

Lebenswelten im Kosmos – solare und extrasolare Planeten

Vorwort

Eine der spannendsten Fragen der Menschheit ist die, ob außerhalb unserer Erde Leben existiert. Aufgrund der mittlerweile umfangreichen Kenntnis der solaren Planeten können wir höher entwickeltes Leben dort ausschließen. In den Fokus rücken zwangsläufig extrasolare Planeten (Exoplaneten). Technisch sind wir inzwischen in der Lage, die Existenz von Planeten bei anderen Sternen als unserer Sonne nachzuweisen, Aussagen über deren „Bewohnbarkeit“ werden jedoch erst zukünftige Untersuchungen erlauben.

Zu Beginn des Astronomie-Kurses im Juni 2006 waren 170 extrasolare Planeten bekannt, heute – am 29. Oktober 2006 – sind es bereits 210. Sie wurden fast durchweg auf indirektem Wege gefunden, d. h. über die Beobachtung des Lichts ihrer Muttersterne.

Zehn deutsche und drei chinesische Schülerinnen und Schüler bildeten mit den drei Kursleitern den Astronomiekurs der Science Academy 2006. Nach einer zweitägigen Einführung in die Grundlagen der Orientierung und Beobachtung des Sternenhimmels, die jeden Teilnehmende befähigte, verschiedene Objekte des Sternenhimmels aufzufinden, zu benennen sowie deren Bewegungen aus Sicht des Erdbeobachters zu verstehen, begann die eigentliche Kursarbeit zum Thema Exoplaneten. Wesentlicher Bestandteil waren nun die Vorträge der Schülerinnen und Schüler, die im Vorfeld der Akademie individuell zu erstellen waren. Die thematischen Inhalte dieser Präsentationen reichten vom Aufbau,

den physikalischen und chemischen Eigenschaften und der Entstehung unseres solaren Planetensystems über die Methoden der indirekten Suche bis hin zur Klassifikation von Exoplaneten.

Aufgrund der Anwesenheit der Gastschüler aus China wurden die meisten Vorträge und Diskussionen in englischer Sprache gehalten bzw. von den Kursteilnehmern „simultan“ übersetzt. Die chinesischen Teilnehmer bereicherten den Kurs durch die Vorstellung der Astronomie und Raumfahrt in China, so dass ein unmittelbarer Vergleich zwischen abendländischen und asiatischen Vorstellungen möglich wurde.

Ergänzt wurde das Kursprogramm durch nächtliche Beobachtungen am Fernrohr, eine Nachtwanderung, bei der die „Astros“ die anderen Akademieteilnehmer in die „Geheimnisse des Sternenhimmels“ einweihten, durch den Bau eines maßstabsgetreuen Planetenwegs, der im Vergleich zum solaren System auch die Planeten des Systems 55 Cancri A darstellt, durch eine Fachexkursion zum Max-Planck-Institut für Astronomie und zur Landessternwarte Heidelberg und schließlich durch den Besuch von Frau Dr. Cecilia Scorza de Appl, einer Astronomin, die den Schülerinnen und Schülern anhand ihres eigenen Lebensweges das Berufsbild authentisch nahe brachte.

Ebenso wie der Kurs aus vielen Bausteinen verschiedener Personen zusammengesetzt wurde, so wurde es auch der vorliegende Text. Jeder trug seinen Teil dazu bei.

*Celia Viermann, Dr. Olaf Fischer,
Georg Wilke*

Das solare Planetensystem

ANDRA-LISA HOYT, SEBASTIAN NEU

Der Aufbau unseres Sonnensystems

Ein Planetensystem besteht aus verschiedenen Objekten, die sich in Größe, Masse und Energiehaushalt grundlegend unterscheiden. Im Mittelpunkt des Planetensystems befindet sich das Zentralgestirn, der Stern, der das Gravitationszentrum des Systems bildet. Ein Stern ist ein Himmelskörper, der eine ausreichende Masse besitzt, um durch die Kernfusion Energie zu erzeugen. Dabei werden große Mengen von Energie frei, die als Strahlung in Form von Wärme und Licht abgegeben werden. Um den Stern herum bewegen sich die Planeten, die genügend Masse besitzen, um eine kugelförmige Gestalt anzunehmen und ihren Orbit von anderen Körpern „freigeraumt“ haben; und deren Monde, auch als Trabant oder Satellit bezeichnet, die in einem Orbit um einen Planeten kreisen; Zwergplaneten, Kleinkörper wie Kometen und Asteroiden, in kreisförmigen bis elliptischen Umlaufbahnen.

Unser Sonnensystem

Die **Sonne** besitzt 99,9% der Gesamtmasse unseres Planetensystems. Lediglich 0,1% der Masse machen alle Planeten zusammen aus. Die Oberflächentemperatur der Sonne beträgt mehr als 6000 K; im Kern herrschen 15 Mio. K. Auf der Oberfläche der Sonne, der so genannten Photosphäre bilden sich Sonnenflecken; dunklere Partien, deren Temperatur deutlich geringer ist als die der umliegenden Fläche. Am Rand der Sonne sind Protuberanzen zu beobachten. Das sind Materieströme, die von der Oberfläche ausgestoßen werden und sich entlang der magnetischen Feldlinien bewegen. Ähnlich, aber unsichtbar ist der Sonnenwind. Er ist ein permanenter Ausstoß von positiv geladenen Teilchen (Protonen) und wird für uns erst bemerkbar, wenn er auf un-

sere Atmosphäre trifft und die Nordlichter verursacht. Die Sonne ist ungefähr 4,5 Milliarden Jahre alt und hat die Hälfte ihres Lebens bereits hinter sich.

Man kann die Planeten in zwei große Gruppen unterteilen: Die Terrestrischen (=erdähnlichen) Planeten und die Gasplaneten. Ihre Reihenfolge kann man sich mit dem folgenden Satz gut merken:

Mein Vater erklärt mir jeden Sonntag unseren Nachthimmel.



Auf dieser Fotomontage sind die Planeten entsprechend der Reihenfolge von innen nach außen zu sehen.[1]

Die terrestrischen Planeten

Die terrestrischen Planeten, Merkur, Venus, Erde und Mars, weisen einen erdähnlichen Aufbau auf. Sie bestehen hauptsächlich aus Metallen (Kern) und Gestein (Mantel und Kruste). Sie haben hohe Dichten von durchschnittlich 3 g/cm^3 . Ihre Rotationsgeschwindigkeiten sind relativ gering, z. B. benötigt die Erde 24 Stunden für eine volle Umdrehung, also einen Erdtag.

Merkur ist der innerste Planet. Er ist mit einem Durchmesser von 4888 km, was der Breite des Atlantischen Ozeans entspricht, der kleinste Planet unseres Systems. Seine Entfernung beträgt nur 0,39 AE¹ zum Zentralgestirn. Die Oberfläche des Merkurs gleicht der Oberfläche unseres Mondes, aufgrund der vielen Krater, die durch zahlreiche Meteoriteneinschläge und den Sonnenwind entstanden sein dürften. Auf Merkur kann sich keine Atmosphäre bilden, da er zu wenig Masse besitzt, um die Gase an sich zu binden, und weil der Sonnenwind, eine Atmosphäre „wegblasen“ würde. Auf Merkur treten aufgrund der nicht vorhandenen Atmosphäre hohe Temperaturdifferenzen auf: Tagsüber 426°C, nachts -217°C.

Venus ist der Erde von den Größen- und Masseverhältnissen sehr ähnlich. Sie ist 0,72 AE von der Sonne entfernt und hat einen Durchmesser, der etwas geringer ist als der der Erde. Auf der Oberfläche sind Bergzüge, Täler und zahlreiche Krater zu erkennen. Die Krater weisen nur einen mittleren bis großen Durchmesser auf, da nur größere Objekte die dicke Atmosphäre durchdringen können; kleinere Meteoriten verglühen. Die Atmosphäre besteht aus Kohlenstoffdioxid (96%) und anderen Gasen. Venus wird von einer über 30 km dicken Wolkenschicht umgeben, die aus Schwefelsäure bestehen, die stärker konzentriert ist als die einer Autobatterie. Aufgrund des Treibhauseffektes durch das CO₂ und der Wolkenschicht beträgt die Temperatur im Mittel 482°C. Der Druck der Atmosphäre beträgt 91 bar. Das entspricht auf der Erde einer Tauchtiefe von 910 m. Venus befindet sich, wie Merkur, näher am Zentralgestirn als die Erde, daher kann man bei ihnen Phasen feststellen, ähnlich wie bei unserem Mond.

Auf die Eigenschaften unseres Heimatplaneten **Erde** wird hier nicht näher eingegangen.

Mars ist der letzte der terrestrischen Planeten. Er ist aufgrund seiner rötlichen Farbe durch Eisenoxidstaub (Rost) nach dem römischen Kriegsgott benannt. Auf seiner Oberfläche sind Strukturen vorhanden, die an Flussbetten erinnern. Das könnte ein Indiz dafür sein, dass es auf Mars einmal flüssiges Wasser gegeben haben könnte. Mars hat eine ähnlich geneigte Rotationsachse wie die Erde, wodurch eine Auftreffwinkel-differenz der Sonnenstrahlen entsteht, d. h., dass sie mit unterschiedlichen Winkeln auf der Oberfläche des Planeten auftreffen. Dadurch entstehen Jahreszeiten, beinahe wie auf der Erde. Mars besitzt als einziger Planet neben der Erde Polkappen, die aus Trockeneis (CO₂), wovon die südliche im „Sommer“ vollständig, die nördliche jedoch nur teilweise abschmilzt.

Die jupiterähnlichen Planeten

Wie der Name schon sagt, ist diese Gruppe nach Jupiter benannt, dem größten und schwersten Planeten in unserem Sonnensystem. Die Gasplaneten, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun, bestehen überwiegend aus den Gasen Wasserstoff und Helium, die in allen Aggregatzuständen vorkommen. Meistens enthalten diese Planeten auch Ammoniak, Kohlenstoffdioxid, Methan und andere Gase, weswegen beträgt die Dichte durchschnittlich 1 g/cm³.

Der Kern besteht aus Gestein, der eine Masse von 10–20 Erdmassen aufweist, um das Gas mittels der Gravitationskraft bei sich zu behalten. Die Gasplaneten rotieren viel schneller um die eigene Achse als die erdähnlichen Planeten, ein Planetentag ist also viel kürzer. Der Tag auf Jupiter z. B. beträgt nur zehn Erd-Stunden.

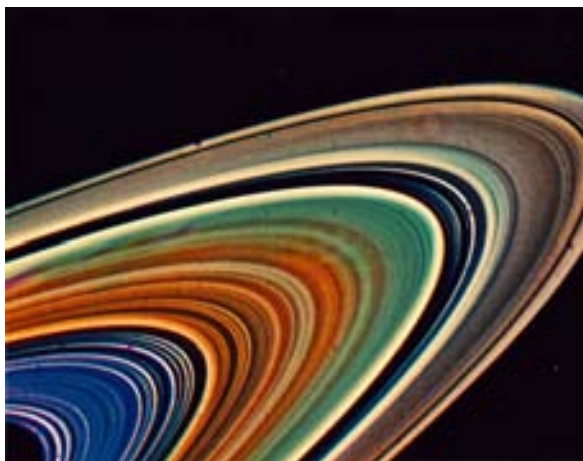
Jupiter besitzt 1/1047 der Sonnenmasse und wiegt mehr als das Doppelte aller anderen Planeten (einschließlich Pluto) zusammen. Markant für Jupiter sind seine Wolkenschichten, die sich ständig in Bewegung befinden. Sie enthalten Schwefelver-

¹Astronomische Einheit: mittlerer Abstand Erde-Sonne, ca. 150 Mio. km

bindungen, die in viele Farben schimmern. Auf Jupiter herrschen Winde mit bis zu 600 km/h . Die Temperatur an der obersten Wolkenschicht beträgt -130°C , steigt aber nach unten immer weiter an. Die 1000 km dicke Wasserstoffschicht über dem Kern ist durch den enormen Druck noch bei mehreren 1000 Kelvin flüssig.

Jupiter gilt als der Beschützer der Erde, denn durch seine große Masse von 318 Erdmassen und dem entsprechend großen Gravitationsfeld, fängt er alle Körper, wie Asteroiden, Meteore u. a., auf, die sonst auf einen Sonnen-näheren Planeten treffen würden.

Saturn zieht 10 AE von der Sonne entfernt seine Bahn. Er benötigt für einen Umlauf um die Sonne $29,5$ Erdjahre. Sein Tag dauert allerdings aufgrund der hohen Rotationsgeschwindigkeit nur $10 \text{ h } 41 \text{ min}$. Der etwa erdgroße Kern besteht aus festem Gestein, das eine Temperatur von 12000°C hat.



Falschfarbenbild der Ringe des Saturn, [2].

Die Farben der Wolken entstehen durch die Gase Ammoniak, Methan, Acetylen, Propan und Methylacetylen. Die Windgeschwindigkeiten betragen bis zu 2000 km/h . Außerordentlich charakteristisch für Saturn ist sein ausgeprägtes Ringsystem, weshalb er auch „Herr der Ringe“ genannt wird. Es gibt sieben Hauptringe, die jeweils in etliche kleinere unterteilt sind und

hauptsächlich aus Eis, Staub und Felssplitter bestehen. Sie haben einen Durchmesser von mehreren 10.000 km , sind dabei aber nur $400\text{-}500 \text{ m}$ dick.

Uranus wurde 1781 entdeckt und nach dem griechischen Himmelsgott Uranos benannt. Uranus hat 14 fache Erdmasse und den 4 fachen Erddurchmesser. Der Planet ist ähnlich zusammengesetzt wie die anderen Gasplaneten, jedoch enthält er einen größeren Methananteil, der ihn blau erscheinen lässt, da Methan Licht im Bereich des roten Spektrums absorbiert. Die Temperatur der oberen Grenze der Wolkenschichten beträgt -210°C . Einzigartig an Uranus ist die Neigung von 98° der Rotationsachse zur Bahnebene. Dadurch wendet er abwechselnd der Sonne die Nord- und Südhalbkugel zu. Es herrschen also 42 Jahre lang Sommer und 42 Jahre Winter. Ein Uranusjahr dauert damit 84 Erdjahre, ein Tag jedoch nur knapp 17 Stunden.

Neptun, aufgrund seiner blauen Farbe nach dem römischen Gott des Meeres benannt, ist der letzte Planet unseres Sonnensystems. Man nimmt an, dass sein Aufbau dem von Uranus ähnlich ist. Er besitzt einen heißen Gesteinskern, der ungefähr der Masse unserer Erde entspricht. Die Atmosphäre besteht aus Wasserstoff und Helium. Spuren von Methan lassen ihn blau erscheinen. Die unteren Wolkenschichten zeigen vielfältige Strukturen. Auf Neptun herrschen die stärksten Stürme unseres Sonnensystems: Windgeschwindigkeiten von 2200 km/h sind keine Seltenheit.

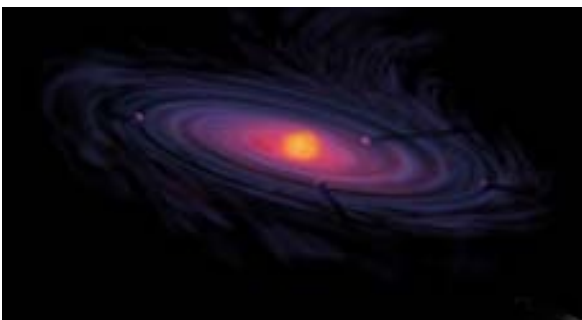
Pluto nimmt aufgrund seiner Größe und Bahneigenschaften eine Sonderstellung ein und wird seit der Plenarversammlung der IAU² im August 2006 als Zwergplanet gezählt. Ein Zwergplanet ist ein Planet, der eine ausreichende Masse besitzt, um durch die Eigengravitation eine annähernd kugelförmige Gestalt zu bilden, aber die Umgebung seines Orbits nicht bereinigt hat.

²International Astronomical Union

Entstehung unseres Sonnensystems

Entstehung der Sonne:

Vor etwa 4,6 Milliarden Jahren bewegte sich an der Stelle unseres heutigen Sonnensystems und der umliegenden Sterne eine Materiewolke, die sich aus über 99% Wasserstoff- und Heliumteilchen zusammensetzte. Der Rest wurde gebildet aus mikrometergroßen Staubteilchen von Kohlenstoff- bzw. Stickstoffverbindungen und Ammoniak. Infolge der Gravitationskraft zogen sich Teile der Materiewolke zusammen und sie verdichtete sich. Dabei entstanden mehrere hundert bis tausend Sterne. Da der Drehimpuls erhalten bleiben muss, hat sich die Rotationsgeschwindigkeit der kollabierenden Wolke erhöht. Die entgegengesetzt der Gravitationskraft wirkenden Fliehkräfte führten dazu, dass sich die Wolke zu einer Scheibe verformte. Im Zentrum dieser Scheibe verdichtete sich die Materie zunehmend, sodass sich ein Protostern (Entstehungsstadium eines Sterns) bildete. In ihm stiegen Temperatur und Druck so weit an, dass die Kernfusion einsetzte. Die entstehende Energie erzeugte einen Strahlungsdruck, der dem Zusammenziehen der Wolke entgegenwirkte. Ein stabiler Stern war entstanden.



Zeichnung einer protoplanetaren Scheibe. Man erkennt in der Mitte den Protostern, der sich nun zu einem Hauptreihenstern entwickelt. Um ihn herum beginnen sich die Planeten zu bilden.[3]

Entstehung des Planetensystems:

In einem bestimmten Teil dieser Materiewolke, im Sonnennebel, entstand unser Sonnensystem. In der protoplanetaren Scheibe verklumpten die Staubteilchen zu größeren Objekten, den Planetesimalen, die die Bausteine der Planeten darstellen. Größere Objekte konnten aus größerer Entfernung Materie anziehen und so schneller wachsen als die anderen Objekte. Prot Jupiter störte aufgrund seiner schon früh großen Masse andere Planetesimale, sodass er ihr Wachstum beeinflusste. Dadurch verhinderte er die Bildung eines weiteren Planeten zwischen ihm und Mars, wodurch sich der Asteroiden-Gürtel bildete. Aus den Körpern in diesem Gürtel konnte sich kein vollwertiger Planet mehr bilden. Er ist sozusagen die Grenze zwischen den terrestrischen und den jovianischen Planeten. Die Asteroiden kreisen in einer Umlaufbahn in drei bis sechs Jahren um das Zentralgestirn. Ihre Größe variiert von einigen Zentimetern bis 100 km. Der Planetoid Ceres z. B. hat einen Durchmesser von fast 1000 km. Weil er eine fast kugelförmige Gestalt und einen planetenähnlichen Aufbau aufweist, wurde er von der IAU zum Zwergplaneten hochgestuft, wobei Pluto aus den oben genannten Gründen „degradiert“ worden ist. Der Asteroidengürtel besteht aus einem Hauptgürtel und fünf kleineren Gruppen. Die Dicke des gesamten Gürtels beträgt zwischen 2 bis 3,4 AE.

All das geschieht in riesigen Dimensionen, die wir in Kilometern gar nicht mehr angeben können. Für die meisten Menschen ist es einfach unvorstellbar, dass die Erde einer der kleinen Planeten unseres Sonnensystems sein soll, genauso wie die Tatsache, dass wir nur Teil einer noch viel größeren Galaxie sind, die wiederum zu einer größeren Gruppe gehört. Unser Platz im Universum setzt sich beinahe wie eine Briefadresse zusammen:

Supergalaxienhaufen: Virgo-Superhaufen
Galaxiengruppe: Lokale Gruppe
Galaxie: Milchstraße
Stern: Sol (Sonne)
Planet: Erde

Wir sind ein Musterbeispiel im Universum. Bis jetzt konnte kein so ausgeprägtes Planetensystem gefunden werden wie unseres; vor allem keines, das einen Planeten enthält, auf dem Leben existiert. Wir müssen mehr über das Universum und dessen Eigenschaften und Gesetze erfahren, damit wir wissen, ob es „außerirdische“ Formen von Leben gibt, warum es uns gibt und wie die Zukunft des Alls sein wird. Dazu trägt die Astronomie bei, als eine der ältesten Wissenschaften der Menschheit. Die kontinuierliche Entwicklung der Technik sorgt dafür, dass die Instrumente zur Beobachtung des Weltalls immer genauer und besser werden. Dadurch werden wir immer mehr über die Zusammenhänge des Weltalls lernen und sie allmählich verstehen können.

„Man will die Pracht der Sterne nicht verstehen. Man sollte sich einfach an ihr erfreuen.“

Johann Wolfgang von Goethe

Die Suche nach Exoplaneten

TABEA TSCHERPEL, MATTHIAS AMADOR,
KLAUS-ULRICH MILTENBERGER

Definition von Exoplanet

Wenn man die Entstehung unseres Sonnensystems auf andere Sterne überträgt, so liegt der Schluss nahe, dass auch bei anderen Sternen Planeten existieren können. Diese Exoplaneten stellen ein neues Forschungsgebiet in der Astronomie dar. Der Begriff extrasolarer Planet, bzw. vereinfacht Exoplanet, lässt sich zurückführen auf „extra“, was auf lateinisch außerhalb

heißt, und auf „solar“, was sich auf unser Sonnensystem bezieht. Exoplaneten sind also Planeten außerhalb unseres Sonnensystems. Meist bewegen sie sich um einen andern Stern, gravitativ sind sie nicht an unsere Sonne gebunden. Selten umlaufen sie einen Doppelstern oder sind gravitativ gar nicht gebunden.

Gründe für die Suche nach Exoplaneten

Aber wieso wird nach diesen Exoplaneten überhaupt geforscht? Dafür gibt es mehrere Gründe. Einer davon ist sicherlich die Neugierde des Menschen. Der Mensch kann nur leben, wenn er stets Neues sucht und tut. Ein weiterer ist das Interesse für die Frage, ob es auf anderen Planeten ebenfalls Leben, vielleicht sogar intelligentes Leben gibt.

Schwierigkeiten bei der Suche nach Exoplaneten

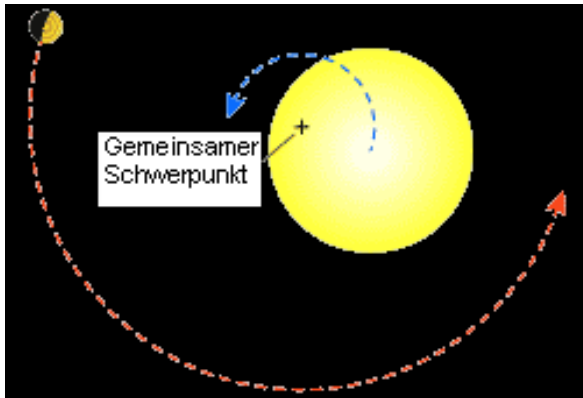
Aufgrund der großen Entfernung sind Exoplaneten für uns derzeit noch nicht direkt sichtbar. Das liegt auch daran, dass die vom Zentralstern abgestrahlte Lichtmenge viel größer ist, als die, die der Planet reflektiert. Daher können zur Zeit nur indirekte Nachweismethoden angewandt werden. Dabei beobachtet man nicht den Planeten, sondern den Zentralstern und misst die Auswirkung, die der Exoplanet auf den Stern hat.

Die astrometrische Planetensuche

Die Bewegung des Systems Stern-Planet

Die astrometrische Planetensuche beruht auf Messungen der Bewegung eines Sternes vor dem Hintergrund weit entfernter Sterne. Grund für diese Bewegung ist, dass die – wenn auch äußerst geringe – Masse

eines ihn umlaufenden Planeten bewirkt, dass der Stern nicht fest steht. Diese Rotation um den Schwerpunkt von Stern und Planet ist die so genannte Reflexbewegung (siehe Abbildung).

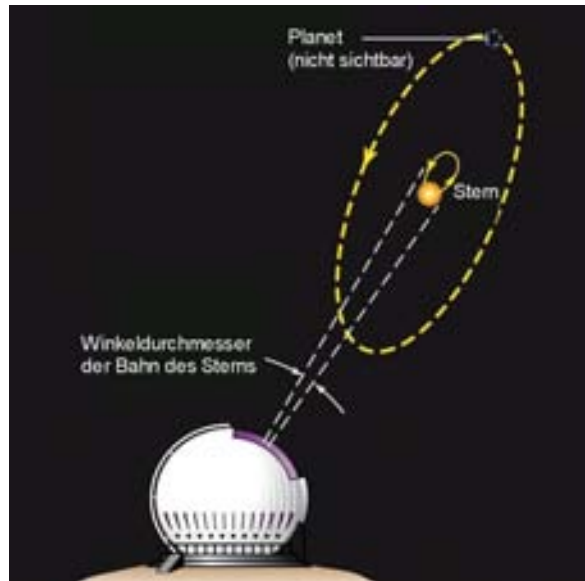


Bewegung um gemeinsamen Schwerpunkt, [4].

Die Lage des Schwerpunktes des Systems Stern-Planet kann gut mit dem Modell zweier Kinder auf einer Wippe verglichen werden. Das leichtere der beiden Kinder muss weiter von der Aufhängung der Wippe entfernt sein, als das schwerere, um die Wippe im Gleichgewicht zu halten. Beim System Stern-Planet bedeutet Gleichgewicht, dass beide Himmelskörper nicht aufeinander stürzen, sondern durch die Bewegung um den gemeinsamen Schwerpunkt ein stabiles System bilden. Der leichtere Himmelskörper (Planet) muss sich in größerem Abstand um den Schwerpunkt bewegen als der schwerere Himmelskörper (Stern). Das Ausmaß der Reflexbewegung des Sterns hängt von der Masse des Planeten und von der Entfernung zwischen Planet und Stern ab.

Messung

Um herauszufinden, ob ein Planet um einen Stern kreist, muss der Stern beobachtet werden, und bei Vorhandensein einer Reflexbewegung diese gemessen werden.



Messung des Winkels der Reflexbewegung, [5].

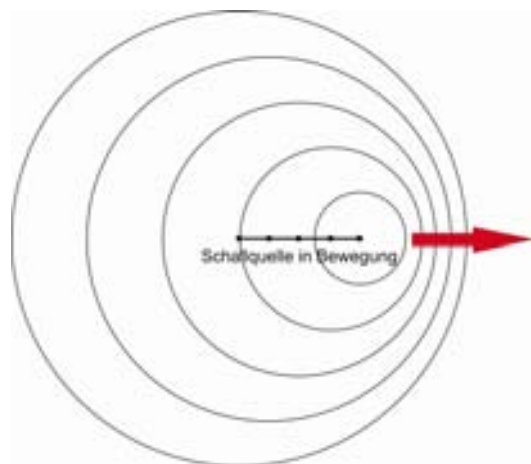
Es wird der Winkel der Bewegung zu dem Bezugspunkt eines weit entfernten Sternes in Bogensekunden ($\frac{1}{3600}^\circ$) gemessen (siehe Abbildung). Mit dem Wissen über das Ausmaß der Reflexbewegung lässt sich nun anhand einiger Gesetze, wie dem Schwerpunktsatz und dem Gravitationsgesetz, die Masse des Planeten und der Abstand von seinem Stern ausrechnen.

Natürlich ist es mit dieser Methode auch möglich, Systeme mit mehreren um einen Stern kreisenden Planeten festzustellen. Die Reflexbewegung ist hier komplizierter. So wäre es auch möglich, vom Standpunkt eines anderen Exoplaneten unser solares Planetensystem zu finden. Hierbei bewirken Jupiter, Saturn und Neptun den größten Teil der Reflexbewegung.

Spektroskopische Suche

Doppler-Effekt in der Akustik

Da die spektroskopische Planetensuche auf dem Doppler-Effekt basiert, wird dieser zunächst erläutert.

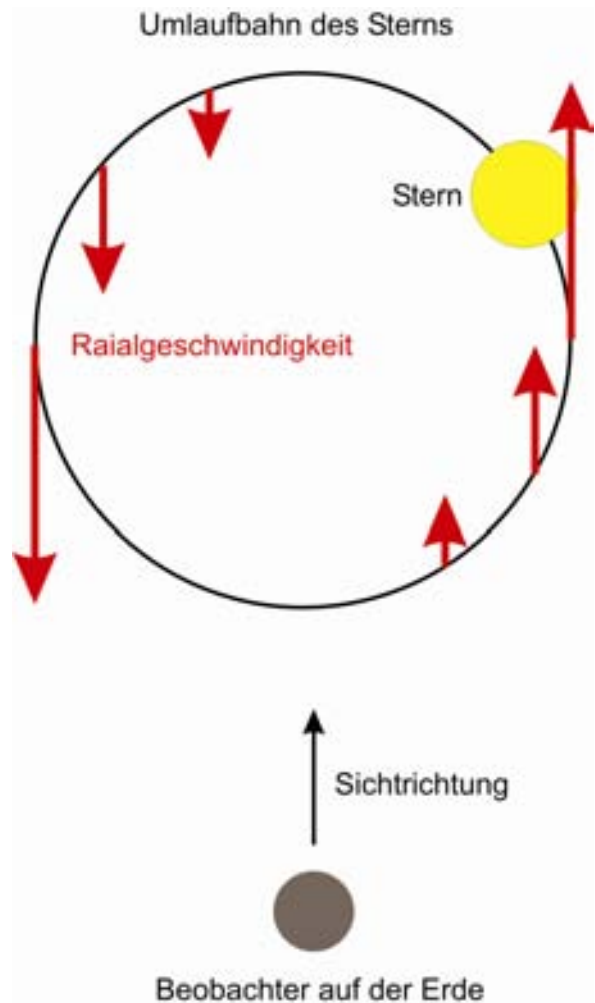


Doppler-Effekt: Schallquelle in Bewegung und Absände der Wellenberge (© Tabea Tscherpel 2006)

Im Alltag erlebt man den Dopplereffekt zum Beispiel, wenn ein Krankenwagen vorbeifährt. Solange sich der Krankenwagen nähert, nimmt man den Ton höher wahr, als dies bei einem stehenden Fahrzeug der Fall ist. Die Frequenz ist also höher. Sobald der Wagen sich entfernt, wird der Ton tiefer wahrgenommen, die Frequenz ist folglich niedriger. Diese Frequenzvariation ist in obiger Abbildung ersichtlich. Durch die Bewegung der Schallquelle ändert sich der Ort des Schallerregers. Man kann erkennen, dass auf diese Weise die Wellenberge (hier als Linien dargestellt) rechts und links in unterschiedlichen Abständen aufeinander folgen. Daraus resultieren unterschiedliche Wellenlängen und damit auch unterschiedliche Frequenzen für Annäherung oder Entfernung von Schallquelle und Beobachter.

Den Doppler-Effekt gibt es auch bei Lichtwellen, allerdings bestehen zwischen Schall und Licht zwei wesentliche Unterschiede: Erstens benötigt Schall ein Trägermedium, Licht dagegen nicht. Zweitens muss man bei Schall unterscheiden, ob sich die Schallquelle und/oder der Beobachter bewegt. Bei Licht kommt es dagegen nur auf die Relativgeschwindigkeit zwischen Beobachter und Schallquelle an.

Bewegung Stern-Planet



Radialgeschwindigkeit (als rote Pfeile dargestellt) eines Sterns beim Umlauf um den Schwerpunkt (© Tabea Tscherpel 2006)

Im Gegensatz zur astrometrischen Planetensuche, bei der die Tangentialbewegung eine Rolle spielt, ist für die spektroskopische Suche die Radialbewegung relevant. Das ist die Bewegung des Sterns in Richtung der Sichtlinie des Beobachters, beschreibt also die Annäherung bzw. die Entfernung von Stern und Beobachter. Im Falle einer Annäherung ist die Radialgeschwindigkeit (auf der Abbildung durch rote Pfeile dargestellt) negativ, bei einer Entfernung positiv.

Messungen und Folgerungen

Um die Radialgeschwindigkeit eines Sterns zu ermitteln, wird der Doppler-Effekt benötigt. Dabei betrachtet man die Frequenzänderung im Licht des Sterns.



Radialgeschwindigkeit (beispielhafte Spektralverschiebung, übertrieben) (© Tabea Tschempel 2006)

Durch ein Entfernen des Stern vom Beobachter verschiebt sich das Sternspektrum gegenüber dem Vergleichsspektrum geringfügig zum Roten hin (siehe Abbildung), d.h. das Licht wird längerwellig, denn die Frequenzen werden kleiner. Im Gegenzug dazu verschiebt sich das Spektrum bei einer Annäherung leicht zum Blauen hin (siehe Abbildung), d.h. das Licht wird kürzerwellig, weil die Frequenzen größer werden. Aus den beobachteten Frequenzänderungen lassen sich direkt die jeweiligen Radialgeschwindigkeiten errechnen.

Für eine Zuordnung $v \rightarrow t$ (Radialgeschwindigkeit wird der Zeit zugeordnet) erhält man eine Kurve, die einer Sinuskurve ähnelt. Eine Periode der Kurve entspricht einem Umlauf des Sterns, d. h. man kann aus dem Diagramm die Umlaufdauer des Sterns und damit auch des Planeten ablesen. Des Weiteren lässt sich die Amplitude (größte Auslenkung) der Radialgeschwindigkeit ableiten. Aus diesen Größen lässt sich unter Zuhilfenahme des 3. Keplerschen Gesetzes der Abstand r von Stern und Planet ausrechnen. Außerdem kann man mit Hilfe zweier weiterer Formeln die Mindestmasse des Exoplaneten ermitteln.

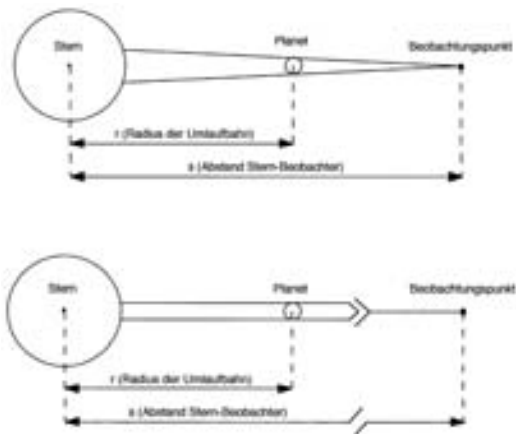
Zu beachten ist allerdings, dass man nur die Mindestmasse und nicht die tatsächliche Masse des Planeten ausrechnen kann. Das liegt daran, dass die gemessene Radialgeschwindigkeit wegen einer möglichen Neigung der Bahnachse auch nur die untere Grenze der tatsächlichen Bahngeschwindigkeit des Sterns angibt.

Photometrische Suche (in Form der Transit-Suche)

Prinzip und Konstellation Stern-Planet

Die photometrische Exoplanetensuche in Form der Transit-Suche basiert auf dem Prinzip einer Miniaturfinsternis. Man kann einen solchen Exoplanetentransit, bei dem der Planet für uns „vor“ seinem Stern vorbeizieht z.B. mit einem Venustransit vor der Sonne vergleichen. Allerdings gibt es einen entscheidenden Unterschied, wenn wir den Beobachtungspunkt auf der Erde belassen. Dieser besteht im Abstand des Beobachters zum beobachteten System Stern-Planet. Während bei einem Venustransit vor der Sonne von der Erde aus gesehen der Strahlenverlauf unbedingt konvergent aufgezeichnet werden muss, genügt es bei einem Exoplanetentransit, der wiederum von der Erde aus beobachtet wird, mit dem Modell des parallelen Strahlenverlaufs zu arbeiten (siehe Abbildung).

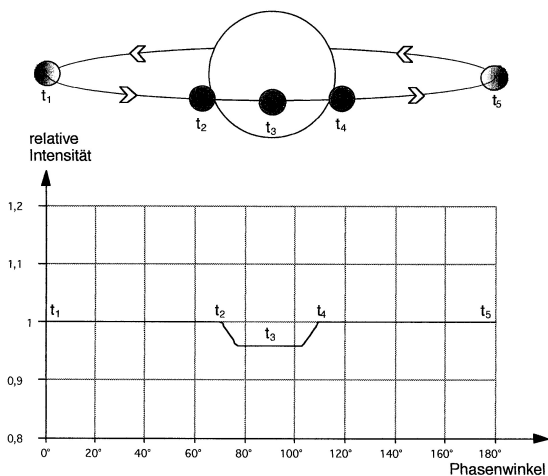
Um einen solchen Transit beobachten zu können, darf der Neigungswinkel zwischen der Planetenbahnebene und der Sichtlinie Erde-Stern nicht zu groß sein. Zum Beispiel dürfte beim System Sonne-Jupiter die Bahnneigung relativ zur Sichtlinie nicht größer als $0,1^\circ$ sein, wenn wir einen Jupitertransit vor der Sonne von einem extrasolaren Standpunkt aus beobachten wollten.



Konvergenter Strahlenverlauf ($s > r$) und paralleler Strahlenverlauf ($s \gg r$) (© Klaus-Ulrich Miltenberger 2006)

Beobachtung

Der Transit eines Exoplaneten wegen der riesigen Entfernungen nur durch eine Helligkeitsabnahme des Zentralgestirns beobachtet werden (siehe Abbildung).



Zeitlicher Verlauf eines Transits mit Intensitätskurve des Sterns (© Klaus-Ulrich Miltenberger 2006)

Allerdings ist auch hierfür eine große Messgenauigkeit erforderlich. So müsste man beispielsweise, wenn man Jupiter von einem extrasolaren Standpunkt vor der Sonne nachweisen wollte, eine Verdunkelung von ca. 1% wahrnehmen. Dies entspricht

dem Helligkeitsabfall, der beim Verlöschen einer von 100 Kerzen entsteht. Für die Erde vor der Sonne – wieder von einem extrasolaren Standpunkt aus gesehen – läge der Anteil der Intensitätsabnahme im Bezug zur Normalhelligkeit der Sonne bei 0,00838%. Man müsste also erkennen, wenn von 12500 brennenden Kerzen eine verlischt. Heute kann mit manchen bodengebundenen Teleskopen schon eine so große Messgenauigkeit erreicht werden, dass man theoretisch einen jupitergroßen Planeten entdecken kann. Mithilfe von satellitengestützten Teleskopen werden sogar schon sehr viel größere Messgenauigkeiten erreicht, mit denen man sogar Planetentransite von erdgroßen Planeten entdecken könnte. Das zweite Problem, das man bewältigen muss um Chancen auf eine Planetendetektion mit dieser Methode zu haben hat damit zu tun, dass die Sichtlinie Beobachter-Stern zumindest fast in der Umlaufbahnebene des Planeten liegen muss. Wenn wir nun annehmen, dass alle Bahnlagen der Planeten gleich häufig vorkommen und dass jeder Stern, den wir beobachten, einen Planeten besitzt, so können wir ausrechnen, wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, dass ein Planet genau in diesem Moment von der Erde aus gesehen vor seinem Muttergestirn steht. Für das System Jupiter-Sonne – betrachtet von einem extrasolaren Standpunkt – ergibt sich dafür ein Wert von $2 \cdot 10^{-7}$, also sind bei 10.000.000 Beobachtungen 2 Planetendetektionen des Jupiter zu erwarten. Um die Wahrscheinlichkeit einer Transitbeobachtung zu erhöhen, muss eine systematische Himmelsüberwachung durchgeführt werden, wie sie schon jetzt in einigen Sternwarten und Forschungsprojekten verwirklicht wird.

Anwendung der Suchmethoden

Die Anwendung dieser Suchmethoden kann man in die bodengebundene und die satel-

litengestützte Exoplanetensuche unterteilen. Im Bereich der bodengebundenen Planetensuche gibt es viele verschiedene Forschergruppen, die an ihren Teleskopen bzw. Instituten weitgehend unabhängig von den großen astronomischen Institutionen agieren. Allerdings hat die Exoplanetensuche – jeder Art – inzwischen auch bei vielen Wissenschaftsorganisationen eine hohe Priorität. So gibt es auch bei der bodengebundenen Suche einige Projekte, die von größeren Einrichtungen geleitet werden. In diesem Bereich wird der Schwerpunkt in den nächsten Jahren auf der Entwicklung und Erprobung neuer Techniken zur Erhöhung der Genauigkeit der Messungen liegen.

Im Bereich der satellitengestützten Exoplanetensuche sind zurzeit sehr viele Projekte in Vorbereitung (z.B. für die Transitmethode: COROT, KEPLER, EDDINGTON; für die Astrometrische Suche: GAIA), die – alle von den großen Weltraumbehörden initiiert – in den nächsten Jahren verwirklicht werden sollen. Also wird man in diesem Gebiet abwarten müssen, was diese Missionen an Erfolgen bereithalten, bevor man neue Schritte einleitet.

Absolut betrachtet sieht es zur Zeit auf der Erfolgsskala so aus, dass die spektroskopische Exoplanetensuche fast alle Entdeckungen für sich beanspruchen kann. Die Transitmethode kann nur einige wenige Erfolge vorzeigen und die astrometrische Planetensuche konnte bisher keine einzige Planetendetektion verzeichnen.

Es ist aber wahrscheinlich, dass die photometrische Planetensuche in der nahen Zukunft sehr erfolgreich sein wird, wenn die vielen Satellitenmissionen verwirklicht werden. Auch die astrometrische Planetensuche hat Zukunft, wenn erst einmal die nötige Messgenauigkeit erreicht wird. Die spektroskopische Suchmethode wird wahrscheinlich eine erfolgreiche Methode bleiben – wenn auch vielleicht nicht die einzige.

Vor- und Nachteile der einzelnen Methoden

	Vorteile	Nachteile
Astrometrische Methode	Erfassen von Werten ohne Zusatzannahmen möglich, beinahe unabhängig von Bahnachsenneigung	Extrem hohe Messgenauigkeit nötig, keine Informationen über Planetengröße möglich
Transitmethode	Keine allzu große bzw. unerreichbare Messgenauigkeit erforderlich, zur Zeit einzige Methode, mit deren Hilfe man Radien der Planeten berechnen kann	Abhängigkeit von der Bahnneigung, keine Aussagen zur Planetenmasse möglich
Spektroskopische Methode	Die am einfachsten zu verwirklichende Methode, bisher erfolgreichste Methode	Massen können stets nur in Minimalwerten angegeben werden (Abhängigkeit von der Bahnachsenneigung), keine Informationen über Planetengröße möglich

Planetensysteme im Modell

JULIAN BRAUN, JANNIK ZÜRN

Einleitung

Eines unserer Ziele bei der Science Academy war es, im Kurs Astronomie, den Aufbau und die Dimensionen der Planetensysteme zu verstehen. Um dies besser begreifen zu können, wollten wir uns das Sonnensystem und das extrasolare Planetensystem 55 Cancri „auf den Campus holen“. Aber wie sollte das funktionieren? Möglich war dies nur mit einem Modell.

Weshalb stellen wir Planetensysteme im Modell dar?

Diese Frage wollen wir anhand des Sonnensystems beantworten. Unsere Erde ist einer von acht Planeten, die den Stern Sonne umlaufen. Da die Planetenbahnen elliptisch sind, haben die einzelnen Planeten je nach Zeitpunkt einen unterschiedlichen Abstand zur Sonne. Bei unseren Überlegungen wurde deshalb ein gemittelter Wert verwendet.

Man kann sich das solare Planetensystem, seinen Aufbau und seine Dimensionen auf unterschiedliche Weise vertraut machen. Wissenschaftlich geschieht dies durch Messungen, Beobachtungen und Berechnungen. Die Ergebnisse werden in Fachartikeln veröffentlicht, d. h. sie bleiben nur einem engen Kreis von Spezialisten vorbehalten. Ein Problem der Wissensverbreitung besteht darin, die Forschungsergebnisse für die Allgemeinheit verständlich zu machen. Beispielsweise ist die Ausdehnung des Weltalls nur schwer zu erfassen. Daran ändern auch die wissenschaftlichen Maßeinheiten nichts, denn man kann die Entfernung von einem Lichtjahr oder das Maß Astronomische Einheit (mittlerer Abstand Erde-Sonne) nicht gedanklich auf das eigene Umfeld der Erde projizieren.

Daraus entstand die Idee, den Aufbau und die Dimensionen unseres solaren Planetensystems zu veranschaulichen, so dass die Abstände zur Sonne und zu ihren Nachbarplaneten mit einem Blick erfassbar werden können. Speziell die Darstellung der im Planetensystem zu überwindenden Distanzen brachte uns dazu, als Modell einen zu Fuß begehbaren Planetenweg zu wählen. Ein solcher veranschaulicht unserer Meinung nach am besten, welche Abstände zur Sonne bzw. zwischen den Planeten bestehen. Wir wissen, wie lange eine Reise mit einer Rakete zu unserem Trabanten Mond dauert. Auch wissen wir, dass die Sonden zu den Nachbarplaneten bereits mehrere Jahre unterwegs sind, ehe sie Bilder und

Daten von dort liefern. Wie lange muss man dann erst unterwegs sein, um unser gesamtes Sonnensystem zu bereisen? Um diese Dimensionen zu erleben, bietet es sich an, sie am eigenen Körper fühlen zu können. Ein Planetenweg ermöglicht dem Betrachter, die riesigen Entfernungen zu erfassen.

Das solare Planetensystem im Modell

In unserem Planetenweg stellen wir das Sonnensystem mit seinen acht Planeten dar. Damit wollten wir die Größenverhältnisse des solaren Planetensystems auf einem kleinen, überschaubaren Raum darstellen.

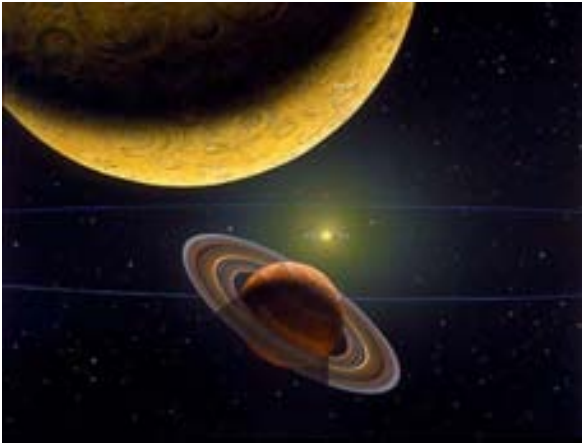
Planet	Durchmesser im Modell	Abstand zur Sonne im Modell
Merkur	0,11 mm	1,29 m
Venus	0,27 mm	2,40 m
Erde	0,28 mm	3,32 m
Mars	0,15 mm	5,06 m
Jupiter	3,17 mm	17,28 m
Saturn	2,68 mm	31,73 m
Uranus	1,13 mm	63,74 m
Neptun	1,10 mm	100,00 m

Unser Planetenwegsmodell für das Schulgelände.

Das extrasolare Planetensystem im Modell

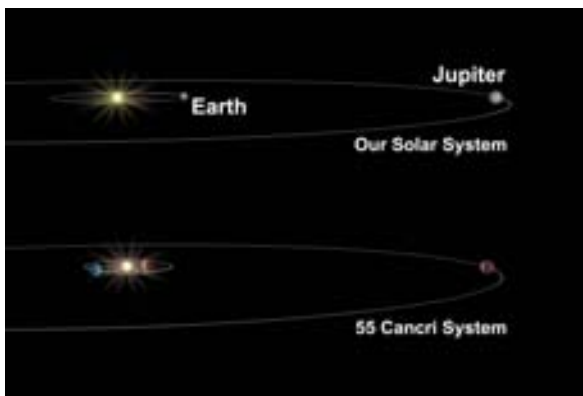
Die meisten bisher entdeckten extrasolaren Planeten umlaufen nach heutigen Erkenntnissen als einzelnes Objekt ihr Zentralgestirn, aber vereinzelt konnten bereits Systeme mit mehreren Planeten ausgemacht werden. Zum Vergleich zwischen unserem Sonnensystem und einem extrasolaren Planetensystem bot sich das System 55 Cancri um den Stern 55 Cancri A an. Folglich nahmen wir es in unseren Planetenwanderweg auf. Die Besonderheit an dem System 55 Cancri ist, dass es derzeit das einzige bekannte System mit vier Exoplaneten ist.

Die Abbildung zeigt, wie man sich dieses Exoplanetensystem vorstellen könnte.



Künstlerische Darstellung der Planeten im System 55 Cancri, [6].

Es besitzt verschiedene Typen von Exoplaneten, genau wie unser Sonnensystem auch unterschiedliche Typen von Planeten aufweist. Außerdem ist dieses System ein gutes Vergleichsobjekt zu unserem Planetensystem, da die Planeten keine allzu weite Distanz zu ihrem Stern haben, weshalb es keine großen Probleme mit dem Maßstab gibt – vgl. hierzu auch die vereinfachte Darstellung in der Abbildung.



Schematischer Vergleich der Planetenabstände, [7].

Der vierte Planet im System 55 Cancri wurde erst vor zwei Jahren entdeckt, was zeigt, dass derzeit erfolgreich nach Exoplaneten gesucht wird. Die Wissenschaft erhofft sich davon viele Erkenntnisse über die

Entstehung und Veränderung im Weltraum und eventuelle Lebenswelten.

Aufbau des Planetenwegs

Wir hatten verschiedene Ideen für die Gestaltung des Planetenwegs. Die Darstellung der Planeten als Kugeln scheiterte am Mangel der Materialien in entsprechender Größe. Stattdessen entschieden wir uns für zweidimensionale Modelle. Diesen haben wir zur besseren Vorstellung eine nicht maßstabsgetreue Abbildung hinzu gefügt. Uns allen war es wichtig, dass die Besucher wichtige Informationen über den jeweiligen Planeten oder Stern erhielten. Dazu stellten wir Bilder und einzelne Fakten auf Tafeln zusammen. Von den extrasolaren Planeten sind keine Aufnahmen vorhanden, da sie zu weit von der Erde entfernt sind.

Als Ausgangspunkt des Weges haben wir die Zentralgestirne der Systeme, die Sonne und 55 Cancri, ausgewählt. Da der Planetenwanderweg 100 Meter Länge nicht übersteigen durfte, waren die Planeten zum Teil sehr klein. Wir stellten deshalb diese Planeten als schwarze Punkte auf weißem Grund dar. Die 100 m entsprechen dem Bahnradius des äußersten Planeten Neptun, der im Mittel 4497 Millionen km von der Sonne entfernt ist. Somit entspricht 1 cm in unserem Planetenweg 449.700 km im Weltall. Alle weiteren Planeten werden entsprechend diesem Maßstab in den Planetenweg integriert.

Vergleich der beiden Systemmodelle

Das Sonnensystem ist im Vergleich zu den extrasolaren Systemen ungleich besser erforscht. Aufgrund der Verbesserungen der Suchmethoden treten bei den extrasolaren Systemen häufig Veränderungen auf und Neuerkenntnisse werden gewonnen, da ständig neue Planeten entdeckt werden.

Sternebeobachtungen des Astronomiekurses

KATRIN GANZENBERG

Freitag, 1. Tag, abends, Adelsheim Sportplatz

Schon am ersten Abend der Akademie hatten wir Glück: Nach wochenlangem wolkenverhangenem Himmel konnten wir endlich den Sternenhimmel erkunden. Dick eingepackt in Pullover und Jacken gingen wir zusammen auf den Sportplatz. Unsere Kursleiter zeigten uns Sternbilder wie Kassiopeia, Herkules oder das Sommerdreieck, das aus den drei Sternen Wega, Atair und Deneb gebildet wird. Wir lernten mit Hilfe des Großen Wagens, wie man den Polarstern und somit auch die Himmelsrichtung Norden finden kann. Der Polarstern gehört genauso wie der Große Wagen, der Kleine Wagen, Kassiopeia oder Kefeus zu den Zirkumpolarsternen. Das sind Sterne, die nie untergehen und auch das ganze Jahr am Sternenhimmel zu sehen sind, weil sie sich in der Nähe der verlängerten Erdachse befinden. Da der Großteil von uns nicht wusste, wie die meisten Sternbilder aussehen, war es am Anfang ziemlich schwer, die Sterne als zusammenhängendes Bild zu erkennen. Doch Dank Olafs Laser und des Kurses am nächsten Tag, in dem wir die Sternbilder noch einmal bei Tageslicht und an der Tafel besprachen, kannten wir uns ziemlich schnell am Himmel aus.

Dienstag, 5. Tag, ca. 21:00 Uhr, zwischen Adelsheim und Osterburken

Kurz nach unserer bis dahin einzigen Beobachtung kam unsere „große“ Nacht. Der Astrokurs hatte geplant, eine Nachtwanderung anzubieten, bei der wir den anderen Akademie-Teilnehmern in Gruppen zu jeweils 15 Leuten den Nachthimmel erklären sollten. Die Strecke betrug ungefähr zwei Kilometer und führte zu einer offenen

Wiese, auf der unsere Kursleiter Decken ausgebreitet und Teleskope aufgestellt hatten, damit wir die Sterne auch noch „aus der Nähe“ anschauen konnten. Der Weg bis zu unserem Zielort verlief durch den Wald, was zum Sternebeobachten natürlich ungeeignet war. Aber auf einigen Lichtungen konnten wir trotzdem einen Blick auf den Sternenhimmel werfen. Dort erklärten wir den Teilnehmern die verschiedenen Sternkonstellationen und beantworteten so gut wir konnten die Fragen, die uns gestellt wurden. Die Teilnehmer der zweiten Gruppe werden diesen Abend wahrscheinlich nicht so schnell vergessen: Diese Gruppe vergaß fasziniert vom Sternenhimmel über ihr, den richtigen Weg einzuschlagen. Unbekümmert und noch nichts von dem sich anbahnenden Unglück ahnend ignorierten sie die Abzweigung, die sie zur Endstation und damit in den Schutz der „Herde“ gebracht hätte, und wanderte immer tiefer in den dunklen Wald hinein. Erst nach weniger Zeit wurde ihr langsam klar, dass sie sich nicht mehr auf dem vorgesehenen Weg befand. Doch dann hatte jemand die rettende Idee: Die Gruppe kehrte um und fand auch bald die Abzweigung, die sie sicher zum Zielort brachte. Nach einem längeren Aufenthalt auf der besagten Wiese sammelten sich die Gruppen wieder, um zurück zum Akademiegelände zu gehen. Dort, genauer gesagt im Treppenhaus des LSZU II, wurde dann auch die legendäre Treppen-KüA gegründet, die in einem anderen Bericht noch genauer beschrieben wird.

Samstag, 9. Tag, Mitternacht, ein einsamer Acker bei Adelsheim

An diesem Tag gingen zum dritten Mal Sterne beobachten, doch dieses Mal besonders ausführlich. Unsere Kursleiter planten, mit uns auf ein offenes Feld außerhalb der Stadt und somit auch weiter entfernt von den vielen Lichtern zu fahren, auf dem wir mehr Zeit hatten um uns dem

Sternenhimmel zu widmen. Als die anderen ins Bett mussten, machten wir uns auf den Weg. Am Ziel angekommen suchten wir mittels drehbarer Sternkarten, auf denen man alle zu einem bestimmten Zeitpunkt sichtbaren Sternbilder finden kann, und mit Hilfe unserer Kursleiter noch einmal die Sternbilder, die wir kennen gelernt hatten. Wir sahen der Andromeda-Galaxie beim Aufgehen zu und beschäftigten uns mit dem „Reiterlein“, dem Begleiter des mittleren Sterns in der Deichsel des Großen Wagens, den man beim Betrachten durch ein Teleskop sogar als Doppeltarn erkennen kann. Gegen Ende unserer Beobachtungsnacht versuchten wir ein Foto mittels Doppelbelichtung von uns und dem Himmel über uns aufzunehmen. Ein solches Foto hat eine Belichtungszeit von mehreren Minuten, sodass am Ende ein Foto entsteht, auf dem man die Sterne ihre Bahnen ziehen sieht. Diese Belichtungszeit galt allerdings nur für die Sterne, wir mussten uns jedoch nicht länger als ein paar Sekunden ablichten lassen. Der nächtliche Ausflug dauerte gut drei Stunden, und als wir dann kurz nach eins zurückkamen, stellten wir für die gesamte Akademie einen Rekord im „leise Zähne putzen und ins Bett gehen“ auf. Wie lautstark wir dann am nächsten Morgen jedoch unseren Kaffee verlangten, muss wahrscheinlich nicht weiter erläutert werden.

Die chinesischen Schüler in unserem Kurs

NICOLE SCHWARZ

Zu unserem Kurs gehörten drei chinesische Schüler: Paul, Joyce und Nina. Wir nannten sie bei ihren englischen Namen, da ihre echten für uns fast unaussprechbar waren. Sie sprachen sehr gut Englisch. Damit sie in den Kurs eingebunden werden konnten, wurde der Großteil des Kurses auf Englisch abgehalten, was für uns sehr er-

heiternd war, da unser Englisch des öfteren deutsche Ausdrücke enthielt. Während der Kursarbeit und den Exkursionen hatten wir Gelegenheit die drei besser kennenzulernen und einiges über China zu erfahren. Wir alle erweiterten unseren chinesischen Wortschatz von ca. 0 auf etwa 15 Wörter, worauf wir jetzt noch stolz sind. Wie alle Kursteilnehmer hielten auch sie Vorträge, die uns einen interessanten Einblick in die Entwicklung der Astronomie und Raumfahrt in China gaben. Wir waren auch sehr erstaunt, wie die chinesischen Astronomen der Antike bereits vieles über die Sterne herausgefunden hatten.

Der Abschied von ihnen viel uns sehr schwer und wir freuten uns über die kleinen Geschenke, die sie uns am Ende überreichten. Wir sind alle sehr froh, dass sie unsere Tage in der Akademie bereichert haben und würden uns sehr über ein Wiedersehen freuen.

Dr. Cecilia Scorza de Appl

NICOLE SCHWARZ

Die Diplom Physikerin und promovierte Astronomin stellte uns die Arbeit eines Astronomen vor und verschaffte sich einen Einblick in unsere Kursarbeit. Sie erforschte fünf Jahre lang an der Landessternwarte Heidelberg die Eigenschaften elliptischer Galaxien. Später verließ sie den Forschungsbereich und widmete sich dem Lehrberuf. So gründete sie die Astronomie-schule für Schüler und Lehrer an der Landessternwarte Heidelberg.

Auch uns hielt Dr. Cecilia Scorza de Appl einen sehr interessanten Vortrag über Galaxien, die Entstehung des Universums und ein wenig griechischer Mythologie. Sie wählte die Geschichte des Phaetons. Als Beweis seiner göttlichen Abstammung verlangte jener von seinem Vater, dem Sonnengott Helios, seinen Sonnenwagen lenken zu dürfen. Obwohl Helios ihm von dem

Wunsch abriet, ließ Phaeton sich nicht beirren. Als er den Wagen durch die furchteinflößenden Sternbilder lenkte, bekam er in Panik und der Wagen geriet außer Kontrolle. Dadurch wurde der Himmel und die Erde versengt. In der Not musste Zeus Phaeton töten.

Wir verglichen den Inhalt des Mythos, in welchem der scheinbare Weg der Sonne zwischen den Sternen beschrieben ist, mit dem heute bekannten scheinbaren Weg. Wir waren sehr erstaunt wie viele Übereinstimmungen es gab und wie viel schon Ovid über den Sternenhimmel wusste. Selbstverständlich stand sie uns während ihres zweitägigen Aufenthalts für Fragen zur Verfügung und half uns bei unserer Kursarbeit.

Besuch beim MPIA

NICOLE SCHWARZ

Am Samstag, den 9.9.2006, unternahm der Astronomiekurs eine Exkursion zum Max-Planck-Institut für Astronomie (MPIA). Früh morgens fuhr unser wie immer gut gelaunter Kurs mit unseren Kursleitern, Georg, Olaf und Celia, in zwei Kleinbussen los. Schließlich kamen wir an unserem Ziel, dem MPIA in Heidelberg, an.

Am Haupteingang wurden wir von dem Exoplanetenforscher Dr. Sebastian Wolf empfangen, der uns an diesem Tag einen kleinen Einblick in seine Arbeit gewähren und uns etwas über die Geschichte und Funktion des MPIA erzählen wollte. 1975 wurde das Institut eröffnet und widmet sich seit dem der Vorbereitung und Auswertung astronomischer Beobachtungen und der Entwicklung neuer Messtechniken und -verfahren. Nach einer kurzen Führung durch das MPIA erzählte uns Herr Wolf noch einiges über Exoplaneten. Wir durften Zwischenfragen stellen wann immer wir wollten und so hatte Herr Wolf die meiste Zeit damit zu tun unsere neugierigen Fragen zu beantworten. Diese be-

antwortete er bereitwillig, und man erkannte leicht, dass er nicht umsonst ein sehr angesehener Astronom ist. Zum Abschluss erklärte er uns, welche Voraussetzungen man braucht um Astronom zu werden und worin die Arbeit eines Astronomen besteht. Die erste Aufgabe an einem Arbeitstag von Astronomen werden wir wohl nie vergessen: E-Mails von anderen Astronomen, die über die ganze Welt verteilt arbeiten, lesen. Nachdem wir dem Astronomen ca. 2 Stunden Löcher in den Bauch gefragt hatten, machten wir draußen ein Gruppenfoto mit ihm.



„Der kleine Astronom“, Dr. Wolf und wir

Nach der Stärkung auf der Wiese unterhalb der Bergstation des Königstuhls besuchten wir die Landessternwarte Heidelberg, die nahe dem MPIA auf dem Königstuhl liegt. Dort erkundeten wir einen Planetenwanderweg, wie wir ihn bauen wollten und Georg erzählte uns von seiner früheren Arbeit an der Sternwarte.

Die darauf folgende Heimfahrt verlief recht schweigsam, da wir nach diesem anstrengenden, aber vor allem interessanten Tag alle sehr erschöpft waren und nur noch ein Ziel hatten: schlafen!

Vorstellung der Kursteilnehmer

Mariette Bantel Wenn die kleine Jeddö im Kurs nicht gerade kreativ mit Stift und Zeichenpapier zugange ist, kann es schon mal vorkommen, dass man sie wecken muss. Richtig wach ist sie eigentlich nur bei den Bandproben zu „Mestizaje“! Süßigkeiten bescheren ihr oft schlimme Bauchschmerzen... „Lass uns was in die Luft jagen!“

Sebastian Neu Von den meisten einfach nur Fritz genannt, mal Möbius, mal Techniker, der Master of Powerpoint stammt daher, „wo der Spargel wächst“. In seiner Freizeit spielt er Orgel und perfektioniert seinen „Hammer Akzent“.

Tabea Tscherpel Tabsi ist die absolute Sternbildkennerin, die in Gummihose und Fließjacke nur allzu gern eine Nacht auf dem Feld zum Tag macht. Außerdem ist sie die Liebenswürdige in Person. Nur, was sie vier Wochen in Schweden getrieben hat, will sie uns nicht erzählen. . .

Matthias Amador Das fotoscheue, hyperaktive Streifenhörnchen entwickelt im Laufe der Akademie ausgeprägte Essgewohnheiten, die immer mit den Zeiten der Plenarversammlungen zusammenfallen. Zu jeder anderen Zeit hat er ohne Zweifel eine Gitarre im Arm und schreit nach Kaffee!! ... „Ich will aber den Uranus, der rollt so schön!“

Nicole Brenner Die immer gutgelaunte Lady in Pink verbringt ihre Freizeit mit ICQ, Grinsen und Stolpern. Durch ihren knuffigen Nici-Gürtel und ihren „absoluuuuuut nicht existent“ Dialekt erreicht sie den Status Kurskuschelteddy.

Klaus-Ulrich Miltenberger Extra, um den Chinesen keine Zungenverrenkungen zu bereiten, führt er einen Decknamen für sich ein: K.-U. Zu schade, dass dieses Kürzel ausschließlich von den deutschen Akademieteilnehmern übernommen wurde. Mr. Macintosh war unser stilistisches Sprachrohr. Aufsehen mussten wir zu ihm ohnehin... er war einfach der größte.

Katrin Ganzenberg Das Killerqueen-kätzchen Kadrün verfügt über einen hervorragenden Orientierungssinn, dem eine Nachtwanderungsgruppe einen überlangen Spaziergang verdankt. :) Nichts und niemand kann die Skaband-Saxophonistin von der Treppen KüA in Adelsheim fernhalten, oder gar ihrer Putzigkeit widerstehen: „Wischreibt mahn Gihtahre?“

Julian Braun Trotz allem Fachwissen fehlt es ihm an Routine beim Benutzen von ICQ, was zur Folge hatte, dass keiner so genau wusste, *warum* er zu spät zum Doku-Weekend kam. Bei all seinen Versuchen achtet er darauf, kein unnötiges Material in Mitleidenschaft zu ziehen, und so müssen Babyfläschchen schon mal zur Simulation der Kugelformbildung dienen.

Andra-Lisa Hoyt Das Kursklima wird durch unsere schwäbische Halbamerikanerin Andu mit „Quietsch-Tchiiuuu-Hatschiii“ an den passendsten Stellen ungemein aufgelockert. Das Lieblingswort der gothischen Mittelalter-Orgelmaus ist „Orgie“ und sie leidet unter Paranoia im Dunkeln, wie gigantischen Hasenmardern und Mörderhasen. Der absolute Beweis, dass der erste Eindruck auch trügen kann.

Jannik Zürn Der geniale Rhetoriker ist ein stilles Wasser, aber ein tiefes. Seeeehr tiefes. Er ist immer der Ruhigste von allen und unterhält sich gerne mit den Chinesischen Austauschschülern. Den Kugelschreiberdieb haben wir alle sehr lieb gewonnen.

Celia Viermann, Schülermentorin Die begnadete Tänzerin sieht aus wie'n Engel, ist nett wie'n Engel, strahlt wie'n Engel... ist'n Engel! Ihr selbstgesetztes Koffeinelimit überschreitet sie zwar, aber dafür half sie jedem die Präsentationen bis ins kleinste Detail zu perfektionieren. Ein dunkles Geheimnis: Mit Schokolade ist sie bestechlich...

Georg Wilke, Kursleiter Er, der große Astro-Erklärbar, hütet Kaffee wie seinen Augapfel. Die Kursteilnehmer mussten sich einer harten Messlatte stellen, um am Ende „ganz sicher vielleicht“ ein Becherchen des kostbaren Getränks zu erhaschen. Er ist ehrgeizig und zielstrebig, aber ein richtig netter Kerl. So nett, dass ihm ein Ständchen gewidmet wurde: „Ein Hoch auf unser'n Busfahrer, Busfahrer, Busfahrer!“



Georg erzählt etwas über den Planetenwanderweg

Olaf Fischer, Kursleiter „Querfeldbeet“ gesehen ist er ganz lieb und besitzt wie „unsere Vorfahren in einer Million Jahren“ ein Laserschwert, sprich den Special-Astronomer-Laserpointer. Unser Austausch-Kursleiter aus „Tairingia“ fotografiert gern hilflos schlafende Streifenhörnchen, ist aber sonst ein angenehmer Zeitgenosse. ... bis das Abendessen fertig ist. „Auf geht's! Es gibt Abendbrot!“



Alle „Astros“ zu Besuch in der Landessternwarte Heidelberg

Quellenverzeichnis

- [1] <http://sse.jpl.nasa.gov/multimedia/gallery/PIA03153.jpg>, 04.10.06, 16:39
- [2] http://nssdc.gsfc.nasa.gov/image/planetary/saturn/saturn_rings_false.jpg, 05.10.06, 07:24
- [3] <http://origins.jpl.nasa.gov/stars-planets/images/ra4-protoplanetary-disk.jpg>, 09.10.06 15:10 Uhr
- [4] <http://www.hao.ucar.edu/public/research/stare/IMAGES/astrometry.gif>, 2.10.06, 17:37
- [5] http://www.star.ucl.ac.uk/~rhdt/diploma/lecture_2/astrometry.jpg, 2.10.06, 17:32
- [6] http://www.firstscience.com/SITE/images/article/apps/cancri_h1.jpg, 28.09.06, 17:39
- [7] <http://www.jpl.nasa.gov/images/newplanets/55cancri.jpg>, 28.09.06, 17:36
- [8] O. Fischer: Extrasolare Planeten – Entdeckung im Klassenraum, *Astronomie+Raumfahrt im Unterricht*, 6/2005, S. 10-18
- [9] S. Seager: Ferne Welten entfüllen, *AstronomieHeute* 4/2006, S. 19-20
- [10] Prof. em. W. Pfau: Fremde Planetensysteme im All, DOSSIER, *Planetensysteme*, 1/2004, *Stern und Weltraum*, S. 10-11
- [11] Prof. em. W. Pfau: Fremde Planetensysteme im All, DOSSIER, *Planetensysteme*, 1/2004, *Stern und Weltraum*, S. 10-11
- [12] Prof. J. Wambsgauß: Auf der Suche nach Planeten bei anderen Sternen DOSSIER, *Planetensysteme*, 1/2004, *Stern und Weltraum*, S. 70-84
- [13] F. Gondolatsch, G. Groschopf, O. Zimmermann: *Astronomie II : Fixsterne und Sternsysteme* Klett-Studienbücher Physik; Ernst Klett Verlag, Stuttgart 1979
- [14] Bergmann-Schaefer, *Lehrbuch der Experimentalphysik; Band III, Optik*, S. 616-630; Hg. : H. Gobrecht; Walter de Gruyter & Co., Berlin 1973
- [15] Heike Rauer, Holger Voss: *Sterne und Weltraum, Dossier Planetensysteme* : S. 86-91 "Die Transit-Methode zur Suche nach extrasolaren Planeten
- [16] A. Unsöld, B. Baschek: *Der neue Kosmos - Einführung in die Astronomie und Astrophysik*; Springer Verlag, 2002, 7. Auflage, S. 519, S. 136-138
- [17] <http://www.exoplanet.de/transits> 29.10.2006; 10:40
- [18] <http://obswww.unige.ch> 29.10.2006; 10:40
- [19] <http://exoplanet.eu> 29.10.2006; 10:40
- [20] <http://exoplaneten.de/55Cancrib/index.html> 29.10.2006; 10:40
- [21] Ravensburger Schülerlexikon, Ravensburger Buchverlag
- [22] <http://exoplanet.eu/catalog.php> 29.10.2006; 10:40

