

Exploring Exoplanets

by Deborah Kops · Language: DE

Summary by booksummaryai.com —

<https://booksummaryai.com/country/de/exploring-exoplanets-zusammenfassung>

Summary

In 60 Sekunden

1995 entdeckten zwei Schweizer Astronomen einen taumelnden Stern und fanden den ersten Planeten um einen sonnenähnlichen Stern. Seitdem haben Astronomen Tausende weitere gefunden, indem sie beobachteten, wie Sterne zucken, dunkler werden und driften. Manche Welten sind aufgebläht, auf manchen regnet geschmolzenes Glas, manche kreisen um zwei Sonnen, und manche treiben allein zwischen den Sternen. Die Hauptbeute: ein erdgroßer Planet in der habitablen Zone, mit einer Atmosphäre, die wir aus Lichtjahren Entfernung erschnuppert können.

Warum es sich lohnt

Dies ist die Geschichte, wie die größte Frage der Astronomie – 'Sind wir allein?' – innerhalb einer Generation zu harten Daten wurde. Kinder und neugierige Erwachsene bekommen echte Entdeckungsmethoden, echte Missionen und echte Planeten mit Namen und Zahlen statt vages Staunen. Wer je wissen wollte, wie man einen Planeten findet, den man nicht sehen kann, dem liefert dieses Buch den Werkzeugkasten.

Die Kernideen

Ein Wackeln, das die Welt hörte

Am Observatoire de Haute-Provence in Frankreich richteten die Schweizer Astronomen Michel Mayor und Didier Queloz ihre Instrumente auf 51 Pegasi, einen Stern in etwa 50 Lichtjahren Entfernung. Das Spektrum des Sterns zeigte Dopplerverschiebungen, die auf ein Wackeln hindeuteten, verursacht von einem Planeten in Umlaufbahn. Der Übeltäter: ein Gasriese, der alle 4,2 Tage in nur 0,05 astronomischen Einheiten herumrast und den Stern mit seiner Schwerkraft mit etwa 50 Metern pro Sekunde an sich zerrt. Der Planet, 51 Pegasi b, wurde zum ersten entdeckten Planeten um einen sonnenähnlichen Stern, und die beiden Astronomen erhielten dafür später den Physik-Nobelpreis 2019.

Die Entdeckung war überraschend, weil 51 Pegasi b ein 'Hot Jupiter' ist, ein Gasriese, der extrem nah an seinem Stern kreist, mit einem Jahr von nur etwa 4 Tagen und einer geschätzten Oberflächentemperatur von über 1.000 Grad Celsius.

Probier es aus: Suche heute Abend 51 Pegasi in einer Sternbeobachtungs-App und finde das Sternbild Pegasus, in dem diese nobelpreisgekrönte Entdeckung gemacht wurde.

Toter Stern, lebendige Planeten

Zwei Jahre vor der berühmten Schweizer Entdeckung arbeiteten die Radioastronomen Aleksander Wolszczan und Dale Frail mit dem Arecibo-Teleskop in Puerto Rico und maßen die Pulse eines toten Sterns: den Pulsar PSR B1257+12, etwa 2.300 Lichtjahre entfernt. Sie entdeckten winzige, regelmäßige Schwankungen in den Radiopulsen des Pulsars. Die Ursache war die Gravitationsanziehung von Planeten, dreien davon, mit Massen von 0,02, 4,3 und 3,9 Erdmassen. Der innerste, Draugr, hat eine Masse von etwa der doppelten Mondmasse und umkreist den Sternenleichen alle 25,3 Tage. Dies waren die ersten bestätigten Exoplaneten, die je gefunden wurden.

Die ersten Planeten außerhalb unseres Sonnensystems wurden nicht um eine gemütliche Sonne gefunden, sondern um ein ausgebranntes, rotierendes Überrest, der Strahlung über seine Umlaufbahnen schleudert.

Probier es aus: Lass ein Metronom oder eine tickende Uhr eine Minute laufen und stelle dir vor, eine Verzögerung von einem Bruchteil einer Sekunde zu bemerken – die Art von Präzision, die diese Planeten verriet.

Den Schatten eines Planeten einfangen

Das Kepler-Weltraumteleskop der NASA, gestartet im März 2009, starrte ununterbrochen auf ein Stück Himmel. Es starrte ununterbrochen auf ein Stück Himmel in den Sternbildern Schwan und Leier und überwachte über 150.000 Sterne. Die Transitmethode entdeckt einen Exoplaneten, wenn er vor seinem Stern vorbeizieht und einen winzigen Helligkeitsabfall verursacht.

Die Transitmethode ist eine Art, Planeten zu finden, indem man den winzigen Helligkeitsabfall eines Sterns beobachtet, wenn ein Planet vor ihm vorbeizieht.

Probier es aus: Verdunkle eine Taschenlampe hinter einer Münze und schiebe die Münze durch den Lichtstrahl; beobachte, wie ein winziges Objekt einen messbaren Helligkeitsabfall verursacht.

Das Wackeln eines Sterns lesen

Geoffrey Marcy und Paul Butler bestätigten die 51-Pegasi-Entdeckung. Die Radialgeschwindigkeitsmethode entdeckt Exoplaneten, indem sie das Wackeln eines Sterns über Dopplerverschiebungen in seinem Spektrum misst – das Licht verschiebt sich ins Blaue, wenn sich der Stern auf die Erde zubewegt, und ins Rote, wenn er sich entfernt. Der Stern 51 Pegasi zeigte ein Wackeln von etwa 50 Metern pro Sekunde, ungefähr die Geschwindigkeit eines schnellen Läufers. Das Buch nennt den High Accuracy Radial Velocity Planet Searcher (HARPS)-Spektrographen auf einem Teleskop in Chile als ein äußerst erfolgreiches Instrument zur Auffindung von Exoplaneten mittels der Radialgeschwindigkeitsmethode.

Die Radialgeschwindigkeitsmethode entdeckt Exoplaneten, indem sie die Dopplerverschiebungen im Spektrum eines Sterns misst, die durch sein Wackeln verursacht werden.

Probier es aus: Suche nach Aufnahmen der Heimat des HARPS-Spektrographen, der La-Silla-Observatorium in Chile, und sieh dir den Berggipfel an, an dem Sternenlicht in Metern pro Sekunde gemessen wird.

Der erste Planet mit einer Wettervorhersage

Die Transitmethode wurde erstmals 1952 von Otto Struve vorgeschlagen, aber es dauerte Jahrzehnte, bis die Technologie aufholte. Die erste erfolgreiche Transitbeobachtung war die von HD 209458b im Jahr 1999. Im Jahr 2001 beobachteten Astronomen mit dem Hubble-Weltraumteleskop, wie Sternenlicht durch die Atmosphäre des Planeten filterte, was das Vorhandensein von Natrium offenlegte. Das Buch beschreibt den 'puffigen Planeten' HAT-P-1b, dessen Dichte geringer als die von Kork ist, was darauf hindeutet, dass es sich um einen puffigen Planeten handelt, der von seinem Stern erhitzt wird.

Ein Transit kann die Atmosphäre eines Planeten offenbaren, wenn Sternenlicht durch sie filtert, und Planeten, die nah an ihren Sternen liegen, können zu sehr geringen Dichten aufgebläht werden.

Probier es aus: Blase Seifenblasen und bemerke, wie Wärme von deinem Atem oder der Sonne sie weich und geschwollen macht – ein kleiner Hinweis darauf, was die Erhitzung durch den Stern mit HAT-P-1b machte.

Kepler-186f: Erdgröße, aber die Sonne eines anderen

Kepler-22b war der erste Kepler-Planet, der in der habitablen Zone eines sonnenähnlichen Sterns gefunden wurde, verkündet im Dezember 2011. Er ist etwa 2,4-mal so groß wie die Erde und umkreist seinen Stern alle 290 Tage, aber seine Zusammensetzung (gesteinig oder gasförmig) war zu diesem Zeitpunkt unbekannt. Kepler-186f ist der erste Planet von Erdgröße, der in einer habitablen Zone gefunden wurde, verkündet 2014, er umkreist einen Roten Zwerg etwa 500 Lichtjahre entfernt.

Kepler-22b und Kepler-186f waren Meilensteine: der erste Kepler-Planet in einer habitablen Zone und der erste Planet von Erdgröße in einer habitablen Zone.

Probier es aus: Zeichne zwei Kreise auf Papier, einen 2,4-mal breiter als den anderen, und vergleiche, was 'Erdgröße' neben Kepler-22b wirklich bedeutet.

Sieben Welten um einen schwach leuchtenden Stern

Das Buch beschreibt TRAPPIST-1, einen ultrakühlen Roten Zwerg etwa 39 Lichtjahre entfernt mit sieben Planeten von Erdgröße. Er wurde mit dem TRAPPIST-Teleskop in Chile entdeckt und mit dem Spitzer-Weltraumteleskop der NASA bestätigt. Drei der sieben TRAPPIST-1-Planeten

umkreisen den Stern in dessen habitabler Zone. Das Buch weist darauf hin, dass Rote Zwerge Flares ausstoßen, die die Atmosphäre eines Planeten abtragen könnten, und warnt davor, dass die Lage in der habitablen Zone nicht garantiert, dass ein Planet bewohnbar ist.

TRAPPIST-1 ist ein kompaktes System aus sieben Planeten von Erdgröße um einen ultrakühlen Roten Zwerg, drei davon in der habitablen Zone, doch Flares erschweren die Bewohnbarkeit.

Probier es aus: Vergleiche das Layout unseres Sonnensystems mit einer Skizze der sieben Planeten von TRAPPIST-1 und bemerke, wie eng sie in die Umlaufbahn des Merkur passen würden.

Der nächste, mit einem Sternchen

Das Buch beschreibt Proxima Centauri b, den nächsten bekannten Exoplaneten, der den unserer Sonne nächsten Stern etwa 4,2 Lichtjahre entfernt umkreist, entdeckt 2016. Er ist der nächste bekannte Exoplanet, und er liegt in der habitablen Zone seines Sterns. Das Buch weist darauf hin, dass Rote Zwerge Flares ausstoßen, die die Atmosphäre eines Planeten abtragen könnten, und warnt davor, dass die Lage in der habitablen Zone nicht garantiert, dass ein Planet bewohnbar ist.

Proxima Centauri b ist der nächste bekannte Exoplanet und liegt in der habitablen Zone seines Sterns, doch die Flares des Roten Zwergs bedeuten, dass Bewohnbarkeit nicht garantiert ist.

Probier es aus: Finde die Position von Proxima Centauri im südlichen Sternbild Centaurus auf einer Sternkarte und bedenke, dass unser nächster planetarer Nachbar mit bloßem Auge unsichtbar ist.

Andere Welten fotografieren

Die direkte Abbildung des Exoplaneten Fomalhaut b im Jahr 2008, verkündet von Paul Kalas und seinem Team mit dem Hubble-Weltraumteleskop, war das erste Bild eines Exoplaneten im sichtbaren Licht. Der Planet umkreist den Stern Fomalhaut, 25 Lichtjahre entfernt, und wurde als schwacher Punkt gesehen, der sich entlang einer vorhergesagten Umlaufbahn bewegte. Die direkte Abbildung von Planeten um den Stern HR 8799 im Jahr 2008 durch Christian Marois und sein Team, mit den Keck- und Gemini-Teleskopen in Hawaii, bildete drei Planeten ab, jeder mehrere Jupitermassen schwer, in Abständen von 24, 38 und 68 astronomischen Einheiten. Das Buch verweist auf das System Beta Pictoris, wo ein massereicher Planet, Beta Pictoris b, direkt abgebildet wurde, wie er sich innerhalb einer riesigen, staubigen Trümmerscheibe bewegt, und damit einen Schnappschuss eines jungen Planetensystems liefert.

Direkte Abbildung macht echte Bilder von Exoplaneten möglich, erreicht bei weiten Umlaufbahnen, wo das Licht des Sterns weniger überwältigend ist.

Probier es aus: Versuche, ein schwaches Objekt neben dem Strahl einer hellen Taschenlampe in einem dunklen Raum zu entdecken, um selbst zu spüren, wie Blendung Planeten verbirgt.

Planeten mit zwei Sonnen

Das Buch beschreibt Kepler-16b, einen Planeten mit Saturnmasse, der zwei Sterne umkreist, wie das fiktive Tatooine in Star Wars, entdeckt von der Kepler-Mission und verkündet 2011. Die beiden Sterne von Kepler-16 sind kleiner und kühler als die Sonne, mit Massen von etwa 0,69 und 0,20 Sonnenmassen. Sie verfinstern sich gegenseitig alle 41 Tage.

Kepler-16b ist ein echter zirkumbinärer Planet, der zwei Sterne gleichzeitig umkreist, und zeigt, dass Doppeluntergänge nicht nur Science-Fiction sind.

Probier es aus: Sieh dir die ursprüngliche Doppeluntergang-Szene auf Tatooine aus Star Wars an, und schlage dann eine Künstlerdarstellung von Kepler-16b nach, um Fiktion und Tatsache zu vergleichen.

Wie man einen Planeten baut

Die protoplanetare Scheibe um den jungen Stern HL Tauri wurde 2014 vom Atacama Large Millimeter Array (ALMA) in Chile in atemberaubendem Detail abgebildet. Sie zeigte konzentrische Ringe und Lücken, die als Planeten gedeutet wurden, die sich gerade im Entstehen befinden. Das Buch erklärt das Kernakkretionsmodell: Staubkörner kollidieren und verkleben zu Kieselchen, dann zu Gesteinsbrocken, dann zu Planetesimalen; sobald ein Kern etwa das Zehnfache der Erdmasse erreicht, kann er rasend schnell gewaltige Gasmengen einsammeln und so zu einem Gasriesen werden. Das Buch erwähnt die 'Frostlinie' oder 'Schneelinie', den Abstand von einem Stern, ab dem es kalt genug ist, dass flüchtige Verbindungen wie Wasser, Ammoniak und Methan zu festen Eiskörnern kondensieren.

Planetbildung folgt dem Kernakkretionsmodell, und die Frostlinie markiert, wo Eises kondensieren können und so bestimmt, wo Riesenplaneten entstehen können.

Probier es aus: Schüttele ein Glas mit Mehl und Kieselsteinen und beobachte, wie schwerere Stücke sich absetzen und verklumpen – ein küchentauglicher Nod an Staubkörner, die zu Planetesimalen verkleben.

Ein Planet, auf dem Glas regnet

Das Buch beschreibt HD 189733b, einen blauen Exoplaneten, auf dem Glas regnet, gefunden etwa 63 Lichtjahre entfernt. Das Buch beschreibt Hot Jupiters wie 51 Pegasi b, Gasriesen, die enger um ihre Sterne kreisen als Merkur um die Sonne, mit Oberflächentemperaturen bis zu 1.800 °F (1.000 °C). Das Buch erklärt 'Supererden', Planeten größer als die Erde, aber kleiner als Neptun, als einen Typ, der in unserem Sonnensystem nicht vorkommt, mit Massen zwischen dem Ein- und Zehnfachen der Erdmasse. Das Buch beschreibt Rogue-Planeten, die durch den Weltraum driften, ohne einen Stern zu umkreisen, möglicherweise aus ihren Heimatsystemen hinausgeschleudert.

Die Exoplaneten-Zählung umfasst viele Planetentypen, die unser Sonnensystem nicht hat: Hot Jupiters, Supererden, Glasregner und Rogue-Planeten.

Probier es aus: Liste jeden Planetentyp auf, den du in der Schule gelernt hast, und prüfe dann, wie viele davon – Hot Jupiters, Supererden, Rogues – auf dieser Liste fehlen.

Fremde Luft schnuppern

Licht vom Planeten eines Sterns kann in einem Spektrum analysiert werden, um Chemikalien in seiner Atmosphäre aufzudecken, etwa Wasserdampf, Sauerstoff oder Methan. Das Buch erklärt Biosignaturen, Gase wie Sauerstoff und Methan, die zusammen Leben auf einem Exoplaneten anzeigen könnten. Das James-Webb-Weltraumteleskop mit seinem goldbeschichteten Segmentspiegel würde Exoplanetenatmosphären im Infrarotlicht untersuchen und nach Gasen wie Wasserdampf, Methan und Kohlendioxid suchen.

Spektroskopie verwandelt Sternenlicht in eine Bestandsaufnahme atmosphärischer Gase, und bestimmte Gaskombinationen, etwa Sauerstoff und Methan, könnten als Biosignaturen dienen.

Probier es aus: Lass Sonnenlicht oder eine Taschenlampe durch ein Glasprisma oder eine CD scheinen und schau dir die Spektralbänder an – derselbe Spalttrick, mit dem man fremde Atmosphären liest.

Lavawelten und Diamanthimmel

Das Buch beschreibt 'Lavawelten' wie CoRoT-7b, eine felsige Supererde, die ihrem Stern so nah ist, dass ihre Oberfläche wahrscheinlich geschmolzenes Gestein ist, mit Temperaturen bis zu 2.000 Grad Celsius auf der sternzugewandten Seite. Das Buch erwähnt die 'Diamantplaneten'-Hypothese für 55 Cancri e, eine kohlenstoffreiche Supererde, wo unter enormem Druck Kohlenstoff unter der Oberfläche eine dicke Schicht aus Diamant bilden könnte. Das Buch erwähnt HD 80606 b, einen Planeten mit extrem exzentrischer Umlaufbahn, die wilde Temperaturschwankungen von etwa 980 °F (527 °C) auf 2.240 °F (1.227 °C) in nur wenigen Stunden verursacht.

Extreme Umlaufbahnen und Zusammensetzungen erzeugen Planeten mit Bedingungen, die alles in unserem Sonnensystem weit übersteigen, von geschmolzenen Oberflächen bis zu möglichen Diamantschichten.

Probier es aus: Halte eine Hand nah an eine Lampe und eine weit weg, dann bewege deine Hand in einer Ellipse, um zu spüren, wie eine schiefe Umlaufbahn wilde Temperaturschwankungen bedeutet.

Lauschen auf Gesellschaft

Das Buch beschreibt die Suche des SETI-Instituts nach außerirdischer Intelligenz, die mit Radioteleskopen auf Signale anderer Zivilisationen lauscht. Das Buch erklärt die Drake-Gleichung, aufgestellt vom Astronomen Frank Drake 1961, um die Zahl der kommunizierenden Zivilisationen in unserer Galaxie abzuschätzen. Das Buch beschreibt das Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS), gestartet 2018, um fast den gesamten Himmel nach Exoplaneten abzusuchen und dabei über 200.000 der hellsten Sterne nahe der Sonne zu

vermessen.

Die Suche nach Planeten und die Suche nach Intelligenz laufen parallel, wobei Exoplanetenzahlen in Abschätzungen wie die Drake-Gleichung einfließen.

Probier es aus: Skizziere die Faktoren der Drake-Gleichung auf Papier und trage deine eigenen Schätzungen ein, wie viele Sterne Planeten haben – heute eine Frage mit echten Daten dahinter.

Die Goldilocks-Rechnung

Die habitable Zone ist der Bereich um einen Stern, in dem die Temperatur genau richtig ist – weder zu heiß noch zu kalt –, damit flüssiges Wasser auf der Oberfläche eines Planeten existieren kann.

Die habitable Zone ist ein entscheidender Filter, um Planeten zu identifizieren, die potenziell flüssiges Wasser auf ihrer Oberfläche tragen könnten.

Probier es aus: Markiere drei Kreise um eine Kerze in wachsendem Abstand und notiere, welche Stelle sich warm, aber nicht heiß anfühlt – deine eigene habitable Zone.

Die nächste Generation der Planetenjäger

Das Buch zitiert die Astrophysikerin Sara Seager: „Zum ersten Mal in der Geschichte der Menschheit haben wir die echte Möglichkeit, einen erdähnlichen Planeten mit Anzeichen von Leben zu entdecken.“ Das Buch beschreibt die PLATO-Mission (PLANetary Transits and Oscillations of stars) der Europäischen Weltraumorganisation, deren Start für die Mitte der 2020er Jahre geplant ist und die darauf ausgelegt ist, erdgroße Planeten in der habitablen Zone sonnenähnlicher Sterne zu finden und zu charakterisieren. Das Buch erwähnt die „stellare Seismologie“, die bei Missionen wie Kepler eingesetzt wird, um die innere Struktur von Sternen durch die Beobachtung ihrer Oszillationen zu untersuchen – das hilft, die genauen Eigenschaften der Sterne und ihrer Planeten zu bestimmen.

Eine neue Generation von Missionen wie PLATO ist speziell darauf ausgelegt, erdgroße Planeten in habitablen Zonen zu finden und zu charakterisieren.

Probier es aus: Verfolge online den Countdown zum Start der ESA-Mission PLATO und erlebe mit, wie eine Mission startet, die eigens gebaut wurde, um Zwillinge der Erde zu finden.

Was wir noch nicht wissen

Das Kapitel stellt fest, dass zum Zeitpunkt der Niederschrift des Buches kein Exoplanet als Lebensraum bestätigt war, aber die Entdeckung vieler erdgroßer Planeten in habitablen Zonen machte die Suche aussichtsreicher. Das Kapitel behandelt die vorgeschlagene Mission Terrestrial Planet Finder (TPF), die erdähnliche Planeten um nahe Sterne direkt abbilden sollte – mithilfe eines Koronagraphen oder Interferometers –, jedoch später von der NASA gestrichen wurde. Die Autorin erläutert das Konzept der „Starshades“ – großer, blütenförmiger Schilde, die im Weltraum positioniert werden könnten, um das Sternenlicht abzuschirmen und so eine direkte

Abbildung von Exoplaneten zu ermöglichen; sie waren für künftige Missionen vorgeschlagen, waren aber zum Zeitpunkt der Niederschrift des Buches noch nie geflogen.

Eine bestätigte Biosignatur gibt es bislang nicht, und manche ehrgeizigen Missionen wie Terrestrial Planet Finder wurden gestrichen – ein Beleg für die Lücke zwischen Ehrgeiz und tatsächlich geflogener Technik.

Probier es aus: Schlage nach, wie es um das von der NASA gestrichene Konzept Terrestrial Planet Finder heute steht, und verfolge, welche seiner Ziele in neueren Missionen weiterleben.

Die besten Zitate

- "Zum ersten Mal in der Geschichte der Menschheit haben wir die echte Möglichkeit, einen erdähnlichen Planeten mit Anzeichen von Leben zu entdecken." - Sara Seager
- "Sind wir allein im Universum?" - die Leitfrage des Buches
- "hot Jupiter" - die Bezeichnung des Buches für 51 Pegasi b
- "Diamantplanet" - die Hypothese des Buches zu 55 Cancri e

Kritik

Die Zahlen des Buchs altern schnell: Angaben wie 3.700 bestätigte Exoplaneten spiegeln Anfang 2018 wider, und das Feld hat sich seither stark vergrößert. Mehrere Missionen, die es als bevorstehend darstellt, wie PLATO und die Atmosphärenuntersuchungen des James-Webb-Teleskops, sind inzwischen gestartet oder haben Ergebnisse geliefert, die das Buch nicht enthalten konnte. Der eingestellte Terrestrial Planet Finder bekommt wenig Raum, sodass Leser kaum erfassen, wie sehr Missionspolitik das Feld prägt. Jüngere Leser würden sich zudem mehr darüber wünschen, wie Astronomen aus rohen Teleskopdaten bestätigte Planeten machen.

In einem Satz

Indem Astronomen Taumeln, Schatten und das Sternenlicht selbst lasen, verwandelten sie 'Sind wir allein?' von einer philosophischen Frage in eine Suche mit Adressen, Temperaturen und Atmosphären.

Für wen sich das Buch eignet

Alle, die je in den Nachthimmel geschaut und sich gefragt haben, ob ein anderer Stern eigene Planeten hat. Auch eine starke Wahl für Leser mittleren Alters und ihre Erwachsenen, die echte Wissenschaft wollen – echte Teleskope, echte Astronomen, echte Entdeckungen – ohne die Trockenheit eines Schulbuchs.