



NASA / JPL-Caltech

Extrasolare Trojaner

WIS wissenschaft
in die schulen!

Mit Hilfe der Daten des Satellitenobservatoriums Kepler ist es erstmals gelungen, Trojaner außerhalb unseres Sonnensystems nachzuweisen. Diese Asteroidengattung nimmt bestimmte Positionen – die Lagrange-Punkte L4 und L5 – in der Umlaufbahn eines Planeten ein.

Die Welt staunte nicht schlecht, als Max Wolf in Heidelberg am 22. Februar 1906 auf einen neuen Kleinplaneten stieß. Dieser befand sich 55 Grad östlich von Jupiter auf der Ekliptik, also in der Ebene der Planeten, und bewegte sich relativ zu ihm kaum. Es handelte sich um keinen klassischen Kleinplaneten, sondern um die erste Entdeckung eines Trojaners. So bezeichnen wir heute Kleinplaneten, die sich an den beiden stabilen Orten auf der Umlaufbahn eines Planeten befinden.

Und jetzt haben wir Exotrojaner – extrasolare Trojaner – entdeckt, wo doch selbst die weitaus größeren Exoplaneten so schwer zu finden sind?

Bereits im Jahr 1771 hatte der französische Mathematiker Joseph-Louis Lagrange eine Lösung für einen Spezialfall des

Dreikörperproblems gefunden. Während sich die Bahnen zweier gravitativ aneinander gebundener Körper mathematisch geschlossen beschreiben lassen, ist das schon für drei Körper nur noch in Spezialfällen möglich. In der Regel sind dann Näherungsrechnungen erforderlich.

Damals dachte man zunächst nur an eine Kuriosität ohne Bezug zur realen Welt. Die Idee war elegant: In der Ebene, in der sich zwei Körper umkreisen, zum Beispiel ein Stern und ein Planet, gibt es Orte auf der Umlaufbahn des Planeten, an denen sich die gemeinsame Gravitationskraft der beiden Körper genau aufhebt. Zwei dieser Punkte befinden sich 60 Grad vor und nach dem Planeten auf dessen Bahn um sein Zentralgestirn. Sie werden nach ihrem Entdecker Lagrange-Punkt 4 und 5 genannt –

kurz: L4 und L5 (siehe Grafik S. 17). Andere Lagrange-Punkte (L1 und L2) sind deshalb interessant als Langzeitparkplätze für diverse Weltraummissionen. Darunter sind mehrere Satelliten zur Sonnenbeobachtung und auch die nächste Flagshipmission der NASA, das James Webb Space Telescope. Eine Liste findet sich auf der Wikipedia-seite en.wikipedia.org/wiki/List_of_objects_at_Lagrangian_points.

Manche der Lagrange-Punkte sind gravitationelle Senken und wirken quasi wie Fallen für alles, was sich durch das Sonnensystem bewegt. Wenn die Entstehung unseres Sonnensystems und die Bildung der Planeten eine rauschende Party war, dann sind die Asteroiden und Trojaner jene Reste, die am nächsten Tag noch übrig sind. Wenn wir diese Relikte der Entste-

In der Umlaufbahn eines Planeten gibt es zwei stabile Positionen für weitere – kleinere – Himmelskörper. Sie liegen um 60 Grad vor und 60 Grad hinter dem Planeten und rotieren mit konstantem Abstand zu ihm um das Zentralgestirn. Körper an diesen Positionen werden Trojaner genannt (künstlerische Darstellung).

hungsphase studieren, finden wir etwas mehr darüber heraus, was – um im Bild zu bleiben – auf dieser Planeten-Geburtsfeier alles los war.

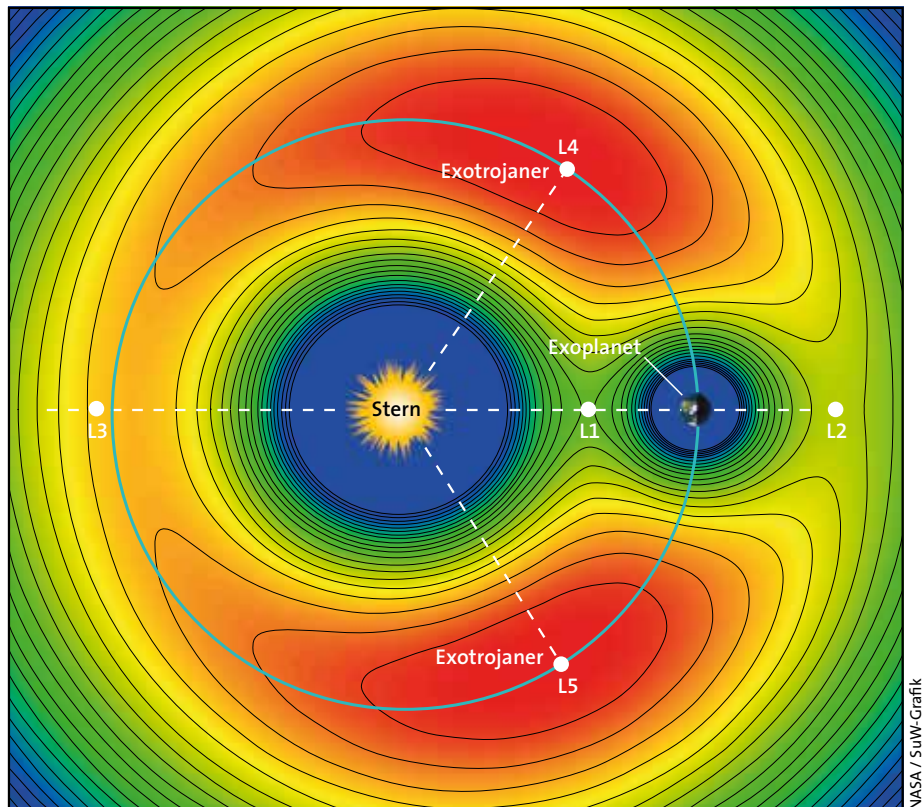
Der Trojaner von Max Wolf bekam den Namen Achilles. Um ihn und weitere Funde von den damals ausschließlich mit weiblichen Namen versehenen Asteroiden zu unterscheiden, benannte man alle weiteren Trojaner nach griechischen Helden. Heute sind mehr als 6000 Jupiter-Trojaner bekannt, die sich in den Lagrange-Punkten L4 und L5 von Jupiter und Sonne befinden, außerdem einige Neptun-, Mars- und sogar Erdtrojaner (siehe SuW 6/2012, S. 20). Die größten haben Radien oberhalb von 100 Kilometer, und man schätzt ihre Gesamtzahl auf 600 000 Exemplare.

Von Trojanern zu Exotrojanern

In den letzten Jahren wurde eine Vielzahl von Exoplaneten entdeckt, mit einer großen Vielfalt an Radien, Massen und Temperaturen. Früher dachte man, dass unser Sonnensystem prototypisch sei: kalte Gasriesen in großer Entfernung zur Sonne, warme Gesteinsplaneten weiter innen. Umso überraschender war die Entdeckung von so genannten Hot Jupiters, heißen Gasplaneten mit Umlaufzeiten von wenigen Tagen.

Diese und andere Entdeckungen warfen neue Fragen zur Entstehung unseres und anderer Sonnensysteme auf. Die meisten Entstehungstheorien besagen, dass eine gewisse Menge an Staub, Gesteinsbrocken und Gasen übrigbleibt. Wir haben uns deshalb die Frage gestellt, ob und wenn ja wie weit Trojaner in anderen Planetensystemen verbreitet sind. Analog zu den Exoplaneten nennen wir diese Körper Exotrojaner.

Erfolglose Suchen nach einzelnen, großen Exotrojanern hat es bereits gegeben. Aber selbst mit der ultrapräzisen Fotometrie des Weltraumteleskops Kepler war es nicht gelungen, solche Objekte nachzuweisen. Die Transits solcher Körper vor ihrer Sonne verdunkeln zwar das Licht des



Die Lagrange-Punkte L4 und L5 liegen 60 Grad vor und hinter einem Planeten auf dessen Umlaufbahn. Stabile Orbits von Trojanern liegen auf hufeisenförmigen Bahnen um diese Punkte (siehe Linien).

Sterns, aber je nach Größe der Körper nur um einen winzigen Betrag. Beispielsweise sinkt bei einem Durchmesser von 250 Kilometern die Helligkeit des Sterns nur um den zehnmillionsten Teil ($10^{-7} = 0,1$ parts per million, ppm). Solche minimalen Veränderungen werden schnell überlagert von Protuberanzen, Sonnenflecken und sogar der Granulation der Sternoberfläche. Zum Vergleich: Ein Erdtransit verdunkelt unsere Sonne um rund 84 ppm, also 840-mal so viel. Vorläufiges Fazit: Die Suche nach solch kleinen Körpern scheint aussichtslos.

Superstapel mit 90 000 Aufnahmen

Für unsere Jagd nach Exotrojanern wählen wir einen anderen Weg. Anstatt einzelne Körper zu suchen, stellten wir die Frage nach dem Gesamteffekt. Dabei kam uns zunutze, dass stabile Trojaner-Positionen immer etwa 60 Grad vor und nach dem Planeten auf dessen Bahn zu finden sind. Man kann also genau an diesen Positionen suchen, und zwar nicht für jeden Exoplaneten einzeln, sondern per »Stacking«, also phasenrichtige Überlagerung, für alle bekannten rund 4000 Exoplaneten auf einmal. Da

das Kepler-Observatorium pro Exoplanet durchschnittlich 22 Transits beobachten konnte, ergaben sich insgesamt 90 000 Helligkeitsmessungen für den Lagrange-Punkt L4 und genauso viele für L5. Analog zum Stacking von Aufnahmen in der Astrofotografie addierten wir die Helligkeitsmessungen um die Positionen der erwarteten Exotrojaner auf, und nannten dies auf Grund der großen Datenmenge Superstack. Und wir fanden erst einmal nichts.

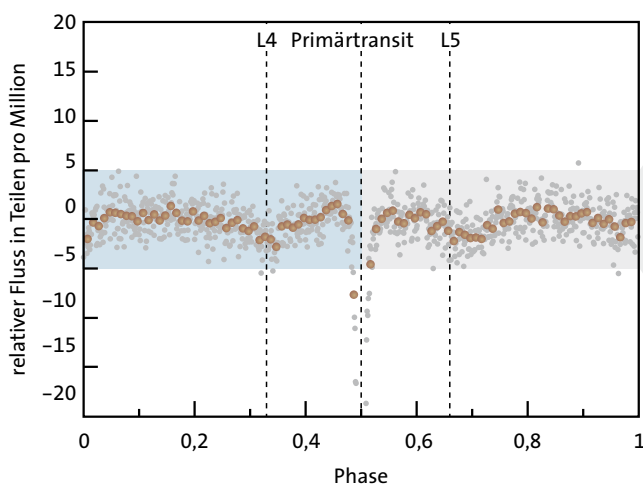
Zwei Effekte verwässern die Trojaner-Transite. Zum einen befinden sich Trojaner nie genau da, wo man sie eigentlich erwartet. Minimale Bahnstörungen zum Beispiel durch weitere Planeten sorgen dafür, dass Trojaner selbst eine Umlaufbahn um den Lagrange-Punkt herum beschreiben. Diese Orbits werden analog zu ihrem Aussehen »Hufeisen« und »Kaulquappe« genannt. In der Praxis verschmieren diese Orbits den Transit um ihren Mittelpunkt herum.

Der andere Effekt kam für uns überraschender: Es gibt anscheinend eine große Anzahl von Planetensystemen, die keine oder nur sehr wenige Trojaner besitzen. Diese kontaminieren den Superstack so stark, dass der gesuchte Gesamteffekt im Rauschen untergeht. Das ist etwa so, als

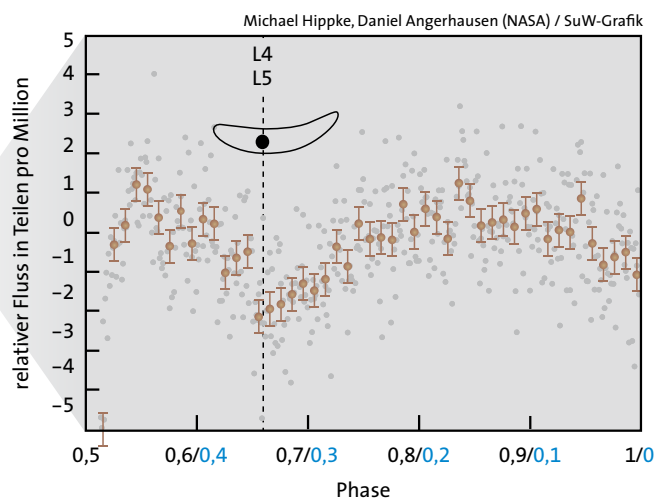
Exotrojaner verraten sich durch ihr gemeinsames Transitsignal

Die über alle Exoplaneten phasengerecht aufgetragenen Helligkeitsmessungen des Weltraumobservatoriums Kepler zeigen an den erwarteten Stellen, den Lagrange-Punkten L4 und L5, also 60 Grad vor und 60 Grad nach dem Exoplaneten, eine Einsenkung im Helligkeitsverlauf.

Links: Bei der Phase 0,5 zeigt sich das gemeinsame Transitsignal der berücksichtigten Exoplaneten. Der Transit ist so deutlich, dass das Minimum bei -500 relativen Einheiten liegt (Teilen pro Million, englisch: parts per million = ppm). Es liegt daher weit unterhalb der Grafik und ist hier nicht zu sehen. Bei den Lagrange-Punkten L4 und L5 befinden sich jeweils transitartige Vertiefungen, die auf Verdunklungen durch Trojaner hinweisen.



Rechts: Legt man die beiden Hälften der Umlaufphasen gespiegelt aufeinander, faltet die Helligkeitsmessungen bezüglich ihrer Phase also doppelt, dann fallen die beiden Lagrange-Punkte L4 und L5 hier auf die Phase $2/3$ ($= 0,666...$) beziehungsweise $1/3$. Oberhalb der Messwerte ist die Verschmierung der Trojanerorbits in Bananenform angedeutet. Der Verdunklungstrend folgt auffallend diesem Muster. Die durchschnittliche Transittiefe liegt bei 2 ppm, also bei $2 \cdot 10^{-6}$. Bei der Phase 1 sieht man den sekundären Planetentransit, wo der Planet hinter dem Stern verschwindet. Die relativen Flüsse beziehen sich auf die Helligkeit des jeweiligen Sterns und sind in ppm aufgetragen, also in Millionstel vom ganzen Fluss.



Michael Hippke, Daniel Angerhausen (NASA) / SuW-Grafik

belichte man in der Astrofotografie 90 000-mal das Objekt, hat aber nur selten daran gedacht, den Objektivdeckel abzunehmen. Daraus lässt sich dann vermutlich kein schönes Bild mehr erstellen.

Die Links-Rechts-Methode

An dieser Stelle kam uns eine Idee: Wir nahmen an, dass sich Trojaner relativ gleichförmig auf die beiden Lagrange-Punkte L4 und L5 verteilen. Dann lassen sich nur diejenigen Aufnahmen herauspicken, die in L4 scheinbar ein Signal verzeichnen, das aber möglicherweise auch Rauschen sein könnte. Falls in Wahrheit keine Trojaner vorhanden sind, dürfte im Summenbild von L5 dann nur Rauschen zu finden sein (und umgekehrt). Das Gegenteil ist aber der Fall: Systeme, die in L4 einen scheinbaren Transit verzeichnen, haben eine weitaus größere Wahrscheinlichkeit, auch in L5 einen Transit zu zeigen. Auf diese Weise bildeten wir ein neues Gesamtbild, indem sich nun deutlicher eine Trojaner-Signatur abzeichnete (siehe Grafik oben). Das Signal weist sogar so-

wohl für L4 als auch für L5 die erwartete Bananenform auf, ist aber formal mit einem Signal-Rausch-Verhältnis (S/R) von 9,3 etwas zu klein für einen sicheren Nachweis, für den üblicherweise $S/R = 10,0$ vorausgesetzt werden.

Interessant dabei ist, dass das Signal nur bei Planeten mit Umlaufperioden größer als 60 Tage signifikant ist: Möglicherweise haben Exoplaneten, die sich sehr nahe an ihrem Stern befinden, die meisten ihrer Trojaner verloren, oder es können sich erst gar keine einfänden. Am Ende unserer Studie weisen wir darauf hin, dass sich die Ergebnisse mit dem geplanten Weltraumobservatorium PLATO leicht überprüfen lassen werden. Die Realisierung des europäischen Projekts wurde im Jahr 2014 beschlossen und soll 2024 in Betrieb gehen. Auf Grund von PLATOs im Vergleich zu Kepler noch besserer Qualität und höherer Datenmenge werden zehnmal so gute Ergebnisse erwartet – und vielleicht dann doch auch die Entdeckung eines ersten einzelnen Exotrojaners.

MICHAEL HIPPE ist IT-Spezialist und erforscht in seiner Freizeit astrophysikalische Datensätze. Er publiziert unter anderem zu Exoplaneten und veränderlichen Sternen. Der Diplom-Volkswirt hat an den Universitäten in Magdeburg und Glasgow studiert.

DANIEL ANGERHAUSEN promovierte am Deutschen SOFIA Institut der Uni Stuttgart. Zur Zeit erforscht er die Atmosphären von Exoplaneten am NASA Goddard Space Flight Center.

Literaturhinweis

Hippke, M., Angerhausen, D.: A Statistical Search for a Population of Exo-Trojaners in the Kepler Dataset. In: The Astrophysical Journal 811:1, 2015

WIS Didaktische Materialien:
www.wissenschaft-schulen.de/artikel/1051456



Die große Magellansche Wolke, kurz GMW, ist eine Nachbargalaxie des Milchstraßensystems, rund 51 000 Parsec (166 000 Lichtjahre) von uns entfernt. Mit Hilfe der Messungen des Astrometriesatelliten Gaia ließ sich nun ihre Rotation bestimmen. Sie ist nur von südlichen Breiten aus zu sehen. Für diese Aufnahme addierte der Autor sieben Bilder mit je acht Minuten Belichtungszeit. Zum Einsatz kamen eine astromodifizierte digitale Spiegelreflexkamera vom Typ Canon EOS 450 D bei ISO 800 und ein Objektiv mit 70 Millimeter Brennweite bei Blende 5,6. Zum Zeitpunkt der Aufnahme in Südchile stand die Große Magellansche Wolke fast im Zenit.

Gaia und die Magellanschen Wolken

W I S wissenschaft
in die schulen!

Noch am Tag der Veröffentlichung der ersten Gaia-Daten reichten Forscher eine Untersuchung zur Bewegung von Sternen der Magellanschen Wolken ein. Sie haben dazu eben diese ersten Daten ausgewertet. Die Resultate bestätigen einen alten Verdacht.

Die Messung der wahren Bewegungen der Sterne im Raum stellt Astronomen vor große Herausforderungen: Zwar lässt sich die in die Sichtlinie zur Erde projizierte radiale Geschwindigkeitskomponente verhältnismäßig einfach durch die Verschiebung einzelner Spektrallinien des Sternlichts bestimmen, die Bewegungskomponente auf der Himmelskugel jedoch, die so genannte Eigenbewegung, erfordert höchste Präzision bei der Positionsbestimmung einzelner Sterne – und das über Jahre hinweg.

Die Problematik gilt umso mehr für Objekte außerhalb des Milchstraßensystems: Schon die Sterne unserer nächsten Nachbargalaxien, den Magellanschen Wolken, bewegen sich pro Jahr nur wenige tausendstel Bogensekunden (siehe Bild oben). Der europäische Astrometriesatellit Gaia wird Abhilfe schaffen – freilich erst, wenn zukünftige Datensätze einen längeren Zeitraum abdecken als die 18 Monate des am 14. September 2016 veröffentlichten ersten Data Release (DR1). Dass aber bereits die DR1-Daten die

Genauigkeit früherer Messungen einstellen, bewiesen Roeland van der Marel und Johannes Sahlmann vom Space Telescope Science Institute im amerikanischen Baltimore mit einer Arbeit, welche sie nicht einmal zehn Stunden nach der Veröffentlichung des DR1 einreichten und die damit die erste Studie zur Dynamik extragalaktischer Systeme mit Gaia ist.

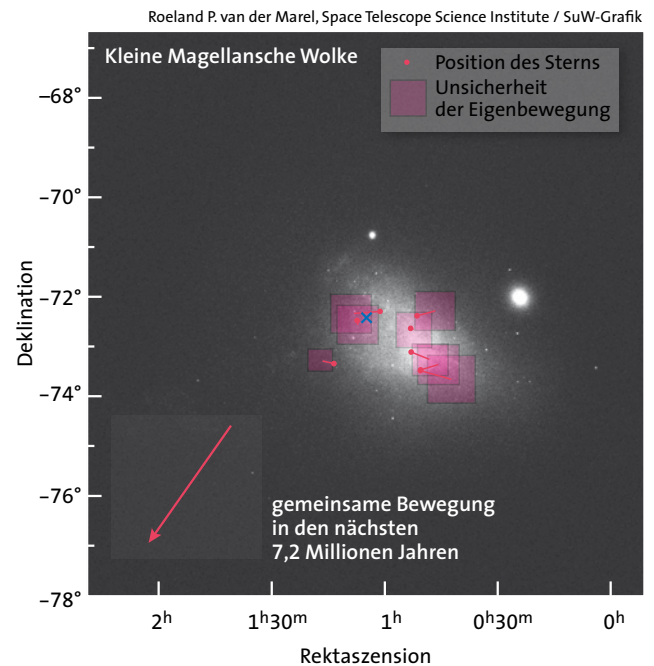
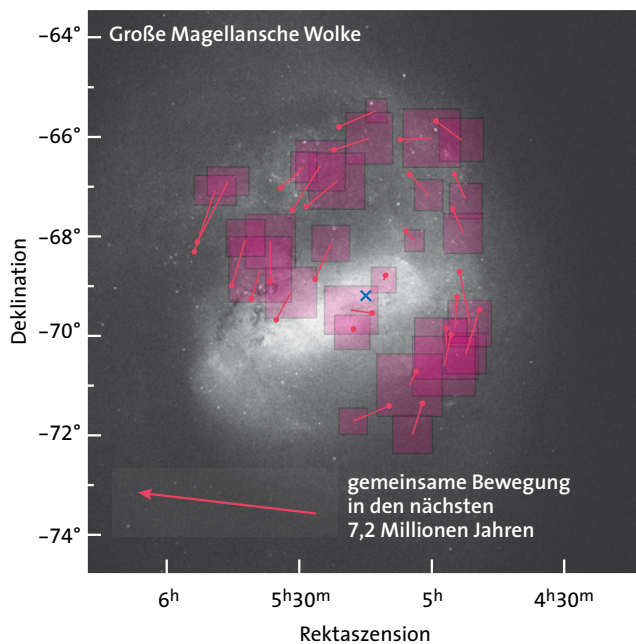
Van der Marel und Sahlmann nutzen den im Rahmen des DR1 veröffentlichten Katalog »Tycho-Gaia Astrometric Solution« (TGAS). Dieser kombiniert die Po-

Eigenbewegung von Sternen in den Magellanschen Wolken

Die Bewegungen von Sternen der beiden Magellanschen Wolken, kleinen Nachbargalaxien unseres Milchstraßensystems, sind hier in der Himmelsebene aufgetragen. Sie werden durch rote Linien symbolisiert, die von den jetzigen Sternpositionen (rote Punkte) ausgehen. Diese Positionsänderungen nennen die Astronomen Eigenbewegung.

Während jene der Kleinen Magellanschen Wolke (rechts) keine erkennbare Tendenz aufweist, zeigt die Große Magellansche Wolke eine klare Rotation im Uhrzeigersinn (links). Die gegenwärtige Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit der Sterne ist dabei für einen Zeitraum von 7,2 Millionen Jahren durch die Länge der roten Linien aufgetragen.

Die Bewegung der gesamten Zwerggalaxie symbolisiert der Pfeil im grau unterlegten Kasten, deren dynamisches Zentrum markiert das blaue Kreuz. Die Daten stammen aus dem neuen Katalog von Eigenbewegungsmessungen des Astrometrie-satelliten Gaia und älteren Messungen des Vorgängersatelliten Hipparcos.



ZUM NACHDENKEN

Die Rotation der Großen Magellanschen Wolke

Die hochpräzisen Messungen des Astrometrie-satelliten Gaia ermöglichen es nicht nur, die dreidimensionale Lage von vielen Millionen Sternen zu bestimmen, auch deren Bewegung im Raum ergibt sich durch die zeitlich gestaffelten Beobachtungen. Und das gelingt nicht nur in unserem Milchstraßensystem, sondern sogar darüber hinaus, in der Großen und Kleinen Magellanschen Wolke. Dabei hilft auch der Katalog des Gaia-Vorgängers Hipparcos.

Aufgabe 1: Das Entfernungsmodul der Großen Magellanschen Wolke (GMW) ist: $\Delta m = m - M = 5 \text{ mag} \cdot \lg(D_{\text{GMW}}/10 \text{ pc}) = 18,54 \text{ mag}$. Man berechne daraus ihre Entfernung D_{GMW} .

Aufgabe 2: Der Bewegungsvektor der GMW in der Himmelsebene ist $\vec{\mu} = (\mu_W, \mu_N) = (-1,872, +0,224) \text{ m''/a}$ (Millibogensekunden pro Jahr), wobei positive Werte eine Bewegung nach Westen und nach Norden hin anzeigen. Wie groß ist die zugehörige Geschwindigkeit v_H am Ort der GMW in der Himmelsebene? Man mache sich zunutze, dass $\tan(\mu \Delta t) = v_H \Delta t / D_{\text{GMW}} \approx \mu \Delta t \cdot (180^\circ/\pi)$ gilt. Dabei sei $\mu = |\vec{\mu}| = (\mu_W^2 + \mu_N^2)^{1/2}$, und Δt ist eine kurze Zeitspanne.

Aufgabe 3: Die Radialgeschwindigkeit der Großen Magellanschen Wolke ist nicht sehr genau bekannt. Ein plausibler Wert, unter anderem aus Messungen mit dem Weltraumteleskop Hubble, ist: $v_r =$

262,2 km/s. Wie groß ist dann die Raumgeschwindigkeit v_R der GMW?

Aufgabe 4: Die Masse unserer Galaxis liegt bei $M_{\text{MW}} = 1,2 \cdot 10^{12} M_\odot$, diejenige der GMW bei $M_{\text{GMW}} = 10^{10} M_\odot$. **a)** Unter der Annahme einer Kreisbahn um das Milchstraßensystem berechne man mit Hilfe des dritten keplerschen Gesetzes die Umlaufdauer der GMW. **b)** Welche Geschwindigkeit hätte die GMW auf dieser Bahn? **c)** Deutet der Vergleich der Raumgeschwindigkeit und der Kreisbahngeschwindigkeit eher auf eine Rotation der GMW um unsere Galaxis oder eher auf einen Vorbeiflug?

Aufgabe 5: Der Stern HIP 27868 hat die Koordinaten $\alpha_{\text{H27}} = 88,4571^\circ$, $\delta_{\text{H27}} =$

sitionen einer Auswahl von Sternen des DR1 mit denjenigen des Tycho-2-Katalogs vom Vorgängersatelliten Hipparcos. Dessen Daten wurden in den Jahren 1989 bis 1993 ermittelt. Mit Hipparcos-Daten war es im Jahr 1997 den Astronomen Pavel Kroupa und Ulrich Bastian gelungen, die räumliche Bewegung der Sterne der Magellanschen Wolken mit hoher Präzision nachzuvollziehen. Später setzten Messungen mit dem Weltraumteleskop Hubble den Standard für Untersuchungen der Dynamik dieser Nachbargalaxien.

Sie zeigten, dass sich beide Systeme relativ zur Milchstraße schneller bewegen, als zuvor gedacht. Daher vermutet man heute, dass sich die Magellanschen Wolken nicht in Umlaufbahnen um unsere Heimatgalaxie bewegen, sondern sie vielmehr zum ersten Mal passieren. Da die Gaia-Messungen die alten Erkenntnisse von Hipparcos und Hubble bestätigen, stützen sie auch diesen Verdacht.

Bestätigung voriger Messungen

Während die Fehlermargen der alten Hipparcos-Messungen noch einige Millibogensekunden pro Jahr betrugten, sind die aus den kombinierten TGAS-Daten ermittelten Werte um mehr als einen Faktor zehn genauer. Die Unsicherheiten liegen im Median bei 0,15 Millibogen-

sekunden pro Jahr und sind damit von gleicher Größenordnung wie die Fehler der Hubble-Messungen. Auch wenn die Studie von van der Marel und Sahlmann damit keine Verbesserung in Hinblick auf die Genauigkeit erreicht, liefert sie doch eine unabhängige Bestätigung der älteren Studien. So verifizierten die Forscher das bereits früher gefundene Rotationsprofil der Großen Magellanschen Wolke (siehe Bild S. 20).

Zieht man die Eigenbewegung des Masseschwerpunkts der Galaxie von den Sternen ab, so bleibt eine deutlich sichtbare Rotation im Uhrzeigersinn übrig (siehe Grafik S. 20 links).

Bei der Kleinen Magellanschen Wolke konnte ein solches Profil nicht gefunden werden (siehe Grafik S. 20 rechts). Das hat zwei Gründe: Einerseits liegen die TGAS-Sterne näher am Zentrum der Galaxie, wo sowohl die räumliche Rotation als auch ihre perspektivische Komponente kleiner sind. Andererseits gehen Astronomen davon aus, dass die Kleine Magellansche Wolke tatsächlich langsamer rotiert als ihre große Schwester.

Insgesamt 29 Sterne der Großen und weitere 8 Sterne der Kleinen Magellanschen Wolke konnten die Astronomen untersuchen – denn nur für diese lagen verwertbare TGAS-Daten vor. Mit der für Ende 2017 erwarteten zweiten Datenveröffentlichung DR2 (Data Release 2) werden sich die Ergebnisse weiter verbessern lassen. Bis auf Weiteres liefern die gemessenen TGAS-Eigenbewegungen, vor allem, wenn man sie mit den Hubble-Messungen kombiniert, den genauesten Blick auf die Dynamik unserer Nachbargalaxien.

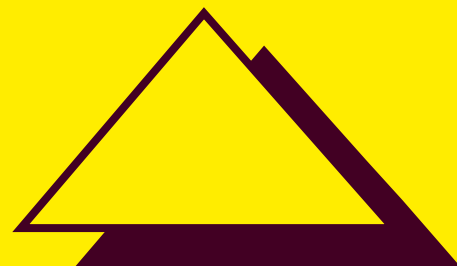
JAN HATTENBACH ist Physiker und Amateurastronom. In seinem Blog »Himmelslichter«, zu finden unter www.himmelslichter.net, schreibt er über alles, was am Himmel passiert.

Literaturhinweis

Van der Marel, R., Sahlmann, J.: First Gaia Local Group Dynamics: Magellanic Clouds Proper Motion and Rotation. arXiv: 1609.04395

W I S Didaktische Materialien:
www.wissenschaft-schulen.de/artikel/1051349

Alles für die Astronomie.



www.intercon-spaceteC.de

INTERCON SPACETEC®

Intercon SpaceteC

Gablinger Weg 9 · 86154 Augsburg

Tel.: 0821 / 41 40 81

Mo - Fr 10-19 Uhr, Sa 11-16 Uhr

email: info@intercon-spaceteC.de

Shop: www.intercon-spaceteC.de



–68,3132° und die Eigenbewegungen (μ_{WH27} , μ_{NH27}) = (–1,661, +0,843) m"/a. Das Zentrum der GMW hat die Koordinaten $\alpha_{\text{GMW}} = 78,76^\circ$, $\delta_{\text{GMW}} = -69,19^\circ$. Angenommen, HIP 27868 bewege sich auf einer Kreisbahn um das Schwerzentrum der GMW, wie lange würde er dann für eine Umrundung benötigen?

AXEL M. QUETZ

Ihre Lösungen senden Sie bitte bis zum **13. Januar 2017** an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Haus der Astronomie, MPIA-Campus, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: 06221 528377. PDF: zum-nachdenken@sterne-und-weltraum.de. Einmal im Jahr werden unter den erfolgreichen Lösern Preise verlost: siehe S. 93



Die Bürgerdebatte am 10. September 2016 wurde im Event-Saal des European Space Operations Center (ESOC) in Darmstadt an mehreren Einzeltischen geführt.

Kristian Kush Nexus

ESA-Raumfahrt – wohin?

Auf der ersten Bürgerdebatte der Europäischen Weltraumagentur diskutierten in Darmstadt hundert deutsche Teilnehmer über die Raumfahrt und die ESA selber.

Die Europäische Weltraumagentur (ESA) hatte für den zweiten Samstag im September 2016 die Einwohner ihrer 22 Mitgliedsstaaten zur ersten großen Bürgerdebatte eingeladen. Thema: Raumfahrt – und die Angesprochenen kamen. Das sollte zeitgleich von 9:00 bis 16:30 Uhr MESZ an ebenso vielen Orten geschehen, in jedem Mitgliedsstaat einer. Für Deutschland eignet sich besonders der Standort des ESA-Raumflug-Kontrollzentrums ESOC in Darmstadt. Dort versammelten sich die 108 ausgewählten Teilnehmer, um sieben

der Europäischen Raumfahrtagentur ESA am Samstag, dem 10. September, zu beantworten galt. Nicht eine Umfrage war es, um die es hier ging, vielmehr war ein echter Austausch von Gedanken, Meinungen, Erwartungen, Wünschen und Träumen geplant. Nicht Fachleute mit akademischer und technischer Ausbildung sollten das tun, sondern »Menschen wie du und ich«.

Die geladenen Gäste aller Alters- und Berufsgruppen trafen sich für Deutschland am Samstag gegen acht Uhr vor dem

wa als übliches Frage-und-Antwort-Spiel mit einem Sitzungskomitee und einem Moderator. Stattdessen gab es mehrere runde Tische (siehe Bilder oben und S. 23), an denen je sieben Teilnehmer Platz fanden, die sich vorher nie begegnet waren. Jeder Tisch erhielt einen so genannten Tischmoderator.

Sitzungsmoderator war Dirk Wagner vom Radiosender hr-iNFO, der alle Versammelten begrüßte und das Prozedere, also das Tages- und Diskussionsprogramm, bekannt gab. »Wir von hr-iNFO machen zusammen mit der ESA gelegentlich Veranstaltungen zu aktuellen Themen. Daher war es für uns reizvoll, auch diese Aktion zu begleiten, die ja auch etwas Neues ist. Ist es nicht der Bürger, der die Raumfahrt bezahlt? Ich persönlich empfinde diese Initiative als einen guten Ansatz, nicht zuletzt deswegen, weil sie auch was von demokratischer Mitbestimmung hat«, sagte Wagner.

Anschließend begrüßte als Gastgeber ESA-Generaldirektor Jan Wörner die Teil-

Bürgerwünsche: Weiterentwicklung von Technologien, Bau einer bemannten Mondstation, bemannter Marsflug.

Stunden lang über die Weltraumforschung und -nutzung zu diskutieren.

Sind wir nach mehr als 50 Jahren schon im Weltraum zu Hause, oder ist der Kosmos immer noch etwas Geheimnisvolles, Unheimliches, ja Gefährliches?

Das war die Kardinalfrage, die es in der ersten so genannten Bürgerdebatte

Eingangsbäude des ESOC, um sich geduldig der notwendigen Sicherheitskontrolle zu unterziehen – schließlich werden von hier aus derzeit achtzehn unbemannte Weltraummissionen der ESA kontrolliert und gesteuert.

Kurz nach 9:00 Uhr begann die Marathonsitzung im Event-Saal; aber nicht et-

nehmer. Er hatte die Idee zu dieser Veranstaltung – die erste ihrer Art bei der ESA. »Als ich sie den Mitgliedern des ESA-Rates vorschlug, erntete ich erst einmal Skepsis. Was hatten denn Laien schon über Raumfahrt zu sagen? Ich habe aber gesagt, es sei sinnvoll hinzuhören, was der normale Bürger zu sagen hat, und das auch in die zukünftigen Planungen mit einzubeziehen«, erklärte er. »Ich höre hier sehr genau hin und bekomme jetzt auch viel Unterstützung von den übrigen Ratsmitgliedern.«

So ließ es sich Wörner nicht nehmen, während der ganzen Bürgerdebatte anwesend zu sein, von Tisch zu Tisch zu gehen, dort den Verlauf der einzelnen Diskussionen für eine gewisse Zeit mitzuverfolgen und mitzudiskutieren.

Fünf große Themenblöcke mit bis zu 15 Unterthemen galt es, in Fragebögen und Diskussionen abzuhandeln. Das reichte vom augenblicklichen Wissen über Raumfahrt und natürlich dem europäischen Part sowie ihre Bedeutung im täglichen Leben, bis hin, für welche Raumfahrtprojekte sich die ESA in Zukunft engagieren sollte. Genannt wurden zum Beispiel die Weiterentwicklung entsprechen-



Nathalie.Meusy@esa.int

der Technologien, um das »Raumschiff Erde« noch besser zu managen, der Aufbau einer bemannten Mondstation mit 3-D-Druckern und ein bemannter Marsflug – und all dies in internationaler Zusammenarbeit mit anderen Raumfahrtagenturen.

Gefremdelt wurde an den Tischen nicht. Man kam schnell in Kontakt und zu regem Gedankenaustausch – ging es doch um eine Sache, von der alle begeistert und von deren Richtigkeit alle überzeugt waren. Eingespielte Videofilme mit

ESA-Generaldirektor Jan Wörner (links) ließ es sich nicht nehmen, zeitweise an den Einzeldiskussionen teilzunehmen.

Statements verschiedener Bürger Europas zu Beginn jedes Diskussionsthemas taten ein Übriges zur Motivation, ebenso wie die Liveschaltung nach Paris, wo dasselbe Event mit derselben Begeisterung ablief.

Die war bei allen Teilnehmern so groß, dass selbst in den Kaffeepausen und der Mittagspause weiter diskutiert und Essen zur Nebensache wurde. Natürlich durfte das obligatorische Gruppenfoto nicht fehlen und die Zusammenfassung der Ergebnisse, die in einer vorläufigen Statistik auf die Leinwand projiziert wurde. Als Überraschung zum Schluss gab es noch eine Besichtigung des großen Kontrollraums sowie der ständig besetzten Nebenkontrollräume für die einzelnen laufenden Satellitenmissionen, wenn die kritische Phase einer Mission vorüber war.

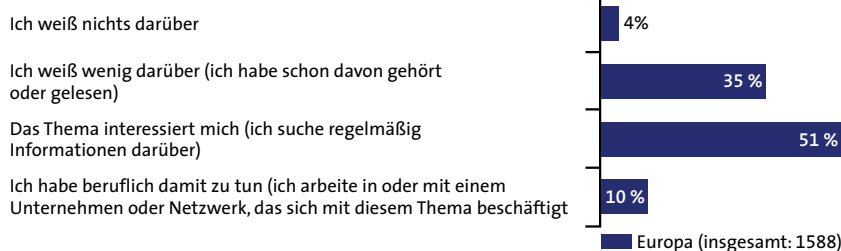
Der Zeit verging quasi mit Lichtgeschwindigkeit. Und alle waren sich in Anlehnung des alten lateinischen Satzes »Navigare necesse est« einig: »Raumfahrt ist notwendig«, bevor sie, mit einem Teilnehmerzertifikat versehen, ihren mitunter langen Heimweg antraten. Denn leider konnten sie nicht sagen: »Jan, beam uns nach Haus!«

BERNHARD MACKOWIAK studierte Deutsch und Geografie und lehrte diese Fächer fast 15 Jahre an einem Privatschulsystem. Seit 1987 schreibt er als Wissenschaftsjournalist in den Gebieten Astronomie, Raumfahrt und Geowissenschaften für Zeitungen und kommentiert bei N24. Er ist Autor astronomischer Sachbücher und macht Führungen in der Archenhold-Sternwarte Berlin-Treptow.

Was Deutschlands Bürger zur Raumfahrt und ESAs Aktivitäten zu sagen haben

Gespannt waren alle auf die Ergebnisse der Bürgerdebatte. Die von den Tischmoderatoren ausgefüllten Fragebögen wurden sofort von dem an einem Extratisch versammelten Diskussionskomitee grob und damit vorläufig ausgewertet und per Beamer für alle sichtbar auf eine große Leinwand projiziert. Hier erschienen sie in Prozentzahlen und, für alle gut anschaulich, als Grafiken in Form von Balkenstatistiken. Europaweit waren es jeweils 1588 Antworten, die zu den einzelnen Fragenkomplexen abgegeben wurden. Frage Nummer 0.4.2 folgt hier als ein Beispiel.

0.4.2 Wie beurteilen Sie Ihren Wissensstand über die Europäische Weltraumorganisation (ESA)?



ESA / suW-Grafik

Eine der Fragen mit Auswertung aus den fünf großen Themenblöcken der Debatte: Die Gesamtauswertung kann im Netz unter www.citizensdebate.space/de_DE/results eingesehen werden.



Citizens' debate on space: goo.gl/9vjUKe