

Planeten um Proxima Centauri – Fakten und Fiktion

In Bezug auf den Beitrag „Zwei Planeten um Proxima Centauri bestätigt“ in der Zeitschrift »Sterne und Weltraum« 12/2025, Rubrik: Nachrichten, S. 10, WIS-ID: 1571316, Zielgruppe: Oberstufe

Simon F. Kraus

Neuigkeiten über tatsächliche oder vermeintliche Nachweise von Exoplaneten in einer Umlaufbahn um Proxima Centauri – also den nächsten Nachbarstern der Sonne – üben traditionell eine starke Faszination aus. Es kann daher kaum verwundern, wenn auch Science-Fiction-Autoren sich immer wieder der Vorstellung bedienen, dass lebensfreundlichen Bedingungen auf einem hypothetischen Planeten um Proxima Centauri existieren könnten. Im Beitrag werden fiktionale Beispiele aufgegriffen und gezeigt, ob und inwiefern diese mit den aktuellen Erkenntnissen über die Verhältnisse im Proxima Centauri-System im Einklang stehen. Mit der Verbindung fiktionaler Inhalte und aktuellen Forschungsergebnissen lässt sich das doppelte motivationale Potential nutzen, welches sich durch das Zusammenspiel von Phantasie und wissenschaftlichen Fakten ergibt.

Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag		
Astronomie	Entfernungsbestimmung, M-Zwerg, Raumfahrt, Exoplaneten	Parallaxenmethode , Flare-Stern , heiße Jupiter , terrestrische Planeten , Planetenentstehung , interstellares Reisen
Physik	Relativitätstheorie, Mechanik	Relativistische Geschwindigkeiten , Zentripetalkraft , künstliche Schwerkraft
Fächerverknüpfung	Englisch-Unterricht, Deutsch-Unterricht	Übersetzungen , Textinterpretation , Medienbildung
Lehre allgemein	Kompetenzen Unterrichtsmittel Lehr-/Sozialformen	Aufgaben, fiktionale Texte, Projektarbeit, Abschätzungen, Modellieren

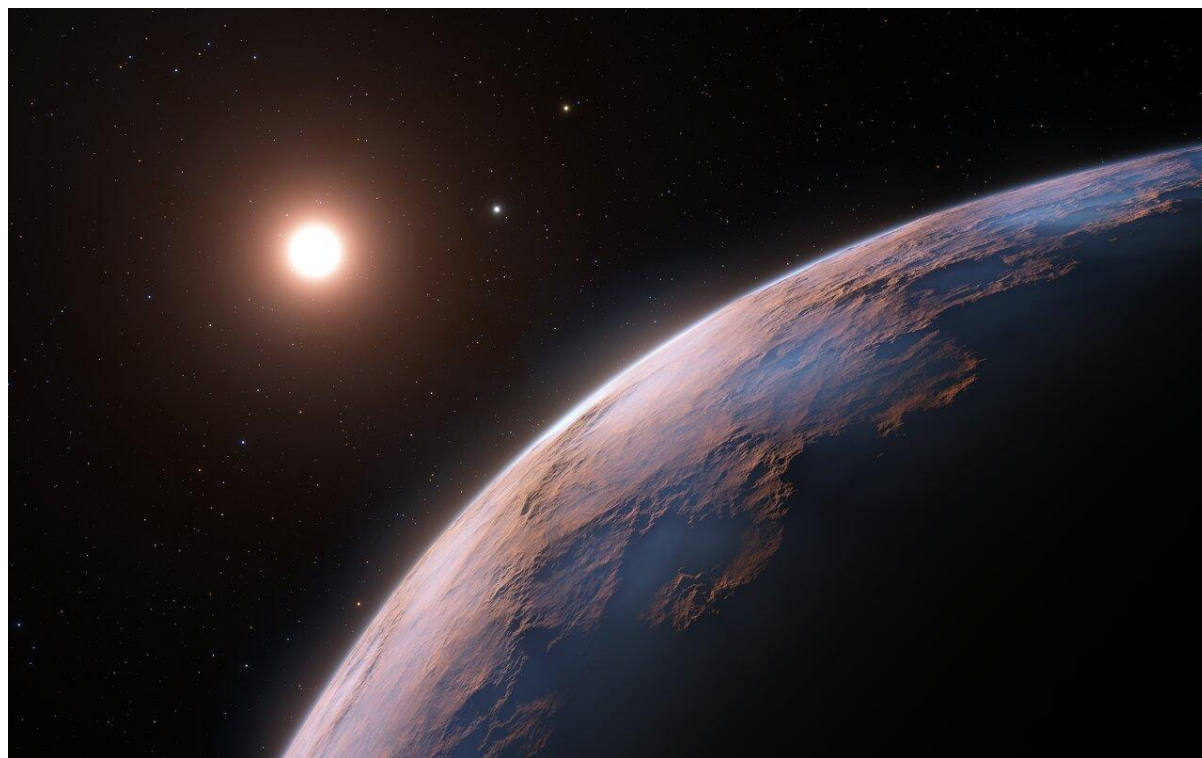


Abbildung 1 Künstlerische Darstellung des Planetenkandidaten Proxima Centauri d. Auch die Planeten Proxima Centauri b und c sind als helle Punkte rechts oberhalb des Sterns zu erkennen. (Quelle: ESO/L. Calçada, Lizenz: CC-BY 4.0).

Einleitung

Es ist gut bekannt, welche Faszination die Astronomie auf viele Menschen ausübt. Innerhalb der Gesamtheit aller astronomischen, astrophysikalischen und kosmologischen Gebiete genießen wiederum solche Themen das besondere Interesse der Öffentlichkeit, die besonders spektakulär anmuten. Und was wäre spektakulärer als der Nachweis von außerirdischem Leben?

Die Vorstellung, eine zweite Erde zu finden, oder auch einen anderen Planeten, der möglicherweise und trotz uns widrig oder ungewöhnlich erscheinender Bedingungen Leben beherbergt, ist sicherlich auch ein wesentlicher Faktor dafür, dass das Thema der Exoplaneten in einschlägigen Studien zum Interesse sehr weit vorn rangiert. Auch die Wissenschaft kann sich dieser Faszination nicht entziehen – sei es durch die Faszination der Forschenden selbst – oder auch durch die Erwartungshaltung, die sich schließlich auch in Schwerpunktsetzungen in der Forschungsförderung niederschlägt. Die Neugierde noch weiter anzuheizen, erscheint dabei als passende Strategie, die eigene Arbeit ins rechte Licht zu rücken. Zuweilen mag dabei vorkommen, dass Forschende in der öffentlichen Präsentation über das Ziel hinausschießen und ganze Planetenatmosphären sich letztlich unter dem Eindruck neuer Messdaten oder verbesserter Modelle in Wohlgefallen auflösen. Solche Strategien sind dabei keineswegs neu, sondern finden sich bereits bei den Diskussionen über die Möglichkeiten von Leben auf dem Mars, wie sie vornehmlich im 19. Jahrhundert geführt wurden (Kraus, 2023).

Die öffentliche Debatte wird sehr schnell auch zu einer Frage für die Didaktik, da erfahrungsgemäß – und wegen ihrer Aktualität und des potenziellen physikalisch-astronomischen Tiefgangs, der damit verbunden werden kann, auch dankenswerterweise – gerade solchen populären Themen auch in den Unterricht getragen werden.

In diesem Beitrag soll es jedoch um eine andere Form der Rezeption von Forschungserkenntnissen in der Öffentlichkeit gehen: Die Präsentation von neuen Erkenntnissen zu nahen Planeten – oder auch nur nahen Sternen – hat schon immer auch die Fantasie von Autorinnen und Autoren angeregt, sich im Rahmen von fiktionaler Literatur mit den neuesten Erkenntnissen der Astronomie auseinanderzusetzen. Die Bestätigung von zwei Exoplaneten um den nächsten Nachbarstern der Sonne – Proxima Centauri – soll hier auf einen solcher Aufhänger genutzt werden, um einen Blick in die fiktionale Literatur zu werfen, die sich seit der Erkenntnis, dass Proxima ein sehr naher Stern ist, diesen wiederholt als Handlungsort genutzt hat.

Auf welchen unterschiedlichen Wegen die Integration von fiktionaler Literatur in den Unterricht gelingen kann, wurde bereits an anderer Stelle (Kraus & Bernshausen, 2024) im Detail diskutiert. Es soll daher an dieser Stelle lediglich auf die Potentiale der Fächerverbindung zum Deutschunterricht (Interpretation von Texten unter der Berücksichtigung des Entstehungszeitraums sowie des persönlichen Hintergrunds der Autoren) sowie zum Englischunterricht (die Vielfalt an Texten ist im Englischen deutlich größer) hingewiesen werden. Auch die besondere Eignung des hier genutzten Ansatzes für Projekte oder projektartigen Unterricht sei an dieser Stelle lediglich erwähnt.

Proxima Centauri: Der aktuelle Wissensstand

Der Stern Proxima Centauri wurde erstmals vom Union Observatory in Johannesburg aus durch den schottischen Astronomen Robert Innes (1861-1933) beobachtet (Innes, 1915). Der Vergleich zweier, im Abstand von 5 Jahren aufgenommenen Fotoplatten mit Hilfe eines Blink-Komparators zeigten einen schwachen Stern mit großer Eigenbewegung. Trotz einiger Schwierigkeiten bei der Auswertung der Platten konnte die Geschwindigkeit sowie die Richtung dieser Bewegung bestimmt werden. Normiert auf ein Jahr wandert dieser $4,87''$ in Richtung $289,2^\circ$. Innes stellt dabei fest, dass diese Eigenbewegung sich in Betrag und Richtung nur unwesentlich von dem, immerhin 2° entfernten, Stern α Centauri unterscheidet ($3,68''$ in Richtung $281,4^\circ$). Damit reihte sich der damals noch namenlose Stern an der sechsten Stelle der Sterne mit der höchsten Eigenbewegung ein. Die visuelle Helligkeit des Sterns wurde auf etwa 12 mag geschätzt, womit er in dieser Beziehung gegenüber anderen Schnellläufern deutlich zurückbleibt.

Weitere Aufnahmen und Auswertung des Sterns verbesserten den Wert für die Eigenbewegung dann weiter. W. J. Luyten gelang es 1925 diesen Wert zu $3,9''$ zu bestimmen, womit es immer wahrscheinlicher wurde, dass α und Proxima Centauri eine identische Eigenbewegung aufweisen. Damit wurde dann auch erstmal eine Bestimmung der Parallaxe (die Eigenbewegung überlagert die jährliche Parallaxe und muss herausgerechnet werden) möglich, deren Wert mit $0,80'' \pm 0,01''$ angegeben wurde, was bereits sehr nah am heutigen Referenzwert liegt. Damit war klar, dass Proxima um 1/16tel näher an der Sonne steht als der sehr viel hellere α Centauri (o. A., 1925). Spektroskopische Untersuchungen in den 1940er zeigten dann, dass es sich bei Proxima um einen Zwergstern der Spektralklasse M handelt. Zusätzlich ergaben sich Hinweise auf eine Veränderlichkeit der Intensität verschiedener Spektrallinien, was ein Hinweis auf einen Flare-Stern – also einen Stern mit sporadischen, sehr starken Strahlungsausbrüchen – ist (Thackeray, 1950). Umfangreiche Beobachtungsprogramme zeigten dann solche Ausbrüche, bei denen die Helligkeit des Sterns um ca. 0,2 bis 0,4 mag anstieg. In Einzelfällen erreichte die Helligkeit sogar einen Wert von +1,0 mag gegenüber dem Ruhezustand. Aus der großen Zahl verfügbarer Fotoplatten ließ sich dann auch die Häufigkeit solcher Flares ermitteln (Tabelle 1), die auf 8% aller Platten auftraten. Proxima Centauri ist damit einer der aktiven bekannten Flare-Sterne (Shapley, 1951). Sehr kurzzeitige Helligkeitsausbrüche konnten mit den photographischen Verfahren dieser Zeit jedoch noch nicht erfasst werden und kommen noch zusätzlich hinzu.

Tabelle 1 Historische photographische Aufnahmen von Proxima Centauri, getrennt nach Instrument, Belichtungszeit und Beobachtungen mit normaler Helligkeit des Sterns sowie Flare-Erscheinungen (nach Shapley (1951)).

Instrument	Belichtungszeit in min	Platten mit normaler Helligkeit	Platten mit Flares
Metcalf Triplet	45	93	1
Bache Doublet	45	80	6
Ross-Fecker Linsenteleskop	90	170	15
Cooke Linsenteleskop	90	211	19
Tessar Linsenteleskop	120	35	7
Bruce Linsenteleskop	120	3	0
Summe		592	48

Proxima Centauri liegt im namensgebenden Sternbild Zentaur am Südhimmel und ist heute von Mitteleuropa aus nicht mehr beobachtbar. Zur Zeit des Ptolemäus (ca. 100-160) konnte es jedoch vom Mittelmeerraum noch vollständig gesehen werden, womit sich sein, aus der griechischen Mythologie stammender, Name erklärt. Aufgrund der Präzessionsbewegung der Erdachse wandert das Sternbild noch für einige Tausend Jahre weiter nach Süden und ist aktuell erst am dem 25. Breitengrad vollständig sichtbar, was ungefähr der Stadt Luxor in Ägypten entspricht. Auch dort steigt Proxima, aufgrund seiner sehr südlichen Lage innerhalb des Sternbilds, nur wenige Grad über den Horizont und kann auch mit einem Teleskop praktisch nicht gesehen werden. Dem bloßen Auge bleibt er mit seiner scheinbaren Helligkeit 11,13 mag generell immer verborgen.

Aus Messungen des Gaia-Satelliten ist heute die Entfernung mit großer Genauigkeit bekannt: Die Parallaxe konnte zu $768,50 \pm 0,20$ mas bestimmt werden, was 1,30 pc bzw. 4,25 Lichtjahren entspricht (siehe Tabelle 2 für eine Zusammenstellung aktueller Daten). Proxima steht uns damit etwas näher als Alpha Centauri (1,33 pc bzw. 4,34 Lj). Heute ist zudem bekannt, dass Proxima Centauri gravitativ an das Alpha Centauri-System gebunden ist, welches selbst bereits ein Doppelstern, bestehend aus der sonnenähnlichen Komponente A (1,1 Sonnenmassen) und der mit 0,9 Sonnenmassen etwas masseärmeren Komponente B, darstellt. Proxima umläuft diesen Doppelstern auf einer stark elliptischen Bahn mit einem Abstand, dessen Extremwerte bei 5 270 und 12 900 AE liegen. Ein vollständiger Umlauf dauert dabei fast 600 000 Jahre. Aktuell befindet sich Proxima nahe des Aphels – also des entferntesten Punkts seiner Bahn – und weist daher einen Winkelabstand von gewaltigen 2° zu Alpha Centauri auf.

Proxima nähert sich dem Sonnensystem gegenwärtig weiter an und wird seinen sonnennächsten Punkt in ca. 27 000 Jahren erreichen. Aufgrund des Umlaufs von Proxima um Alpha Centauri wird letzterer allerdings „kurz“ darauf zum sonnennächsten Stern, bevor dieser wiederum, in ca. 32 000 Jahren, vom Stern Ross 248 abgelöst werden wird (Abbildung 2).

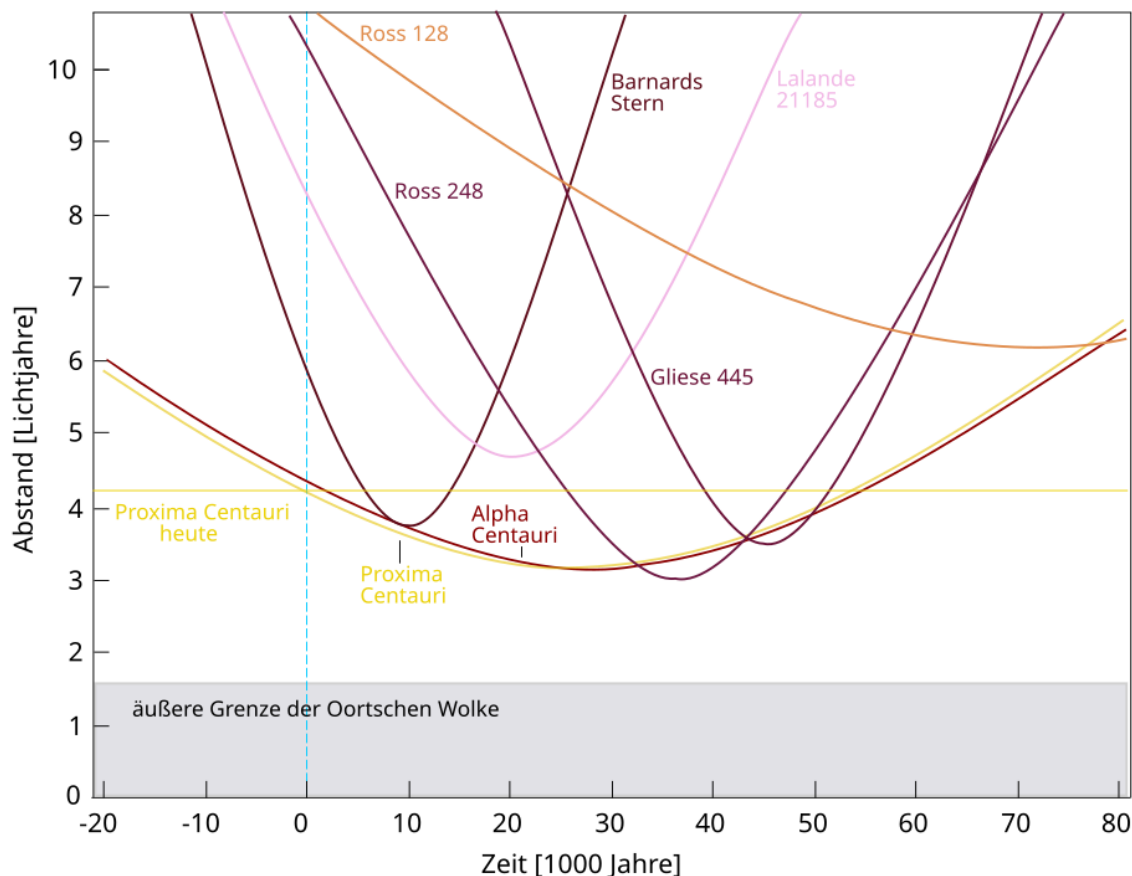


Abbildung 2 Entwicklung des Abstands zur Sonne von Proxima Centauri und weiterer naher Sterne im Zeitraum von – 20 000 bis +80 000 Jahren (Quelle: [FrancescoA, Near-stars-past-future-de, CC BY-SA 3.0](#))

Mit einer absoluten Helligkeit von +15,5 mag ist Proxima sehr viel leuchtschwächer als die Sonne, die bei +4,83 mag liegt. Seine Leuchtkraft entspricht nur 0,014% der Sonnenleuchtkraft. Da der Stern die meiste Strahlung im Nahinfrarot abgibt, liegt die Leuchtkraft im visuellen Bereich sogar nur bei 0,0056%.

Seine niedrige Masse führt zu einer sehr niedrigen Kernfusionsrate, weshalb für Proxima eine extrem hohe Lebensdauer von ca. 4 Billionen Jahren erwartet wird. Infolge der dabei zunehmenden Heliumfusion werden sich die Temperatur und die Leuchtkraft des Sterns dabei erhöhen, bis letztere einen Wert von 2,5% der Sonnenleuchtkraft erreicht. Entsprechend wird die habitable Zone des Sterns weiter nach außen wandern.

Bereits seit den 1940er ist bekannt, dass viele der sehr massearmen Zwergsterne der Spektralklasse M keineswegs ein „ruhiges Leben“ führen und gleichmäßig vor sich hin glimmen (Shapley, 1951). Stattdessen zeigen sie häufig starke Strahlungsausbrüche. Man geht davon aus, dass etwa zwei Drittel aller M-Zwergs solche Aktivitätserscheinungen zeigen (West et al., 2015). Die Ursache dieser Flares ist die niedrige Masse des Sterns, bei der das Sterninnere vollständig konvektiv ist, d. h. die im Zentrum freigesetzte Energie wird durch Materie- und nicht durch Strahlungstransport zur Oberfläche geleitet. Diese Konvektionsströme erzeugen wiederum starke magnetische Felder, deren Energie beim Erreichen der Sternoberfläche durch die Flares freigesetzt wird.

Parameter	Wert
Parallaxe	$768,50 \pm 0,20$ mas
Entfernung	$1,3012 \pm 0,0003$ pc
m_v	$11,13 \pm 0,01$ mag
Spektraltyp	M5.5V
Leuchtkraft	$0,0016 \pm 0,0006$ L_{Sonne}
Temperatur	2900 ± 100 K
Masse	$0,1221 \pm 0,0022$ M_{Sonne}
Radius	$0,141 \pm 0,021$ R_{Sonne}
Alter	$4,850 \cdot 10^9$ a
Rotationsperiode	90 ± 4 d
Habitable Zone (Ausdehnung)	$0,0423 - 0,0816$ AE
Habitable Zone (Umlaufzeit)	$9,1 - 24,5$ d

Tabelle 2 Wesentliche Parameter des Sterns Proxima Centauri, zusammengestellt aus Faria et al. (2022).

Mit modernen Methoden, wie z. B. dem MOST-Satelliten, konnte nachgewiesen werden, dass diese Flares auf Proxima sehr häufig auftreten. Über eine Beobachtungsdauer von 37,6 Tagen hinweg, konnte der Satellit 66 Flares im Weißlicht (d. h. im sichtbaren Teil des Spektrums) nachweisen. Nicht nur die Häufigkeit der Flares beeindruckt dabei, sondern auch deren Intensität: So konnte im Jahr 2016 ein Strahlungsausbruch nachgewiesen werden, bei dem die scheinbare Helligkeit des Sterns um das 68fache anstieg und 6,8 mag erreichte. Bei dieser Helligkeit wäre Proxima, unter den bestmöglichen Beobachtungsbedingungen, kurzzeitig sogar mit dem bloßen Auge sichtbar gewesen. Schätzungen zur Häufigkeit solcher Superflares liegen bei etwa 5 pro Jahr (Howard, 2018). M-Zwerge gehören zu den häufigsten Sternen im Universum, da massearme Sterne gleichzeitig häufiger entstehen als massereiche Vertreter und ihre Lebensdauer gleichzeitig sehr lang ist. Sehr wahrscheinlich kreisen daher auch die meisten Planeten um einen solchen M-Zwerg, da kein Mechanismus bekannt ist, der die Planetenentstehung bevorzugt bei massereicheren Sternen antreiben würde.

Die, innerhalb seiner Sternklasse, relativ starke Aktivität von Proxima stellt gegenwärtig noch ein Rätsel dar. Mit zunehmendem Alter wird erwartet, dass die Intensität abnimmt. Da das Alter von Proxima wird auf 4,85 Milliarden Jahre geschätzt wird, sollten seine Strahlungsausbrüche daher bereits nachgelassen haben.

Sterne niedriger Masse mit einem eigenen Planetensystem, wie z. B. das TRAPPIST-1 (auch dieser Stern ist ein M-Zwerg, der sogar noch masseärmer als Proxima ist), wirken wie ein verkleinertes Sonnensystem: Die Planeten umlaufen ihren Stern auf sehr engen Bahnen und mit sehr kurzen Umlaufzeiten. Entsprechend stark sind die Gezeiteneffekte und die Gezeitenreibung auf den Planeten, was relativ schnell zu einer gebundenen Rotation führt, bei der die Planeten ihrem Heimatstern stets die gleiche Hemisphäre zuwenden.

Die starken Strahlungsausbrüche des Sterns haben deutlichen Einfluss auf die bereits bekannten und möglichen weiteren Planeten des Proxima-Centauri-Systems: Nimmt man für Proxima b eine erdähnliche Atmosphäre und ein (aufgrund der gebundenen Rotation) vernachlässigbares Magnetfeld an, zeigen sich zerstörerische Effekte auf seine Atmosphäre. Reine elektromagnetische Ausbrüche zerstören die Ozonschicht nicht, jedoch würde ein starker Sonnenwind aus Protonen sehr schnell zu deren Abbau führen. Auch der molekulare Stickstoff würde durch die Protonen zu angeregten Stickstoffatomen dissoziiert und in der Folge mit dem Sauerstoff der Atmosphäre zu NO und O reagieren. Die volatilen Reaktionsprodukte führen dann zu einem stetigen Verlust der Atmosphäre in den Weltraum über einen Zeitraum von wenigen Jahrtausenden (Howard, 2018). Ohne eine schützende Ozonschicht ist die Planetenoberfläche der UV-Strahlung des Sterns direkt ausgesetzt. Die Einstrahlung im UV-C-Bereich auf der Oberfläche von Proxima b könnte bei bis zu $3,5 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2}$ liegen. Zum Vergleich: Unter der schützenden Ozonschicht der Erde und unserer relativ ruhigen Sonne liegt der Wert bei $< 10^{-6} \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2}$. Ähnliche Werte ergeben sich für die besonders schädliche UV-B-Strahlung, die damit selbst für solche irdischen Organismen tödliche Dosen erreicht, die als recht UV-resistent gelten. Auch schützende Wasserschichten sind bei solchen Werten nur bedingt hilfreich und können die Strahlung nur in größeren Tiefen von mehreren Metern effektiv abschirmen. Nicht umsonst wird UV-Strahlung zur Desinfektion

verwendet. Proxima Centauri dürfte daher recht effektiv darin sein, zumindest die Oberflächen der Planeten gründlich zu sterilisieren. Relativ sicher dürfte Leben dagegen auf der sternabgewandten Seite sein, wenngleich es dort mit der ewigen Dunkelheit zurechtkommen müsste.

Aktueller Wissensstand über die Planeten des Proxima-Centauri-Systems

Aufgrund seiner großen Nähe zur Sonne war Proxima bereits früh das Ziel von Suchprogrammen zu Exoplaneten. Bei Beobachtungen mit dem Hubble-Teleskop ergaben sich dabei erstmals Hinweise auf einen Planeten (Schultz, 1998), die jedoch in der Folgezeit nicht bestätigt werden konnten. Mit den Hubble-Beobachtungen hatte man versucht, mögliche Planeten direkt abzubilden, in dem der jeweilige Zentralstern mit einem Koronagraphen abgedeckt wird (zu den unterschiedlichen Detektionsmöglichkeiten für Exoplaneten siehe z. B. Herms (2020)).

Auch mittels der Radialgeschwindigkeitsmethode ließen sich lange Zeit keine Signale von umlaufenden Planeten feststellen, so dass massereiche Begleiter, wie die häufig entdeckten heißen Jupiter, ausgeschlossen wurden. Erst im Jahre 2016 gelang dann der sichere Nachweis des Planeten Proxima Centauri b durch den HARPS-Spektrographen (Witze, 2016). Proxima b umläuft seinen Heimatstern auf einer extrem engen Umlaufbahn im Abstand von nur 0,048 AE und benötigt folglich lediglich 11 Tage für einen vollen Umlauf. Seine Masse stimmt wahrscheinlich fast mit der der Erde überein, was ihn zu einem terrestrischen Planeten macht. Aufgrund der Eigenschaften seines Heimatsterns liegt Proxima b trotz des geringen Bahnradius noch in der habitablen Zone des Sterns und flüssiges Wasser auf seiner Oberfläche wäre prinzipiell möglich (Anglada-Escudé et al., 2016).

Hinweise auf einen zweiten Planeten (entsprechend der Namenskonvention, bei der die Planeten nach der Entdeckungsreihenfolge nummeriert werden, als Proxima c bezeichnet) ergaben sich 2020, wobei es sich um eine Supererde oder einen Mini-Neptun handeln soll, der den Stern in etwa 5 Jahren umläuft. In neueren Messkampagnen konnte der Planet jedoch nicht mehr nachgewiesen werden, so dass es sich wahrscheinlich um ein Artefakt in den Daten gehandelt hat (Artigau et al., 2022).

Tabelle 2 Übersicht der wichtigsten Daten zu den beiden bekannten Planeten und dem Planetenkandidaten um Proxima Centauri (Stand: Dezember 2025).

Bezeichnung	Proxima b	Proxima c	Proxima d
Mindestmasse	1,06 m_{Erde}		$0,260 \pm 0,038 m_{\text{Erde}}$
Vermutete Masse	1,45 m_{Erde}		0,357 m_{Erde}
Radius	0,94 – 1,4 R_{Erde}		$0,81 \pm 0,08 R_{\text{Erde}}$
Bahnradius	0,04848 AE		0,028 AE
Umlaufzeit	11,184 d	5 a	5,123 d
Bestätigt?	✓	✗	✓
Habitable Zone?	✓	✗	

Im Februar 2022 gelang dann der Nachweis eines neuen Planeten (Proxima d, da der Kandidat c seine einmal vergebene Bezeichnung behält), der den Stern auf einer noch engeren Umlaufbahn als Proxima b umläuft (Faria, 2022). Mit einem Bahnradius von 0,028 AE ergibt sich hier eine Umlaufzeit von nur etwas mehr als 5 Tagen. Die Masse konnte zu etwa einem Viertel der Erdmasse bestimmt werden, was etwa der doppelten Masse des Mars oder fast der fünffachen Masse des Merkur entspricht. Nimmt man eine Albedo an, die der der Erde gleicht, ergibt sich für Proxima d eine Gleichgewichtstemperatur von 360 K, was für flüssiges Wasser deutlich zu hoch ist. Folglich wird der Planet nicht als habitabel eingestuft, wobei es möglich erscheint, dass entlang des Terminators (der durch die gebundene Rotation festliegenden Tag-Nacht-Grenze) lebensfreundliche Temperaturen herrschen.

Da der Nachweis der beiden Planeten um Proxima bislang ausschließlich durch die Radialgeschwindigkeitsmethode gelang, handelt es sich bei den Massenangaben jeweils um die unteren Grenzen. Das Verfahren allein erlaubt es nicht, die Inklination – also die Bahnneigung der Planeten gegenüber der Sichtlinie Erde-Proxima – zu bestimmen. Eine sinnvolle Annahme ist die einer koplanaren Rotation, bei

der die Planeten ihren Mutterstern in einer Ebene umlaufenen, die seiner Eigenrotation entspricht. Da dieser Wert für den Stern Proxima selbst bekannt ist, würde sich bei dieser Inklination von $i = 47^\circ$ mit $M_{real} = \frac{M_{min}}{i}$ eine Masse von 1,45 m_{Erde} für Proxima b und 0,357 m_{Erde} für Proxima d ergeben.

Überblick: Proxima Centauri in fiktionalen Medien

Die große Nähe zur Erde dürfte der Grund dafür sein, dass Proxima Centauri wiederholt Gegenstand von fiktionalen Medien war. Proxima steht damit Alpha Centauri in nichts nach. Tabelle 3 zeigt eine Übersicht über verschiedene Medien, in denen Proxima Centauri eine mehr oder weniger zentrale Rolle spielt. Für eine vertiefte Auseinandersetzung mit den Inhalten eignen sich vor allem solche fiktionalen Inhalte, die in schriftlicher Form vorliegen, d. h. Romane oder Kurzgeschichten, da hierbei die Verfasser gezwungen sind, ihre Gedanken explizit darzulegen (siehe Bernshausen & Kraus (2016) sowie Kraus & Bernshausen (2024)). Schwieriger im Einsatz – aber gerade aufgrund der Kürze und visuellen Präsentation dennoch reizvoll – sind Filme bzw. kurze Ausschnitte daraus, da hierbei oftmals wesentliche Informationen zunächst umständlich extrahiert werden müssen. Im Graubereich zwischen der offen fiktionalen Literatur und der spekulativen Wissenschaft finden sich Kommentare in den sozialen Medien oder auch Pressemitteilungen, in denen auf wissenschaftlichen Publikationen Bezug genommen wird, die sich jedoch in der Interpretation weiter aus dem Fenster lehnen. Auch diese Medien können willkommene Lernanlässe bieten, anhand derer gleichzeitig ein kritische Medienkonsum eingeübt werden kann.

An dieser Stelle beschränkten wir uns auf zwei ausgewählte Beispiele, anhand derer aufgezeigt werden soll, wie sich die fiktionalen Darstellungen des Proxima Centauri Systems mit der Realität abgleichen lassen. Bei beiden Werken handelt es sich um ältere Werke, die als E-Books frei verfügbar sind: Die Kurzgeschichte Proxima Centauri von Murray Leinster von 1935 und den Roman Orphans of the Sky von Robert A. Heinlein aus dem Jahr 1941 (bzw. 1963 für die in einem Werk kombinierte Fassung). Beide Werke liegen jedoch nicht in deutscher Übersetzung vor, so dass hier mit der Originalausgabe gearbeitet wird. Erfahrungsgemäß stellt dies jedoch gerade bei älteren Werken, bzw. bei älteren Übersetzungen solcher Werke, einen Vorteil da, da Fachbegriffe und sprachliche Nuancen in Übersetzungen teils nur unzureichend erhalten geblieben sind.

Neben dem Fokus auf das Exoplanetensystem lassen sich anhand der fiktionalen Beispiele ebenso auch typische Aufgaben aus dem Bereich des klassischen Physikunterrichts konstruieren. Auch hierfür werden Beispiele gegeben.

Tabelle 3 Übersicht fiktionaler Medien, in denen das Sternsystem Proxima Centauri eine wesentliche Rolle spielt, ohne Anspruch für Vollständigkeit. Hervorgehoben sind die hier auszugsweise besprochenen Werke.

Medium	Autor	Titel / Werk	Jahr	Rolle von Proxima Centauri
Kurzgeschichte	Murray Leinster	<i>Proxima Centauri</i>	1935	Zielsystem des ersten menschlichen Starships
Roman	Heinlein	<i>Orphans of the Sky</i>	1963	Ziel des Generationenschiffs Vanguard
Novelle	Philip K. Dick	<i>The Variable Man</i>	1953	Zentrum des Centauran Imperiums
Roman	Stanislaw Lem	<i>The Magellanic Cloud</i>	1955	Ziel einer interstellaren Besiedelungsmission
Roman	Charles Chilton	<i>The World in Peril</i>	1955–56	Flucht zur Proxima-Centauri-Kolonie (Nebenhandlung)
Roman	Baxter	<i>Proxima</i>	2013	Besiedlung eines Planeten bei Proxima
Roman	J. F. R. Coates	<i>Traitor</i>	2019	Heimatregion einer Abspaltung

Anregungen für den Unterricht: Fakten vs. Fiktion: Beispielhafter Vergleich

Murray Leinster: Proxima Centauri

Bei Proxima Centauri handelt es sich um eine Kurzgeschichte, die im Jahr 1935 im Science Fiction Magazin Astounding Stories of Super-Science (erscheint noch heute unter dem Titel Analog Science Fiction and Fact) erschien. Das erste interplanetare Raumschiff der Menschheit, die Adastras, reist zum Stern Proxima. Die Kurzgeschichte zeichnet sich dadurch aus, dass die Technologie den Beschränkungen der damals bekannten Physik unterliegt, d. h., dass beispielsweise die Geschwindigkeit des Raumschiffs der Beschränkung der Lichtgeschwindigkeit unterliegt. Innerhalb der Science-Fiction-Literatur gilt Proxima Centauri als prägend, sowohl für Heinleins Orphans of the Sky (siehe unten) als auch für Pebble in the Sky von Isaac Asimov. Das Proxima System ist bei Leinster bewohnt von hochentwickelten, pflanzenartigen Lebensformen, die Jagd auf tierisches Leben machen und auch den interplanetaren Raumflug beherrschen, so dass das System bei Ankunft der Protagonisten weitgehend frei von tierischem Leben ist.

Zum Autor

Sehr häufig lassen Autoren ihr persönliches Hintergrundwissen, d. h. ihre Ausbildung oder berufliche Tätigkeit, in ihre Romane etc. einfließen (siehe z. B. Kraus & Bernshausen, 2024). Auffallend ist, dass Science-Fiction-Autoren dabei mit recht großer Häufigkeit einen Hintergrund in den Natur- oder Ingenieurwissenschaften haben. William Fitzgerald Jenkins (1896-1975), der seine Werke zum Teil unter dem Künstlernamen Murray Leinster veröffentlichte, war ein enorm produktiver Autor, auf den über 1 500 Kurzgeschichten und andere Beiträge sowie 14 Drehbücher und viele Skripte für Radiosendungen zurückgehen. Einen Hintergrund in den Naturwissenschaften oder einem technischen Fach hat Leinster allerdings nicht, da er nach dem Abbruch der Highschool direkt mit dem Schreiben begann. Während des Ersten Weltkriegs war er Mitglied im Committee on Public Information der US Army, welches für die Beeinflussung der öffentlichen Meinung im Sinne der US-Regierung zuständig war. Einer vergleichbaren Tätigkeit für die Regierung der USA ging er auch während des Zweiten Weltkriegs nach.

Astronomische Informationen

Entsprechend dem Erkenntnisstand beim Erscheinen des Buchs wird Proxima korrekt als der sonnen-nächste Stern bezeichnet:

They gave little light, those flames — less than the star ahead — but they were the disintegration blasts from the rockets which had lifted the *Adastra* from the surface of Earth and for seven years had hurled it on through interstellar space toward Proxima Centauri, nearest of the fixed stars to humanity's solar system.

Auch bei der Entfernungsangabe bedient sich Leinster den modernsten Ergebnissen der Astronomie und gibt diese zutreffend mit 4 Lichtjahren an. In seinem Buch ist das Ziel der Reise die Erforschung des Sternsystems, nicht seine Besiedlung, d. h. es wird mit einer Rückkehr der Astronauten gerechnet (auf die Reisezeit wird im weiteren Verlauf noch eingegangen):

Bound for a destination four light-years distant, the minimum time for her return was considered to be fourteen years.

Bemerkenswert ist die Schilderung des Sterns Proxima durch die Protagonisten selbst. In der Kurzgeschichte ist dieser selbst von einem Ringsystem umgeben, wie es sonst nur von den Gasplaneten (und ggf. noch von den Eisriesen) in unserem Sonnensystem bekannt ist:

Fie said slowly, as if he had said the same thing often before: "Quaint, that ring. It is double, like Saturn's. And Saturn has nine moons. One wonders how many planets this sun will have." The girl said restlessly: "We'll find out soon, won't we? We're almost there. And we already know the rotation period of one of them!"

Beyond the rings of Proxima Centauri there were six planets in all, and the prison planet was next outward from the home of the plant men. It was colder than was congenial to them, though for a thousand years their fleshhunting expeditions had searched its surface until not a mammal or a bird, no fish or even a crustacean was left upon it. Beyond it again an ice-covered world lay, and still beyond there were frozen shapes whirling in emptiness.

Analog zu Saturn soll in diesem Ringsystem eine Lücke zu sehen sein. Offenbar zieht Leinster hier eine Parallele zwischen dem Zwergstern und dem Riesenplaneten des Sonnensystems und überträgt die Eigenschaften aufeinander, wenn er auf die Monde des Saturn verweist. Ringe sind bei Sternen jedoch nur eine kurzlebige Erscheinung, die während ihrer frühen Lebensphasen auftreten kann, während der die Planetenbildung abspielt (Abbildung 3). Das Restmaterial, welches nicht zur Planetenentstehung beiträgt, wird danach bis auf kleine Restmengen durch den Strahlungsdruck des Sterns aus dem System entfernt. Ein Planetensystem in einem fortgeschrittenen Entwicklungszustand mit einem Ring um den Zentralstern vorzufinden, ist daher nach dem heutigen Kenntnisstand nicht möglich.

Die Angabe der Protagonistin, dass bereits beim Anflug auf das System die Rotationsperiode eines dieser Planeten bekannt sei, bezieht sich darauf, dass aus dem System in regelmäßigen Abständen von 30 Stunden Radioemissionen empfangen werden. Dies wird auf die Existenz eines starken Senders auf der Oberfläche eines der Planeten zurückgeführt. Beispiele für die Messungen von Rotationsperioden von Exoplaneten sind gegenwärtig spärlich. Hierfür sind spektroskopische Untersuchungen notwendig, um die Dopplerverschiebung von Spektrallinien aus der Planetenatmosphäre nachweisen zu können (Millholland, 2025). Für erdähnliche Planeten ist dies jedoch derzeit noch nicht möglich (Li, 2022). Allerdings ist bei einem System wie Proxima Centauri generell zu beachten, dass die Planeten gebunden rotieren dürften, so dass die Rotationsperiode des Planeten genau seiner Umlaufperiode um den Stern entspricht. In der Kurzgeschichte fehlen jedoch Anhaltspunkte, die eine Diskussionsgrundlage ermöglichen würden.

Im weiteren Verlauf der Handlung stellt sich dann zudem heraus, dass die Emissionen in Wirklichkeit von einem Raumschiff ausgesandt werden, welches den Sender auf der Planetenoberfläche lediglich vorgetäuscht hat.

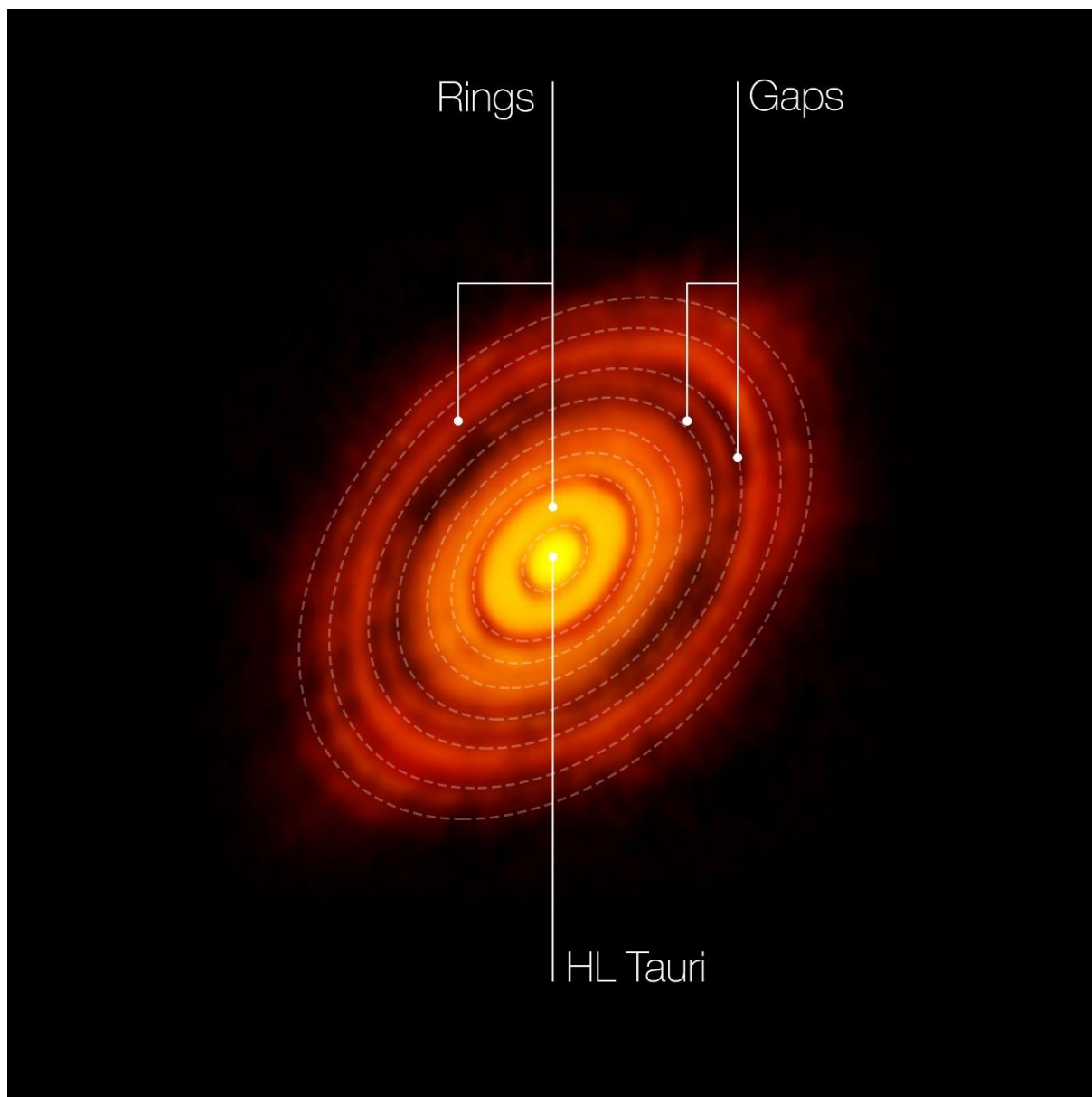


Abbildung 3: Die Staubscheibe um den Stern HL Tauri. Die Lücken darin deuten auf das Vorhandensein von Planeten bzw. Protoplaneten innerhalb der Staubscheibe hin. Es handelt sich um eine Aufnahme des ALMA-Verbunds im Radiobereich (Quelle: ESO/NAOJ/NRAO, Lizenz: CC BY 4.0)

Die weitere – allerdings recht vage gehaltene – Schilderung des Aufbaus des Planetensystems gelingt Leinster dagegen physikalisch glaubwürdig. Es sollen insgesamt sechs Planeten vorhanden sein, wovon die äußeren eisbedeckte und lebensfeindliche Welten sind. Daran schließt sich eine Region an, in der eisige Kleinkörper umhertreiben, was unmittelbar an den Kuipergürtels erinnert. Auch hier ist Leinster seiner Zeit etwas voraus: Die erstmalige Vorhersage eines Gürtels an Eisbrocken, die als Kometenkerne gelegentlich in das innere Sonnensystem vordringen, geht auf das Jahr 1951 und den (namensgebenden) niederländisch-amerikanischen Astronomen Gerard Kuiper zurück.

Von den sechs vorhandenen Planeten werden drei als lebensfreundlich beschrieben – sowohl im Hinblick auf die Temperaturen als auch die Zusammensetzung der Atmosphäre. Statistische Auswertungen

zu kleinen, erdähnlichen Planeten sind noch nicht mit hinreichender Genauigkeit möglich, jedoch erscheint es derzeit – auch mit Blick auf das Sonnensystem – eher unwahrscheinlich, innerhalb eines Systems gleich drei lebensfreundliche Planeten vorzufinden:

Three planets of Proxima Centauri were endowed with climates and atmospheres favorable to vegetation and animal life, but only on one planet now, and that the smallest and most distant, did any trace of animal life survive.

Antriebssystem und Reisezeit

Die voraussichtliche Reisezeit für die Hin- und Rückreise der *Adastr*a wird mit „nur“ 14 Jahren angegeben. Obwohl einer solcher Zeitraum überschaubar erscheint, ist das Schiff als Generationenschiff ausgelegt, d. h. es wird erwartet, dass unterwegs Kinder geboren werden, die im Verlauf der Reise in die Crew integriert werden:

Bound for a destination four light-years distant, the minimum time for her return was considered to be fourteen years. No crew could possibly survive so long a voyage undecimated. Therefore the enlistments for the voyage had not been by men, but by families. There were fifty children on board when the *Adastr*a lifted from Earth's surface. In the first year of her voyage ten more were born. It had seemed to the people of Earth that not only could the mighty ship subsist her crew forever, but that the crew itself, well-nourished and with more than adequate facilities both for amusement and education, could so far perpetuate itself as to make a voyage of a thousand years as practicable as the mere journey to Proxima Centauri.

Offenbar handelt es sich um einen Prototyp, mit dem auch Reisen zu deutlich weiter entfernten Systemen möglich werden sollen.

Ein zentrales Problem langer Reisen im Weltraum ist die fehlende Schwerkraft, die zu wesentlichen gesundheitlichen Beeinträchtigungen führt. Als Kompensation werden in Science-Fiction-Literatur verschiedene Optionen vorgestellt. Neben rein fiktionalen und technisch nicht weiter erläuterten Systemen, wie in *Star Trek* und *Star Wars*, greifen viele Medien auf rotierende Raumschiffe oder Raumschiffsegmente zurück. Eine weitere Möglichkeit ist eine konstante Beschleunigung des Schiffs auf seiner Reise, die direkt zu einer gefühlten Schwerebeschleunigung führt, die noch dazu gegenüber rotierenden Raumschiffen eine gleichmäßige ist. Auch die *Adastr*a nutzt diese Option der konstanten Beschleunigung:

They gave little light, those flames — less than the star ahead — but they were the disintegration blasts from the rockets which had lifted the *Adastr*a from the surface of Earth and for seven years had hurled it on through interstellar space toward Proxima Centauri, nearest of the fixed stars to humanity's solar system. Now they hurled it forward no more! The mighty ship was decelerating. Thirty-two and two-tenths feet per second, losing velocity at the exact rate to maintain the effect of Earth's gravity within its bulk, the huge globe showed. For months braking had been going on. From a peak-speed measurably near the velocity of light, the first of all vessels to span the distance between two solar systems had slowed and slowed, and would reach a speed of maneuver some sixty million miles from the surface of the star.

Die Angabe von $32,2 \frac{\text{ft}}{\text{s}}$ entspricht $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, womit offenbar die Beschleunigung gemeint ist, d.h. es handelt sich um die Geschwindigkeitsänderung pro Sekunde. Nimmt man an, dass diese Beschleunigung den gesamten Flug über geherrscht hat, lässt sich daraus die Reisezeit berechnen. Hierzu soll von der Entfernungsangabe der Kurzgeschichte von 4 Lichtjahren ausgegangen werden.

Aus dem Hinweis, dass die Höchstgeschwindigkeit während der Reise nahe an der Lichtgeschwindigkeit liegt, wird unmittelbar deutlich, dass hier keine klassische Rechnung auf Basis der newtonschen Mechanik durchgeführt werden kann. Vielmehr ist die Gleichung für eine relativistische Beschleunigung anzuwenden und zwischen der Zeit im Ruhe Bezugssystem und der Eigenzeit τ im Raumschiff zu unterscheiden:

$$\tau = 2 \cdot \tau_{Hin} = \frac{2c}{a} \cdot \operatorname{arccosh} \left(\frac{a \cdot d}{2c^2} + 1 \right)$$

Darin sind τ die Eigenzeit, c die Lichtgeschwindigkeit, a die Beschleunigung und d der Abstand zwischen Sonnensystem und Proxima Centauri. Die Reisezeit ergibt sich daraus zu

$$\tau = 2\tau_{Hin} \approx 1,09 \times 10^8 \text{ s} \approx 3,5 \text{ Jahre}$$

Aus dem Text ergibt sich jedoch, dass die Beschleunigungs- und Abbremsphase jeweils mit 7 Jahren angenommen werden. Die Werte für die Beschleunigung und die Reisezeit passen offenbar nicht zusammen. Etwas näher an der Realität sind die Werte, wenn man anstatt mit der Eigenzeit im Raumschiff die auf der Erde vergangene Zeit t zugrunde legt:

$$t_{Hin} = \frac{c}{a} \sqrt{\left(1 + \frac{ax}{c^2}\right)^2 - 1}$$

Daraus ergibt sich:

$$t = 2 \cdot t_{Hin} \approx 1,76 \cdot 10^8 \text{ s} \approx 5,6 \text{ Jahre} .$$

Auf Basis dieses Ergebnisses liegt es nahe zu vermuten, dass Leinster keine relativistische Rechnung durchgeführt und die Reisezeit in Erdzeit nur grob abgeschätzt hat. Auch liegt offenbar ein Widerspruch vor, wenn er ausführt, dass „the minimum time for her return was considered to be fourteen years“ und gleichzeitig die Beschleunigungs- und Abbremsphasen selbst zu jeweils 7 Jahren angibt.

Auch die Angabe der Maximalgeschwindigkeit lässt sich überprüfen:

$$v_{max} = \sqrt{1 + \left(\frac{a t_{Hin}}{c}\right)^2} = 1 + \frac{a x}{c^2}$$

$$v_{max} \approx 0,945 c \approx 2,83 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Die Angabe „peak-speed measurably near the velocity of light“ ist hier demnach zutreffend, da bei einer konstanten Beschleunigung über eine derartig lange Zeit tatsächlich fast die Lichtgeschwindigkeit erreicht würde. Natürlich bleibt hier außer Acht, dass keine derzeit bekannte Technologie diese Beschleunigung aufrechterhalten könnte, da die notwendige Energie bei einem solchen Raumschiff unglaublich groß wäre.

Die Gleichung für die Eigenzeit nutzt den Arcus Cosinus Hyperbolicus und ist damit nicht mit Schulmitteln zu behandeln. Wie eine Bestimmung der Reisezeit bei relativistischen Geschwindigkeiten dennoch auch auf Oberstufenniveau möglich wird, wird von Bernshausen (2025) demonstriert. Grundsätzlich bietet sich bei derartigen Aufgaben der Rückgriff auf Software für eine systemdynamische Modellierung (wie Coach oder Stella) an.

Zusammenfassung zu Leinsters *Proxima Centauri*

Auch wenn viele Beschreibungen recht vage bleiben, bewegt sich Leinsters Kurzgeschichte *Proxima Centauri* recht nah an der bekannten Physik und Astronomie ihrer Entstehungszeit. Der Staubring, der den Stern selbst umgeben soll, ist aus heutiger Sicht (zumindest außerhalb der Entstehungsperiode eines solches Planetensystems) nicht möglich. Aufgrund der angedeuteten Parallelen zu den Gasriesen unseres Sonnensystems mit ihren Ringsystemen kann dieses Element der Geschichte jedoch als ein willkommener Anlass angesehen werden, die Bedingungen für eine stabile Existenz eines solchen Gebildes zu diskutieren. Damit bewegt man sich wiederum an den Grenzen des heutigen Wissens, da noch nicht klar

ist, auf welchen Zeitskalen beispielsweise das Ringsystem des Saturn stabil bleiben wird. Im direkten Vergleich mit dem derzeitigen Wissen über Proxima und seine Planeten, liegt Leinsters Beschreibung recht nah an der Realität.

Robert A. Heinlein: Orphans of the Sky

Beim dem 1941 erschienene Roman *Orphans of the Sky* handelt es sich um ein zweiteiliges Werk (Teil 1: *Universe*, Teil 2: *Common Sense*). Erstmals in einem Buch erschienen beide Teile im Jahr 1963. Auch dieser Roman handelt von einem Generationenschiff, welches das Proxima Centauri System mit Unterlichtgeschwindigkeit, d. h. unter Verwendung klassischer Technologie, ansteuert. Der Start erfolgt im Roman im Jahr 2119. Über die Jahrhunderte der Reise hinweg sind jedoch wesentliche Kenntnisse hinsichtlich der Mission des Schiffs sowie das tiefere Verständnis seiner Funktionsweise verloren gegangen. Das Werk stellt damit eines der frühesten Beispiele für das Konzept eines (gegenüber Leinsters Werk „echten“) Generationenschiffs dar. Aus naturwissenschaftlicher Perspektive sind auch hier die Reisezeit, die Herstellung von künstlicher Schwerkraft sowie die Beschreibung des Proxima Centauri-Systems selbst interessant. Das Buch weist deutliche Parallelen zu Murray Leinsters Werk *Proxima Centauri* auf, in dem die Crew ebenfalls Mutationen aufweist, die allerdings in einer sehr viel kürzeren Zeitspanne auftreten.

Zum Autor

Auch im Fall von *Orphans of the Sky* soll zunächst ein Blick auf den Autor geworfen werden: Robert Heinlein studierte Luftfahrttechnik und war als Offizier in der US-Navy aktiv, wo er sich vornehmlich mit der Funkkommunikation befasste. In diesem Fall bestätigt sich, dass Autoren von Science-Fiction-Werken häufig über einen naturwissenschaftlichen oder technischen Hintergrund verfügen. Allerdings spielt Heinleins Hauptarbeitsgebiet, die Funkkommunikation, in *Orphans of the Sky* keine besonders herausgehobene Rolle.

Künstliche Gravitation auf der Vanguard

Die Herstellung künstlicher Gravitation stellt eine wesentliche Bedingung für sehr lange interplanetare oder gar interstellare Reisen dar. Ohne solche führt die langfristige Degeneration des menschlichen Körpers zu unabsehbaren Folgen. Dies gilt insbesondere dann, wenn auf dem Zielplaneten eine Landung vorgesehen ist – was der Normalfall sein dürfte.

Das Raumschiff – die *Vanguard* – ist als zylindrisches Objekt ausgeführt und erzeugt die künstliche Gravitation mittels Rotation um die Längsachse, was der Besatzung im späteren Verlauf der Reise jedoch nicht mehr bekannt ist:

Higher and higher they went, weight slipping imperceptibly from them with each successive deck. They emerged finally into a level beyond which there was no further progress, no opening above them. The deck curved gently, suggesting that the true shape of the space was a giant cylinder, but overhead a metallic expanse which exhibited a similar curvature obstructed the view and prevented one from seeing whether or not the deck in truth curved back on itself.

Für die Besatzung sind jedoch die Eigenheiten ihrer Umwelt, in Form der abnehmenden Gravitation auf den unteren Decks, eine bekannte Erscheinung, die jedoch als etwas Natürliches hingenommen wird:

The lower the level the greater the weight had been to his mind simply the order of nature, and nothing to wonder at. He was familiar with centrifugal force as it applied to

slingshots. To apply it also to the whole Ship, to think of the Ship as spinning like a slingshot and thereby causing weight, was too much of a hurdle; he never really believed it.

Die Geschwindigkeit der Rotation wird im Buch nicht explizit angegeben, jedoch muss diese recht langsam erfolgen, da bei der Aussicht aus einem der wenigen Fenster die scheinbare Rotation der Sterne kaum direkt wahrnehmbar ist:

The spinning of the Ship caused the stars to cross the circle of the port in barely perceptible arcs.

Auch der ungefähre Durchmesser muss aus eher vagen Beschreibungen abgeleitet werden, so heißt es an anderer Stelle:

Disregarding the ladder by which they had mounted, he stepped off into the opening and floated slowly down to the deck fifteen feet below, Tyler and Mahoney close behind him. Another hatch, staggered a few feet from the first, gave access to a still lower deck. Down, down, down, and still farther down they dropped, tens and dozens of decks, each silent, dimly lighted, mysterious. [...] "We've got about seventy decks to go to reach farm country," answered Tyler.

Schätzt man aus dieser Textstelle die Höhe eines einzelnen Decks zu 6 m ab und die Anzahl der Decks zu ca. 100, ergibt sich daraus bereits ein Durchmesser von mindestens 1,2 km für die gesamte Struktur. Die durch die Rotation hervorgerufene künstliche Schwerkraft lässt sich einfach berechnen durch Gleichsetzen mit der Zentripetalkraft ($F_Z = F_K$):

$$m\omega^2 r = mxg$$

Darin sind ω die Kreisfrequenz, r der Abstand vom Rotationszentrum und x der Bruchteil der Erdschwerebeschleunigung g . Das Buch enthält keinerlei Schilderungen, aus denen klar werden würde, dass bei den Astronauten physiologische Anpassungen an eine niedrige Schwerkraft vorliegen würden. Für die Kontrollrechnung über die Stärke der künstlichen Gravitation kann daher für x der Wert 1 angenommen werden. Setzen wir nun den Wert von 600 m für den Radius ein, so erhält man für die Kreisfrequenz

$$\omega = \sqrt{\frac{9,81 \frac{m}{s^2}}{600 \text{ m}}} \approx 0,13 \frac{1}{s},$$

woraus sich mit $T = \frac{2\pi}{\omega}$ die Periodendauer T einer vollständigen Umdrehung von 48 s ergibt. Eine Betrachtung des Sternhimmels würde zu einer leicht zu beobachtenden scheinbaren Bewegung der Sterne führen, was der Beschreibung im Buch widerspricht. Bei der Beschreibung der Reise über deutlich mehr als 70 Decks hinweg handelt es sich jedoch immer noch nur um einen Teilabschnitt des gesamten Raumschiffs. Die die zugrundeliegende Schätzung von insgesamt 100 Decks unzutreffend ist, ist durchaus wahrscheinlich. Auch wird nicht unmittelbar klar, welchen Durchmesser der „No-Weight-Bereich“, also der innere Zylinder des Raumschiffs, aufweist. Da hier sinnvollerweise Treibstofftanks vorhanden sein könnten, wäre es vorstellbar, dass dieser Bereich größere Dimensionen aufweist. Fest steht, dass die Abmessungen des Raumschiffs *Vanguard* gewaltig sein müssen.

Energieerzeugung

Jede interstellare Mission wird notwendigerweise mit dem Problem der Energieerzeugung zu kämpfen haben. In diesem Roman wird die direkte Umwandlung von Masse in Energie verwendet, um die Systeme des Raumschiffs selbst und seinen Antrieb mit Energie zu versorgen. Entstehender Abfall und die

Körper Verstorbener werden dabei in einem Reaktor in Energie umgewandelt. Hier spiegelt sich eine recht frühere Vorstellung von der Kernspaltung wider, wie sie noch in den frühen 1940er verbreitet war. Die Bedarfe der Lebenserhaltungssysteme allein zu decken, macht eine möglichst direkte Umwandlung von Masse zu Energie erforderlich. Andernfalls müssten große und größte Mengen von Treibstoffen umgewandelt werden, um diesen Bedarf zu decken. Konkretere Abschätzungen zur Energieumwandlung sind jedoch aus den wenigen Angaben kaum sinnvoll möglich.

Einschwenken in eine Umlaufbahn

Da der Hauptantrieb der *Vanguard* nicht funktionstüchtig ist – und natürlich auch aus energetischen Gründen – kann das Mutterschiff selbst nicht auf dem Zielplaneten landen. Einige der Protagonisten greifen daher auf ein deutlich kleineres Schiff zurück, dessen Natur und Funktionsweise sie jedoch zunächst verstehen müssen. Auch die Grundlagen des Raumflugs, d.h. der notwendigen Bahnberechnungen, sind kaum mehr bekannt:

The star of their destination grew and grew, swelled until it showed a visible disc and was too bright to be stared at long. Its bearing changed rapidly, for a star; it pulled across the backdrop of the stellarium dome. Left uncontrolled, the Ship would have swung part way around it in a wide hyperbolic arc, accelerated as it flipped around the star, then sped off again into the darkness. It took Hugh the equivalent of many weeks to calculate the elements of the trajectory; it took still longer for Ertz and Joe-Jim to check his figures and satisfy themselves that the preposterous answers were right. It took even longer to convince Ertz that the way to rendezvous in space was to apply a force that pushed one away from where one wished to go, that is to say, dig in the heels, put on the brakes, kill the momentum.

Auch wenn die Ausführungen hier nicht sehr ausführlich sind, wird doch eine zentrale Überlegung deutlich: Auf ihrer hyperbolischen Bahn ist die *Vanguard* extrem schnell unterwegs. Um in eine Bahn um einen der Planeten des Systems einzuschwenken, muss das Triebwerk der kleinen Raumfähre in Richtung des Planeten ausgerichtet werden, um abzubremesen und schließlich ein Einschwenkmanöver durchzuführen.

Ein heißer Jupiter bei Proxima

Im Roman ist das eigentliche Ziel ein massereicher Gasplanet, in dessen Umlaufbahn sich ein bewohnbarer Mond befindet. Zum Zeitpunkt seiner Entstehung war der Roman damit den Vorstellungen der Wissenschaft zur Planetenentstehung weit voraus: Zu dieser Zeit wurde angenommen, dass Gasplaneten nur jenseits der Schneelinie entstehen können, d. h. in den äußeren Bezirken eines Planetensystems, in denen Wasser in fester Form existieren kann. Sternnahe Gasplaneten, heute – je nach Masse – als heiße Jupiter oder heiße Neptune bekannt, sind erst seit ihrem erstmaligen Nachweis von der astronomischen Community akzeptiert. Während Science-Fiction-Medien in den meisten Fällen kommende technische Entwicklungen vorhersehen, stellt *Orphans of the Sky* ein Beispiel dar, in dem auch eine wesentliche Erkenntnis der Grundlagenforschung zutreffend vorhergesagt wurde:

“The great planet that they crawled up on, till it showed a visible naked-eye disc, was larger than Jupiter, a companion to the star, somewhat younger and larger than the Sun, around which it swung at a lordly distance. Hugh blasted back, killing his speed over many sleeps, to bring the Ship into a path around the planet. The maneuver brought him close enough to see its moons.

Luck helped him again. He had planned to ground the great planet, knowing no better. Had he been able do so they would have lived just long enough to open the air-lock."

Auf den ersten Blick mag es unwahrscheinlich erscheinen, dass ein großer Gasplanet auf einer engen Umlaufbahn um einen Zwergstern existiert. Jedoch konnte mit TOI-6894b genau ein solches System gefunden werden, bei dem ein Gasplanet mit der Größe Saturns einen Zwergstern mit nur ca. 20% der Sonnenmasse umkreist. Proxima liegt mit nur 0,12 Sonnenmasse noch einmal deutlich darunter, jedoch erscheint die Existenz eines Gasplaneten um einen M-Zwerg damit nicht grundsätzlich ausgeschlossen. Am Ende des Buchs wird zum Abschluss kurz auf die erfolgreiche Landung und die ersten Schritte der Erkundung des Exomonds eingegangen:

"The sun had crossed a sizable piece of the sky, enough time had passed for a well-fed man to become hungry, and they were not well fed."

Bereits aus dieser kurzen Textstelle wird deutlich, dass der Mond, auf dem die Protagonisten gelandet sind, sich mit nicht-vernachlässigbarer Geschwindigkeit um sich selbst dreht, so dass Proxima, bzw. die „Sonne“, sich am Himmel entsprechend weiterbewegt hat. Diese Aussage lässt sich nun wiederum auf Plausibilität prüfen: Um überhaupt in der habitablen Zone zu liegen, muss der Gasriese mit seinen Monden nah am Stern liegen. In einer solch kurzen Distanz erfolgt die Rotation des Gasriesen selbst in gebundener Form, d. h. er wendet dem Stern stets die gleiche Seite zu. Aus dem Sonnensystem ist bekannt, dass die großen Monde der Gasriesen Jupiter und Saturn diese auf verhältnismäßig engen Umlaufbahnen umlaufen. Auch bei diesen Monden erfolgt die Rotation in gebundener Form. Auf der Oberfläche eines solchen Mondes ist die scheinbare Bewegung des Zentralgestirns daher das Resultat der Überlagerung des Umlaufs des Mondes um den Planeten und des Umlaufs des Planeten um den Zentralstern selbst. Es handelt sich damit nicht mehr um eine einfache Bewegung, wie sie aus dem alltäglichen Sonnenlauf bekannt ist. Die Existenz von Exomonden um Gasriesen auf engen Umlaufbahnen um ihren Heimatstern wird jedoch als relativ unwahrscheinlich angesehen. Problematisch ist die recht kleine Hill-Sphäre, d. h. der Bereich, in dem die Gravitation des Gasriesen dominiert.

Auffallend ist an der Textstelle, dass an dieser Stelle nicht von der Ansicht des Gasplaneten selbst die Rede ist, der die Ansicht des Himmels dominieren würde, wenn man sich auf der planetenzugewandten Seite des Mondes aufhalten würde. Zum Vergleich: Jupiter erscheint von der Oberfläche seines Mondes Europa aus gesehen unter einem Winkel von mehr als 12°. Entsprechend wäre auch der Mutterkörper des fiktiven Exomonds eine seine imposante Erscheinung.

Da es bisher keine gesicherten Nachweise von Exomonden gibt, lässt sich über die Entfernung großer Monde von ihren Mutterkörpern in anderen Planetensystemen keine Aussage machen. Es erscheint jedoch wahrscheinlich, dass auch in solchen Systemen die Monde auf engen Umlaufbahnen und damit in gebundener Rotation kreisen.

Weitere Aspekte

Heinlein stellt dar, wie viel Wissen innerhalb der Crew über die Zeit hinweg verloren gegangen ist. Obwohl Bücher mit allen relevanten Informationen an Bord des Schiffs vorhanden sind, gibt es offenbar kein funktionierendes Bildungssystem, welches das dort enthaltene Wissen zugänglich machen würde. Entsprechend kommen Probleme auf, wie sie von der raumfahrenden Zivilisation nicht erwartet werden, die sich exakt so jedoch in der allgemeinen Öffentlichkeit auch heute finden lassen. Heinlein führt hier beispielsweise das Problem an, Sterne von Planeten allein auf Basis der Beobachtung zu unterscheiden:

There is a misconception, geocentric and anthropomorphic, common to the large majority of the earth-bound, which causes them to visualize a planetary system stereoscopically. The mind's eye sees a sun, remote from a backdrop of stars, and surrounded by spinning apples: the planets. Step out on your balcony and look. Can you tell the planets from the stars? Venus you may pick out with ease, but could you tell it from Canopus,

if you had not previously been introduced? That little red speck: is it Mars, or is it Antares? How would you know, if you were as ignorant as Hugh Hoyland [einer der Protagonisten]? Blast for Antares, believing it to be a planet, and you will never live to have grandchildren.

Zusammenfassung zu Heinleins *Orphans of the Sky*

Orphans of the Sky stellt einige interessanten Aspekte des fiktionalen Planetensystems sowie der Geschichte der Reise durch den Raum dar. Neben den Gefahren, wie der Strahlung, denen Menschen bei einer interstellaren Reise ausgesetzt sind, wird auch hier eine, für den Unterricht nutzbare, Darstellung des Ziels der Mission geliefert. Mittlerweile ist eine Vielzahl von Gasriesen bekannt, die ihre Zentralsterne auf kleinen Umlaufbahnen umkreisen. Nimmt man an, dass viele dieser Gasplaneten wiederum als Zentralkörper von Exomonden fungieren, ergibt sich daraus eine Vielzahl potentiell lebensfreundlicher Welten. Allerdings dürften diese mitunter durch die starken Strahlungsgürtel der Gasplaneten negativ beeinträchtigt werden. Die Detektion derartiger Exomonde stellt jedoch weiterhin eine große Herausforderung dar, da diese auch mit der Transitmethode kaum zu detektieren sind und ebenso nur geringste Verschiebungen der Durchgangszeit ihres Mutterplaneten hervorrufen, so dass auch Transit-Zeit-Variationen das Rätsel aktuell noch nicht lösen können. Ein heißer Jupiter auf einer hinreichend engen Bahn um Proxima kann jedoch mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit ins Reich der Fiktion verbannt werden: Ein solcher Himmelskörper würde sich bei Radialgeschwindigkeitsmessungen leicht bemerkbar machen.

Fiktionale Medien: Fluch oder Segen?

Fiktionale Medien können gelegentlich als Quelle von Fehlvorstellungen ausgemacht werden. Ein bekanntes Beispiel ist die falsche Annahme, dass es sich beim Asteroidengürtel um eine Region des Sonnensystems handelt, in der gewaltige Brocken dicht beieinander liegen, so dass ein Raumschiff oder eine Raumsonde große Mühen hat, hindurch zu navigieren. Entsprechende Darstellungen finden sich in vielen Science-Fiction-Filmen. Auch Bücher können falsche Vorstellungen wecken oder diese untermauern. Anhand der beiden hier vorgestellten klassischen Texte wird deutlich, dass auch hier Fehler unterlaufen sind, die – auch unter beachten des Zeitpunkts der Entstehung beider Werke – vermeidbar gewesen wären. Den Blick nur auf die Mängel zu richten, wird den Autoren jedoch nicht gerecht. Vielmehr sollte auch deren Weitsicht angemessen gewürdigt werden. Die Vorstellung von Generationenschiffen und die damit einhergehenden Gefahren extrem langer Reisen durch das Weltall, stellen noch immer diskutierte Möglichkeiten der Besiedlung des Weltalls dar. Auch der Weitblick bei der Beschreibung des Proxima Centauri Systems sollte uns erstaunen: Lange vor den ersten Nachweisen von Exoplaneten und selbst vor der detaillierten Erforschung der Außenbereiche unseres eigenen Sonnensystems wurden hier Schilderungen vorgelegt, die nahe an der Realität sind oder zumindest, im Fall des Ringsystems, interessante und zu diskutierende Ideen darstellen.

Aufgabenvorschläge

Der Vor- und gleichermaßen der Nachteil von Büchern (oder auch nur Kurzgeschichten), ist ihre Fülle an Details, die Anlass zu Untersuchungen und Diskussionen bieten können. Es sollen an dieser Stelle daher lediglich einige Anregungen gegeben werden, die als erste Zugänge dienen können.

Allgemein zu Proxima Centauri

- Proxima Centauri ist der nächste bekannte Nachbarstern der Sonne. Beschreiben Sie anhand der scheinbaren Helligkeit, warum er dennoch erst im Jahr 1915 entdeckt wurde.
- Recherchieren Sie, wie der Vergleich von Fotoplaten mittels Blink-Komparator durchgeführt wurde, mit dem die hohe Eigenbewegung des Sterns Proxima Centauri festgestellt wurde.
- Recherchieren Sie, was ein Flare Stern ist und welche Auswirkungen die Flares auf mögliche Planeten um einen solchen Stern haben könnten.
- Suchen Sie nach einem geeigneten Vergleichsmaßstab, um die Eigenbewegung von Proxima Centauri von weniger als 5“ pro Jahr darzustellen, die für einen Stern vergleichsweise hoch ist. Vergleichen Sie die Eigenbewegung auch mit einigen weiteren Sternen (z. B. mit Barnards Pfeilstern), die als Schnellläufer bekannt sind.
- Die Helligkeit von Proxima Centauri ($m = 11,13$) steigt sporadisch stark an. Bei diesen sogenannten Flares erreicht der Stern eine um eine Magnitude größere Helligkeit als unter normalen Bedingungen. Berechnen Sie den Strahlungsfluss, den ein Planet im Orbit des Sterns während eines solchen Ereignisses zusätzlich erhält. Das Verhältnis von Magnituden und Strahlungsfluss berechnet sich durch:

$$m_0 - m_1 = -2,5 \log \log_{10} \left(\frac{F_0}{F_1} \right)$$

Zu Leinsters Proxima Centauri

- Führen Sie eine Plausibilitätsprüfung der Darstellung des Sterns Proxima Centauri sowie des ihn umgebenden Planetensystems durch. Stimmen die Angaben in der Kurzgeschichte mit den aktuellen Modellen der Planetenentstehung und den bekannten Beispielen von Exoplanetensystemen überein?
- Das Raumschiff *Adastra* erreicht den Stern Proxima Centauri in einer überschaubaren Zeit. Führen Sie eine Kontrollrechnung der angegebenen Reisezeit durch. Beginnen Sie mit einer Vorüberlegung: Ist eine Berechnung mit den Mitteln der Newtonschen Mechanik möglich?

Zu Heinleins Orphans of the Sky

- Führen Sie eine Plausibilitätsprüfung der Darstellung des Sterns Proxima Centauri sowie des ihn umgebenden Planetensystems durch. Stimmen die Angaben in der Kurzgeschichte mit den aktuellen Modellen der Planetenentstehung und den bekannten Beispielen von Exoplanetensystemen überein?
- Am Ende des Romans landen die Protagonisten auf dem Mond eines Gasriesen um Proxima Centauri. Überprüfen Sie, ob die geschilderte Bewegung des Sterns Proxima am Himmel des Exomonds realistisch ist.
- Modellieren Sie das im Roman beschriebene Raumschiff und schätzen Sie dessen Größe ab. Nutzen Sie dazu auch die Beschreibung, dass an Bord eine künstliche Gravitation herrscht.

Quellen

- Anglada-Escudé, G., Amado, P. J., Barnes, J., Berdiñas, Z. M., Butler, R. P., Coleman, G. A. L., La Cueva, I. de, Dreizler, S., Endl, M., Giesers, B., Jeffers, S. V., Jenkins, J. S., Jones, H. R. A., Kiraga, M., Kürster, M., López-González, M. J., Marvin, C. J., Morales, N., Morin, J., . . . Zechmeister, M. (2016). A terrestrial planet candidate in a temperate orbit around Proxima Centauri. *Nature*, 536(7617), 437–440. <https://doi.org/10.1038/nature19106>
- Artigau, É., Cadieux, C., Cook, N. J., Doyon, R., Vandal, T., Donati, J.-F., Moutou, C., Delfosse, X., Fouqué, P., Martioli, E., Bouchy, F., Parsons, J., Carmona, A., Dumusque, X., Astudillo-Defru, N., Bonfils, X. & Mignon, L. (2022). Line-by-line Velocity Measurements: an Outlier-resistant Method for Precision Velocimetry. *The Astronomical Journal*, 164(3), 84. <https://doi.org/10.3847/1538-3881/ac7ce6>
- Bernshausen, H. & Kraus, S. F. (2014). Science-Fiction-Literatur im Astronomieunterricht: Teil 1. *Astronomie + Raumfahrt im Unterricht*, 51(2), 21–24.
- Bernshausen, H. (2025). Mit Modellbildung zu den Sternen. *Astronomie + Raumfahrt im Unterricht*, 62(199), 46–50.
- Faria, J. P., Suárez Mascareño, A., Figueira, P., Silva, A. M., Damasso, M., Demangeon, O., Pepe, F., Santos, N. C., Rebolo, R., Cristiani, S., Adibekyan, V., Alibert, Y., Allart, R., Barros, S. C. C., Cabral, A., D’Odorico, V., Di Marcantonio, P., Dumusque, X., Ehrenreich, D., . . . Zapatero Osorio, M. R. (2022). A candidate short-period sub-Earth orbiting Proxima Centauri. *Astronomy & Astrophysics*, 658, A115. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202142337>
- Herms, G. (2020). Die Suche nach erdähnlichen Exoplaneten – wie geht das? *Wissenschaft in die Schulen*(3). www.wissenschaft-schulen.de/artikel/1421035
- Innes, R. T. A. (1915). A Faint Star of Large Proper Motion. *Circular of the Union Observatory Johannesburg*, 30, 235–236.
- Kraus, S. F. & Bernshausen, H. (2024). Try Science Fiction as a teaching aid: Begabtenförderung anhand fiktionaler Romane am Beispiel von „The Black Cloud“. In B. Laudenberg & D. Rott (Hrsg.), *Begabungsförderung: Individuelle Förderung und Inklusive Bildung. MINT-Begabungen fördern mit fiktionaler Literatur* (S. 79–92). Waxmann.
- Kraus, S. F. (2023). Beobachtungen zwischen instrumenteller Objektivität und Suggestion: Die Marskanäle und die Möglichkeit von Leben auf dem Mars. *Astronomie + Raumfahrt im Unterricht*(4), 35–39.
- Li, J., Jiang, J. H., Yang, H., Abbot, D. S., Hu, R., Komacek, T. D., Bartlett, S. J. & Yung, Y. L. (2022). Rotation Period Detection for Earth-like Exoplanets. *The Astronomical Journal*, 163(1), 27. <https://doi.org/10.3847/1538-3881/ac36ce>
- Millholland, S. C. & Winn, J. N. (2025). Exploring exoplanet dynamics with JWST: Tides, rotation, rings, and moons. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 122(39), e2416189122. <https://doi.org/10.1073/pnas.2416189122>
- o. A. (1925). Proper Motion of Proxima Centauri. *Popular Astronomy*, 33, 415.
- Schultz, A. B., Hart, H. M., Hershey, J. L., Hamilton, F. C., Kochte, M., Bruhweiler, F. C., Benedict, G. F., Caldwell, J., Cunningham, C., Wu, N., Franz, O. G., Keyes, C. D. & Brandt, J. C. (1998). A Possible Companion to Proxima Centauri. *The Astronomical Journal*, 115(1), 345–350. <https://doi.org/10.1086/300176>
- Shapley, H. (1951). Proxima Centauri as a Flare Star. *Proceedings of the National Academy of Science*, 37(1), 15–18. <https://doi.org/10.1073/pnas.37.1.15>
- Thackeray, A. D. (1950). Proxima Centauri. *Monthly Notes of the Astronomical Society of South Africa*, 9, 9.
- West, A. A., Weisenburger, K. L., Irwin, J., Berta-Thompson, Z. K., Charbonneau, D., Dittmann, J. & Pineda, J. S. (2015). An Activity-Rotation Relationship and Kinematic Analysis of Nearby Mid-to-Late-Type M Dwarfs. *The Astrophysical Journal*, 812(1), 3. <https://doi.org/10.1088/0004-637X/812/1/3>

- Witze, A. (2016). Earth-sized planet around nearby star is astronomy dream come true. Nature, 536(7617), 381–382. <https://doi.org/10.1038/nature.2016.20445>

Weitere WIS-Materialien zur Astronomie und allen ihren Bezügen finden Sie unter der Adresse www.wissenschaft-schulen.de (Fachgebiet Astronomie). Wir würden uns freuen, wenn Sie zum vorliegenden Beitrag Hinweise, Kritiken und Bewertungen an die Kontaktadresse des Autors (kraus@hda-hd.de) senden könnten.