

rong setzten diese Überlegungen in einer Computersimulation um. Dazu nahmen sie einen Jupiter-ähnlichen Planeten an, der von Monden mit der Masse der Erde in unterschiedlichen Exzentrizitäten umkreist wird. Anschließend konnten sie die Energie berechnen, die auf Grund der Gezeitenkräfte innerhalb der Monde freigesetzt wird. Das Ergebnis: Solch ein Mond könnte auch außerhalb der habitablen Zone flüssiges Wasser beherbergen, solange er seinem Planeten nah genug ist (siehe S. 23 unten).

Anschließend stellten die Forscher das Konzept der »Superhabitabilität« vor: Dar-

unter fassen sie Bedingungen zusammen, die zwar nicht erdähnlich sind, aber trotzdem oder gerade deswegen bessere Bedingungen für die Entwicklung von Leben als die Erde bieten – so genannte superhabitabile Welten. Dazu würde beispielsweise ein erdähnlicher Planet von vergleichbarer Größe gehören, dessen Oberfläche, auf der flüssiges Wasser vorkommen kann, größer ist als diejenige der Erde.

Andererseits könnten auch Wüstenplaneten superhabitabel sein, also Planeten, die über weniger Wasservorräte verfügen als die Erde. Der Grund ist ihre größere Flexibilität betreffend ihrer Position in-

nerhalb der habitablen Zone: Am inneren Rand tritt der Treibhauseffekt nicht so schnell auf. Am äußeren Rand hingegen erschwert eine niedrigere Luftfeuchtigkeit die Wolkenbildung und somit auch jenen Schneefall, der den Planeten gefrieren lässt.

Aber auch andere Faktoren können eine Rolle spielen. So kann ein im Vergleich zur Erde mit ihren knapp fünf Milliarden Jahren älterer Planet als superhabitabel betrachtet werden, wenn er dem irdischen Muster folgt, dass die Biodiversität mit fortschreitendem Alter des Planeten wächst.

Die Masse des Sterns wiederum beeinflusst die Menge an UV-Strahlung, welcher der Planet ausgesetzt ist: Ist der Stern zu groß, trifft zu viel dieser lebensfeindlichen Strahlung auf die Oberfläche. Daher wären Zwergsterne, die nur wenig UV-Strahlung aussenden, besonders geeignet, um superhabitabile Planeten zu beherbergen. Ein weiterer Vorteil: Ihre aktive Phase als Stern dauert sehr viel länger als diejenige der Sonne, was wiederum ältere Planeten ermöglicht und damit mehr Zeit für die komplizierte Entwicklung biologischer Aktivität lässt.

### Alpha Centauri B

Aus den neuen Erkenntnissen schließen die Autoren, dass potenziell superhabitabile Planeten direkt in unserer kosmischen Nachbarschaft liegen könnten – und zwar um den Zwergstern Alpha Centauri B, der lediglich vier Lichtjahre von der Erde entfernt ist (siehe Bild S. 22). Das ist ein interessanter Gedanke, erlaubt doch die große Nähe relativ genaue Beobachtungen, die klären könnten, ob Leben auch auf Welten möglich ist, die der Erde ganz und gar nicht ähnlich sehen.

*FRANZISKA KONITZER studierte Physik und Astrophysik an der University of York in Großbritannien und schloss das Studium mit einem Master ab. Derzeit ist sie in München als freie Journalistin tätig.*

## ZUM NACHDENKEN

# Der Erdähnlichkeits-Index ESI



Ein Index zur Bewertung von Exoplaneten hinsichtlich ihrer Ähnlichkeit zur Erde ist angesichts der vielen Funde erdgroßer und erdähnlicher Planeten, von Erdzwillingen und Super-Erden, von habitablen, also lebensfreundlichen Planeten und solchen ähnlicher Masse oder Größe sicherlich von großem Nutzen. Hierzu dient der Earth Similarity Index (ESI): Keinerlei Ähnlichkeit zur Erde entspricht ESI = 0, perfekte Duplizität wäre ESI = 1. Der ESI für eine bestimmte Eigenschaft  $x$  ist definiert durch die Gleichung:

$$ESI_x = \left( 1 - \left| \frac{x - x_0}{x + x_0} \right| \right)^{w_x}$$

Darin bezeichnet der Index 0 den entsprechenden irdischen Vergleichswert, und  $w_x$  ist eine Gewichtung der Eigenschaft in Relation zu anderen Eigenschaften (siehe Tabelle unten). Der geometrische Mittelwert ESI für alle betrachteten Eigenschaften  $x_i$  ist dann die  $n$ -te Wurzel des Produkts der  $ESI_{x_i}$ :

$$ESI = \left( \prod_{i=1}^n ESI_{x_i} \right)^{1/n}$$

### Gewichtung der Eigenschaften

Eigenschaft	$R$	$\rho$	$v_{esc}$	$T$
$w_x$	0,57	1,07	0,70	5,58

**Aufgabe:** In der Tabelle rechts sind jeweils Masse  $M$ , Radius  $R$  und Oberflächentemperatur  $T$  von Erde, Venus und

### Eigenschaften der Planeten

Objekt	$M$ [ $M_{\oplus}$ ]	$R$ [ $R_{\oplus}$ ]	$T$ [K]
Erde	1	1	288
Venus	0,815	0,949	730
Mars	0,107	0,533	210
Gl 581 c	5,5	1,5	700
GJ 667C c	3,8	1,54	286
GJ 667C f	2,7	1,4	259
HD 40307 g	7,09	1,82	270
$\tau$ Ceti e	4,29	1,59	323
Kepler 22 b	20,36	2,35	310
Kepler 61 b	13,85	2,15	314
Kepler 62 e	4,54	1,61	302
Kepler 186 f	1,23	1,11	227
KOI-3284.01	0,68	0,93	304
KOI-5123.01	1,16	1,09	298

Mars sowie einiger besonders interessanter Exoplaneten aufgelistet, manche der Werte sind Schätzungen. Man bestimme für alle diese Objekte den Earth Similarity Index. Mittlere Dichte  $\rho$  und Fluchtgeschwindigkeit  $v_{esc}$  sind abgeleitete Größen:  $\rho = (4 \pi / 3) M / R^3$ ,  $v_{esc} = (2 G M / R)^{1/2}$ , Gravitationskonstante  $G = 6,6743 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ ,  $M_{\oplus} = 5,974 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ,  $R_{\oplus} = 6378 \text{ km}$ . AXEL M. QUETZ

Ihre Lösungen senden Sie bitte bis zum **12. November 2014** 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. 109

### Literaturhinweise

**Heller, R., Armstrong, J.:** Superhabitable Worlds. In: Astrobiology 14(1), S. 50 – 66, 2014  
**Heller, R.:** Extrasolare Monde – schöne neue Welten? In: Sterne und Weltraum 11/2013, S. 30 – 41