich Astronomen auch auf die Jagd nach Exoplaneten, denn ein solcher bringt seinen Stern auf Grund der Schwerkraft ganz leicht zum Wackeln.

### Präzise Radialgeschwindigkeit

Pierre Kervalla und seine Kollegen nutzten zur Bestimmung der Radialgeschwindigkeit die Daten eines der Instrumente, die für die Suche nach Exoplaneten eingesetzt werden: Der Spektrograf HARPS am 3,6-Meter-Teleskop der Europäischen Südsternwarte ESO in der chilenischen Atacamawüste eignet sich hervorragend für derartige Beobachtungen. Mit diesen Messungen bestimmten die Forscher die Radialgeschwindigkeit von Proxima Centauri erstmals hochpräzise: Sie beträgt  $-21,7$  Kilometer pro Sekunde. Gemäß dem Minuszeichen bewegt sich der Stern derzeit auf uns zu. Die Radialgeschwindigkeit von Alpha Centauri AB hingegen ist  $-22,39$  Kilometer pro Sekunde. Aus den beiden Werten folgt nun die Geschwindigkeit der Sterne relativ zueinander.

Dabei gab es zunächst einige Störquellen zu beachten, welche die Spektrallinien eines Sterns ebenfalls verschieben können: Da ist einerseits die so genannte konvektive Blauverschiebung, die durch die Konvektion der Sternmaterie an dessen Oberfläche entsteht. Steigt heißes

Material aus dem Inneren eines Sterns auf, nimmt es eine größere Fläche ein als das absinkende kältere Material und verschiebt so einige Spektrallinien ins Bläuliche. Je größer und heißer der Stern ist, desto stärker macht sich dieser Effekt bemerkbar – weshalb er zwar bei Alpha Centauri AB beachtet werden musste, für Proxima Centauri aber vernachlässigbar war. Andererseits spielt auch die gravitative Rotverschiebung eine Rolle, die das Licht eines Sterns auf Grund seiner Schwerkraft ins Rötliche verschiebt. Für Proxima Centauri beläuft sich dieser Effekt auf immerhin 504 Meter pro Sekunde.

Sind die drei Sterne tatsächlich aneinander gebunden, darf ihre Relativge-

schwindigkeit einen gewissen Grenzwert nicht überschreiten. Oberhalb dessen ist die Bewegungsenergie des Systems größer als die aus der Schwerkraft resultierende Potenzialenergie. Dieser Grenzwert beträgt in diesem Fall 545 Meter pro Sekunde. Proxima Centauri und Alpha Centauri AB bewegen sich derzeit aber mit einer Geschwindigkeit von nur 293 Metern pro Sekunde voneinander fort. Fazit: Sie gehören tatsächlich zusammen (siehe Grafik S. 17).

Bei der Gelegenheit konnten Kervalla und seine Kollegen auch die Umlaufbahn von Proxima Centauri genauer festlegen. Unser nächster Nachbarstern umläuft seine Doppelsternpartner einmal alle 547 000 Jahre auf einer elliptischen

## ZUM NACHDENKEN

# Das Dreifachsystem Alpha und Proxima Centauri



In unserem rund 150 000 Lichtjahre großen Milchstraßensystem tummeln sich zwar 400 Milliarden Sterne, dennoch ist die mittlere Sterndichte am Ort der Sonne mit  $n = 0,14$  Sternen pro Kubikparsec recht klein. Zur unmittelbaren Nachbarschaft zählen auch die drei Sterne Alpha Centauri A und B sowie Proxima Centauri. Während die beiden Komponenten des Doppelsterns Alpha Centauri am Himmel nur wenige Bogensekunden auseinander sind, steht Proxima rund zwei Grad abseits. Nach jüngsten Erkenntnissen trifft tatsächlich zu, was die Astronomen schon länger vermuteten: Der massearme rote Zwergstern Proxima ist gravitativ an Alpha Centauri gebunden.

**Aufgabe 1: a)** In wie vielen Kubikparsec  $N_{pc}$  und Kubiklichtjahren  $N_{Lj}$  findet man in der Sonnenumgebung im Mittel je einen Stern?  $1 \text{ pc} = 3,26 \text{ Lj}$ . **b)** Wie groß ist dort der mittlere Abstand  $d_M$  der Sterne (in pc)?

**Aufgabe 2:** Die Entfernung von Alpha Centauri ist  $d_\alpha = 1,3384 \text{ pc}$ , diejenige von Proxima  $d_p = 1,3008 \text{ pc}$ . Um wie viel näher,  $\Delta d$ , ist Proxima? Man gebe das Resultat in Vielfachen der Astro-

nomischen Einheit (AE) an. **Hinweis:** Die Definition des Parsec  $1 \text{ pc} = 1 \text{ AE} / \tan(1^\circ/3600)$  hilft bei der Umrechnung.

**Aufgabe 3:** Erstmals ließ sich die Radialgeschwindigkeit von Proxima genau bestimmen, diejenige von Alpha war schon länger bekannt. Mit ihrer Hilfe ergab sich für Proxima eine relative Raumgeschwindigkeit von  $v_p = 273 \text{ m/s}$ . Proxima ist nicht an den Doppelstern gebunden, wenn unser nächster Nachbarstern die Geschwindigkeit  $v_{\max} = (2 G M_{\text{ges}}/d_{\alpha p})^{1/2}$  überschreitet. Mit den Sternmassen  $M_{\alpha A} = 1,1055 M_\odot$ ,  $M_{\alpha B} = 0,9373 M_\odot$  und  $M_p = 0,1221 M_\odot$ , wobei  $M_{\text{ges}} = M_{\alpha A} + M_{\alpha B} + M_p$ , sowie der gegenwärtigen Distanz zwischen Alpha und Proxima Centauri  $d_{\alpha p} = 12947 \text{ AE}$  überprüfe man dies. Sonnenmasse:  $M_\odot = 1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ , Gravitationskonstante:  $G = 6,6743 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ ,  $1 \text{ AE} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$ . AMQ

Ihre Lösungen senden Sie bitte bis zum **7. April 2017** an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Haus der Astronomie, MPIA-Campus, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: 06221 528377. PDF: zum-nachdenken@sterne-und-weltraum.de. Einmal im Jahr werden unter den erfolgreichen Lösern **Preise** verlost: siehe S. 93