



Vom Schatten verraten

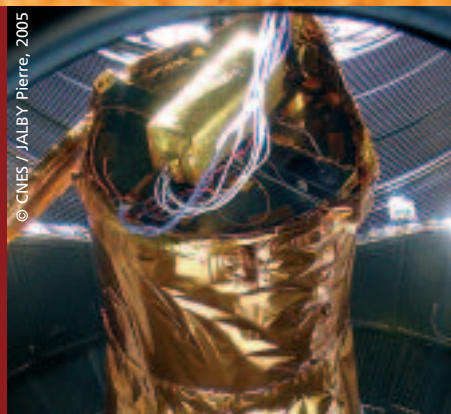
**Mit CoRoT auf der Suche nach
extrasolaren Planeten**

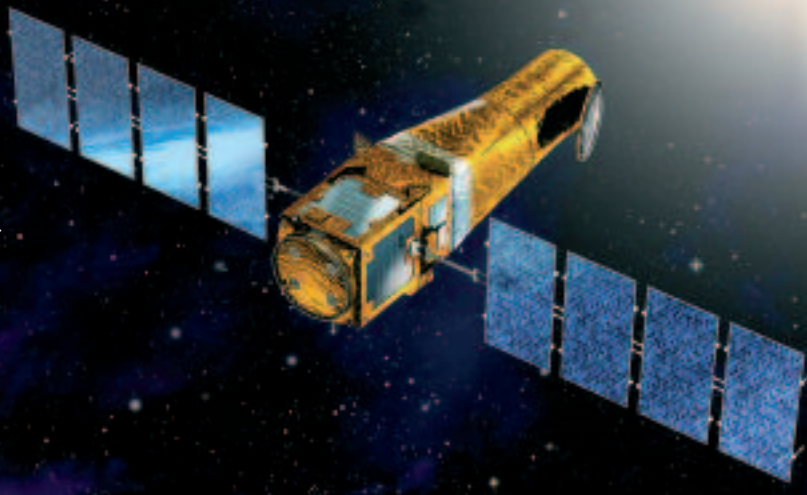
Von Dr. Ruth Titz-Weider und Prof. Dr. Heike Rauer

Der Venustransit am 8. Juni 2004: eine Aufnahme der Sonne im Licht der H-alpha-Linie mit der Venus als kleiner schwarzer Scheibe

© Stefan Seip, VT-2004 Programm

Als erster Satellit wird CoRoT (Convection, Rotation and Planetary Transits) Planeten anderer Sonnensysteme suchen. Diese extrasolaren Planeten sind von außerhalb der Erdatmosphäre deutlich besser zu entdecken als vom Boden aus. Einer der Partner der französischen Kleinsatellitenmission ist das DLR. Seine wissenschaftlichen Beiträge liegen im Bereich der Datenanalyse sowie in vor- und nachbereitenden Bodenbeobachtungen. Außerdem entwickelten DLR-Wissenschaftler die Software zur Datenverarbeitung und Feinsteuerung für den Ende 2006 startenden Satelliten.





Künstlerische Darstellung des CoRoT-Satelliten im Weltraum

Erst 1995 gelang Michel Mayor und Didier Queloz die zweifelsfreie Entdeckung eines Planeten, der um einen anderen Stern als unsere Sonne kreist. Bis heute sind rund 200 solcher extrasolarer Planeten, kurz Exoplaneten, entdeckt worden.

Am leichtesten wäre es natürlich, wenn man Planet und Stern einfach direkt sehen und abbilden könnte. Aber wie schon Giordano Bruno darlegte, ist es schwer, den nur passiv und schwach leuchtenden Planeten und den Stern voneinander zu unterscheiden. Man stelle sich vor, man wolle ein Glühwürmchen in der Nähe einer grell strahlenden Lampe erkennen!

Wie findet man Exoplaneten?

Die Chance, Stern und Planet getrennt zu sehen, steigt, wenn sie weit auseinander liegen oder wenn es gelingt, den strahlenden Stern auszublenden. Mit dem Very Large Telescope (VLT) der Europäischen Südsternwarte (ESO) hatte man mit dieser Technik Erfolg. Man glaubt, zu vier extrasolare Planeten gefunden zu haben, die sehr weit von ihrem

Schon seit mehr als 2000 Jahren machen sich Philosophen Gedanken darüber, ob es wohl noch andere Welten mit Planeten gibt, die unserer Erde ähnlich sind und ob dort vielleicht irgendeine Form von Leben existiert. Zu Beginn der Neuzeit schrieb Giordano Bruno (1548-1600): Die Sterne sind nichts anderes als Sonnen, um die Planeten kreisen können. Die Planeten können wir aber nicht sehen, weil sie nur passiv und damit viel schwächer leuchten als die Sterne, und wegen ihrer großen Entfernung.

Auch Immanuel Kant (1724-1804) war der Ansicht, dass die Fixsterne

Sonnen sind und dass sie Mittelpunkt eines Planetensystems sein können. Aber erst vor ungefähr 50 Jahren beschrieb der russisch-amerikanische Astronom Otto von Struve (1897-1963) zwei Methoden, mit denen man um andere Sterne kreisende Planeten finden könnte. Technisch war die Radialgeschwindigkeitsmethode (siehe Text unten), die bisher erfolgreichste Methode zum Aufspüren von extrasolaren Planeten, schon damals durchführbar. Man benutzte sie zur Analyse von Sternrotationen. Struve stellte aber auch die Transitmethode vor (siehe unten), die jetzt beim neuen CoRoT-Satelliten zum Einsatz kommen wird.

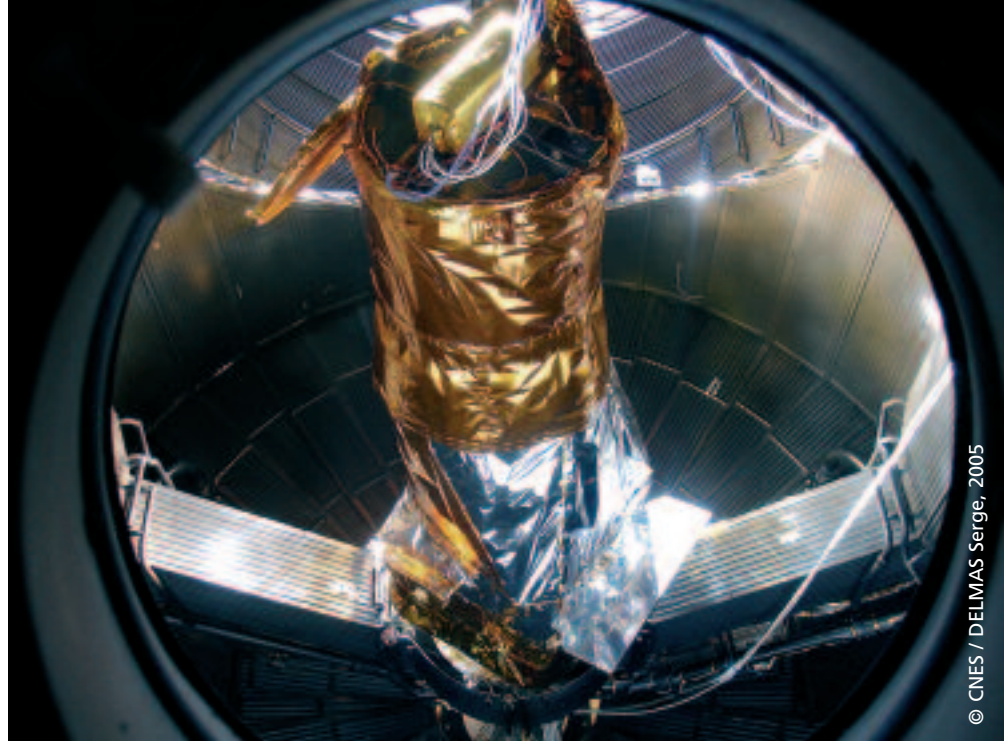
Die **Radialgeschwindigkeitsmethode** nutzt den Doppler-Effekt, den man zum Beispiel von der Veränderung der Tonhöhe eines Martinshorns kennt, wenn ein Krankenwagen schnell vorbeifährt. Stern und Planet bilden durch die gegenseitige Anziehung eine Einheit, eine Art Hantel, die sich um den gemeinsamen Schwerpunkt dreht. Die Anwesenheit von Jupiter führt etwa dazu, dass sich die Sonne mit einer Geschwindigkeit von 12 Metern pro Sekunde auf einer Kreisbahn bewegt. Und auf genau diese Bewegung kommt es an: Das von der Sonne oder dem Stern abgestrahlte Licht wird in seiner Frequenz verändert je nachdem, ob sich der Stern auf einen fernen Beobachter zu oder

Test des COROT-Satelliten in der Vakuummkammer bei der Firma Intespace im Frühjahr 2006

Zentralstern entfernt sind. In unserem Sonnensystem entspräche das Positionen außerhalb der Plutobahn.

Die meisten extrasolaren Planeten hat man aber – wie den ersten – mit der Radialgeschwindigkeitsmethode gefunden: Seine Entdeckung vor elf Jahren war eine Sensation. Der Planet, genannt 51 Pegasus b, bewegt sich in nur etwas mehr als vier Tagen um seinen Zentralstern. Was für uns ein verlängertes Wochenende ist, ist auf 51 Pegasus b ein ganzes Jahr. Der Abstand zum Zentralstern ist viel kleiner als der Abstand vom Merkur zur Sonne. Damit bekommt dieser Riesenplanet – seine Masse ist wenigstens die halbe Jupitermasse – sehr viel mehr Sternenlicht ab als unser Jupiter. Die Schlag auf Schlag folgenden weiteren Entdeckungen zeigten, dass diese Eigenschaften des Planeten kein Sonderfall waren, sondern für eine ganze Gruppe von Exoplaneten gelten, die man deshalb „heiße Jupiter“ genannt hat. Mittlerweile hat sich auch die Klasse der „heißen Neptune“ etabliert.

Eine weitere Möglichkeit, Planeten zu entdecken, ist die Beobachtung von Planetentransits. Am 8. Juni 2004 war ein Venustransit von Europa



© CNES / DELMAS Serge, 2005

aus zu sehen. Er wurde nicht nur von Amateuren, sondern auch von Wissenschaftlern, mit Interesse beobachtet. Ein internationales Team, darunter Heike Rauer vom Institut für Planetenforschung des DLR, verfolgte den Venustransit im infraroten Wellenlängenbereich mit einem Spektrographen.

Beobachtung im Transit

Die nachfolgenden Auswertungen sollten zeigen, ob die Methode geeignet ist, die Atmosphäre des Planeten zu analysieren, und ob sie möglicherweise auf Exoplaneten

angewendet werden kann. Diese Transitmethode wird im neuen CoRoT-Satelliten verwendet. Bisher hat man mit der Transitmethode neun Exoplaneten gefunden und andere, bereits durch die Radialgeschwindigkeitsmethode bekannte, näher bestimmt. Mit der Transitmethode lassen sich nämlich nicht nur Umlaufzeit und Planetenradius bestimmen, sondern man kann in Kombination mit der Radialgeschwindigkeitsmethode auch die Masse eines Exoplaneten berechnen. Erst diese Angaben führen zu einer Dichtebestimmung und damit zur näheren Charakterisierung eines Planeten: Besteht er aus Gas, aus Eis oder

von ihm weg bewegt. Dieser Effekt ist umso größer, je schwerer der Planet ist. Daher hat man mit dieser Methode überwiegend Gasriesen mit Massen ähnlich unserem Jupiter, dem schwersten Planeten des Sonnensystems, gefunden. Jedoch hat die Radialgeschwindigkeitsmethode eine natürliche Grenze. Die inneren Vibrationen in einem Stern verändern die Frequenz des abgestrahlten Lichts ebenfalls, auch ohne einen planetaren Begleiter. Ist der Planet sehr klein, kann man die Variationen in der Frequenz daher nicht eindeutig zuordnen. Mit dieser Methode kann man Planeten also nur bis zu einer bestimmten Mindestgröße finden. Sie liegt bei zehn Erdmassen.

Der CoRoT-Satellit während des Zusammenbaus bei der Firma Intespace, Toulouse, Frankreich

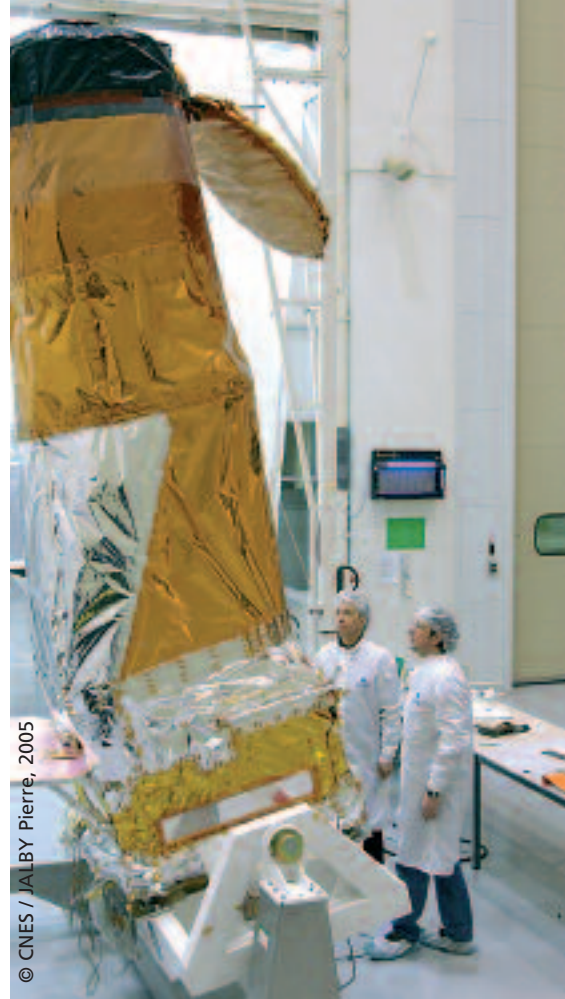
Ist er ein Gesteinsplanet wie unsere Erde? Erfolg kann man mit der Transitmethode aber nur haben, wenn man sehr viele Sterne über sehr lange Zeit beobachtet. Klar ist auch, dass diese Beobachtungen vom Erdboden aus durch mancherlei Einflüsse gestört und verhindert werden: schlechtes Wetter, Lichtverschmutzung, Tageslicht, Vollmond.

Das motivierte die Wissenschaftler, einen Satelliten zu bauen, der Exoplaneten vom Weltall aus suchen kann. Unter Leitung der französischen Raumfahrtagentur CNES (Centre National d'Études Spatiales) wurde die Weltraummission CoRoT (Convection, Rotation and Planetary Transits) entwickelt, die zum Ende des Jahres 2006 startet. Die im Satelliten verwendete Software zur Verarbeitung der anfallenden Messdaten und zur Feinsteuerung des Satelliten wurde vom DLR entwickelt und erprobt. Beteiligt waren das Institut für Planetenforschung und die Einrichtung Optische Informationssysteme am Institut für Robotik und Mechatronik. Seit Beginn im

Jahr 2001 ist Heike Rauer vom Institut für Planetenforschung in Berlin-Adlershof die Projektleiterin.

Planetensuche und Astroseismologie

So gut die Messungen von CoRoT auch sein werden, es bleibt schwierig, einen extrasolaren Planeten zu finden. Ein transitähnliches Ereignis kann nämlich auch durch andere Vorgänge hervorgerufen werden, z. B. Sternenflecken oder Doppelsternsysteme. Um wirkliche Transitereignisse zu finden, müssen die Daten mit passenden Programmen durchsucht werden. Die deutschen Partner im CoRoT-Team (DLR, Thüringer Landessternwarte und Universität zu Köln) entwickeln solche Verfahren, um aus den CoRoT-Messungen die Kandidaten für extrasolare Planeten zu nominieren. Diese Kandidaten, müssen dann weiter unter die Lupe oder besser gesagt unter das Teleskop genommen werden. Diese Beiträge leisten das DLR – mit dem Berlin Extrasolar Search Telescope (BEST),



© CNES / JALBY Pierre, 2005

einem Teleskop in der Provence – und die Thüringer Landessternwarte in Tautenburg.

CoRoT wird der erste Satellit sein, der nach extrasolaren Planeten suchen wird. Dabei benutzt er die Technik der hochempfindlichen Photometrie: Die CCD-Kamera (Charge-coupled Device) an Bord des Satelliten zeichnet das Licht von vielen tausenden

Die **Transitmethode** nutzt Planetendurchgänge, auch Planetentransits genannt. Diese Ereignisse kennen wir gut aus unserem Sonnensystem: Von der Erde aus können wir beobachten, wie Merkur oder Venus vor der Sonnenscheibe entlangwandern.

Transits kann man aber nicht nur in unserem Sonnensystem beobachten. Ein Exoplanet, der – von unserem Standort beobachtet – vor seinem Stern entlangzieht, verdunkelt das Licht des Sterns ein wenig. Diese Winzigkeit kann man unter guten Bedingungen nachweisen. Würden Außerirdische von ferne die Sonne beobachten, während Jupiter, der größte Planet, vor der Sonnenscheibe entlangwandert, dann würden sie eine Verdunklung des Sonnenlichts um ein Prozent messen können. Bei der Erde wäre der Effekt noch um einen Faktor 100 kleiner. Prinzipiell kann man mit der Transitmethode extrasolare Planeten von der Größe der Erde finden.



© CNES / JALBY Pierre, 2005

Ingenieure und Techniker beim Zusammenbau des CoRoT-Satelliten

Sternen auf. Sie ist dabei so empfindlich, dass man kleinste Schwankungen in der Helligkeit entdecken kann. Die Messtechnik ist jedoch nicht nur für die Transitsuche von extrasolaren Planeten geeignet, sondern ebenso für den Nachweis und die Untersuchung von Sternvibrationen. Und tatsächlich hat CoRoT diese beiden wissenschaftlichen Ziele: die Astroseismologie und die Entdeckung von extrasolaren Planeten. Insbesondere erhoffen sich die Forscher, unserer Erde ähnliche Gesteinsplaneten zu finden.

Das Herz des 4,20-Meter-Satelliten ist ein Teleskop mit einem Hauptspiegel von 27 Zentimetern Durchmesser, mit dem sich Himmelsfelder von ungefähr drei Grad mal drei Grad beobachten lassen. Zum Vergleich: Der Vollmond erscheint uns als Scheibe mit einem Durchmesser von 0,5 Grad. Das Beobachtungsfeld

von CoRoT ist also etwa so groß wie drei Dutzend quadratisch angeordnete Mondscheiben am Himmel. In der Brennebene des Instruments liegen vier CCD-Arrays, von denen zwei der Astroseismologie und zwei der Exoplanetensuche zugeordnet sind. Der Exoplaneten-Kanal zeichnet über Zeitperioden von 150 Tagen die Strahlung von rund 12.000 Sternen in dem zugehörigen Bildfeld auf.

CoRoT benutzt eine in Frankreich entwickelte Plattform (Satellitenbus), die bereits mehrmals verwendet wurde und mit einer Startmasse von rund 600 Kilogramm ins All fliegen wird. Die wissenschaftlichen Geräte wiegen dabei nur 270 Kilogramm. Zum Vergleich: Das Hubble-Space-Teleskop wog beim Start 11.000 Kilogramm. Vor Jahresende 2006 wird der Satellit von Baikonur in Kasachstan mit einer Rakete ins Weltall starten. Dann umkreist er auf einer

polaren Bahn in 896 Kilometern Höhe zweieinhalb Jahre lang die Erde. Dabei ist das Teleskop immer so ausgerichtet, dass es kein Licht von der Sonne, der Erde oder dem Mond empfängt. Von der Transitsuche mit CoRoT erhoffen sich die Wissenschaftler zwei wesentliche Beiträge: zum einen die Erhöhung der Zahl der gefundenen extrasolaren Planeten und zum anderen die Entdeckung von einigen Planeten, deren Masse nur noch doppelt oder dreifach so groß ist wie die der Erde und die damit eindeutig Gesteinsplaneten sind. Mit dem Start von CoRoT wird ein neues Kapitel bei der Suche nach extrasolaren Planeten geöffnet; es wird ein spannendes sein.

Autorinnen:

Dr. Ruth Titz-Weider ist wissenschaftliche Mitarbeiterin und Prof. Dr. Heike Rauer Abteilungsleiterin am Institut für Planetenforschung des DLR in Berlin-Adlershof.



© CNES / ill. DUCROS David, 2005

Künstlerische Darstellung des CoRoT-Satelliten im Welt- raum mit aufgeklapptem Sonnensegel und geöffnetem Deckel vor dem Blendrohr, durch das das Licht zum Teleskop geführt wird