Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 77 (2019)
Heft: 3

Artikel: Wie Bern auf den Mond kam
Autor: Geiselmann, Fred
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-960555

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Text: **Fred Geiselmann**

Ein Sonnenwindsegel aus der Schweiz

Wie Bern auf den Mond kam

Eines der bisher spektakulärsten Weltraum-Projekte war die bemannte Landung auf dem Mond. Auf dem Mond wurde damals auch ein Sonnenwind-Experiment durchgeführt, das von Berner Physikern um Prof. Johannes Geiss entwickelt worden war. Als am 21. Juli 1969 Edwin «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) war ein erster grosser Höhepunkt in der Geschichte der Berner Weltraumforschung.

Der Sowjetunion, die eine beeindruckende Raketenbau-Tradition hat, gelang es 1957, den ersten Satelliten auf eine Erdumlaufbahn zu schicken («Sputnik 1») sowie 1961 den ersten bemannten Weltraumflug durchzuführen *(Yuri Gagarin)*. Die USA waren tief betroffen – man sprach von einem «Sputnik-Schock». Das führte bekanntlich dazu, dass Präsident *John F. Kennedy* kurz nach seinem Amtsantritt im Jahre 1961 proklamierte, noch vor Ende des Jahrzehnts werde ein Amerikaner seinen Fuss auf den Mond setzen. Damit war der Startschuss für das Apollo-Programm der amerikanischen Weltraumbehörde NASA gegeben. Mit Apollo 11 landeten am 20. Juli 1969 tatsächlich erstmals Menschen auf dem Mond. Als *Neil Armstrong* und *Edwin «Buzz» Aldrin* aus der Landefähre stiegen, schrieb man in Europa bereits den 21. Juli 1969.

BERN KOMMT MIT INS SPIEL

Bei dieser ersten Mondlandung war auch die Universität Bern mit dem berühmt gewordenen Sonnenwind-Experiment dabei: Kurz nach der Landung der Mondfähre wurde auf der Mondoberfläche eine Aluminiumfolie aufgespannt und der Sonne ausgesetzt. Während einer gewissen Zeit fing diese Folie die Partikel des Sonnenwindes ein (die Zusammensetzung der gesammelten Sonnenwind-Atome wurde später in den Labors des Physikalischen Insti-

Abbildung 1: *Johannes Geiss* testet 1971 in der Klimakammer der Contraves in Zürich das Funktionieren des für Apollo 16 modifizierten Sonnenwindsegels.

Bild: Universität Bern

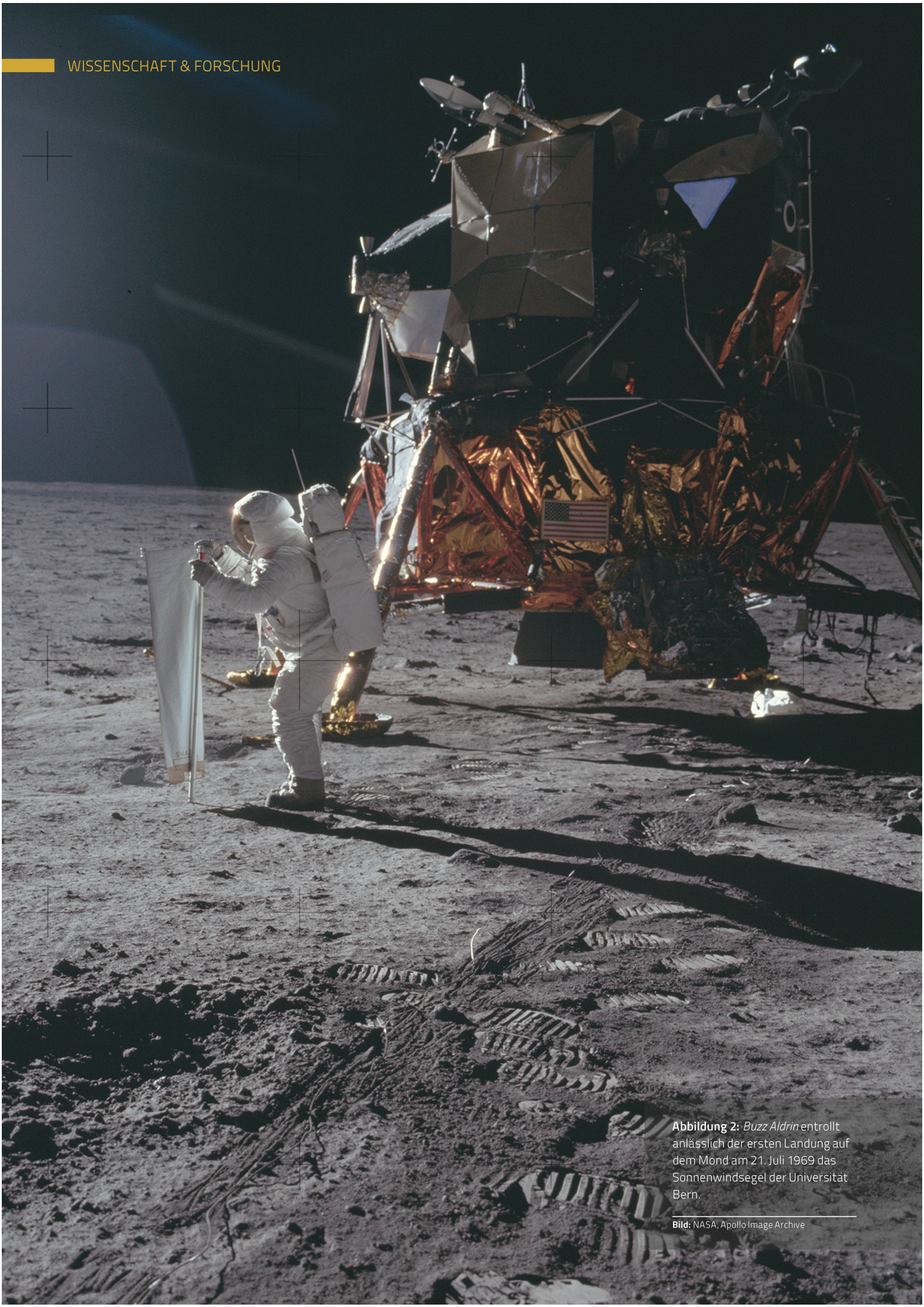

Abbildung 2: *Buzz Aldrin* entrollt anlässlich der ersten Landung auf dem Mond am 21. Juli 1969 das Sonnenwindsegel der Universität Bern.

Bild: NASA, Apollo Image Archive

Johannes Geiss, 1998

«Von der Sonne strömen fortwährend Ionen und Elektronen mit einer Geschwindigkeit von über 1 Million km/h ins Weltall. Dieser Sonnenwind kommt auf der Erde nicht an, da er von der Atmosphäre und von der Magnetosphäre gebremst und abgelenkt wird. Unverfälschte Ergebnisse über den Sonnenwind sind nur im freien Raum oder dann auf einem Himmelskörper zu erhalten, der, wie der Mond, praktisch keine Atmosphäre besitzt.»

tuts in Bern ausgewertet). Das Experiment wurde später bis Apollo 16 fortgesetzt, nur bei der letzten Mondlandung war es nicht mehr dabei. Die Universität Bern war schliesslich an insgesamt sechs Apollo-Missionen beteiligt (allerdings blieb bei Apollo 13 die Landung auf dem Mond aus, weil während des Fluges ein Sauerstofftank explodiert war – die Rettung der Astronauten hatte Vorrang).

Wie kam es zu dieser Mitarbeit der Berner? Schon Jahre vor der ersten Mondlandung begannen Wissenschaftler, Vorschläge für wissenschaftliche Experimente für die geplante Mondfahrt zu machen. Die Berner Physiker *Johannes Geiss*, *Peter Eberhardt* und *Peter Signer* (dieser arbeitete damals in den USA, später wurde er Professor an der ETH Zürich) schlugen nach eingehender Beratung eben das Sonnenwind-Experiment vor.

Im Herbst 1965 kamen NASA-Experten, darunter der Astronaut *Don Lind*, nach Bern, um den Berner Experiment-Vorschlag näher unter die Lupe zu nehmen.

«Inzwischen waren Vorarbeiten und Tests, bei denen sich die damaligen Studenten Fritz Bühler und Jürg Meister bewährten, in vollem Gange. Wichtige Fragen waren aber noch zu klären: Wie liess sich die Aufstellung des «Sonnenwindsegels» auf dem Mond verwirklichen? Konnte der Sonnenwind die Mondoberfläche überhaupt erreichen? Mit den damaligen beschränkten Kenntnissen über die Dichte der Mondatmosphäre oder die Stärke des dortigen Magnetfeldes war diese Frage nicht eindeutig zu beantworten», schrieb *Johannes Geiss* 1998.

DIE ENTSCHEIDUNG

Entscheidend wurde das Jahr 1967: Damals nahm *Geiss* an einem NASA-Meeting in Kalifornien teil, bei dem die zukünftigen Landeplätze auf dem Mond ausgewählt und die Exkursionen und wissenschaftlichen Tätigkeiten der Astronauten im einzelnen festgelegt wurden. Bei diesem Meeting wurde das Schweizer «Sonnenwindsegel» gesamthaft ins Programm aufgenommen. Akzeptiert wurde auch der Berner Vorschlag, sich an den Untersuchungen von Mondgestein zu beteiligen und insbesondere Altersbestimmungen und andere Isotopenuntersuchungen vorzunehmen. An diesem Meeting wurde allerdings keineswegs zugesagt, dass das Berner Sonnenwind-Experiment gleich bei der ersten Mondlandung zum Zuge kommen würde – dieser Beschluss fiel erst Ende 1968. *Johannes Geiss* weilte damals im Rahmen eines Sabbaticals während neun Monaten in Houston. Er konnte mitverfolgen, wie das Mondlandeprogramm von den Astronauten *Neil Armstrong* und *Edwin «Buzz» Aldrin* auf der Erde so eingeübt wurde, bis alle Griffe automatisch abliefen: Geübt wurden das Ein- und Aussteigen, die Bewegung in der Schwerelosigkeit, die Arbeit im Raumschiff und

Weltraumforschung an der Universität Bern

Die Universität Bern nimmt seit über 50 Jahren an Missionen der Weltraumorganisationen ESA und NASA und weiteren internationalen Weltraumaktivitäten teil. Ziel der Berner Weltraumforschung war und ist, die die Entstehung und Entwicklung des Sonnensystems sowie den Ursprung des Lebens zu ergründen. Mit leistungsstärkeren Raketen und Raumsonden verlagerte sich das Forschungsinteresse immer weiter ins Weltall. So war Bern etwa an den Missionen zu den Kometen «Halley» und «Chury» beteiligt. Hinzu kam jüngst die Kamera CaSSIS an Bord einer Raumsonde, die zum Mars flog. 2018 sind Berner Instrumente mit der Mission BepiColombo zum Merkur aufgebrochen. Auf die Suche nach erdähnlichen Planeten ausserhalb unseres Sonnensystems, sogenannten Exoplaneten, macht sich ab Herbst 2019 das Berner Weltraumteleskop CHEOPS. Die Schweiz ist zum ersten Mal, zusammen mit der ESA, für eine ganze Mission verantwortlich – unter Leitung der Universität Bern. Eine Reise zum Jupiter mit Berner Beteiligung ist zudem für 2022 in Vorbereitung. Grund genug also, dass Bern diesen Juni ganz im Zeichen der Weltraumforschung und der ersten Mondlandung steht.

Ab 28. Juni feiert die Universität Bern unter dem Motto «Bern im All» mit der Bevölkerung ein grosses Wissenschaftsfest.

- → Eine spektakuläre Reise auf dem Bundesplatz entführt das Publikum in die faszinierenden Tiefen des Weltalls und zeigt ihnen die wichtigsten Meilensteine der Berner Weltraumforschung.
- → Führende Vertreterinnen und Vertreter der grossen Weltraumorganisationen diskutieren über die Zukunft der Weltraumforschung.
- → Der Raketenbauwettbewerb macht auch die Ältesten wieder zum Kind.
- → An der Nacht der Sterne werfen wir gemeinsam einen Blick in die unendlichen Weiten des Weltraums.

Eröffnung: Freitag, 28. Juni 2019, 17.30 Uhr, Bundesplatz Bern

Mehr Informationen: www.bern-im-all.ch

Text: **Fred Geiselmann**

später in der Landefähre, das Aufstellen des «Sonnenwindsegels», das Einsammeln von Mondgestein und das Schlafen.

«Jeder Handgriff musste simuliert werden, um einen realistischen Zeitplan aufstellen zu können. Wie bei der Pilotenausbildung wird viel Wert auf die richtige Reaktion bei Zwischenfällen und Pannen gelegt», erinnert sich *Geiss*.

Nun – die Mondlandung gelang. Bei der ersten Mondlandung weilte auch Prof. *Johannes Geiss* im Kontrollzentrum der NASA in Houston. Kaum hatten die beiden Astronauten Armstrong und Aldrin den Mond betreten, wurde auch schon das Sonnenwindsegel aufgestellt. Dies, noch bevor die amerikanische Flagge gehisst worden war.

«Um die Sonnenwindteilchen über eine möglichst lange Zeit einzusammeln, musste unser Experiment so früh wie möglich aufgestellt werden, und dies brachte das Sonnenwindsegel in Konkurrenz mit der amerikanischen Flagge», erzählt *Geiss*. *«Zusammen mit NASA-Wissenschaftlern vor Ort in Houston haben wir dann erreicht, dass unserem Experiment eine sehr hohe Priorität in der Reihenfolge der Astronautentätigkeiten auf dem Mond eingeräumt wurde. Schliesslich wurden dem Berner Experiment 70 Minuten zugestanden. Der erste Ausflug auf dem Mond dauerte insgesamt nur zweieinhalb Stunden.»*

Das erfolgreiche Sonnenwind-Experiment verschaffte den Berner Physikern damals eine unglaubliche Popularität: Kaum eine Zeitschrift und kaum ein TV-Sender, die nicht darüber berichtet hätten. Das Schweizer Sonnenwind-Experiment war nicht nur publizistisch, sondern auch wissenschaftlich ein voller Erfolg.

Geiss sagt: *«Die Resultate über die Isotopenzusammensetzung der Edelgase finden bis heute Verwendung auf dem Gebiet der Sonnenphysik und bei Fragen über die Bildung der Planeten, der Astrophysik bis hin zur Kosmologie. Die wissenschaftlichen Ziele sind vollständig erreicht worden.»*

Während das Sonnenwindsegel der Erforschung der Sonne und ihrer zeitlichen Entwicklung galt, dienten die meisten anderen Apollo-Experimente und die Analysen an Mondproben der Mondforschung. Auch hierzu hat die Universität Bern wichtige Beiträge geleistet.

Die Messungen des Sonnenwindes auf den Apollo Missionen machten den Anfang eines sehr erfolgreichen Forschungsprogrammes an der Universität Bern mit der satellitengestützten Erforschung der Sonne mit Raumsonden der ESA und NASA, welches bis heute läuft. So waren Instrumente der Universität Bern zum Beispiel an Bord der Missionen ISEE-3, Ulysses, WIND, SOHO, ACE, Genesis oder Solar Orbiter. <

Seltene Erden in der Atmosphäre eines Exoplaneten entdeckt

KELT-9 b ist der heisseste bislang bekannte Exoplanet. Im Sommer 2018 hat ein Team von Forschenden der Universitäten Bern und Genf Signaturen von gasförmigem Eisen und Titan in dessen Atmosphäre gefunden. Jetzt konnten dieselben Forschenden auch Spuren von verdampftem Natrium, Magnesium, Chrom und erstmals der seltenen Erden Scandium und Yttrium nachweisen.

Exoplaneten sind Planeten, die ausserhalb unseres Sonnensystems um andere Sterne als die Sonne kreisen. Seit der ersten Entdeckung Mitte der 90er-Jahre wurden weit über 3'000 Exoplaneten aufgespürt. Viele dieser Exoplaneten sind im Vergleich zu den Planeten in unserem Sonnensystem extrem: Es handelt sich um Gasriesen, die sehr nah um ihren Wirtsternen kreisen, manchmal innerhalb von wenigen Tagen. Solche Planeten gibt es in unserem Sonnensystem nicht, und ihre Existenz hat Vorhersagen darüber, wie und warum Planeten entstehen, widerlegt. In den letzten 20 Jahren haben Astronominnen und Astronomen aus der ganzen Welt Exoplaneten erforscht, um zu verstehen, wie diese entstanden sind, aus welchem Material sie zusammengesetzt sind und wie ihr Klima ist.

EIN EXTREMER GASRIESE

KELT-9 ist ein Stern, der sich 650 Lichtjahre von der Erde entfernt im Sternbild Cygnus (Schwan) befindet. Sein Exoplanet KELT-9b ist der bislang extremste dieser sogenannten «heissen Jupiter», weil er sehr eng um seinen Stern kreist, der fast doppelt so heiss ist wie die Sonne. Seine Atmosphäre erreicht dadurch eine Temperatur von etwa 4'000 °C. Bei dieser Hitze werden alle Elemente fast vollständig verdampft und Moleküle werden in ihre Atome zerlegt. Das bedeutet, dass die Atmosphäre von KELT-9b keine Wolken oder Aerosole enthält, der Himmel klar und meist durchlässig für das Licht seines Sterns ist.

Die Atome in der Atmosphäre des Exoplaneten absorbieren jeweils einen Teil des Lichts des Sterns. Jedes Atom hat so einen einzigartigen «Fingerabdruck» der Farben, die es absorbiert. Diese Fingerabdrücke können mit einem empfindlichen Spektrographen gemessen werden, der auf einem grossen Teleskop montiert ist. Daraus kön-

nen Astronominnen und Astronomen die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre von Exoplaneten ableiten, auch wenn sie viele Lichtjahre entfernt sind.

FUNDGRUBE EXOPLANET

Bereits im August 2018 machte ein Team von Forschenden des Nationalen Forschungsschwerpunkts PlanetS der Universitäten Bern und Genf mit dieser Technik eine interessante Entdeckung: «Wir benutzten den HARPS-North Spektrografen auf dem italienischen Telescopio Nazionale Galileo auf der Insel La Palma. «Damals fanden wir Eisen- und Titanatome in der heissen Atmosphäre von KELT-9 b», erklärt *Kevin Heng*, Direktor und Professor am Center for Space and Habitability (CSH) an der Universität Bern und Mitglied des Nationalen Forschungsschwerpunkts PlanetS. Das Team beobachtete das KELT-9-System ein zweites Mal, mit dem Ziel, die bisherigen Erkenntnisse zu bestätigen, aber auch um nach zusätzlichen Elementen zu suchen. Die Forschenden untersuchten die Daten nach 73 Atomen, darunter auch seltene Erden. Diese Metalle kommen auf der Erde nur selten vor und werden in modernen Materialien und Geräten eingesetzt. *Jens Hoeijmakers*, Erstautor der nun im Journal Astronomy & Astrophysics publizierten Studie und Postdoc am CSH sowie am Astronomy Department der Universität Genf, sagt: «Wir gingen davon aus, dass das Spektrum dieses Planeten eine Fundgrube sein könnte. Wir hofften, Elemente zu finden, die bisher noch nie in der Atmosphäre eines Exoplaneten beobachtet worden waren.»

Tatsächlich fanden die Forschenden starke Signale von verdampftem Natrium, Magnesium, Chrom und der seltenen Erden Scandium und Yttrium im Spektrum des Planeten – wobei die letzten drei noch nie zuvor in der Atmosphäre eines Exoplaneten nachgewiesen worden sind. «Wir können aufgrund unserer Analysen nun auch abschätzen, in welcher Höhe in der Atmosphäre des Planeten die Atome das Licht absorbieren», sagt *Jens Hoeijmakers*. Zudem wisse man nun mehr über die Winde hoch in der Atmosphäre, die Atome von einer Hemisphäre zur anderen blasen.

«Wir möchten mit dieser Technik noch viel mehr über die Atmosphäre dieses Exoplaneten, aber auch anderer Planeten erfahren, die ähnlich hohe Temperaturen aufweisen wie KELT-9 b», so *Hoeijmakers*. *Heng* ergänzt: «Die Chancen stehen gut, dass wir mit derselben Technik dereinst sogenannte Biosignaturen, also Anzeichen für Leben, auf einem Exoplaneten finden werden. Letztendlich wollen wir mit unserer Forschung die Entstehung und Entwicklung des Sonnensystems sowie den Ursprung des Lebens ergründen.»

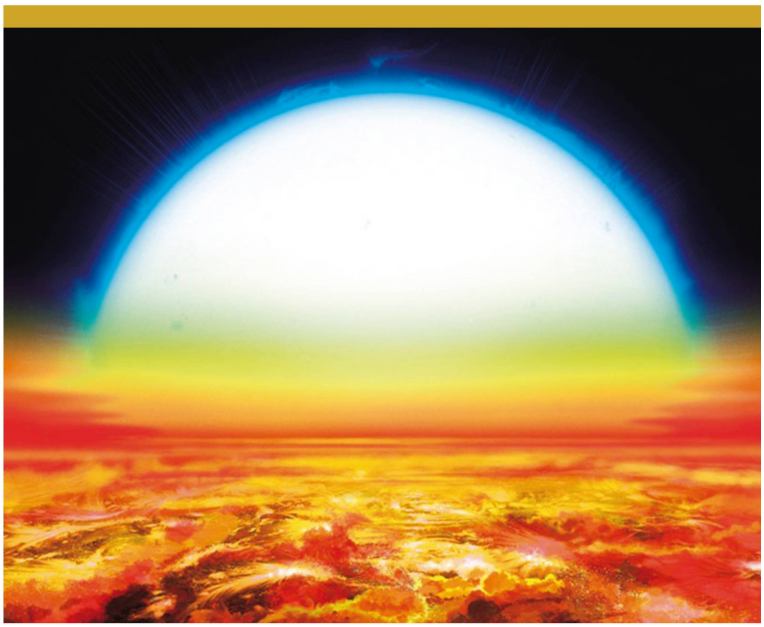

Abbildung 1: Künstlerische Ansicht eines Sonnenuntergangs über KELT-9b. Unter dieser sengenden Sonne ist die Atmosphäre des Planeten warm genug, um in rötlich-orangenen Tönen zu leuchten und Schwermetalle wie Eisen und Titan zu verdampfen.

Bild: Denis Bajram