

**Liebe Leserin, lieber Leser,**

nein, nicht schon wieder PLATO und Kepler! Kein Grund, den Kosmosboten abzubestellen! Diesmal geht es um *PLANetary Transits and Oscillations*, ein Satellitenprojekt der ESA zum Aufspüren ferner Welten, vielleicht sogar bewohnbarer, und um der NASA erfolgreichen Kepler-Satelliten. Vor zwei Jahren, im März 2009, gestartet, stieß dieser unlängst auf ein richtiges Miniaturplanetensystem: sechs Planeten, die vor ihrem Mutterstern in großer Regelmäßigkeit vorbeimarschieren, was jedesmal die Heligkeit des Sterns um ein Winziges mindert.

Die Idee nach Silhouetten von Planeten Ausschau zu halten, wird man ihrer selbst nicht ansichtig, ist so neu nicht. Nur ein Beispiel: Vor 152 Jahren, an einem 26. März, meinte ein französischer Landarzt, er habe „Vulkan“ vor der Sonnenscheibe vorbeiflitzen sehen. Den Namen konnte der gute Mann allerdings noch nicht wissen. Den hatte erst kurz zuvor ein bedeutender Himmelsmechaniker einem hypothetischen intramerkurialen Planeten verpasst gehabt. Sie wissen, von wem die Rede ist? Eine kleine Hilfe: Die Person erblickte vor genau 200 Jahren, am 11. März des Jahres 1811, in der Normandie das Licht der Welt, und entdeckte vom Schreibtisch aus einen Planeten, den Berliner Astronomen dann auch dank neuer Sternkarten prompt fanden. Neptun war die astronomische Sensation von 1846. Urbain Jean Joseph Leverrier (1811–1877) und sein neuer Planet waren in aller Munde, was dem Entdecker bald den Direktorenposten der Pariser Sternwarte bescherte. Als versierter Himmelsmechaniker wusste er, dass nicht nur Uranus Unregelmäßigkeiten begeht, die letztlich zur Entdeckung des Störenfrieds, des Neptun, führten, Merkur galt seit den Tagen Keplers als notorisches *Enfant terrible*, das es ebenfalls mit den Regeln der Newtonschen Mechanik nicht genau zu nehmen schien. Was lag näher, als den Erfolg von 1846 mit einem weiteren Schreibtischplaneten, einem, der seinen Weg um die Sonne noch innerhalb der Merkurbahn zieht, zu toppen? Doch „Vulkan“ erwies sich als Flop. Entgültig begraben wurde Leverriers „Vulcain“ 1929 von Potsdamer Astronomen auf Sumatra. Die hatten dort anlässlich der totalen Sonnenfinsternis am 9. Mai 1929 und Monate danach jede Menge Fotos der Sonnenumgebung geschossen gehabt mit dem Ziel, die Einsteinsche Lichtablenkung im Schwerefeld der

Sonne genau zu messen, und ganz nebenbei nichts gesehen, was auf „Vulkan“ oder Vulkanoide hätte hinweisen können. Es wäre sogar höchst unerwünscht gewesen! Die unerklärliche zusätzliche Drehung der Merkurbahnellipse hatte sich nämlich inzwischen als eine notwendige Folge der Einsteinschen Gravitationstheorie, der Allgemeinen Relativitätstheorie, entpuppt gehabt. Hätte man das Newtonsche  $1/r^2$ -Gesetz für die Schwerkraft durch Einführung einer winzigen „Verschmier-Länge“ (um die schreckliche Singularität beim Abstand Null zu vermeiden) von nur 2952 Metern minimal modifiziert, hätte alles seine Richtigkeit im Rahmen der Messgenauigkeit gehabt. (Aber hinterher ist man immer schlauer: Die 2952 m sind der Schwarzschildradius der Sonne.)

Die Idee vom Vulkanplaneten schien gestorben – allerdings nicht fürs Kino („Mr. Spock“!) –, aber da haben wir die Rechnung ohne den Wirt gemacht: Die meisten der rund 500 Exoplaneten sind, genaugenommen (wenn auch offiziell nicht so bezeichnet) *Vulkanplaneten*, d. h. stehen ihrem Muttergestirn sehr nahe! Sonst wären sie bei der derzeitigen Messgenauigkeit nie gefunden worden! Dass 1995, quasi auf Anhieb, der erste Exoplanet ins Netz der Planetenjäger ging – 51 Pegasi B –, war nur deshalb eine Überraschung, weil wir alle immer nur exemplarisch unser eigenes Planetensystem vor Augen gehabt hatten. Keiner hatte die Existenz von Vulkanplaneten – offiziell ist von „hot Jupiters“ die Rede – in Erwägung gezogen gehabt. Und das, obwohl eigentlich allen hätte klar sein müssen, dass das Gravitationsgesetz keinen Abstand im Planetensystem irgendwie auszeichnet. (Potenzgesetze wie das  $1/r^2$ -Gesetz sind *skalenfrei*, wie man sagt.) Ein 10-mal kleineres Planetensystem mit entsprechend kürzeren Umlaufzeiten ist genauso denkbar. Die Astronomische Einheit, sie ist genaugenommen *keine* Naturkonstante, nur eine handliches Entfernungsmaß in der Hand erdverbundener Astronomen!

Im gleichen Sternbild wurde übrigens drei Jahre später der erste Exoplanet entdeckt, der sich auch durch seinen Schatten bemerkbar macht: HD 209458. Der Vorteil der Transitmethode beim Aufspüren ferner Welten: Es lassen sich mit ihr sogar erdkleine Planeten nachweisen, vorausgesetzt, die Natur spielt mit, was heißt, die Bahnebene geht zufällig nahe am Betrachter vorbei. Mit dem herkömmlichen Verfahren – der Messung der Reflexbewegung des Muttergestirns mittels des Dopplereffekts – wären derartige Winzlinge z. Z. nicht nachweisbar.

Übrigens, in gut einem Jahr haben Sie selbst Gelegenheit, einen Transit vor einer Sternenscheibe zu erleben. Am 5./6. Juni 2012 zieht die Venus vor der

Sonne vorbei. Wie die Datumsangabe verrät, ist dies wohl eher etwas für Anbeter der Mitternachtssonne oder Fernreisende.

Ihr Hans-Erich Fröhlich

## Der Himmel im März

Merkur zeigt sich in der zweiten Märzhälfte am Abend. Am 23. März geht er auf maximale Distanz zur Sonne. Seine östliche Elongation beträgt dann  $18,6^\circ$ . Bereits am 16. März finden wir ihn  $2^\circ$  nördlich des Jupiter.

Während Venus und Jupiter sich aus der Nacht zurückziehen, erobert sich Saturn diese *peu à peu*. Muss er auch, will er am 4. April, pünktlich zur Oppositionsstunde, dem Tagesgestirn genau gegenüber stehen.

Und das Wichtigste: Am 21. März – der Tag ist für uns noch keine Stunde alt –, beginnt der Frühling, der astronomische wohl bemerkt. Der Beginn des gefühlten lässt sich leider nicht vorhersagen.

## PLATO und Kepler

Beispiel Erde: Exo-Astronomen nahe der Ekliptik – ich denke da an die Kollegen vom Regulus – haben alljährlich das Vergnügen, einem Vorübergang unseres Heimatplaneten vor der Sonnenscheibe beizuwohnen. Ich könnte denen sogar verraten, wann: Die Erdtransits ereignen sich immer um den 19. Februar herum.

Spektakulär ist das gerade nicht, was sie zu sehen bekommen. Die Sonne, um die sich hier alles dreht, weil der Motor von allem, sie ist für Regulus-Leute nur ein unscheinbares Sternchen 7. Größe, ein Katalogeintrag mit vielstelliger Nummer, mehr nicht.

Da unser Hausstern – zu unserem Glück – ein inaktiver Stern ist, eine Folge der ausgesprochen langsamen Rotation, ist er für dortige Planetenjäger aber dennoch interessant, möglicherweise.

Denn nicht nur die hin und wieder vorbeiziehende Erde macht das Licht der Sonne schwanken. Sonnenflecken und andere Aktivitätserscheinungen bewirken sichtbare Schwankungen von einem Promille. Das erscheint wenig. Wir drücken es deshalb sogleich in ppm (parts per million) aus:  $1\text{‰} = 1000\text{ ppm}$ .

Wieviele ppm aber verursacht ein Erdtransit und wie oft geschieht das, wie lange? Nun, rund einhundert Erdscheibchen aneinandergereiht füllen den Sonnendurchmesser, einhundert mal einhundert Erdscheibchen die Fläche der sichtbaren Sonnenscheibe. Kurz: die Erde schattet 1/10 000 der Sonne ab, zieht sie vor dieser vorüber. Das macht 100 ppm aus oder 0,0001 Größenklassen.

Um den Erdeffekt vor dem Hintergrund der 10-mal stärkeren aktivitätsbedingten Schwankung zu erkennen, hilft allein die strenge Periodizität des schwachen Transitsignals. Man wird über Jahrzehnte ein Auge auf die Sonne haben müssen. Und wehe, man verpasst den Zeitpunkt des Vorbeimarsches. Bei einer Bahngeschwindigkeit von 30 km/s schafft die Erde den Sonnendurchmesser in 13 Stunden. Die Aussicht, durch Transitbeobachtungen der Erde auf die Spur zu kommen, ist für Regulus-Astronomen gering. Und der Grund: Die Erde ist eben kein „Vulkanplanet“!

Ihr immenser Abstand von der Sonne – eine Astronomische Einheit! – beschränkt nicht nur die Anzahl der Sterne, von denen aus gesehen es überhaupt zu Transits kommt – nur 4,6‰ aller nahen Sterne befinden sich nahe genug der Ekliptik (genaugenommen zählt Regulus gar nicht dazu) –, eine Periode von einem Erdenjahr erfordert darüberhinaus einen langen Atem. Ein kurzes Hinschaun reicht da nicht aus.

Trotzdem ist das Transitverfahren derzeit das einzige, mit dem ein nur erdgroßer Planet um einen normalen Stern nachgewiesen werden kann. (Bei den Pulsarplaneten der Radioastronomen ist das anders. Dort sind viel kleinere Himmelskörper noch nachweisbar. Aber die Pulsarplaneten werden von der optischen Community nicht für voll genommen.)

Um der geringen Entdeckungschance etwas entgegenzusetzen hilft nur eines: Man muss Unmengen von Sternen ununterbrochen auf Transits hin überwachen und das mit einer photometrischen Messgenauigkeit im ppm-Bereich, sprich 0,000 001 Größenklassen.

Genau das tun Photometriesatelliten wie der kanadische MOST, der französische CoRoT oder eben auch der größere Kepler von der NASA.

Kepler beispielsweise, ein Schmidt-Spiegel von 95 cm freier Öffnung, „stiert“ fast ununterbrochen auf ein winziges Areal von gut 100 Quadratgrad am Himmel beim Sternbild Schwan, 100 000 Sterne auf minimale Lichtschwankungen hin überwachend. Im Normalmodus registriert die 95-Megapixel-Kamera jede halbe Stunde von jedem überwachten Stern die Sternhelligkeit. Bei besonders interessanten Sternen, solchen, die auf Sternschwingungen untersucht werden

sollen, um mittels Asteroseismologie deren Inneres zu erkunden – so wie es die Seismologen mit Erd- und Mondschwingungen tun –, kann die Taktfrequenz der Messungen auf eine halbe Minute gesteigert werden. Sterne wie die Sonne schwingen im 5-Minuten-Takt.

Im Rahmen des ESA Programmes „Cosmic Visions 2015–2025“ ist die PLATO-Mission in Planung. Der Photometriesatellit soll weit entfernt von der Erde, im sog. Lagrangepunkt  $L_2$  des Sonne-Erde-Systems stationiert werden und von dort aus über sechs Jahre lang in einem tausende Quadratgrad messenden Himmelsareal eine Viertel Million Sonnen auf Transits hin überwachen. Durch das gegenüber Kepler immens vergrößerte Gesichtsfeld kommen hellere Sterne ins Visier, Sterne, die sich spektroskopisch hochgenau analysieren lassen, ohne gleich der Welt größte Teleskope in Anspruch nehmen zu müssen, wie das bei den vergleichsweise leuchtschwachen CoRoT- oder Kepler-Sternen der Fall ist.

Wann ist es so weit? Falls PLATO gebaut wird – die Entscheidung soll noch in diesem Jahr fallen –, ist mit einem Start frühestens 2017 zu rechnen.

So lange möchte man andernorts nicht warten. Österreich will deshalb zusammen mit Polen und Kanada einige Mini-Satelliten (Würfel von 20 cm Kantenlänge und einer Masse von 7 kg) in eine hohe Erdumlaufbahn bringen, ausgestattet mit Mini-Fernrohren von 3 cm Öffnung, die auf helle Einzelsterne gerichtet werden. Das BRITE-Projekt (Bright-star target) observiert über jeweils ein Viertel Jahr Sterne heller als die vierte Größe. Geht alles gut, werden die ersten Satelliten noch in diesem Jahr als Zuladung zu gewichtigeren Nutzlasten in einen Erdorbit geschossen.

Nachtrag: Nicht dass ein falscher Eindruck entsteht: Die photometrische Suche nach den Schatten von Exoplaneten ist ein spannendes Unterfangen, die Analyse hochgenauer Lichtkurven geht aber weit darüber hinaus. Sie enthüllt, insbesondere wenn von hochgenauen spektroskopischen Messungen begleitet, die Fleckenverteilung und -entwicklung an der Oberfläche von Sternen, die wir nur als Lichtpünktchen am Himmel wahrnehmen können, die differentielle Oberflächenrotation und jede Menge Schwingungszustände. Die Sternschwingungen wiederum erlauben sogar, wie bereits angedeutet, einen detaillierten „Blick“ unter die Oberfläche.