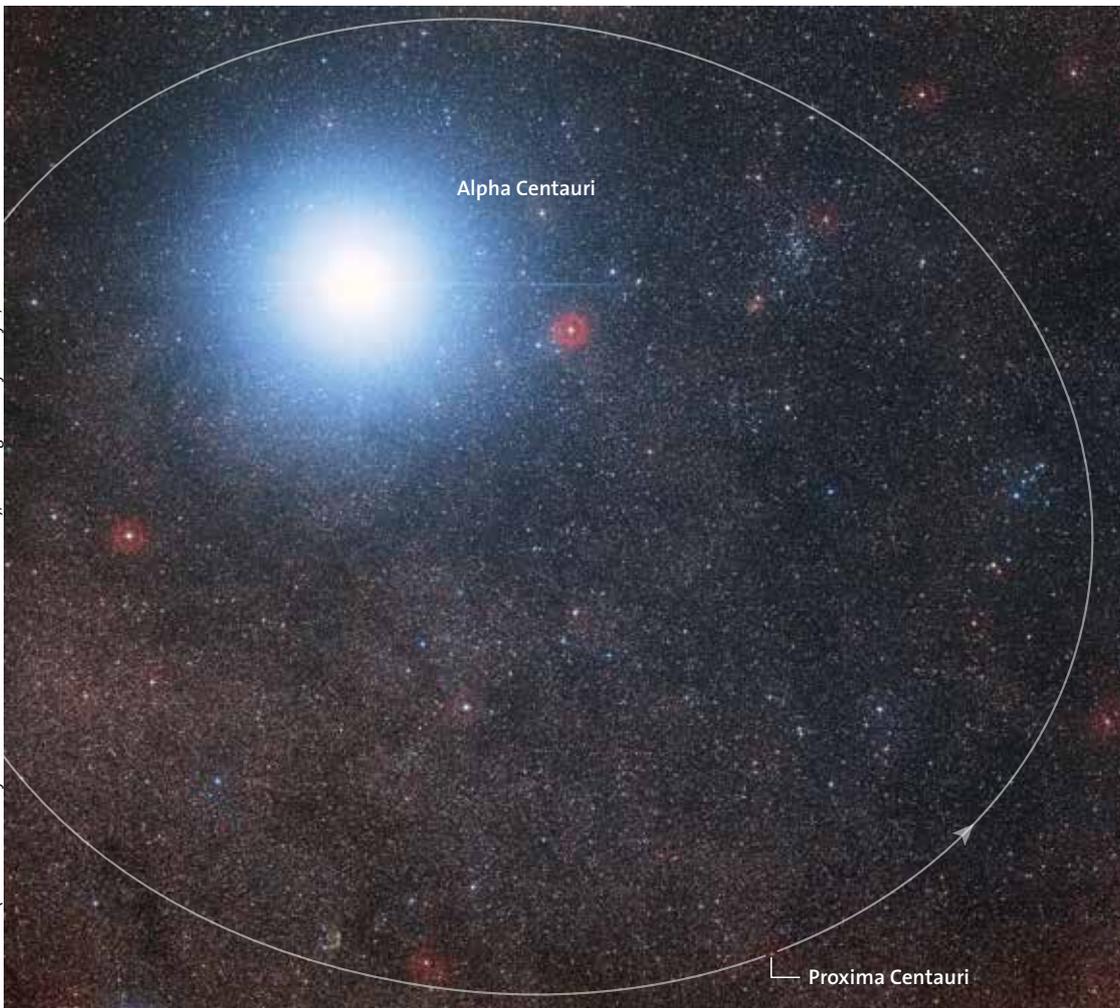




Pierre Kervella (CNRS / University of Chile / Observatoire de Paris / LESIA), ESO / Digitized Sky Survey 2, Davide De Martin / Mahdi Zamani



Proxima Centauri ist der nächste Stern jenseits der Sonne. Er umrundet den deutlich massereicheren Doppelstern Alpha Centauri auf einer elliptischen Laufbahn einmal alle 547 000 Jahre. Sein Winkelabstand am Himmel schwankt dabei zwischen rund 0,7 und 2,2 Grad, während sich der wahre Abstand zwischen 4000 und 13 000 Astronomischen Einheiten bewegt.

Ein Dreifachsystem am Ende des kosmischen Katzensprungs

Bislang gab es nur Indizien dafür, dass unsere nächsten stellaren Nachbarn, Proxima und Alpha Centauri, durch die Schwerkraft aneinander gebunden sind. Die endgültige Bestätigung lieferten Wissenschaftler erst jetzt: Demnach umrundet Proxima Centauri das Doppelsystem Alpha Centauri rund alle 550 000 Jahre.

Steckbrief – Alpha und Proxima Centauri

Der Doppelstern Alpha Centauri A und B bildet mit dem nächsten Nachbarn der Sonne, Proxima Centauri, ein Dreifachsystem. Mit seinen rund 6,5 Milliarden Jahren ist es etwas älter als das Sonnensystem. Die Winkeldistanz zwischen Alpha Centauri A und B liegt

derzeit bei rund sieben Bogensekunden, während Proxima Centauri von den beiden rund zwei Grad entfernt ist. Das entspricht einem Abstand von etwa 13 000 Astronomischen Einheiten (AE). Proxima ist uns rund 7800 AE näher als die beiden anderen Komponenten.

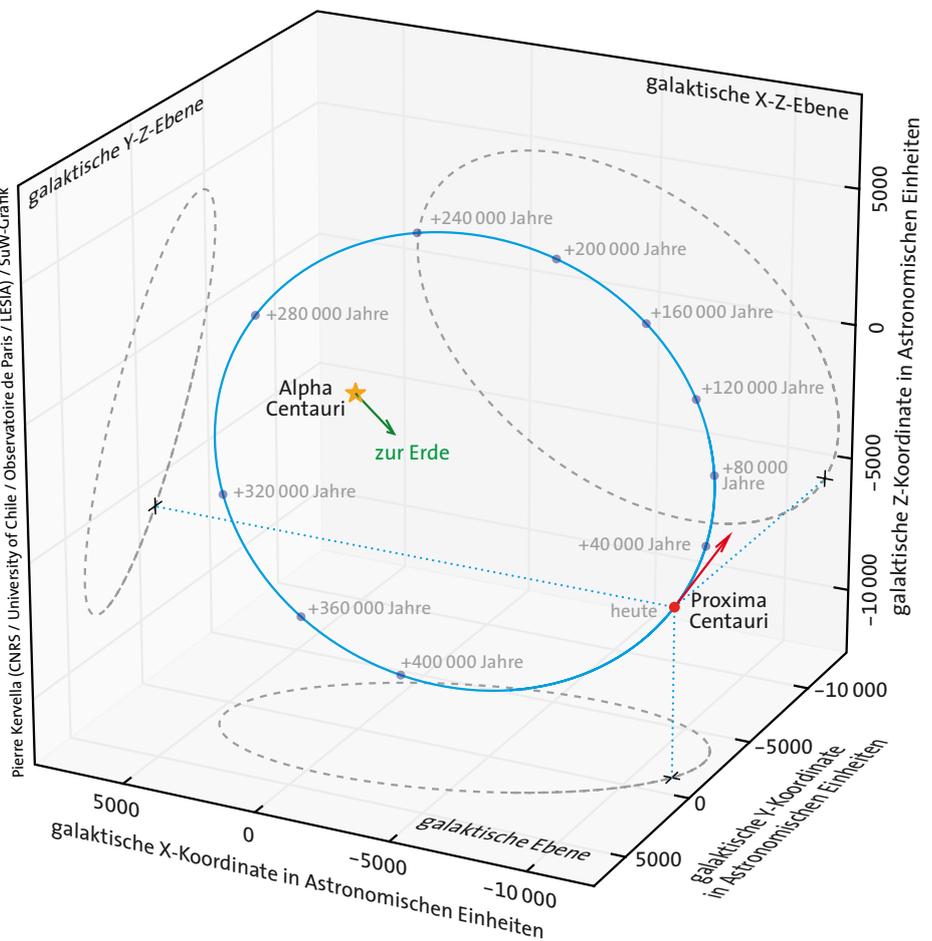
Das Dreifachsystem Alpha Centauri AB und Proxima Centauri							
Komponente	Position (2000)		Helligkeit [mag]	Umlaufperiode in Jahren	Entfernung in Lichtjahren	Masse in Sonnenmassen	Spektraltyp
	α	δ					
Alpha Centauri A	14 ^h 39 ^m 36,5 ^s	-60°50'02,4"	-0,01	79,9 um α Cen B	4,365	1,106	G2V
Alpha Centauri B	14 ^h 39 ^m 35,1 ^s	-60°50'15,1"	1,35	79,9 um α Cen A	4,365	0,937	K1V
Proxima Centauri	14 ^h 29 ^m 42,9 ^s	-62°40'46,2"	11,13	547 000 um α Cen AB	4,243	0,122	M5,5V

Damit wäre das also auch geklärt: Proxima und Alpha Centauri AB gehören zusammen. Zu diesem Schluss kommen Wissenschaftler um Pierre Kervella von der Universität Paris-Diderot auf Grund neuer Berechnungen, die sie im Fachmagazin »Astronomy and Astrophysics« vorstellen. Der uns nächste Stern Proxima ist demnach gravitativ an das Doppelsystem aus Alpha Centauri A und B gebunden, die Sterne bilden ein ungleiches Dreifachsystem. Denn Alpha Centauri A und B – rund 4,37 Lichtjahre entfernt im Sternbild Centaurus gelegen – sind mehr oder weniger sonnenähnlich. Alpha Centauri A leuchtet gelblich, Alpha Centauri B orange: Dem bloßen Auge erscheinen sie zusammen als dritthellster Stern am Nachthimmel. Sie umrunden sich rund alle 80 Jahre einmal (siehe Bild unten).

Vor 102 Jahren entdeckt: Proxima

Im Vergleich dazu kommt unser nächster Nachbar Proxima Centauri vergleichsweise mickrig daher: nur anderthalbmal so groß wie Jupiter, und mit bloßem Auge überhaupt nicht zu erkennen. Seine Leuchtkraft beträgt weniger als 0,2 Prozent der Sonnenhelligkeit. Kein Wunder, dass er erst im Jahr 1915 entdeckt wurde – obwohl er nur 4,24 Lichtjahre von der Erde entfernt ist.

Bei seiner Entdeckung fiel den Astronomen des frühen 20. Jahrhunderts sofort auf, dass sich Proxima Centauri räumlich in der Nähe des Doppelsystems befand und sich noch dazu in dieselbe Richtung bewegte. Reiner Zufall? Wohl kaum. Deshalb wurde der Zwergstern eigentlich schon immer als Teil des Systems betrachtet. Trotzdem war dies nur ein Indizienabschluss – ein endgültiger Beweis fehlte.



Die Klärung dieser Frage gewann an Dringlichkeit, als vor einigen Monaten bekannt wurde, dass Proxima Centauri einen Planeten hat, der sogar in der habitablen Zone umläuft. Dort könnte Wasser, sofern vorhanden, auf der Planetenoberfläche in flüssiger Form vorliegen. Darüber hinaus gibt es durchaus ernst zu nehmende Pläne, einmal »persönlich« bei unseren Nachbarn vorbeizuschauen. So plant die »Breakthrough Initiatives Starshot« den Bau einer Nanoraumsonde, die mit zwanzig Prozent der Lichtgeschwindigkeit das

Die Grafik zeigt die Umlaufbahn (blau) von Proxima Centauri um Alpha Centauri im dreidimensionalen Raum, aufgespannt durch die galaktische Ebene und die beiden zu ihr senkrechten Ebenen. Die gestrichelten Ellipsen sind die Projektionen der Bahn auf diese Ebenen. Relativ zur Erde bewegt sich Proxima Centauri derzeit mit einer Geschwindigkeit von $-21,7$ Kilometer pro Sekunde, also auf uns zu.



ESA / Hubble & NASA

Der Doppelstern Alpha Centauri ist einer der drei hellsten Sterne am Himmel. Auf diesem Bild der Wide-Field and Planetary Camera 2 an Bord des Weltraumteleskops Hubble stehen seine beiden Komponenten A und B in einem Abstand von 17 Bogensekunden zueinander. Wegen ihrer großen Nähe zueinander erscheint Alpha Centauri dem Auge immer als ein Einzelobjekt mit der Helligkeit $-2,7$ mag. Derzeit, 2017, sind es sogar nur 6 Bogensekunden. Wie Astronomen nun beweisen konnten, ist unser nächster stellarer Nachbar, Proxima Centauri, gravitativ an die beiden massereicheren Sterne gebunden; er liegt weit außerhalb dieser Aufnahme. Es handelt sich also in Wirklichkeit um ein Dreifachsystem.

Verpassen Sie keine Ausgabe!



JAHRES- ODER GESCHENKABO

Ersparnis:

12 x im Jahr **Sterne und Weltraum** für nur € 89,- inkl. Inlandsporto (ermäßigt auf Nachweis € 67,80), fast 10 % günstiger als der Normalpreis.

Wunschgeschenk:

Wählen Sie Ihren persönlichen Favoriten. Auch wenn Sie ein Abo verschenken möchten, erhalten Sie das Präsent.

Keine Mindestlaufzeit:

Sie können das Abonnement jederzeit kündigen.

Auch als Kombiabo:

Privatkunden erhalten für einen Aufpreis von nur € 6,-/Jahr Zugriff auf die digitale Ausgabe des Magazins im PDF-Format.

Buch »Die Physik der Zukunft«

Wie werden wir leben – in 20, 60, 100 Jahren? Der Physiker Michio Kaku beschreibt in seinem Buch auf spannende Weise den Weg in die Zukunft. Er befragte weltweit 300 namhafte Forscher aus den Bereichen künstliche Intelligenz, Raumfahrt, Medizin und Biologie bis hin zu Technik, um so ein realistisches Szenario vorzustellen.



WÄHLEN SIE IHR GESCHENK

LED-Rotlichtstirnlampe:

Diese Stirnlampe ist optimal zum astronomischen Arbeiten. Die Lichtmodi lassen sich wie folgt schalten: aus, zwei blinkende LED, vier LED, zwölf LED. Im Lieferumfang sind die benötigten drei AAA-Batterien nicht enthalten.



Bestellen Sie jetzt Ihr Abonnement!

service@spektrum.de | Tel.: 06221 9126-743
www.sterne-und-weltraum.de/abo



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, Δd , 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 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

Umlaufbahn und kann sich dabei bis auf 5270 Astronomische Einheiten (AE, Erdbahnradius) an sie annähern. Derzeit befindet er sich allerdings nahe seines fernsten Punkts bei 12 900 AE (siehe Grafik S. 17).

Die Autoren schreiben, dass sich das Dreifachsystem auf Grund der sehr schwachen gravitativen Wechselwirkungen gut als Testszenario für alternative Theorien der Gravitation eignen könnte. Darüber hinaus sind die Sterne wohl alle zur gleichen Zeit vor rund sechs Milliarden Jahren entstanden, sollten also aus denselben Zu-

taten bestehen. Und zu guter Letzt könnte der Beweis der Zusammengehörigkeit nun helfen, die Entstehung und Entwicklung des Exoplaneten um Proxima Centauri genauer nachzuvollziehen: Zumindest schließt er die Möglichkeit, dass es dort flüssiges Wasser gibt, nicht aus.

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 Journalistin tätig.

Literaturhinweis

Kervella, P., et al.: Proxima's orbit around Alpha Centauri. In: Astronomy and Astrophysics 598, L7, 2017



Breakthrough Initiatives
Starshot – eine Reise zu
Proxima Centauri: [https://
youtu.be/xRFxV4Z6x8s](https://youtu.be/xRFxV4Z6x8s)

Frauen in der Astronomie: Ungleichheit oder tatsächlich Ungleichbehandlung?

Die Gleichbehandlung von Frau und Mann ist gesetzlich geregelt. Dennoch gibt es in der Realität immer wieder Formen geschlechtsbezogener Diskriminierung. Auch die Astronomie ist davon nicht ausgenommen: Eine Analyse von Veröffentlichungen in einigen der wichtigsten Fachjournale zeigt, dass Artikel von weiblichen Erstautoren auch heute noch rund zehn Prozent seltener zitiert werden als die ihrer männlichen Kollegen.

Schon traditionell sind mathematisch-naturwissenschaftliche Forschungsgebiete männlich geprägt und auch in der Astronomie ist ein Großteil der Forschungsstellen mit Männern besetzt. Bei der Vergabe von Beobachtungszeit – sowohl beim Weltraumteleskop Hubble als auch bei den Teleskopen der Europäischen Südsternwarte ESO – werden Anträge männlicher Teamleiter mit etwas höherer Wahrscheinlichkeit akzeptiert. In Zeiten von Diskussionen über Frauenquote und Equal Pay – der gleichen Bezahlung für gleiche Arbeit – muss sich auch die Astronomie kritisch hinterfragen: Sind diese offensichtlichen Ungleichheiten tatsächlich das Resultat einer Ungleichbehandlung, oder sind sie vielleicht auch anders zu erklären?

Die beobachtete Ungleichheit bezüglich der Beobachtungsanträge könnte in der Tat eine direkte Konsequenz der weiter oben beschriebenen Unterschiede in der Anzahl von Frauen und Männern in der astronomischen Forschung sein. Beide Gruppen unterscheiden sich stark in ihrer Zusammensetzung bezüglich Herkunft und Alter. Es ist durchaus anzunehmen, dass – unabhängig vom Geschlecht – An-

träge erfahrener Forscher öfter bewilligt werden als die von jüngeren. Da anteilig mehr Männer einen höheren Grad an Berufserfahrung aufweisen, wäre die beobachtete Ungleichheit zwischen Frau und Mann nicht das Resultat einer Ungleichbehandlung, sondern lediglich zurückzuführen auf die Unterschiede in den Anzahlverhältnissen junger zu erfahrener Astronomen beiderlei Geschlechts.

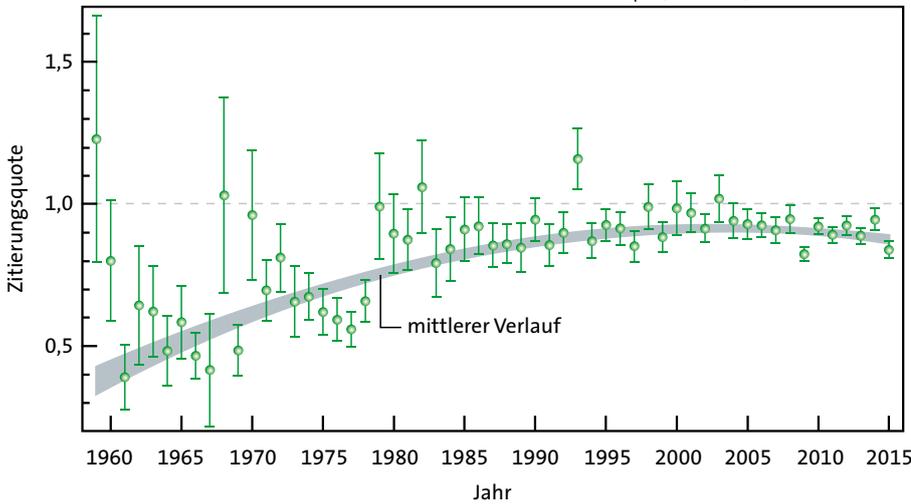
Datengrundlage: der ADS

Das bestehende Ungleichverhältnis von Frauen und Männern in der Astronomie kann aber somit unweigerlich immer als Ursache jedweder beobachteten Ungleichheit herangezogen werden. Ist es dann überhaupt möglich, irgendeine Art von Ungleichbehandlung nachzuweisen? Drei Forscher der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich haben versucht, diese Aufgabe mit Hilfe von maschinellem Lernen anzugehen. Unter Zuhilfenahme innovativer Algorithmen aus der Welt von »Big Data« haben sie sich der Frage gewidmet, ob sich Publikationen mit Frauen als Erstautor in der Häufigkeit unterscheiden, mit denen sie in anderen Arbeiten zitiert werden. Sie beantragten

eine Veröffentlichung ihrer Arbeit im Fachjournal Nature.

Als Datengrundlage diente ihnen das umfangreiche Publikationsarchiv des SAO/NASA Astronomy Data Service – kurz ADS, zu erreichen unter: ads.harvard.edu. Die Forscher untersuchten dabei Veröffentlichungen in den fünf Fachblättern »Astronomy and Astrophysics« (A&A), »Astrophysical Journal« (ApJ), »Monthly Notices of the Royal Astronomical Society« (MNRAS), »Nature« und »Science« aus den Jahren 1950 bis 2015. Die Daten aus dem ADS wurden noch um einige Attribute erweitert, wie zum Beispiel die geografische Region des Forschungsinstituts und den Fachbereich der Publikation.

Als besondere Herausforderung stellte sich die Bestimmung des Geschlechts der Erstautoren dar, da eine Geschlechterzuweisung nur auf Grund des Vornamens oder der Initialen nicht immer eindeutig, beziehungsweise sogar unmöglich war. Von den ursprünglich etwas mehr als 200 000 Publikationen blieben am Ende rund 150 000 übrig, bei denen sich den Erstautoren ein Geschlecht zuweisen ließ (siehe people.phys.ethz.ch/~caplarn/GenerBias/).



Bei der einfachen Betrachtung dieses Datensatzes erkannten die Forscher, dass Publikationen männlicher Erstautoren in den letzten Jahren etwa sechs Prozent häufiger zitiert wurden als diejenigen ihrer weiblichen Kolleginnen. Somit findet sich auch hier eine Ungleichheit zum Nachteil der Frauen, wie sie bereits weiter oben bei der Betrachtung anderer Aspekte festgestellt wurde.

Im Gegensatz zu anderen Studien konnten die Forscher der ETH Zürich nun aber noch einen Schritt weiter gehen. Die von ihnen angereicherten Publikationsdaten erlaubten es, einen Algorithmus zu entwickeln, der die zu erwartende Zitierhäufigkeit eines Papers vorhersagt. Dies geschah zum einen auf Basis einiger geschlechterunabhängigen Eigenschaften des Erstautors (zum Beispiel der Berufserfahrung oder der geografischen Region der Heimatinstituts). Zum anderen fußt es auf der Veröffentlichung selbst (Anzahl der Querverweise auf andere Veröffentlichungen, Anzahl der Zweitautoren und auch das Fachjournal der Veröffentlichung).

Dieser Algorithmus war tatsächlich in der Lage, die Anzahl der Zitierungen bei Publikationen mit männlichen Erstautoren zu reproduzieren. Bei der Betrachtung eines Datensatzes mit ausschließlich weiblichen Erstautoren lag die tatsächliche Zitierhäufigkeit im Schnitt jedoch um rund zehn Prozent niedriger als die Prognose des Algorithmus.

Die Forscher betonten, dass dieses Ergebnis lediglich ein Hinweis und weniger ein Beweis für eine Ungleichbehandlung von Männern und Frauen sei, da die von ihnen mit in Betracht gezogenen Attribute in keiner Weise die einzigen wären, die zur Charakterisierung der Zitierhäufig-

Das Verhältnis der tatsächlichen zur prognostizierten Anzahl von Zitierungen für Publikationen weiblicher Erstautoren zeigt einen Anstieg über die Jahre bis etwa 2000. Der grau gezeichnete mittlere Verlauf steigt in diesem Zeitraum bis auf 0,9 an, liegt also unterhalb der Gleichverteilung von 1,0. Somit erhalten Frauen systematisch rund zehn Prozent weniger Zitierungen als Männer, obwohl die beschreibenden Eigenschaften der Publikationen ansonsten identisch sind.

keit herangezogen werden könnten. Es ist jedoch durchaus möglich, dass die gesehenen Zahlen tatsächlich das Ergebnis einer Ungleichbehandlung sind.

Es bleibt festzuhalten, dass somit die Möglichkeit besteht, mit Hilfe innovativer Analysemethoden etwaige Ungleichbehandlungen tatsächlich aufzudecken. Somit bleibt die Hoffnung, dass in der Zukunft Frauen in der Astronomie auch tatsächlich die gleichen Chancen erhalten wie ihre männlichen Fachkollegen. Denn nicht zuletzt entscheidet auch die Zitierhäufigkeit über Wohl und Wehe einer Karriere in der Astronomie.

MARKUS SCHMALZL war Postdoc bei »Allergo« (ALMA Local Expertise Group), einem Teil des europäischen ALMA Regional Centres, und ist jetzt »Data Scientist« bei der Firma Qudosoft.

Literaturhinweis

Caplan, N. et al.: Quantitative Evaluation of Gender Bias in Astronomical Publications from Citation Counts. arXiv: 1610.08984

Neue Dimensionen

Für große Sternfelder –
ab **129,- €¹**

NEU!

AR-102xs/460
Art.-Nr. 4802460

AR-102s/600
Art.-Nr. 4802600

AR-90s/500
Art.-Nr. 4890500

NEU!

Für Planeten –
ab **159,- €¹**

AR-102L/1350
Art.-Nr. 4802135

AR-90L/1200
Art.-Nr. 4890120

Für Astrofotografie –
ab **419,- €¹**

NEU!

NT-203s/800
Art.-Nr. 4803800

NT-203L/1200
Art.-Nr. 4803120



... auch mit bewährten
Montierungen –
ab **259,- €¹**

EXOS-2
EQ GOTO
Art.-Nr.
4964350

Twilight I AZ
Art.-Nr.
0725110

EXOS-2/EQ-5 · Art.-Nr. 4964250 (o. Abb.)
EXOS 1/EQ-4 · Art.-Nr. 4964200 (o. Abb.)

