

Medienmitteilung, 25. November 2021

Wenig Kollisionsgefahr im Planetensystem TRAPPIST-1

Sieben erdgrosse Planeten umkreisen den Stern TRAPPIST-1 in nahezu perfekter Harmonie. Eine internationale Studie mit Beteiligung von Forschenden der Universität Bern, der Universität Genf und der Universität Zürich zeigt nun, dass diese Exoplaneten während ihrer Entstehung nicht von massiven Einschlägen und Kollisionen mit anderen Himmelskörpern betroffen waren.

Der Stern TRAPPIST-1 ist etwa 40 Lichtjahre von unserem Sonnensystem entfernt, und er ist viel kleiner und kühler als unsere Sonne. Er wird umkreist von sieben etwa erdgrossen Planeten – die grösste Ansammlung solcher Planeten, die jemals ausserhalb unseres Sonnensystems gefunden wurde. Sie sind alphabetisch von b bis h benannt, in der Reihenfolge ihrer Entfernung vom Stern. Die Zeit, die die Planeten für einen Umlauf um den Stern benötigen – was einem Jahr auf der Erde entspricht –, beträgt 1,5 Tage für den Planeten b und 19 Tage für den Planeten h. Bemerkenswerterweise stehen die Umlaufzeiten der Planeten in einem nahezu perfekten Verhältnis zueinander, in einer sogenannten resonanten Anordnung, die an harmonische Musiknoten erinnert. So vergehen beispielsweise für acht «Jahre» auf dem Planeten b deren fünf auf Planet c, drei auf Planet d, zwei auf Planet e und so weiter.

Simon Grimm vom Center for Space and Habitability CSH der Universität Bern und Mitglied beim NFS PlanetS ist Co-Autor der Studie, die heute *in Nature Astronomy* erscheint. Er hat für die Studie die Parameter der Umlaufbahnen der TRAPPIST-1 Planeten und ihr Langzeitverhalten berechnet. Er erklärt: «In der aktuellen Studie haben wir untersucht, welche Einschläge die TRAPPIST-1-Planeten überstanden haben könnten, ohne dass sie aus dem harmonischen Gleichgewicht gebracht worden sind.» An der Studie sind auch Emeline Bolmont und Martin Turbet von der Universität Genf und Caroline Dorn von der Universität Zürich beteiligt.

Schnelle Entstehung der resonanten TRAPPIST-1-Planeten

Planeten entstehen in sogenannten protoplanetaren Scheiben aus Gas und Staub rund um neu entstandene Sterne. Diese Scheiben halten nur einige Millionen Jahre. Computermodelle haben gezeigt, dass resonante Planetenketten wie die von TRAPPIST-1 entstehen, wenn junge Planeten nach ihrer Entstehung näher an ihren Stern heranrücken und sich so resonant anordnen. Gemäss Sean Raymond, Astrophysiker an der Universität Bordeaux und Erstautor der aktuellen Studie, gehen die Forschenden davon aus, dass sich resonante Ketten wie die von TRAPPIST-1 bilden müssen, bevor die protoplanetare Scheibe verschwindet.

«Die Planeten von TRAPPIST-1 haben sich demnach schnell gebildet, in etwa einem Zehntel der Zeit, die die Erde für ihre Entstehung brauchte», sagt der Co-Autor Andre Izidoro, Astrophysiker an der Rice University. Nachdem sich Gesteinsplaneten gebildet haben, werden sie in der Regel von anderen Himmelskörpern getroffen. «Das nennt man Bombardierung oder späte Akkretion. Wir interessieren uns dafür, weil diese Einschläge eine wichtige Quelle für Wasser und flüchtige Elemente sein können, die Leben auf diesen Planeten begünstigen könnten», erklärt Sean Raymond.

Wenig Bombardement vermutet

Die Entschlüsselung der Einschlagsgeschichte ist bereits bei Planeten in unserem Sonnensystem schwierig. «Bei Planetensystemen, die Lichtjahre entfernt sind, ist es sogar eine scheinbar hoffnungslose Aufgabe, da wegen der grossen Entfernung nicht einfach Krater oder sogar Gesteinsproben untersucht werden können», erklärt Simon Grimm. Die Forschenden haben sich deswegen mit der besonderen Bahnkonfiguration der TRAPPIST-1 Planeten befasst.

«Wir können zwar nicht genau sagen, wie viel Material auf einem der TRAPPIST-1 Planeten eingeschlagen ist, aber aufgrund ihrer speziellen Resonanzanordnung können wir eine Obergrenze festlegen», so Sean Raymond. «Wir haben mit Hilfe von Computersimulationen herausgefunden, dass diese Planeten nach ihrer Entstehung nur mit einer sehr geringen Menge an Material bombardiert wurden», erklärt Sean Raymond.

Wenn sich ein Planet früh bildet und zu klein ist, kann er nicht viel Gas aus der Scheibe akkretieren. Ein solcher Planet hat laut den Forschenden auch viel weniger Möglichkeiten, flüchtige Elemente durch späte Bombardierungen zu gewinnen, die für die Entstehung von Leben entscheidend wären. Sollte einer der TRAPPIST-1-Planeten beispielweise viel Wasser enthalten, müsste das Wasser schon früh in den Planeten eingebaut worden sein. Ein möglicher Unterschied zur Entstehung der Erde könnte also darin bestehen, dass die TRAPPIST-1-Planeten von Anfang an eine Wasserstoffatmosphäre hatten. Wie die Forschenden vermuten, könnte dies und auch die geringe Anzahl Einschläge die Entwicklung im Inneren des Planeten, die Ausgasung, den Verlust von flüchtigen Bestandteilen und andere Dinge, die sich auf die Bewohnbarkeit auswirken, stark beeinflusst haben.

Sean Raymond sagt, dass die aktuelle Studie nicht nur Auswirkungen auf die Untersuchung anderer resonanter Planetensysteme hat, sondern auch auf weitaus häufigere Exoplanetensysteme, von denen man annimmt, dass sie als resonante Systeme begonnen haben. «Supererden und Subneptune sind in der Umgebung anderer Sterne sehr häufig, und die vorherrschende Vorstellung ist, dass sie während der Gasscheibenphase nach innen gewandert sind und dann möglicherweise eine späte Phase mit Kollisionen hatten», sagte Raymond. «Aber während dieser frühen Phase, in der sie nach innen wanderten, hatten sie unserer Meinung nach eine Phase, in der sie resonante Kettenstrukturen wie TRAPPIST-1 bildeten.»

Das James Webb Space Telescope der NASA oder das Extremely Large Telescope der ESO werden es in Zukunft ermöglichen, dass die Atmosphären von Exoplaneten direkt beobachtet werden können. «Diese Beobachtungen werden uns weitere Hinweise beispielsweise zur möglichen Bewohnbarkeit von Planeten liefern», wie Simon Grimm sagt.

Mehr Informationen und Angaben zur Kontaktperson siehe die folgende Seite.

Das TRAPPIST-1-System

Die ersten beiden bestätigten Planeten im TRAPPIST-1-System wurden 2016 durch das Transiting Planets and Planetesimals Small Telescope (TRAPPIST) in Chile identifiziert. Anschliessende Beobachtungen durch Spitzer und bodengebundene Teleskope zeigten, dass das System sieben Planeten hat. Sie wurden mit der Transitmethode gefunden: Forschende können die Planeten nicht direkt sehen (sie sind zu klein und schwach), also suchen sie mit Teleskopen nach Einbrüchen in der Helligkeit des Sterns, die entstehen, wenn die Planeten vor dem Stern vorbeiziehen. Wiederholte Beobachtungen der Helligkeitseinbrüche des Sterns und präzise Messungen der Umlaufzeiten der Planeten ermöglichten den Astronominnen und Astronomen genaue Messungen der Massen und Durchmesser der Planeten, die wiederum zur Berechnung ihrer Dichten verwendet wurden.

Forschende unter der Leitung von Simon Grimm von der Universität Bern, der auch an der aktuellen Studie beteiligt ist, die heute in *Nature Astronomy* publiziert wurde, lieferten 2018 die [bis dahin genaueste Berechnung der Massen](#) der sieben Planeten beim Stern TRAPPIST-1. Eine internationale Studie mit Beteiligung von Forschenden der Universitäten Bern, Genf und Zürich zeigte im Januar 2021 zudem, dass diese [Exoplaneten bemerkenswert ähnliche Dichten haben und gab auch Aufschluss über deren Beschaffenheit](#).

Computerprogramm zur Planetenentstehung

Bei der aktuellen Studie kam das Computerprogramm GENGA zum Einsatz. Dieses wurde von Simon Grimm an der Universität Zürich und der Universität Bern entwickelt, und dient dazu Umlaufbahnen von Planeten und anderen Himmelskörpern möglichst schnell zu berechnen. Zudem kann mit dem Programm die Planetenentstehung simuliert werden. Damit das Programm möglichst schnell laufen kann, benützt es sogenannte Grafikkarten (GPUs), die einen hohen Grad an parallelen Rechenoperationen erlauben und in vielen Supercomputern verwendet werden. GENGA wird von verschiedenen Forschungsgruppen weltweit verwendet, um dynamische Eigenschaften vom Sonnensystem und anderen Planetensystemen zu studieren.

Angaben zur Publikation:

Sean N. Raymond, Andre Izidoro, Emeline Bolmont, Caroline Dorn, Franck Selsis, Martin Turbet, Eric Agol, Patrick Barth, Ludmila Carone, Rajdeep Dasgupta, Michael Gillon, Simon L. Grimm, *An upper limit on late accretion and water delivery in the Trappist-1 exoplanet system*, 25.11.2021, Nature Astronomy

DOI: [10.1038/s41550-021-01518-6](https://doi.org/10.1038/s41550-021-01518-6)

<https://www.nature.com/articles/s41550-021-01518-6>

Kontakt:

Dr. Simon Grimm

Center for Space and Habitability CSH und NFS PlanetS, Universität Bern

Phone: +41 31 631 39 95

simon.grimm@csh.unibe.ch

Die Forschungsarbeiten wurden unterstützt von:

NASA, Brazilian Federal Agency for Support and Evaluation of Graduate Education, Brazilian National Council for Scientific and Technological Development, University of St. Andrews, German Research Foundation, the European Union's Horizon 2020 program, Swiss National Science Foundation, French National Centre for Scientific Research's National Planetology Program, France's National Computer Center for Higher Education, Gruber Foundation.

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, ROSCOSMOS 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.