

Press release**Max-Planck-Institut für Astronomie****Dr. Markus Nielbock (MPIA Presse- und Öffentlichkeitsarbeit)**

11/15/2023

<https://idw-online.de/en/news824096>Research results, Scientific Publications
Physics / astronomy
transregional, national**JWST blickt in die Atmosphäre eines luftigen Exoplaneten**

Ein Team europäischer Astronominen und Astronomen mit Beteiligung des MPIA hat kürzlich Beobachtungen mit dem James Webb Space Telescope (JWST) verwendet, um die Atmosphäre des nahegelegenen Exoplaneten WASP-107b zu untersuchen. Beim Durchleuchten seiner wolkgigen Atmosphäre entdeckten sie Wasserdampf, Schwefeldioxid und sogar Silikatsandwolken. Diese Partikel befinden sich in einer dynamischen Atmosphäre mit einem energischen Materialtransport. Die Ergebnisse der Studie wurden heute in der renommierten Zeitschrift Nature veröffentlicht.

Der Exoplanet WASP-107b ist ein einzigartiger Gasplanet. Er umkreist einen Stern, der etwas kühler und weniger massereich ist als unsere Sonne. Während die Masse des Planeten der des Neptun ähnelt, misst sein Durchmesser deutlich größere Werte und nähert sich fast der des Jupiter an. Diese Eigenschaft macht WASP-107b im Vergleich zu den Gasplaneten des Sonnensystems eher „luftig“. Dadurch können Astronomen etwa 50 Mal tiefer in seine Atmosphäre blicken als bei der Erforschung eines Gasriesen im Sonnensystem wie Jupiter.

Das Mittel-Infrarot-Instrument des JWST enthüllt die chemische Zusammensetzung

Ein Team europäischer Forschenden nutzte während der Beobachtung mit dem Mid-Infrared Instrument (MIRI) an Bord des James Webb Space Telescope (JWST) die bemerkenswerte „Luftigkeit“ dieses Exoplaneten aus. Diese Gelegenheit eröffnete ein Fenster, um tief in seine Atmosphäre zu schauen und seine komplexe chemische Zusammensetzung zu aufzuschlüsseln. Der Grund dafür ist recht einfach: Die Signale oder spektralen Merkmale sind in einer weniger dichten Atmosphäre weitaus deutlicher zu erkennen als in einer kompakteren. Die jetzt in Nature veröffentlichte Studie berichtet über die Entdeckung von Wasserdampf, Schwefeldioxid (SO₂) und Silikatwolken, aber bemerkenswerterweise gibt es keine Spur des Treibhausgases Methan (CH₄).

Diese Ergebnisse liefern entscheidende Einblicke in die Dynamik und Chemie dieses faszinierenden Exoplaneten. Erstens lässt das Fehlen von Methan auf ein potenziell warmes Inneres schließen und bietet einen bestechenden Einblick in den Transport von Wärmeenergie in der Atmosphäre des Planeten. Zweitens war die Entdeckung von Schwefeldioxid (bekannt für den Geruch von verbranntem Streichhölzern) eine große Überraschung. Frühere Berechnungen deuteten nicht darauf hin, aber neuartige Klimamodelle der Atmosphäre von WASP-107b zeigen nun, dass seine diffuse Eigenschaft die Bildung von Schwefeldioxid ermöglicht. Obwohl sein recht kühler Wirtstern nur einen vergleichsweise kleinen Anteil an hochenergetischen Photonen aussendet, können diese tief in die Atmosphäre des Planeten eindringen. Dieser Umstand ermöglicht die chemischen Reaktionen, die zur Produktion von Schwefeldioxid erforderlich sind.

Wettervorhersage für WASP-107b sagt Sandwolken voraus

Aber das ist noch nicht der vollständige Befund. Die spektralen Merkmale von Schwefeldioxid und Wasserdampf sind im Vergleich zu einem wolkenlosen Szenario erheblich vermindert. Hoch gelegene Wolken verdecken dagegen teilweise den Wasserdampf und das Schwefeldioxid in der Atmosphäre. Während Astronom*innen bei anderen Exoplaneten auf

indirektem Wege auf Wolken aus verschiedenen Substanzen schließen konnten, ist dies der erste Fall, in dem Forschende die chemische Zusammensetzung dieser Wolken definitiv bestimmen können. In diesem Fall bestehen die Wolken aus kleinen Silikatpartikeln, einer vertrauten Substanz, die auf der Erde fast überall als Hauptbestandteil von Sand vorkommt.

„Das JWST revolutioniert die Charakterisierung von Exoplaneten und liefert beispiellose Einblicke in bemerkenswerter Geschwindigkeit“, sagt die Hauptautorin Leen Decin von der KU Leuven. „Die Entdeckung von Sandwolken, Wasser und Schwefeldioxid auf diesem luftigen Exoplaneten mit JWSTs MIRI ist ein entscheidender Meilenstein. Das verändert unser Verständnis der Planetenentstehung und -entwicklung und wirft ein neues Licht auf das Sonnensystem.“

Co-Autor Paul Mollière vom Max-Planck-Institut für Astronomie (MPIA) in Heidelberg, Deutschland, stimmt zu: „Der Wert des JWST ist nicht zu unterschätzen: Egal wohin wir mit diesem Teleskop schauen, sehen wir immer etwas Neues und Unerwartetes. Auch dieses neueste Ergebnis ist keine Ausnahme.“

Ein exotischer atmosphärischer Zyklus von Silikattropfen

Im Gegensatz zur Atmosphäre der Erde, wo Wasser bei niedrigen Temperaturen gefriert, können in Gasplaneten Silikatpartikel kondensieren und Wolken bilden, wenn die Temperaturen etwa 1000 Grad Celsius erreichen. Bei WASP-107b, wo die äußere Atmosphäre Temperaturen von etwa 500 Grad Celsius erreicht, sagten bisherige Modelle voraus, dass diese Silikatwolken tiefer in der Atmosphäre entstehen sollten, wo die Temperaturen wesentlich höher sind. Darüber hinaus regnen hochgelegene Sandwolken in tiefere Schichten ab. Wie ist es dann möglich, dass diese Sandwolken in großer Höhe dauerhaft existieren können?

„Die Tatsache, dass wir diese Sandwolken hoch in der Atmosphäre sehen, verrät uns, dass die Sandregentropfen in tieferen, sehr heißen Schichten verdampfen. Der resultierende Silikatdampf wird anschließend effizient nach oben transportiert“, erklärt der Hauptautor Michiel Min von SRON (Niederländisches Institut für Weltraumforschung). „Hier kondensieren sie dann wieder zu Silikatwolken. Dies ähnelt dem Wasserdampf- und Wolkenzyklus der Erde, aber mit Sandtropfen.“ Dieser kontinuierliche Zyklus von Sublimation und Kondensation durch einen vertikalen Transport ist verantwortlich für das durchgängige Auftreten von Sandwolken in der Atmosphäre von WASP-107b.

Diese wegweisende Forschung wirft Licht auf die exotische Welt von WASP-107b und erweitert unsere Grenzen des Verständnisses von Exoplanetenatmosphären. Sie markiert einen bedeutenden Meilenstein in der Erforschung von Exoplaneten und enthüllt das komplexe Zusammenspiel von Chemikalien und klimatischen Bedingungen auf diesen fernen Welten.

JWST und MIRI sind leistungsstarke Werkzeuge zur Erforschung von Exoplanetenatmosphären

„Wir am MPIA sind stolz darauf, wichtige Elemente für MIRI bereitgestellt zu haben“, sagt Thomas Henning, Co-Leiter des MIRI-Projekts und Direktor am MPIA. „Dazu gehören die Filterräder des Photometers und Spektrometers von MIRI sowie die Mechanismen, die die Elemente positionieren, die die Spektren mit den chemischen Signaturen erzeugt haben.“ Mitarbeiter des MPIA haben zudem MIRIs Boden- und Flugtests unterstützt.

„Mit Kollegen in ganz Europa und den Vereinigten Staaten haben wir fast 20 Jahre lang das MIRI-Instrument gebaut und getestet. Es ist erfreulich zu sehen, wie unser Instrument die Atmosphäre dieses faszinierenden Exoplaneten enträtselt“, sagt Instrumentenspezialist Bart Vandenbussche von der KU Leuven, ebenfalls Co-Leiter des MIRI-Projekts.

Jeroen Bouwman, Wissenschaftler des MPIA und Mitverantwortlicher für das Beobachtungsprogramm fügt hinzu: „Diese Studie kombiniert die Ergebnisse mehrerer unabhängiger Analysen der JWST-Beobachtungen und steht

stellvertretend für die Jahre der Arbeit, die nicht nur in den Bau des MIRI-Instruments investiert wurden, sondern auch in die Kalibrierung und Analysetools für die mit MIRI gewonnenen Beobachtungsdaten.“

Hintergrundinformationen

Diese Beobachtungen wurden im Rahmen des Guaranteed Time Observation-Programms 1280 durchgeführt.

Das James Webb Space Telescope (JWST) ist das weltweit führende Weltraumobservatorium. Webb löst Rätsel in unserem Sonnensystem, schaut auf ferne Welten um andere Sterne und erforscht die geheimnisvollen Strukturen und Ursprünge unseres Universums sowie unseren Platz darin. Das JWST ist ein internationales Programm, das von der NASA in Zusammenarbeit mit ihren Partnern ESA (European Space Agency) und CSA (Canadian Space Agency) geleitet wird.

Das Mid-Infrared Instrument (MIRI) des JWST, das von einem europäischen Konsortium von Forschungseinrichtungen entwickelt wurde, ist ein vielseitiges wissenschaftliches Instrument für Infrarotwellenlängen zwischen 5 und 28 Mikrometern. Es kombiniert eine bildgebende Kamera mit einem Spektrometer. Mit Unterstützung von Industriepartnern hat das MPIA die Mechanismen aller Wellenlängensteuerungselemente bereitgestellt, wie Filter- und Gitterräder, und das elektrische Design von MIRI geleitet.

Das europäische Konsortium umfasst 46 Astronominen und Astronomen von 29 Forschungseinrichtungen in 12 Ländern. Das MPIA-Team besteht aus Jeroen Bouwman, Paul Mollière, Thomas Henning, Oliver Krause und Silvia Scheithauer.

Diese Pressemitteilung ist eine Adaption des Originals, das von der KU Leuven veröffentlicht wurde.

Medienkontakt

Dr. Markus Nielbock
Referent für Presse und Öffentlichkeitsarbeit
Max-Planck-Institut für Astronomie
Heidelberg, Deutschland
Tel.: +49 6221 528 134
E-Mail: pr@mpia.de
<https://www.mpia.de/oeffentlichkeit/medienkontakte>

contact for scientific information:

Dr. Jeroen Bouwman
Max-Planck-Institut für Astronomie
Heidelberg, Deutschland
Tel.: +49 6221 528 404
E-Mail: bouwman@mpia.de
<https://www.mpia.de/institut/mitarbeiter/32666>

Dr. Paul Mollière
Max-Planck-Institut für Astronomie
Heidelberg, Deutschland
Tel.: +49 6221 528 206
E-Mail: molliere@mpia.de
<https://www2.mpia-hd.mpg.de/homes/molliere/>

Prof. Dr. Thomas Henning
Direktor
Max-Planck-Institut für Astronomie
Heidelberg, Deutschland
Tel.: +49 6221 528 200
E-Mail: henning@mpia.de
<https://www.mpia.de/en/thomas-henning>

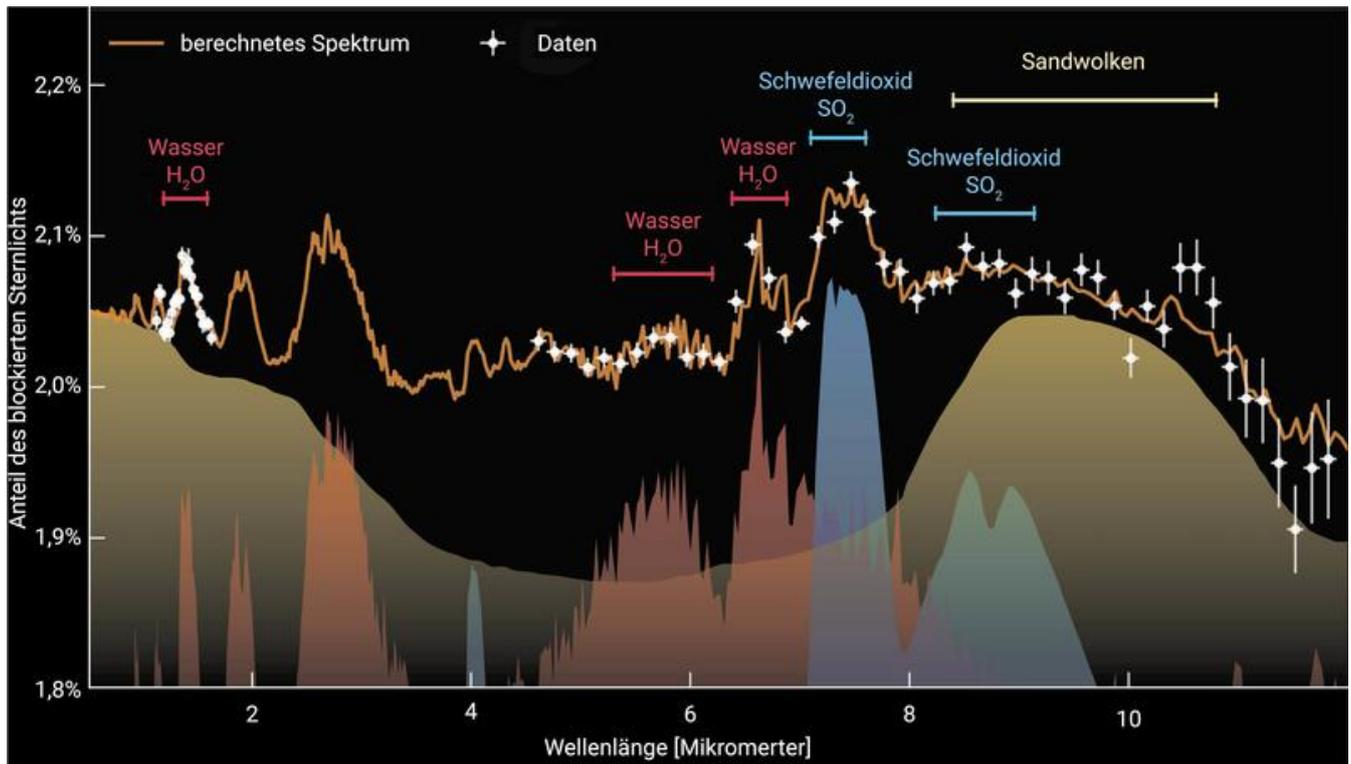
Original publication:

Achrene Dyrek, Michiel Min, Leen Decin, Jeroen Bouwman et al., "SO₂, silicate clouds, but no CH₄ detected in a warm Neptune", *Nature* (2023)
DOI: 10.1038/s41586-023-06849-0

URL for press release: <https://www.mpia.de/aktuelles/wissenschaft/2023-15-wasp107b-jwst> - Pressemitteilung des MPIA mit weiteren Informationen



Künstlerische Darstellung des Exoplaneten WASP-107b und seines Muttersterns.
LUCA School of Arts, Belgien / Klaas Verpoest



Transmissionsspektrum des warmen Neptun-Exoplaneten WASP-107b, das vom Low-Resolution Spectrometer (LRS) des Mid-InfraRed Instrument (MIRI) an Bord des JWST aufgenommen wurde.
Michiel Min / Europäisches MIRI EXO GTO-Team / ESA / NASA