

ZIELFERNROHRE FÜR

Die Jagd nach extrasolaren Planeten ist weltweit voll im Gange. Immer raffinierter stellen die Forscher den fernen Trabanten nach. Wann wird uns endlich eine Schwester der Erde ins Netz gehen?

>> Thorsten Dambeck

Hinter den roten Dächern des südfranzösischen Dorfs erheben sich die Hügel einer mediterranen Landschaft. Das satte Grün der Pinien und Olivenbäume wird gelegentlich vom Glitzern verstreuter Kuppelbauten unterbrochen. »Das ist mit Sicherheit ein historischer Ort«, erklärt die Exoplaneten-Expertin Heike Rauer vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Hier, am beschaulichen Observatoire Haute-Provence, 90 Kilometer nördlich von Avignon, entdeckten im Herbst 1995 die Astronomen Michel Mayor und Didier Queloz den ersten Planeten außerhalb unseres Sonnensystems. Die Forscher spürten

den Himmelskörper im Sternbild Pegasus auf, 40 Lichtjahre von der Erde entfernt. Dort umrundet alle 4,2 Tage ein Trabant sein Heimatgestirn – einen gelben, sonnenähnlichen Stern mit dem unauffälligen Katalognamen 51 Pegasi (51 Peg). Der Fund markierte eine Wende in der Planetenforschung, schien doch die Existenz extrasolarer Planeten bis dahin ungewiss.

Kaum war die ferne Welt entdeckt, wurde sie schon als glühende Hölle gescholten. Und tatsächlich: Sein enger Orbit führt den Gasriesen so nah an seine Sonne heran, dass die Temperatur des Exoplaneten tausend Grad Celsius überschreitet. Die Tuchfühlung

mit seinem Heimatstern lässt enorme Gezeitenkräfte an dem gebeutelten Trabanten zerren – sein Inneres wird fortwährend durchgewalkt.

Seither konnten die Forscher rund 120 weitere extrasolare Planeten ausfindig machen – und die Exoplaneten-Jagd steht erst am Anfang. Denn die eindrucksvolle Zahl der Neuzugänge im Planetenklub täuscht. »Wir wissen immer noch nicht, ob wir in einem typischen Planetensystem leben oder ob unser Sonnensystem eine Ausnahme darstellt«, beschreibt Rauer die Lage, fast zehn Jahre nach dem Planetenfund im Pegasus. Tatsächlich gingen den Astronomen bislang keinerlei erdähn- >

PLANETENJÄGER

G. BACON (STSCI) / NASA



15 Lichtjahre von der Erde entfernt befindet sich der rote Zwergstern Gliese 876, der im Sternbild Wassermann steht. Er wird in ungefähr 30 Millionen Kilometer Abstand von einem Gasriesen umkreist, der die zweifache Masse des Jupiters hat und vermutlich zahlreiche Monde aufweist.

> liche Exemplare ins Netz. Die übliche indirekte Nachweismethode ist für kleine, massearme Planeten zu unempfindlich. Deshalb gab es bisher keine Schlagzeilen über lebensfreundliche »Exo-Erden«, geschweige denn über mögliche Zwillingen des Mars oder des Merkurs. Doch die Ruhe trägt. Erdähnliche Exoplaneten stehen ganz oben auf der Suchliste der Planetenforscher.

Die bislang entdeckten Sternbegleiter sind fast ausschließlich so genannte »hot Jupiters«, große Gasplaneten, die sehr nah – oft näher als unser Merkur – ihre jeweiligen Zentralsterne umkreisen. Solche Planetenriesen wurden meist mit der Radialgeschwindigkeiten-Methode (siehe Kasten S. 20) aufgespürt. Sie nutzt das periodische Wackeln, das der Planet mit seiner Schwerkraft seinem Stern aufzwingt und das messbare Spuren in den Spektrallinien des Sternlichts hinterlässt.

Grobmaschiges Fangnetz

Andere Himmelskörper sind mit dem spektroskopischen Verfahren erheblich schwieriger aufzuspüren – etwa Gasriesen wie Saturn oder Jupiter, die sich auf weitläufigen Orbits bewegen und als »cool Jupiters« bezeichnet werden. Und terrestrische Planeten schlüpfen derzeit noch völlig durch das Fangnetz der As-

tronomen. Oder sind die erdähnlichen Trabanten im Kosmos so selten, dass man kaum welche von ihnen findet? Kein Wissenschaftler kann diese Frage momentan beantworten. Neue Instrumente und Beobachtungstechniken sollen nun ein umfassenderes Bild liefern.

Teil dieser weltweiten Bemühungen ist das »Berlin Exoplanet Search Telescope« (Best), das nach zweijährigem Test nun am Haut-Provence-Observatorium den fernen Trabanten nachstellen soll. Mit dem 19,5-Zentimeter-Schmidt-Teleskop wagt sich das DLR mit einer vergleichsweise schmalbrüstigen Optik auf Planetenpirsch.

Heike Rauer ist die Projektleiterin. Sie freut sich nach der wolkenreichen Erprobungsphase in Deutschland nun auf die klaren Nächte in der Provence. Dort wird Best ab Herbst mit der Transitmethode nach den Exo-Trabanten fahnden: Das automatische Teleskop hält Ausschau nach kurzen Helligkeitsschwankungen im Licht ferner Sterne, die durch vorüberziehende Planeten verursacht werden. »Wir überwachen 76 000 Sterne in drei Beobachtungsfeldern, dabei können wir noch Minderungen von einem Prozent der Sternhelligkeit klar erkennen«, erläutert die Berliner Physikerin. »Das reicht, um Planeten von der Größe des

Jupiters zu erkennen, die sonnenähnliche Sterne umkreisen.«

Einen solchen Planetentransit konnten wir erst im vergangenen Juni hautnah erleben: Da »verdunkelte« ein hiesiger Planet, nämlich die Venus, das Licht unserer Sonne. Doch nur ein Teil jener Helligkeitsschwankungen, die sich an anderen Sternen nachweisen lassen – Forscher sprechen kurz von »dips« –, wird von den Vorüberzügen planetarer Begleiter verursacht.

Transits vorgetäuscht

Auch unsichtbare Begleitsterne oder »Sternflecken« – ähnlich den Sonnenflecken – können den Himmelsguckern einen Planetendurchgang vorgaukeln. Einige verdächtige Kandidaten konnte Rauers Team bereits während des Testbetriebs an der thüringischen Landessternwarte ausmachen. Um sicherzugehen, stehen nun Nachfolgemessungen der Radialgeschwindigkeiten der entsprechenden Sterne an.

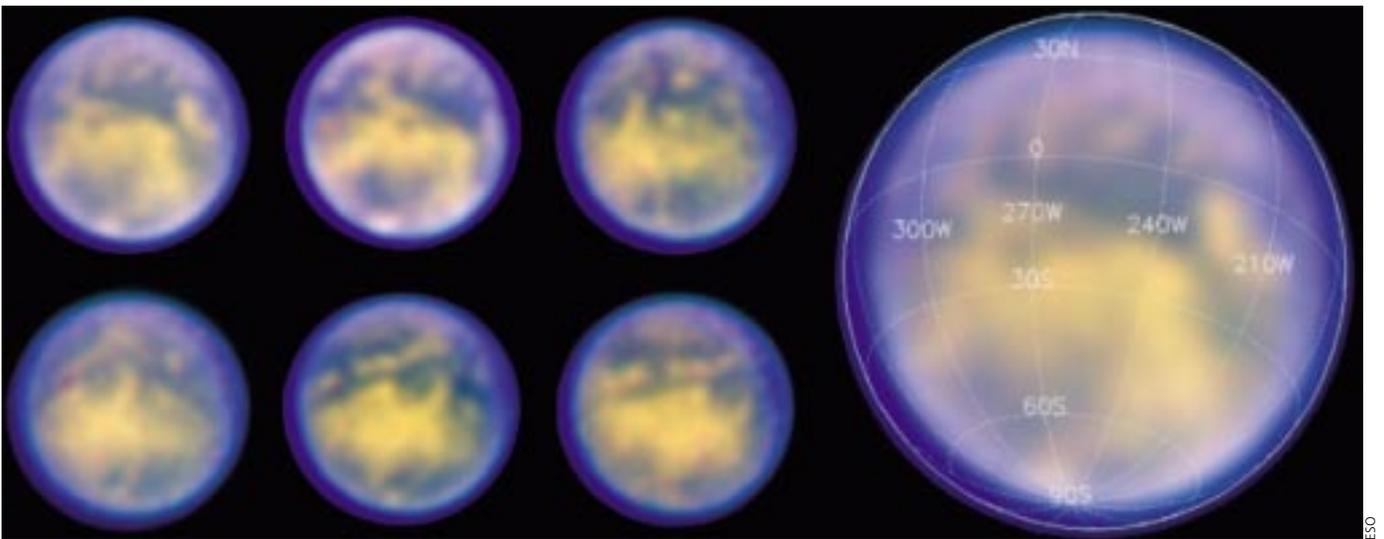
Ortswechsel von Südfrankreich zur ausgedörrten Atacama-Wüste in Chile. Gut 1200 Kilometer von Santiago de Chile entfernt wachen hier, auf dem Cerro Paranal, vier Riesenteleskope der Europäischen Südsternwarte Eso über die Sterne des Südhimmels. Aus den Schlitzen ihre eckigen Dome starren die Spiegeloptiken in die dünne Luft; ihre Schutzgebäude drängen sich – 2550 Meter hoch – auf dem planierten Berggipfel. Wenn der letzte Schimmer des Abendrots verschwindet, erhascht man hier in aller Regel einen unvergesslichen Blick auf den Nachthimmel: 350 Nächte im Jahr versperrt keine Wolke den Blick nach oben.

Der Mond heißt in der Sprache der chilenischen Mapuche-Indios »Kueyen«, und so hat die Eso auch einen der vier großen 8,2-Meter-Spiegel in Paranal getauft. Hier gingen Astronomen im vergangenen Frühjahr gleich zwei Exoplaneten ins Netz. Die seit rund zehn Jahren laufende Ogle-Kampagne (siehe Kasten S. 20) hatte die Astronomen auf das Sternbild Schiffskiel (»Carina«) aufmerksam gemacht, denn dort waren schon im Jahr 2002 über sechzig verdächtige Schwankungen in den Lichtkurven der Südsterne aufgefallen. Wurden die kurzzeitigen Verdunklungen von vorüberziehenden Exoplaneten verursacht? Die Radialgeschwindigkeiten-Methode sollte Gewissheit bringen – mit Messungen des im vergangenen

Adaptive Optik am Lick Observatory in Kalifornien. Der Laserstrahl erzeugt einen künstlichen Leitstern in der oberen Atmosphäre, der es der Optik erlaubt, die durch die Luftunruhe erzeugten Bildstörungen zu korrigieren.



LINK/LICK OBS.



Jahr neu am Kueyen-Teleskop installierten Spektrografen »Flames«. Mit diesem optischen Instrument können mehrere Sterne gleichzeitig auf Geschwindigkeitsveränderungen untersucht werden.

Im Eso-Journal »The Messenger« präsentierte das Forscherteam kürzlich seine Ergebnisse. Während acht aufeinander folgender Märznächte, so berichtet Frederic Pont zusammen mit seinen Kollegen, nahmen die Astronomen 41 verdächtige Sterne aus der Ogle-Kandidatenliste ins Visier und vermaßen sie mit Hilfe des Flames-Spektrografen. Die Mühe war von Erfolg gekrönt: Die Sterne Ogle-TR-113 und Ogle-TR-132 zeigten periodische Geschwindigkeitsänderungen der gesuchten Größe. Kein Zweifel – da umkreisen Gasriesen ihre Zentralgestirne, 1200 und 6000 Lichtjahre entfernt. Der Abstand dieser beiden Trabanten zu ihren Sonnen ist winzig: Lediglich 1,4 beziehungsweise 1,7 Erden-tage brauchen die Planeten für einen kompletten Umlauf.

Mit dem Fund von Paranal erhöhte sich die Zahl der mit Transits entdeckten Exoplaneten auf insgesamt drei. Das ist im Moment sicher noch bescheiden, aber ihr volles Potenzial wird die Methode erst mit dem Beginn weiterer Suchkampagnen und den Teleskopen an Bord der geplanten Corot- und Kepler-Satelliten ausreizen.

Nicht nur für die Erdumlaufbahn, auch am Boden haben Planetenforscher hochfliegende Zukunftspläne. In den nächsten Jahren werden sie zunehmend mit Hightech-Optiken auf Trabanten-jagd gehen. Einer von ihnen ist Markus Feldt vom Max-Planck-Institut für Astro-

nomie. Geht es nach dem Heidelberger, so könnte ab 2008 endlich die erste direkte Abbildung von Gasriesen fremder Sonnen gelingen. Feldt ist Leiter der Cheops-Studie (»Characterizing Exoplanets by Opto-infrared Polarimetry and Spectroscopy«). Nach dem Forschungskonzept, für das ein internationales Konsortium aus zehn Forschungsstätten verantwortlich zeichnet, soll eines der 8,2-Meter-Teleskope in Paranal mit einer neuen Korrekturoptik aufgerüstet werden. Das System, das sich an Bildstörungen der Luftunruhe anpasst, wird speziell für die Abbildung von Exoplaneten konstruiert.

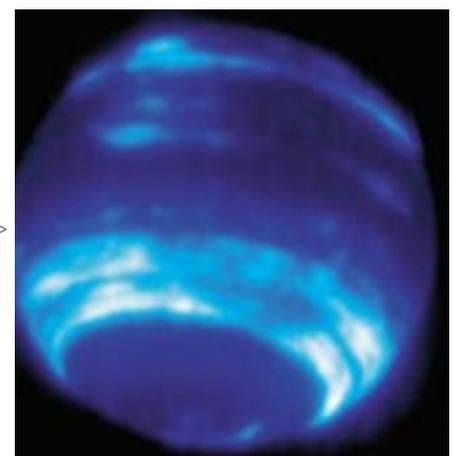
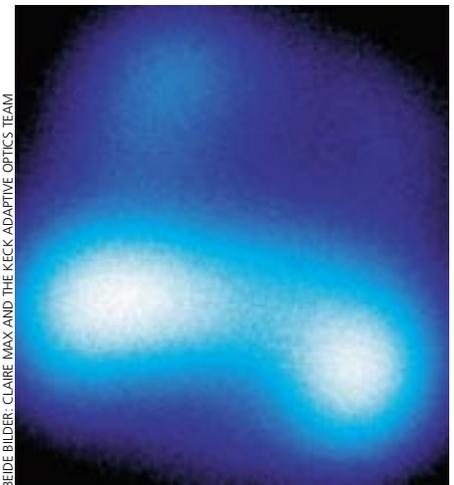
Schwieriger Schnappschuss

Der Max-Planck-Forscher hat es insbesondere auf Systeme abgesehen, die unserem Sonnensystem ähneln – eine Leidenschaft, die auch Astrobiologen teilen, denn die lebensfeindlichen »hot Jupiters« mit Temperaturen bis zu 1800 Grad Celsius stoßen in der Biologenzunft naturgemäß auf wenig Interesse.

Doch der Weg zum ersten Porträtfoto eines Exo-Verwandten des Jupiters ist steinig. »Aus einer Entfernung von 36 Lichtjahren betrachtet hätte unser Jupiter zur Sonne einen Winkelabstand von gerade mal einer halben Bogensekunde«, so Feldt. Überdies müssen die Astronomen mit gewaltigen Helligkeitsunter-

Neptun im Infrarotlicht, aufgenommen von Teleskopen auf der Erdoberfläche. Die Fotos wurden ohne (oben) beziehungsweise mit (unten) adaptiver Optik gemacht.

Der Saturnmond Titan hält noch jede Menge Rätsel bereit. Hier einige Aufnahmen im Infrarotlicht, die mit dem Eso-Teleskop »Yepun« angefertigt wurden. Das Teleskop könnte vielleicht bald auch Exoplaneten ablichten – vorausgesetzt, diese sind nicht allzu weit von der Erde entfernt.



BEIDE BILDER: CLAIRE MAX AND THE KECK ADAPTIVE OPTICS TEAM

ALFRED VIDAL-MADJAR, ESA / NASA



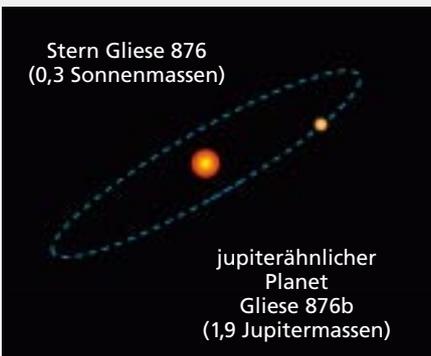
Der Exoplanet HD 209458b könnte so aussehen wie hier dargestellt. Er ist ein »hot Jupiter«, der seinen Heimatstern in nur vier Millionen Kilometer Entfernung umkreist.

> schieden zwischen Stern und Planet kämpfen: »Die interessanten Sterne sind zwischen einer Million und einer Milliarde Mal heller als ihre Gasplaneten«, erläutert Feldt. Damit die lichtschwachen Trabanten überhaupt wahrgenommen werden können, muss das gleißende Licht ihrer Heimatsterne in einem komplizierten Prozess subtrahiert werden. Bis zu 2000 Mal pro Sekunde soll dabei die adaptive Optik das von der Luftunruhe verschmierte Abbild aus Stern und Planet korrigieren. Entscheidet sich die Eso für das Projekt, könnte in vier Jahren der Startschuss fallen. Die Suchkampagne würde beträchtliche Teile der Beobachtungszeit eines 8,2-Meter-Spiegels beanspruchen.

Liebesteleskop

In Paranal wird derzeit ein Vorläufergerät am Yepun-Teleskop (Yepun bedeutet »Venus«) erprobt. Mit diesem adaptiven System gelangen dem 8,2-Meter-Spiegel kürzlich hoch aufgelöste Bilder vom Saturnmond Titan. Unter ganz speziellen Umständen könnte Yepun mit seiner neuen Zielerfassung sogar Exoplaneten ablichten. »Falls junge Planeten leuchtschwacher Sterne in unserer kosmischen

Wie sich die Planeten ferner Sterne verraten

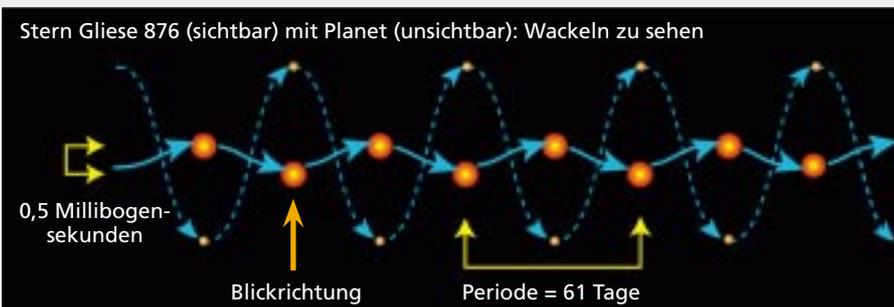


Bislang finden Forscher extrasolare Planeten ausschließlich mit indirekten Verfahren. Besonders erfolgreich ist die Radialgeschwindigkeiten-Methode, auch »Doppler-Wobble« genannt. Die Schwerkraft eines unsichtbaren Planeten verursacht ein periodisches Wackeln (engl. »wobble«) in der Bewegung seines Sterns und infolgedessen eine kleine Dopplerverschiebung der Spektrallinien im Sternlicht. Spektrografen können den Dopp-

ler-Effekt nachweisen. Forscher machten mit »Doppler-Wobble« bisher Planeten zwischen 0,5 und 10 Jupitermassen dingfest. Die Methode funktioniert allerdings nur dann, wenn man »seitlich« auf das zu untersuchende Planetensystem schaut – wenn dessen Zentralstern also, von uns aus gesehen, vor- und zurücktänzelt.

Einen anderen Weg geht die Ogle-Kampagne (»Optical Gravitational Lensing Experiment«). Diese sucht sowohl nach Transits versteckter Planeten als auch nach Gravitationslinsen-Ereignissen. Die technische Herausforderung besteht darin, die Helligkeit von 155 000 Sternen in zwei südlichen Sternfeldern zu überwachen.

Transits (Planetendurchgänge) äußern sich in den Lichtschwankungen der jeweiligen Sterne; meist dauern sie einige Stunden. Aus ihrem genauen Verlauf lassen sich Größe und Dichte des Exoplaneten



A. FEILD / NASA

Mit Doppler-Wobble lassen sich vor allem große Planeten aufspüren.

Nachbarschaft existieren, könnten sie damit schon jetzt direkt abgebildet werden«, so der Heidelberger Forscher gegenüber ASTRONOMIE HEUTE. Planetenjünglinge sind, so Feldt, nach den gängigen Modellen noch derart heiß, dass sie im Infrarotlicht kräftiger leuchten als ihre abgekühlten Kollegen der älteren Semester. Feldt: »In diesen Fällen ist der Planet nur etwa 10000 Mal lichtschwächer als sein Zentralstern« – und damit vielleicht gerade noch von Yepuns Korrekturoptik zu trennen. Gibt es also schon bald ein Porträtfoto eines jungen Planeten-Heißsporns aus der interstellaren Nachbarschaft? Feldt bleibt skeptisch: Niemand wisse, wie viele Gasplaneten überhaupt in der Nähe existieren. Bei einer Beschränkung auf eine kleine Teilgruppe sinken natürlich die Chancen, fündig zu werden.

Auch auf dem exotischen Hawaii recken Forscher die Häse nach Exoplaneten. Rolf Kudritzki, Direktor des Astronomischen Instituts der University of Hawaii, kennt die mühselige Beobachtungsarbeit am Mauna-Kea-Observatorium: »Wer da oben seine Schicht verbracht hat, will meist freiwillig wieder runter.« Er meint die Höhenkrankheit, die auf dem

ten ableiten. Der erste Planetenfund via Transit-Methode gelang 1999.

Auch Gravitationslinsen können verborgene Planeten verraten (siehe AH 10/2004, S. 16). Die Grundlagen des Effekts beschrieb Albert Einstein in seiner Allgemeinen Relativitätstheorie. Passiert das Licht eines weit entfernten Hintergrundsterns einen andern Stern und dessen Planeten, so wird der Lichtweg durch die Schwerkraft der »Linse« (Stern plus Planet) verbogen. Hintergrundstern und »Linse« müssen dazu mit dem irdischen Beobachter kurzzeitig eine möglichst gerade Verbindungslinie bilden.

Ein unsichtbarer Exoplanet bewirkt, dass das Licht des Hintergrundsterns durch die Gravitationslinse plötzlich verstärkt wird; der Stern »flackert auf«. Im Juni 2004 ging den Forschern auf diese Weise ein »cool Jupiter« ins Netz – mit 15000 Lichtjahren Entfernung bislang der fernste bekannte Exoplanet. Forscher hoffen, auch terrestrische Planeten so aufzustöbern.



Von einer Gas- und Staubscheibe umgeben driftet der Stern Beta Pictoris durchs All.

ILLUSTRATION: DANA BERRY (JSC)

Vulkangipfel jedem droht, der sich ohne Eingewöhnung oder zu lange dem niedrigen Luftdruck aussetzt, der nur 60 Prozent desjenigen auf Meeresebene beträgt. Heftige Symptome, von Kopfschmerz bis Übelkeit, erwischen jüngere Kollegen sogar häufiger als die gestandenen Astronomen. »Verkalkte Adern schützen«, fügt der selbst nicht mehr ganz junge Forscher verschmitzt hinzu. Der Feuerberg, 4200 Meter über den Pazifikwellen, beherbergt die höchste Großsternwarte der Welt und – wenn Kudritzkis Traum sich erfüllt – im nächsten Jahrzehnt auch das mit Abstand größte Fernrohr.

Dieses »Giant Segmented Mirror Telescope« (GSMT) soll mit einer effektiven Öffnung von dreißig Metern das astronomische Arsenal weltweit anführen und zehnmal mehr Licht sammeln als die beiden bislang größten Keck-Teleskope, die ebenfalls auf Mauna Kea ihre Zehn-Meter-Spiegel in den Himmel recken. Der Standort für das Milliarden-Dollar-Projekt ist zwar noch offen, doch die Pazifikinsel ist ein heißer Favorit.

Forscher im Partylook

Demonstrativ im bunten Hawaiiemblem stellte Kudritzki die Pläne des amerikanischen GSMT-Konsortiums auf einer internationalen Konferenz in Berlin vor. Demnach wird auch die Exoplanetenforschung von dem Giganten profitieren. Die Pläne sehen über 600 dünne Spiegelsegmente mit je 1,35 Meter Durchmesser vor. Kudritzki erwartet von der Riesioptik direkte Abbildungen von jupiterähnlichen Trabanten. »Damit können wir die Spektralanalyse ihrer Atmosphären in Angriff nehmen«, so der gebürtige Deutsche, »und Planeten während ihrer Entstehung studieren.«

Gas- und Staubscheiben in der Umgebung junger Sterne gelten als Planeten-

wiege. Dort ballen sich die Vorläufer der Trabanten aus umherschwirrendem Staub zusammen. »Die Theorien besagen, dass die Gezeitenkräfte junger Protoplaneten Lücken in die Staubscheiben fegen«, erklärt Kudritzki. »Diese könnte das GSMT im Detail beobachten und unsere Kenntnisse über die Planetenbildung entscheidend voranbringen.« Denn die bisherigen Vorstellungen über die Bildung neuer Welten gelten gerade wegen der Ergebnisse der Exoplanetenforschung als überprüfungsbedürftig.

Kürzlich fanden Wissenschaftler auf Hawaii Hinweise auf Protoplaneten einer solchen Weltenwiege. Im südlichen Sternbild Mikroskop beobachteten sie die Staubscheibe des 33 Lichtjahre von der Sonne entfernten Sterns AU Microscopii. Dort sind die entstehenden Planeten zwar auch nicht direkt auszumachen, aber »sie zeigen sich durch Muster, die sie mit ihrer Schwerkraft in der Staubscheibe erzeugen«, so der Astronom Michael Liu. »Die Planeten können sich nicht mehr völlig vor uns verstecken.«

Es gibt also fast täglich Neues von den großen Gasplaneten in der interstellaren Nachbarschaft. Wo jedoch verbergen sich ihre erdähnlichen Pendanten? Selbst das GSMT wird die kleinen terrestrischen Trabanten wohl nicht direkt ablichten können. Aber eine neue Generation von Satelliten-Teleskopen ist in Planung, um die Jagd nach den Schwestern unserer Erde zu eröffnen. <<

In der nächsten AH-Ausgabe:
Im Orbit geht die Planetenjagd weiter

Thorsten Dambeck schreibt von Berlin aus regelmäßig für ASTRONOMIE HEUTE. Vor den Esoterikläden der Hauptstadt begegnen dem Physiker häufig Zeitgenossen, die unter »Exoplanet« eine neue Meditationstechnik verstehen.