

Medienmitteilung, 29. November 2023

Ein astronomischer Walzer enthüllt ein Sextett von Planeten

Ein internationales Team von Astronominnen und Astronomen, die die Weltraumsatelliten CHEOPS und TESS nutzen, hat ein wichtiges neues System von sechs Planeten entdeckt, die einen hellen Stern in einem harmonischen Rhythmus umkreisen. Diese seltene Eigenschaft ermöglichte es dem Team, die Planetenbahnen zu bestimmen, die die Forschenden zunächst vor ein Rätsel gestellt hatten. Beteiligt sind auch Mitglieder des NCCR PlanetS der Universität Bern und der Universität Genf.

CHEOPS ist eine gemeinsame Mission der ESA und der Schweiz, unter der Leitung der Universität Bern in Zusammenarbeit mit der Universität Genf. Dank der Zusammenarbeit mit Forschenden, die mit Daten des NASA-Satelliten TESS arbeiten, konnte das internationale Team das Planetensystem aufdecken, welches den nahen Stern HD110067 umkreist. Eine Besonderheit dieses Systems ist seine Resonanzkette: Die Planeten umkreisen ihren Stern in perfekter Harmonie. Zum Forschungsteam gehören Forschende der Universität Bern und der Universität Genf, die auch Mitglieder des Nationalen Forschungsschwerpunkts (NCCR) PlanetS sind. Die Ergebnisse wurden soeben in *Nature* veröffentlicht.

Die Planeten im System HD110067 umkreisen den Stern wie in einem sehr präzisen Walzer. Wenn der Planet, der dem Stern am nächsten ist, drei volle Umläufe um ihn macht, macht der zweite Planet genau zwei in der gleichen Zeit. Dies nennt man eine 3:2-Resonanz. «Unter den über 5'000 entdeckten Exoplaneten, die andere Sterne als unsere Sonne umkreisen, sind Resonanzen nicht selten, ebenso wenig wie Systeme mit mehreren Planeten. Äusserst selten sind jedoch Systeme, bei denen sich die Resonanzen über eine so lange Kette von sechs Planeten erstrecken», betont Dr. Hugh Osborn, CHEOPS-Fellow an der Universität Bern, Leiter des an der Studie beteiligten CHEOPS-Beobachtungsprogramms und Mitautor der Studie. Genau dies ist der Fall bei HD110067, dessen Planeten eine so genannte «Resonanzkette» in aufeinanderfolgenden Paaren von 3:2, 3:2, 3:2, 4:3 und 4:3 Resonanzen bilden, was dazu führt, dass der nächstgelegene Planet sechs Umläufe um den Stern absolviert, während der äusserste Planet einen macht.

Ein scheinbar unlösbares Rätsel

Obwohl mehrere Planeten wegen ihren Transiten vor dem Stern bereits entdeckt worden waren, war die genaue Anordnung der Planeten zunächst unklar. Dank des präzisen Gravitationsstanzes konnte das Forschungsteam jedoch das Rätsel von HD110067 lösen. Prof. Adrien Leleu von der Universität Genf, verantwortlich für die Analyse der Bahnresonanzen und Mitautor der Studie, erklärt: «Ein Transit findet statt, wenn ein Planet aus unserer Sicht vor seinem Stern vorbeizieht und dabei einen winzigen Teil des Sternenlichts blockiert, was zu einem scheinbaren Abfall seiner Helligkeit führt.»

Aus den ersten Beobachtungen des NASA-Satelliten TESS ging hervor, dass die beiden inneren Planeten 'b' und 'c' eine Umlaufzeit von 9 beziehungsweise 14 Tagen haben. Für die anderen vier entdeckten Planeten konnten jedoch keine Schlussfolgerungen gezogen werden. Zwei von ihnen wurden einmal im Jahr 2020 und einmal im Jahr 2022 beobachtet, also gab es eine grosse Lücke in den Daten von zwei Jahren. Die beiden anderen Planeten passierten den Stern nur einmal im Jahr 2022.

Die Lösung des Rätsels um diese vier zusätzlichen Planeten zeichnete sich schliesslich dank Beobachtungen mit dem Weltraumteleskop CHEOPS ab. Während TESS darauf abzielt, den gesamten Himmel nach und nach abzusuchen, um kurzperiodische Exoplaneten zu finden, solche also, die nahe um ihren Stern kreisen und kurze Umlaufzeiten haben, ist CHEOPS eine zielgerichtete Mission, die sich mit äusserster Präzision auf jeweils einen einzelnen Stern konzentriert. «Mit unseren CHEOPS-Beobachtungen konnten wir feststellen, dass die Periode des Planeten 'd' 20,5 Tage beträgt. Ausserdem konnten wir mehrere Möglichkeiten für die verbleibenden drei äusseren Planeten 'e', 'f' und 'g' ausschliessen», erklärt Osborn.

Vorhersage des präzisen Walzers der Planeten

In diesem Moment erkannte das Team, dass die drei inneren Planeten von HD110067 in einer präzisen 3:2, 3:2-Resonanzkette tanzen: Der innerste Planet umkreist den Stern neunmal, der zweite sechsmal und der dritte viermal.

Das Team zog dann die Möglichkeit in Betracht, dass die drei anderen Planeten ebenfalls Teil der Resonanzkette sein könnten. «Dies führte zu Dutzenden von Möglichkeiten für ihre Umlaufzeit», erklärt Leleu, «aber durch die Kombination der vorhandenen Beobachtungsdaten von TESS und CHEOPS mit unserem Modell der Gravitationswechselwirkungen zwischen den Planeten konnten wir alle Lösungen bis auf eine ausschliessen: die 3:2, 3:2, 3:2, 4:3, 4:3-Kette.» Die Forschenden konnten daher vorhersagen, dass die drei äusseren Planeten ('e', 'f' und 'g') Umlaufzeiten von 31, 41 und 55 Tagen haben.

Diese Vorhersage ermöglichte die Planung von Beobachtungen mit einer Reihe von bodengestützten Teleskopen. Weitere Transits des Planeten 'f' wurden beobachtet, wobei sich herausstellte, dass er sich genau dort befand, wo die Theorie ihn aufgrund der Resonanzkette vorausgesagt hatte. Eine erneute Analyse der TESS-Daten ergab schliesslich zwei versteckte Transits, jeweils einen der Planeten 'f' und 'g' genau zu den Zeiten, die von den Vorhersagen erwartet wurden, was die Perioden der sechs Planeten bestätigte. Weitere CHEOPS-Beobachtungen der einzelnen Planeten, insbesondere des Planeten 'e', sind für die nahe Zukunft geplant.

Ein Schlüsselsystem für die Zukunft

Von den wenigen bisher gefundenen Resonanzkettensystemen hat CHEOPS nicht nur zum Verständnis von HD110067, sondern auch von TOI-178 beigetragen. Ein weiteres bekanntes Beispiel für ein System mit Resonanzketten ist das System TRAPPIST-1, welches sieben Gesteinsplaneten beherbergt. Allerdings ist TRAPPIST-1 ein kleiner und unglaublich schwacher Stern, was zusätzliche Beobachtungen sehr schwierig macht. HD110067 hingegen ist mehr als 50-mal heller als TRAPPIST-1.

«Die Tatsache, dass die Planeten im System HD110067 mit der Transitmethode entdeckt wurden, ist entscheidend. Während sie vor dem Stern vorbeiziehen, wird das Licht auch durch die Planetenatmosphären gefiltert», betont Jo Ann Egger, Doktorandin an der Universität Bern, die die Zusammensetzung der Planeten anhand der CHEOPS-Daten berechnet hat und die Mitautorin der Studie ist. Diese Eigenschaft erlaubt es den Forschenden, die chemische Zusammensetzung und andere Eigenschaften der Atmosphären zu bestimmen.

Da viel Licht benötigt wird, sind der helle Stern HD110067 und die ihn umkreisenden Planeten ein ideales Ziel für weitere Studien zur Charakterisierung der Planetenatmosphären. «Die Sub-Neptun-Planeten des Systems HD110067 scheinen eine geringe Masse zu haben, was darauf hindeutet, dass sie möglicherweise gas- oder wasserreich sind. Zukünftige Beobachtungen dieser Planetenatmosphären, zum Beispiel mit dem James Webb Space Telescope (JWST), könnten Aufschluss darüber geben, ob die Planeten felsige oder wasserreiche innere Strukturen aufweisen», so Egger abschliessend.

Angaben zur Publikation:

“A resonant sextuplet of sub-Neptunes transiting the bright star HD 110067” by R. Luque et al., veröffentlicht in *Nature* am 29. November 2023.

DOI <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06692-3>

Kontakt:

Dr. Hugh Osborn (Französisch/Englisch)

Physikalisches Institut, Weltraumforschung und Planetologie (WP), Universität Bern und NFS PlanetS

E-Mail: hugh.osborn@unibe.ch

Tel: +41 31 684 36 08

Dr. Adrien Leleu (Französisch/Englisch)

Département d’Astronomie, Universität Genf und Physikalisches Institut, Weltraumforschung und Planetologie (WP), Universität Bern und NFS PlanetS

E-Mail: adrien.leleu@unige.ch

Tel: +41 22 379 24 68

Jo Ann Egger (Deutsch/Englisch)

Physikalisches Institut, Weltraumforschung und Planetologie (WP), Universität Bern und NFS PlanetS

E-Mail: jo-ann.egger@unibe.ch

Tel: +41 31 684 52 42

CHEOPS – Auf der Suche nach potenziell lebensfreundlichen Planeten

Die CHEOPS-Mission (CHaracterising ExOPlanet Satellite) ist die erste der neu geschaffenen «S-class missions» der ESA – Missionen der kleinen Klasse mit einem Budget, das kleiner ist als das von grossen und mittleren Missionen, und mit einer kürzeren Zeitspanne von Projektbeginn bis zum Start.

CHEOPS widmet sich der Charakterisierung von Exoplaneten-Transiten. Dabei misst CHEOPS die Helligkeitsänderungen eines Sterns, wenn ein Planet vor diesem Stern vorbeizieht. Aus diesem Messwert lässt sich die Grösse des Planeten ableiten und mit bereits vorhandenen Daten daraus die Dichte bestimmen. So erhält man wichtige Informationen über diese Planeten – zum Beispiel, ob sie überwiegend felsig sind, aus Gasen bestehen oder ob sich auf ihnen tiefe Ozeane befinden. Dies wiederum ist ein wichtiger Schritt, um zu bestimmen ob auf einem Planeten lebensfreundliche Bedingungen herrschen.

CHEOPS wurde im Rahmen einer Partnerschaft zwischen der ESA und der Schweiz entwickelt. Unter der Leitung der Universität Bern und der ESA war ein Konsortium mit mehr als hundert Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, Ingenieurinnen und Ingenieuren aus elf europäischen Nationen während fünf Jahren am Bau des Satelliten beteiligt.

CHEOPS hat am Mittwoch, 18. Dezember 2019 an Bord einer Sojus-Fregat-Rakete vom Europäischen Weltraumbahnhof Kourou, Französisch-Guyana, seine Reise ins Weltall angetreten. Seither umkreist CHEOPS die Erde innerhalb von ungefähr anderthalb Stunden in einer Höhe von 700 Kilometer entlang der Tag-Nacht-Grenze.

Der Bund beteiligt sich am CHEOPS-Teleskop im Rahmen des PRODEX-Programms (PROgramme de Développement d'EXpériences scientifiques) der Europäischen Weltraumorganisation ESA. Über dieses Programm können national Beiträge für Wissenschaftsmissionen durch Projektteams aus Forschung und Industrie entwickelt und gebaut werden. Dieser Wissens- und Technologietransfer zwischen Wissenschaft und Industrie verschafft dem Werkplatz Schweiz letztlich auch einen strukturellen Wettbewerbsvorteil – und er ermöglicht, dass Technologien, Verfahren und Produkte in andere Märkte einfließen und so einen Mehrwert für unsere Wirtschaft erbringen.

Mehr Informationen: <https://cheops.unibe.ch/de/>

Berner Weltraumforschung: Seit der ersten Mondlandung an der Weltspitze

Als am 21. Juli 1969 Buzz Aldrin als zweiter Mann aus der Mondlandefähre stieg, entrollte er als erstes das Berner Sonnenwindsegel und steckte es noch vor der amerikanischen Flagge in den Boden des Mondes. Dieses Solarwind Composition Experiment (SWC), welches von Prof. Dr. Johannes Geiss und seinem Team am Physikalischen Institut der Universität Bern geplant und ausgewertet wurde, war ein erster grosser Höhepunkt in der Geschichte der Berner Weltraumforschung.

Die Berner Weltraumforschung ist seit damals an der Weltspitze mit dabei: Die Universität Bern nimmt regelmässig an Weltraummissionen der grossen Weltraumorganisationen wie ESA, NASA oder JAXA teil. Mit CHEOPS teilt sich die Universität Bern die Verantwortung mit der ESA für eine ganze Mission. Zudem sind die Berner Forschenden an der Weltspitze mit dabei, wenn es etwa um Modelle und Simulationen zur Entstehung und Entwicklung von Planeten geht.

Die erfolgreiche Arbeit der [Abteilung Weltraumforschung und Planetologie \(WP\)](#) des Physikalischen Instituts der Universität Bern wurde durch die Gründung eines universitären Kompetenzzentrums, dem [Center for Space and Habitability \(CSH\)](#), gestärkt. Der Schweizer Nationalfonds sprach der Universität Bern zudem den [Nationalen Forschungsschwerpunkt \(NFS\) PlanetS](#) zu, den sie gemeinsam mit der Universität Genf leitet.

Exoplanetenforschung in Genf: 25 Jahre Expertise mit Nobelpreis ausgezeichnet

CHEOPS liefert wichtige Informationen über Grösse, Form und Entwicklung bekannter Exoplaneten. Die Einrichtung des «Science Operation Center» der CHEOPS-Mission in Genf unter der Leitung von zwei Professoren der [Astronomieabteilung der UniGE](#) ist eine logische Fortsetzung der Forschungsgeschichte auf dem Gebiet der Exoplaneten – denn hier wurde 1995 der erste Exoplanet von [Michel Mayor und Didier Queloz, den Nobelpreisträgern für Physik von 2019](#), entdeckt. Mit dieser Entdeckung positionierte sich die Astronomieabteilung der Universität Genf an der Weltspitze auf diesem Gebiet, was unter anderem 2003 zum Bau und der Installation von [HARPS](#) führte. Der Spektrograph auf dem 3,6m-Teleskop der ESO in La Silla war zwei Jahrzehnte lang der weltweit effizienteste, wenn es um die Bestimmung der Masse von Exoplaneten ging. 2018 wurde HARPS jedoch von ESPRESSO übertroffen, einem weiteren Spektrographen, der in Genf gebaut und auf dem VLT in Paranal installiert wurde.

CHEOPS ist somit das Ergebnis von zwei nationalen Expertisen: einerseits dem Weltraum-Know-how der Universität Bern in Zusammenarbeit mit ihren Genfer Kolleginnen und Kollegen, und andererseits die Bodenerfahrung der Universität Genf in Zusammenarbeit mit ihrem Pendant in der Hauptstadt. Zwei wissenschaftliche und technische Kompetenzen, die auch den [Nationalen Forschungsschwerpunkt \(NFS\) PlanetS](#) ermöglichten.