

# 2

## Die Entdeckung der ersten extrasolaren Planeten

*Ein Experte ist ein Mann, der hinterher genau sagen kann, warum seine Prognose nicht gestimmt hat.*

Winston Churchill (1874–1965)

Der Begriff Planet stammt vom griechischen Wort *planetes*, welches „Wanderer“ bedeutet und zunächst einmal müssen wir uns damit beschäftigen, was ein Planet überhaupt ist. Bis zum August 2006 war dies alles andere als einfach, da es keine allgemeingültige Definition hierfür gab und es folglich Interpretationssache war. Doch traf sich in diesem Jahr die Generalversammlung der Internationalen Astronomischen Union (IAU) in Prag und im Zuge dessen verlor auch Pluto seinen Planetenstatus. Demnach muss ein „Planet“ um einen Stern kreisen, über genügend Masse verfügen, um eine annähernd runde Form zu haben, und er muss die Umgebung seiner Bahn gereinigt haben. Da der letztgenannte Punkt nicht auf Pluto zutrifft, wurde dieser zu einem Zwergplaneten degradiert. Wobei auf dieser Tagung auch noch andere Definitionen diskutiert wurden und es auch möglich gewesen wäre, dass die Anzahl der Planeten unseres Sonnensystems auf 12 erhöht worden wäre, denn Ceres, Charon und Eris (hatte zunächst die Bezeichnung *2003 UB313*) sind massereich genug, um eine runde Form zu besitzen, doch fürchtete man letztendlich eine Inflation von Planeten, da wohl noch zahlreiche weitere Objekte im äußeren Sonnensystem auf ihre Entdeckung warten. Objekte im All können nämlich nur gesehen werden, wenn sie selbst leuchten, wie ein Stern – dank der im Inneren ablaufenden Fusionsprozesse – oder von einem leuchtenden Objekt angestrahlt werden und dann hängt die Sichtbarkeit vom Albedo, dem Rückstrahlvermögen der Oberfläche bzw. der obersten Wolkenschicht ab. Helle Flächen, wie Schnee oder Eis, haben einen hohen und dunkle Flächen, wie Asphalt, einen niedrigen Albedo.

Nachdem wir nun wissen, welche „Planeten“ in unserem Sonnensystem auch tatsächlich Planeten sind, können wir uns in die Weiten des Weltalls wagen, um nach Planeten um ferne Sterne zu suchen, den sogenannten extrasolaren Planeten oder auch Exoplaneten. Diese erhalten dabei die Bezeichnung

des Sterns um den Buchstaben „b“ ergänzt. Sollte ein System hingegen mehr als einen Planeten besitzen, bekommen diese weitere kleine Buchstaben in der Reihenfolge ihrer Entdeckung. Große Buchstaben hingegen bezeichnen stellare Begleiter, und da die Hälfte aller Sonnensysteme in unserer Galaxis mehr als einen Stern hat, kommen diese recht häufig vor. Doch gibt es da noch eine kleine Schwierigkeit, zwar haben wir nun eine Definition für die untere, aber leider nicht für die obere Planetengrenze, und so ist die Unterscheidung zwischen einem großen Planeten und einem Braunen Zwerg bei der 10- bis 15-fachen Masse des Jupiters nicht immer ganz einfach. Zwar kann man die Helligkeit und das Alter von einem Objekt und auch dessen Entfernung zum Stern gut aus der Ferne bestimmen, bei einer langen Umlaufzeit kann man aber nicht mit den Keplerschen Gesetzen arbeiten und somit ist die Abschätzung der Masse sehr fehleranfällig, worauf wir im 6. Kapitel noch etwas genauer eingehen werden.

Braune Zwerge sind „verhinderte Sterne“, deren Masse zu klein ist, um in ihrem inneren Wasserstoff zu Helium zu fusionieren. Die Mindesttemperatur für diesen Prozess wird erst bei 0,07 Sonnenmassen oder 75 Jupitermassen erreicht. Dennoch finden auch in Braunen Zwergen Fusionsprozesse statt. So treten bei etwa 65 Jupitermassen die Lithiumfusion und ab etwa 13 Jupitermassen die Deuteriumfusion auf.

Nun kann man natürlich fragen, warum solche Definitionen überhaupt wichtig sind, und bis zu der Entdeckung von Cha 110913–773444 durch das Spitzer-Weltraumteleskop im Jahr 2005 konnte man diese Diskussion auch ganz entspannt führen, doch dieses Objekt ist für einen Braunen Zwerg mit nur 8 Jupitermassen viel zu leicht und außerhalb jeder Definition. Da dieses Objekt ferner um keinen Stern kreist und eine eigene protoplanetare Scheibe besitzt, ist Cha 110913–773444 eine echte Besonderheit. Bereits zuvor hatten im Jahr 2000 S Ori 68 und zwei Jahre später S Ori 70 für Aufsehen gesorgt, da diese etwa 5 Jupitermassen schweren „Planeten“ ohne Stern durchs Weltall fliegen und man hierfür den Begriff *Planemo* geschaffen hat. Womöglich handelt es sich hierbei um ehemalige Planeten, die aus einem Planetensystem hinausgeschleudert wurden.

## **Geschichte der Suche nach Planeten außerhalb unseres Sonnensystems**

Bereits 1855 fand Captain W. S. Jacob vom East Indian Observatory in Madras orbitale Anomalien um den Doppelstern 70 Ophiuchi und beanspruchte, Beweise für den ersten extrasolaren Planeten gefunden zu haben, doch handelte es sich bei diesem extrasolaren Planeten um einen Falschalarm, denn

bis heute sind keine Planeten in diesem System bekannt, was im Lauf der Geschichte aber mehr als einmal vorkommen sollte.

Otto von Struve (1897–1963) kam in den 1950ern auf die Idee, dass sehr große Planeten von der Größe des Jupiters oder noch größer periodische Änderungen in der Radialgeschwindigkeitssignatur verursachen, wenn diese sehr nah um einen sonnenähnlichen Stern kreisen. Doch geriet diese revolutionäre Idee in Vergessenheit und es sollte noch Jahrzehnte dauern, bis tatsächlich mit dieser Methode fremde Welten entdeckt werden konnten.<sup>1</sup>

Im Jahr 1963 gab der Direktor der Sproul-Sternwarte am Swarthmore College in Philadelphia, Peter van de Kamp (1903–1995), die Entdeckung eines neuen Planeten um Barnards Pfeilstern bekannt, aufgrund periodischer Positionsschwankungen. Barnards Stern ist ein leuchtschwacher Roter Zwerg der nur 5,9 Lichtjahre von uns entfernt ist und aufgrund seiner hohen Eigenbewegung den Beinamen „Pfeilstern“ trägt. Zwar schlossen sich einige Astronomen dieser Einschätzung im Laufe der Jahre an und van de Kamp veröffentlichte auch die nächsten Jahre weitere Arbeiten mit korrigierenden Angaben und einer weiteren Planetenentdeckung, doch heute ist es sehr wahrscheinlich, dass es sich hier nur um einen Messfehler gehandelt hat. Interessant zu erfahren ist noch, dass George Gatewood von der University of Pittsburgh einer der größten Skeptiker dieser Entdeckung war und über die Jahre mehrere kritische Arbeiten zu diesem Thema veröffentlichte, selbst aber 1996 die Entdeckung zweier Planeten um den 8,3 Lichtjahre entfernten Stern Lalande 21185 verkündete, für die bis heute auch keine unabhängigen Beweise vorliegen.<sup>2,3</sup>

Anfang der 1980er untersuchte Gordon Walker von der University of British Columbia in Vancouver als erster mit seinem Team mit dem 3,6 m Canada France Hawaii Telescope (CFHT) 12 Jahre lang, der Umlaufperiode des Planeten Jupiter in unserem Sonnensystem, 29 sonnenähnliche Sterne in unserer Nachbarschaft auf Spuren von großen Planeten. Man war mehr als überrascht zunächst keine zu finden, hatte aber auch nur sechs Nächte pro Jahr Teleskopzeit zur Verfügung. Während dieser Zeit zeichnete man die Signatur der Radialgeschwindigkeit auf und erreichte mit den Dopplermessgeräten eine Präzision von ungefähr 15 m/s, was zur damaligen Zeit von unerreichter Qualität war.<sup>4</sup> Man hielt es für sehr wahrscheinlich, dass unser Sonnensystem typisch ist, und glaubte deshalb, dass ein Planet von der Masse und der Umlaufzeit des Jupiters sich am leichtesten aufspüren lassen müsste. Zwar gab es immer wieder vielversprechende Ergebnisse, doch entpuppten diese sich

<sup>1</sup> Fridlund und Kaltenegger (2008, S. 51).

<sup>2</sup> Schneider (1997, S. 262).

<sup>3</sup> Kürster und Zechmeister (02/2010, S. 44–51).

<sup>4</sup> Ge (2008, S. 22).

bei näherer Betrachtung nicht als Planet, sondern als ein Pulsieren des Sterns oder als Sonnenflecken. Ein etwas anderer Fall ist das 45 Lichtjahre entfernte Doppelsternsystem Gamma Cephei. Hier verkündete das Team um Gordon Walker 1988 die Entdeckung eines Planeten, zog dies aber 1992, nach heftigen Anfeindungen, wieder zurück, wobei aktuellere Daten von William D. Cochran und Artie Hatzes aus dem Jahr 2003 tatsächlich einen Planeten zu bestätigen scheinen.<sup>5</sup> Die zahlreichen Skeptiker der Jagd nach Exoplaneten, die es natürlich von vornherein besser wussten und unter denen alle Pioniere der Planetenjagd zu leiden hatten, sollten noch einmal Recht behalten.

1992 war es endlich soweit und wie so oft in der Wissenschaft half der Zufall mit. Der polnische Astronom Aleksander Wolszczan von der Pennsylvania State University entdeckte zusammen mit Dale Frail die ersten beiden Planeten außerhalb unseres Sonnensystems um den Pulsar PSR B1257 + 12 im Sternbild Virgo (Jungfrau). Beide Planeten haben nur etwa die 3-fache Masse der Erde und es handelt sich hierbei womöglich um die Kerne ehemaliger Gasriesen, deren Atmosphäre bei der aufgetretenen Supernova weggefedt wurde. Obwohl dieser Entdeckung bis heute auch in Fachkreisen nicht die Aufmerksamkeit geschenkt wird, welche sie verdient hat, was aber nach Meinung von Gordon Walker daran liegen könnte, dass diese Planeten ständig einem Bombardement der Strahlung des Neutronensterns ausgeliefert sind und sich demnach nicht für organisches Leben eignen. Auch Alex Wolszczan selbst hat Verständnis dafür, dass Planeten um sonnenähnliche Sterne größere Aufmerksamkeit in der Öffentlichkeit bekommen haben als Planeten um einen toten Stern, dennoch repräsentiert diese Entdeckung die ersten bestätigten Exoplaneten. Später wurde im gleichen System auch noch ein dritter Planet mit einer wesentlich geringeren Masse aufgespürt.<sup>6</sup>

Dabei wurde die Ereigniskette, die zur Entdeckung der ersten Exoplaneten führte, bereits 1990 in Gang gesetzt. Bei einer Routineuntersuchung am 305 m Arecibo-Radioteleskop (Abb. 2.1) wurden Risse in der unterstützenden Stahlstruktur festgestellt, verursacht durch Materialermüdung. Die Reparatur sollte mehrere Wochen dauern und normale Himmelsbeobachtungen waren zu dieser Zeit nicht möglich. Deshalb ergab sich für Alex Wolszczan die Möglichkeit, längerfristig in einem bestimmten Himmelsabschnitt nach schnell rotierenden Pulsaren zu suchen, was unter normalen Umständen nicht möglich gewesen wäre, da auch in Arecibo Beobachtungszeit ein kostbares Gut ist.

Die Suche nach Pulsaren war zum damaligen Zeitpunkt wie die Suche nach der Nadel im Heuhaufen, denn die Computertechnologie Ende der 1980er Jahre lag Lichtjahre hinter unseren heutigen Möglichkeiten zurück

<sup>5</sup> Haghighipour (2008, S. 223).

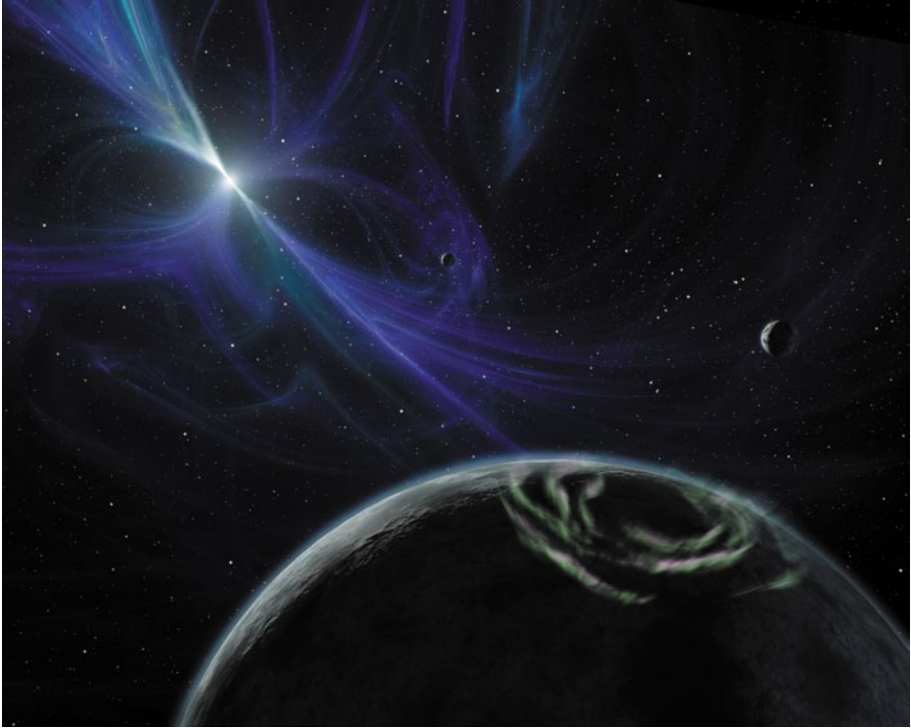
<sup>6</sup> Cassen et al. (2006, S. 6).



**Abb. 2.1** Arecibo-Radioteleskop in Puerto Rico. © Courtesy of the NAIC – Arecibo Observatory, a facility of the NSF

und Terabytes an aufgezeichneten Daten nach schwachen periodischen Impulsen zu durchsuchen glich einer Sisyphusarbeit. Die Analyse wurde an Wolzczans damaligem Heimatinstitut, der Cornell University, durchgeführt und letztendlich lohnte sich die Mühe und zwei Pulsare wurden entdeckt – einer davon war PSR B1257 + 12 (Abb. 2.2).





**Abb. 2.2** Künstlerische Darstellung der Planeten um den Pulsar PSR B1257+12. © NASA/JPL-Caltech/R. Hurt (SSC)

Bei einem Pulsar handelt es sich um einen schnell rotierenden Neutronenstern mit einem starken Magnetfeld, der vom Kern des Sterns übrigbleibt, wenn ein massereicher Stern in einer Supernova explodiert ist. Der erste Pulsar wurde 1967 durch Jocelyn Bell entdeckt und aufgrund der Regelmäßigkeit der Signale dachte man zunächst, dass es sich um Signale einer außerirdischen Zivilisation handelte.<sup>7</sup> Für diese Entdeckung gab es 1974 den Physiknobelpreis, allerdings nicht für die Entdeckerin sondern für ihren Doktorvater Antony Hewish und den Radioastronomen Martin Ryle – eine von zahlreichen kontrovers diskutierten Entscheidungen des Nobelpreiskomitees der Königlich Schwedischen Akademie der Wissenschaften. So bekam auch Albert Einstein (1879–1955) nie den Nobelpreis der Physik für seine Relativitätstheorie überreicht, sondern bekam diese Auszeichnung im Dezember 1922, für das Jahr 1921, für die Erklärung des photoelektrischen Effekts. 1993 erhielten noch einmal zwei Pulsarforscher, Russel Hulse und Joseph Hooton Taylor Jr., den Physiknobelpreis für ihre Entdeckung eines Pulsars, diesmal allerdings gehörte das Objekt zu einem Doppelsternsystem.

<sup>7</sup> Shostak (2009, S. 17).

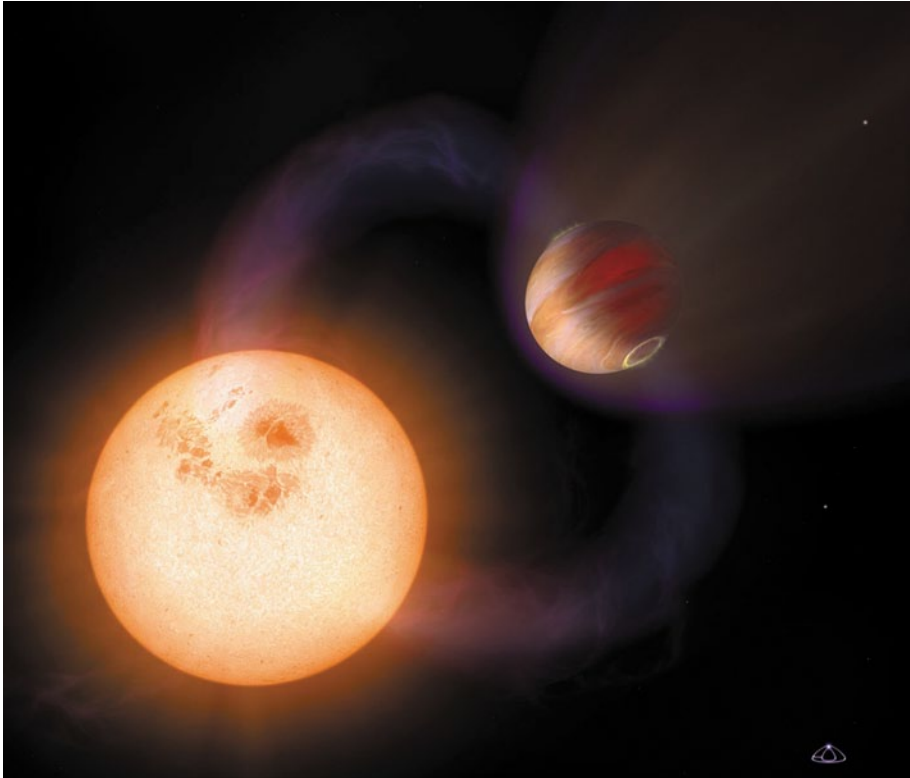
Doch PSR B1257+12 war kein gewöhnlicher Pulsar, sondern ein sogenannter Millisekunden-Pulsar. Heute kennen wir über 100 Pulsare dieses Typs, weshalb ihre Entdeckung und Katalogisierung Routine geworden ist, doch 1990 kannte man erst vier dieser seltsamen Objekte. Hinzu kam, dass sich PSR B1257+12 merkwürdig verhielt und sich jedem damals bekannten Modell widersetzte. Zwar wusste man, dass dieser spezielle Pulsartyp einen stellaren Begleiter hat, von dem er Material absaugt, doch dachte man dabei an einen Weißen Zwerg, dem Überbleibsel eines sonnenähnlichen Sterns. Dies dachte zunächst auch Alex Wolszczan, weshalb er nach diesem stellaren Begleiter suchte, doch deutete eine weitere Analyse der Daten auf etwas Sensationelles hin – einen erdgroßen Planeten, da ein Stern einen wesentlich größeren Einfluss auf den Pulsar haben müsste.

Zwar gab es schon vorher Spekulationen darüber, dass es sogenannte Pulsar-Planeten geben könnte, und bereits in den 1970er Jahren vermutete man einen solchen Planeten im Krebsnebel, doch fand man dafür keine Beweise.

1993 wurde ein weiterer Pulsarplanet entdeckt und dieser trägt die Bezeichnung PSR B1620-26 b. Er umkreist das ungleiche Paar eines Pulsars und eines Weißen Zwergs und besitzt viele weitere verblüffende Eigenschaften, weshalb wir auf diesen speziellen Exoplaneten in Kap. 8 noch etwas detaillierter eingehen werden.

## Die Entdeckung des ersten Exoplaneten um einen sonnenähnlichen Stern

Der Schweizer Forscher Michel Mayor von der Universität Genf begann mit einem Team im Jahr 1990 an einem hochpräzisen Spektrometer namens *Élodie* zu arbeiten und 1993 wurde dieses Gerät am Observatoire de Haute Provence an das 1,93-Meter Teleskop gekoppelt. Ein großer Vorteil dieses Gerätes war, dass es nicht nur präzise (etwa 13 m/s) sondern auch schnell messen konnte. Während alle anderen Forscher zur damaligen Zeit erst im Nachhinein mühsam ihre Beobachtungsdaten auswerten mussten und oft einen Rückstau bei den Daten hatten, lieferte *Élodie* augenblicklich die Ergebnisse. Zumal Didier Queloz, ein Doktorand von Michel Mayor, ein Programm geschrieben hatte, womit aus dem Licht der Sterne deren Radialgeschwindigkeit bestimmt werden konnte, indem ein Computer innerhalb von 10 min rund eine Milliarde mathematischer Rechenoperationen abwickelte. Hiermit machten sich die Astronomen bei 142 Sternen auf die Suche nach Braunen Zwergen, da ihnen die Suche nach Planeten nicht Erfolg versprechend genug erschien. Im November 1994 arbeitete Didier Queloz allein mit den Geräten, da Michel Mayor für mehrere Monate in den USA weilte, um ein Gastse-



**Abb. 2.3** Jupiterähnlicher Planet in einem engen Orbit um einen Stern. © NASA, ESA and A. Schaller (for STScI)

mester an der Universität von Hawaii in Honolulu zu absolvieren. Queloz entdeckte um den Stern 51 Pegasi eine ungewöhnliche Aktivität und konnte sich zunächst keinen Reim darauf machen und hielt eine externe Fehlerquelle für am wahrscheinlichsten. Anfang 1995 gab es dann genügend Daten für eine Bahnberechnung und Queloz kontaktierte Mayor, um diesen um Rat zu fragen. Die Daten schienen auf einen Begleiter hinzudeuten, nicht aber auf einen Braunen Zwerg, sondern auf einen jupiterähnlichen Planeten, der in weniger als 5 Tagen um den Stern kreist (Abb. 2.3). Da Beobachtungen dieses Systems von der Erde aus in den anschließenden Monaten nicht mehr möglich waren, dauerte es noch bis zum 5. Juli 1995, bis neue Beobachtungen die Daten bestätigten: Es handelte sich hierbei tatsächlich um den ersten extrasolaren Planeten um einen sonnenähnlichen Stern.<sup>8,9</sup>

Am 6. Oktober 1995 verkündeten die Forscher ihre Entdeckung auf der Konferenz „9th Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems and the

<sup>8</sup> Röhrlich (2008, S. 31–32).

<sup>9</sup> Schneider (1997, S. 37).



Sun“ in Florenz, doch da ihr wissenschaftlicher Artikel im Fachmagazin *Nature* noch nicht erschienen war, mussten sie sich zurückhalten und brauchten selbst für ihren Vortrag eine Ausnahmegenehmigung des Fachmagazins, die sie glücklicherweise auch bekommen haben, ansonsten wäre diese Konferenz wohl weit weniger geschichtsträchtig verlaufen. Interessant zu erfahren ist wohl noch, dass das britische Magazin drei Peer-Review-Verfahren zu Mayors Entdeckung in Auftrag gab und nur zwei der drei Referees einer Publikation zustimmten. Der dritte Referee, bei dem es sich um niemand Geringeres als Gordon Walker handelte, schlug den Stern 51 Pegasi im *Bright Star Catalogue* nach und fand eine andere Erklärung für das Verhalten des Sterns, da der Stern dort als Unterriese klassifiziert war, welche sich rhythmisch aufblähen und zusammenziehen, doch war der Stern dort falsch klassifiziert. Der Stern 51 Pegasi ist kein Unterriese.<sup>10</sup>

Zunächst waren alle Anwesenden der Konferenz sehr überrascht über die Entdeckung und diskutierten mit Mayor alternative Erklärungen wie Pulsationen oder Flecken auf dem Stern. Bis diese Phänomene mit Sicherheit ausgeschlossen werden konnten, sollte es noch zwei Jahre dauern, da 1997 noch eine wissenschaftliche Arbeit veröffentlicht wurde, kurioserweise ebenfalls in *Nature*, die noch eine andere Erklärung lieferte. Doch wurden die Ausführungen auch mit enthusiastischem Beifall aufgenommen und dies, obwohl schon mehrmals in der Geschichte die irrtümliche Entdeckung eines extrasolaren Planeten um einen sonnenähnlichen Stern verkündet worden war.<sup>11</sup>

Der Planet 51 Pegasi b hat etwa die Hälfte der Jupitermasse und kreist sehr dicht und schnell, in nur 4,2 Tagen, um seinen Heimatstern. Inoffiziell trägt der Planet 51 Pegasi b den Namen *Bellerophon*, benannt nach dem Helden der griechischen Mythologie, der das fliegende Pferd Pegasus zähmte und die Chimäre, das Mischwesen aus Löwe, Ziege und Schlange, tötete.

Diese Entdeckung verblüffte die Astronomen, da dies ein völlig anderes Bild ergibt als in unserem Sonnensystem, wo im inneren Sonnensystem die terrestrischen, d. h. felsigen, Planeten kreisen, welche eine hohe Dichte besitzen und die massereichen Gasriesen mit geringer Dichte sich auf den äußeren Bereich beschränken. 51 Pegasi b war also nicht nur der erste extrasolare Planet um einen sonnenähnlichen Stern, sondern auch der erste eines neuen Planetentyps, des sogenannten „Hot Jupiter“. Aufgrund des geringen Abstandes zwischen Stern und Planet kocht der sonnenähnliche Stern förmlich den Planeten und dieser besitzt eine gebundene Rotation, ein Tag-Nacht-Wechsel findet somit nicht statt. Interessant zu wissen ist in diesem Zusammenhang vielleicht noch, dass man dies lange Zeit auch von dem Planeten Merkur in

<sup>10</sup> Schneider (1997, S. 178–181).

<sup>11</sup> Röhrlich (2008, S. 28–29).

unserem Sonnensystem dachte, da ja schließlich auch der Erdmond nur eine gebundene Rotation besitzt, doch stellte man 1965 durch Radarmessungen fest, dass Merkur eine Rotationsperiode von 58,65 Tagen besitzt, während ein Umlauf um die Sonne 88 Tage dauert. Erst aufgrund dessen fand man heraus, dass ein Planet auf einer stark elliptischen Bahn mehrere stabile Rotationsperioden besitzen kann. Im Fall von Merkur beträgt die Rotationsperiode  $2/3$  der Umlaufzeit und man nennt dies auch 3:2-Spin-Orbit-Resonanz, Merkur rotiert also dreimal um seine eigene Achse, während er zwei Umläufe um die Sonne macht. Stabilisierende Bahnresonanzen werden uns auch noch bei einigen Exoplaneten begegnen, und dies spielt auch eine wichtige Rolle bei den Galileischen Monden des Jupiters.

Ich habe Geoff Marcy von der University of California in Berkeley im November 2009 gefragt, ob es ihn ärgert, dass er zwar die meisten Exoplaneten entdeckt hat, nicht aber den ersten. Er antwortete mir, dass die Entdeckung des Planeten um 51 Pegasi *„der glücklichste Tag meines Lebens war“* und dass diese Entdeckung ein neues Wissenschaftsfeld eröffnet, *„das die ganze Menschheit erfreut“*. Innerhalb einer Woche konnten er und Paul Butler die Entdeckung im Oktober 1995 bestätigen, und keine zwei Monate später wurden die nächsten beiden extrasolaren Planeten um die Sterne 70 Virginis und 47 Ursae Majoris von ihm entdeckt. Doch auch wenn Geoff Marcy über die Entdeckung des ersten Planeten um einen sonnenähnlichen Stern glücklich war, ärgerte es ihn, dass er den Theoretikern gegenüber, die unser Sonnensystem als Standard betrachteten, nicht kritischer war. Reto Schneider zitiert ihn in seinem Buch *„Planetenjäger – Die aufregende Entdeckung fremder Welten“* von 1997 mit den Worten: *„Wir waren beeinflusst von den Theoretikern, die alle erwarteten, dass andere Sonnensysteme unserem ähnlich seien. Wir hatten zu viel Vertrauen. Und ich sage das mit einer gewissen Bitterkeit.“*<sup>12</sup>

Die Jagd nach dem ersten Planeten um einen sonnenähnlichen Stern war auch ein Wettrennen der Systeme. Zwar arbeiteten sowohl die schweizerischen Astronomen Mayor/Queloz als auch ihre amerikanischen Kollegen Marcy/Butler mit der Radialgeschwindigkeitsmethode, doch verwendeten sie unterschiedliche Spektren. Beide Teams standen nämlich vor dem Problem, die Messungen über Jahre hinweg stabil zu halten. Deshalb verwendeten die Schweizer eine Thorium-Argon-Lampe, da das Muster der Absorptionslinien von Thorium sich nicht ändert. Doch Geoff Marcy war diese Methode nicht störungssicher genug, denn die Messungen sollten nicht von einer externen Lichtquelle abhängen. Deshalb entschied er sich für eine Methode, die schon Gordon Brown in den 1980er Jahren verwendet hatte und die von Bruce Campbell entwickelt worden war. Deswegen wurde das Sternenlicht durch

<sup>12</sup> Schneider (1997, S. 135).

ein Gas, in diesem Fall Jodgas (während Brown damals noch Fluorwasserstoff verwendete), mit einem bekannten Spektrum geleitet, bevor es zum Spektrografen gelangte. Das Ergebnis war ein Gemisch aus zwei Spektren, die miteinander vergleichbar waren, und Maßstab und Messgröße waren fest miteinander verbunden. Der Aufwand bei dieser Methode ist ungleich höher, denn der Computer musste Tausende von Spektrallinien sortieren, während bei der schweizerischen Methode Sternspektrum und Thoriumspektrum nebeneinander und nicht aufeinander liegen. Doch damit nicht genug, Marcy und Butler wollten es ganz genau wissen und ließen mehrere Computerprogramme bei jeder Analyse durchlaufen, um auch winzige Änderungen des Sternspektrums, die durch den Spektrografen verursacht werden, zu berücksichtigen, damit auch eine kleine Asymmetrie der Absorptionslinien nicht als Dopplerverschiebung und damit als Bewegung des Sterns registriert wird.<sup>13</sup> Diese Akribie ist aber auch der Grundstein für den Erfolg von Geoff Marcy und Paul Butler, auch wenn sie nicht den ersten Planeten um einen sonnenähnlichen Stern entdeckt haben, erreichten sie doch eine Genauigkeit von 3 m/s.<sup>14</sup> Nachdem man nämlich wusste, wonach man suchen musste, ging es Schlag auf Schlag. Ein Hot Jupiter nach dem anderen wurde entdeckt. Zumal auch die Computertechnologie unglaublich schnell voranschritt und ab Januar 1996 die Firma Sun die amerikanischen Planetenjäger mit Computern unterstützte und noch im Jahr 1995 auch andere Forschungsinstitute ihre Rechenpower zur Verfügung stellten.<sup>15</sup>

## Die nächsten beiden Planeten

Zuerst entdeckte Paul Butler am 30. Dezember 1995 um 8 Uhr morgens den Planeten 70 Virginis b und rief sofort Geoff Marcy an, der umgehend zu ihm eilte. Beide konnten es kaum glauben, dass sich die Früchte der jahrelangen Arbeit endlich auszahlten. 70 Virginis b befindet sich 59 Lichtjahre von uns im Sternbild Jungfrau entfernt und besitzt die siebenfache Jupitermasse. Er zählt zu den „Eccentric Giants“, die auf extrem elliptischen Umlaufbahnen um einen Stern kreisen und deren Oberflächentemperatur deshalb stark schwankt. Kurz darauf wurde auch der nächste Exoplanet, 47 Ursae Majoris b, entdeckt. Dieser ist eine jupiterähnliche Welt, die einen größeren Abstand zum Stern hat, als in unserem Sonnensystem die Erde zur Sonne. Dies ist insofern außergewöhnlich, da die meisten jupiterähnlichen Exoplaneten sehr dicht um ihre Zentralsterne kreisen. Denn ein Hot Jupiter ist aufgrund seiner starken gravitationsbedingten Auswirkungen auf den Stern wesentlich ein-

<sup>13</sup> Ebenda, S. 130–134.

<sup>14</sup> Ebenda, S. 138.

<sup>15</sup> Ebenda, S. 190.

facher zu entdecken als exzentrische oder weit entfernte Riesenplaneten, wie mir Geoff Marcy erklärte. Auch ihre Transits sind wesentlich leichter zu entdecken, als wenn ein Planet weit entfernt vom Stern an diesem vorbeizieht. Beide Entdeckungen wurden von Geoff Marcy am 17. Januar 1996 auf dem Treffen der American Astronomical Society in San Antonio, Texas, vorgestellt.

## Planetenjäger – Pioniere eines neuen Wissenschaftsgebietes

Heute sind die Planetenjäger so etwas wie die heimlichen Stars der Astronomie, Pioniere eines völlig neuen Wissenschaftsgebietes. In den 1980er und frühen 1990er Jahren war es hingegen anders, damals wurden sie von vielen Astronomen eher als Exoten betrachtet und belächelt, da man nicht daran glaubte, mit den begrenzten technischen Möglichkeiten Planeten in anderen Sonnensystemen aufzuspüren. Als so etwas wie die UFO-Forscher der Astronomie verspottet war es natürlich ein großes Risiko für die wissenschaftliche Karriere, sich auf diesem Gebiet zu spezialisieren. Geoff Marcy sagte mir, dass er Antworten auf die großen Fragen haben wollte: *„Ist die Erde ungewöhnlich im Universum?“*, *„Sind andere bewohnbare Welten gewöhnlich oder selten?“* und *„Ist Leben im Universum gewöhnlich oder selten?“* und sich deshalb entschloss nach fernen Welten zu suchen. Allerdings mussten er und Paul Butler zwölf Jahre hart arbeiten und kontinuierlich Daten sammeln, bevor sich die Mühe endlich auszahlte und sie mit 70 Virginis und 47 Ursae Majoris ihre ersten beiden extrasolaren Planeten entdeckten. Über 100 weitere Planeten sind seitdem mit der Dopplermethode entdeckt worden, und auch wenn die Erfolge unbestritten sind, versuchen die beiden weiterhin die Unsicherheiten und Fehler der vorhandenen Technik zu analysieren und zu beseitigen, sodass sich auch noch viele weitere und vor allem kleinere Planeten aufspüren lassen.

Die Planetenjägerin Debra Fisher war zu diesem Zeitpunkt gerade mit ihrer Doktorarbeit am UC Santa Cruz beschäftigt und überaus verblüfft über die Entdeckung von 51 Pegasi. Sie sagte mir, *„dass dies ein unglaublicher historischer Moment war, die Geburt eines neuen Feldes der Astronomie.“*

Außerdem erzählte sie mir, wie Geoff Marcy ihr eine Postdoc-Stelle am Lick Observatory mitten auf dem Rückflug von einer Tagung anbot, und wie sie vor Freude in die Luft sprang und beinahe auf einem anderen Flugpassagier gelandet wäre. *„Es war eine Gelegenheit, die mein Leben veränderte. Die Entdeckung von Exoplaneten hat einen tiefen Einfluss auf mich, es war von Anfang an klar, dass die Suche nach Exoplaneten eigentlich die Suche nach Leben war.“*

Ein besonderes Sonnensystem für Geoff Marcy als auch Debra Fisher ist Ypsilon Andromedae mit seinen drei Planeten. Es ist das erste Mehrfachpla-

netensystem, das entdeckt wurde, und bis zu seiner Entdeckung waren auch hier viele Wissenschaftler skeptisch ob ein solches System überhaupt existiert. Bis 1999 Forscher der San Francisco State University und des Harvard Smithsonian Center for Astrophysics unabhängig voneinander die Entdeckung der Planeten des Sterns im Sternbild Andromeda verkündeten. Die drei Planeten tragen übrigens die Spitznamen Fourpiter, Twopiter und Dinky. Eine Grundschulklasse aus Moscow in Idaho hatte dies in einen Brief vorgeschlagen und es wurde so von den beteiligten Wissenschaftlern übernommen.

Allgemein faszinierend für die Forscher ist, dass die bisher entdeckten Exoplaneten so viele unerwartete Eigenschaften besitzen.

## Literatur

- Cassen, P., Guillot, T., Quirrenbach, A.: Extrasolar Planets, S. 6. Springer (2006)
- Fridlund, M., Kaltenegger, L.: Mission requirements: how to search for extrasolar planets. In: Extrasolar Planets, S. 51. Wiley VCH, Weinheim (2008)
- Ge, J.: Doppler Exoplanet surveys: from single object to multiple objects. In: (Hrsg) Exoplanets, S. 22. Springer, Heidelberg (2008)
- Haghighipour, N.: Formation, dynamical evolution and habitability of planets in binary star systems. In: (Hrsg) Exoplanets, S. 223. Springer, Heidelberg (2008)
- Kürster, M., Zechmeister, M.: Planeten bei Barnards Stern, S. 44–51. In: Zeitschrift SuW (02/2010)
- Röhrlich, D.: Hallo? Jemand da draußen? S. 28–29, 31–32. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg (2008)
- Shostak, S.: Confession of an alien hunter, S. 17. National Geographic Society (2009)
- Schneider, R.U.: Planetenjäger, S. 37, 135, 178–181, 262. Birkhäuser Verlag, Basel (1997)

Exoplaneten

Die Suche nach einer zweiten Erde

Piper, S.

2014, XVII, 170 S. 49 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-642-37667-2