

**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft  
**Band:** 78 (2020)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Bebenaktivität auf dem Mars  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1007081>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.03.2025

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

## NASA-InSight-Mission

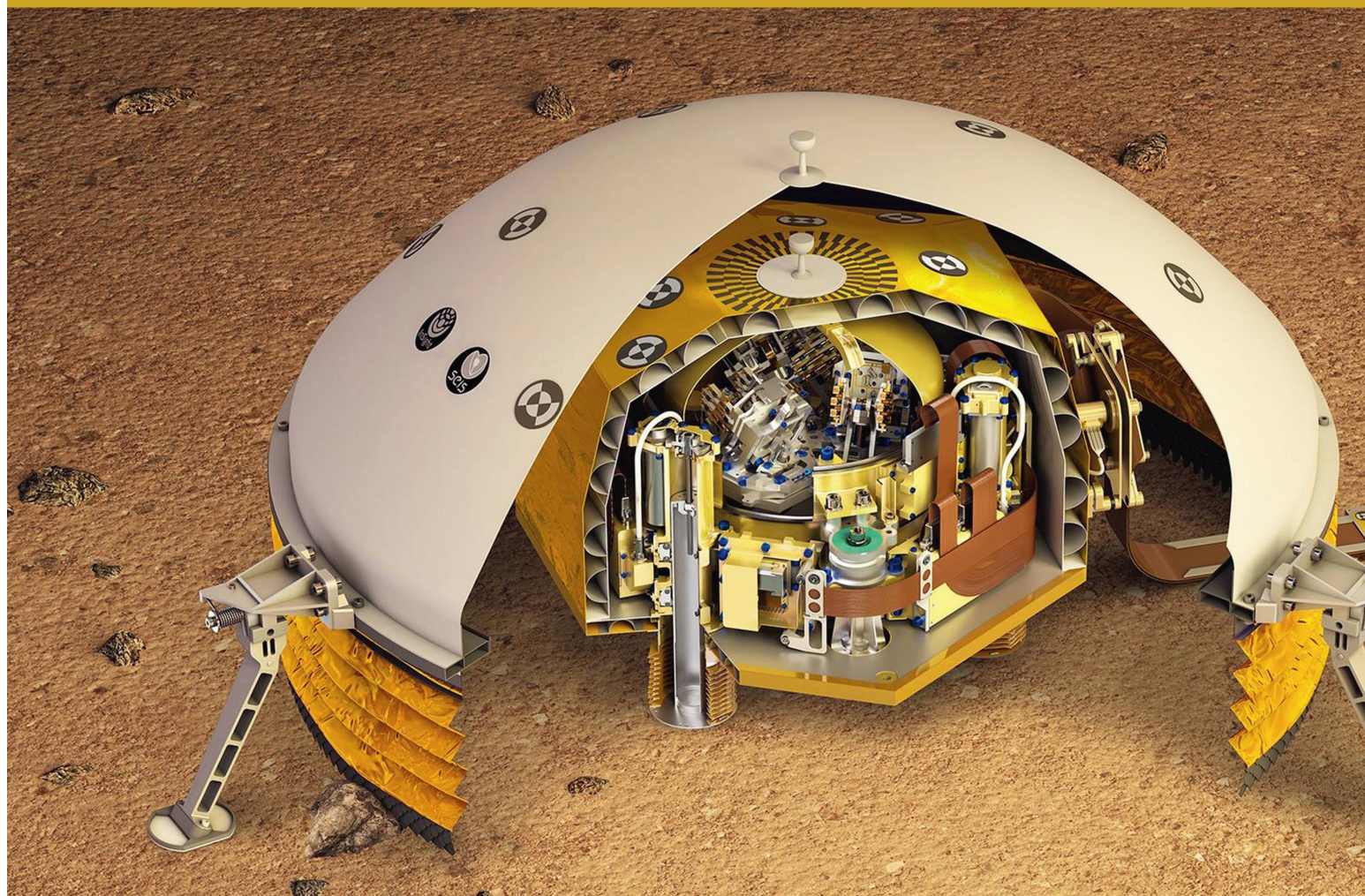
# Bebenaktivität auf dem Mars

**Mars ist seismisch aktiv. Das zeigen erste wissenschaftliche Analysen von Forschenden der ETH Zürich und ihren Partnern fünfzehn Monate nach der erfolgreichen Landung der NASA-InSight-Mission auf dem Planeten. Die aufgezeichneten Daten ermöglichen es, das Marsinnere näher zu bestimmen und erfüllen damit ein wichtiges Ziel der InSight-Mission.**

Am 26. November 2018 setzte der InSight-Lander der NASA in der Region Elysium Planitia erfolgreich auf dem Mars auf. Siebzig Marstage später begann das Seismometer «SEIS» der Mission, Erschütterungen des Planeten aufzuzeichnen. Ein Team von Forschenden und Ingenieuren der ETH Zürich unter der Leitung von ETH-Professor *Domenico Giardini* hat die Steuerelektronik für SEIS entwickelt und ist für den Marsbebendienst verantwortlich.

Letzterer ist in Zusammenarbeit mit dem Schweizerischen Erdbebendienst an der ETH Zürich für die tägliche Interpretation der vom Mars gesendeten Daten zuständig.

Nun hat die Zeitschrift *Nature Geoscience* eine Reihe von Artikeln veröffentlicht, welche über die Ergebnisse der Mission bis Ende September 2019 auf dem Mars berichten. In diesem Zeitraum hat InSight 174 Ereignisse aufgezeichnet. Zwischenzeitlich wurden



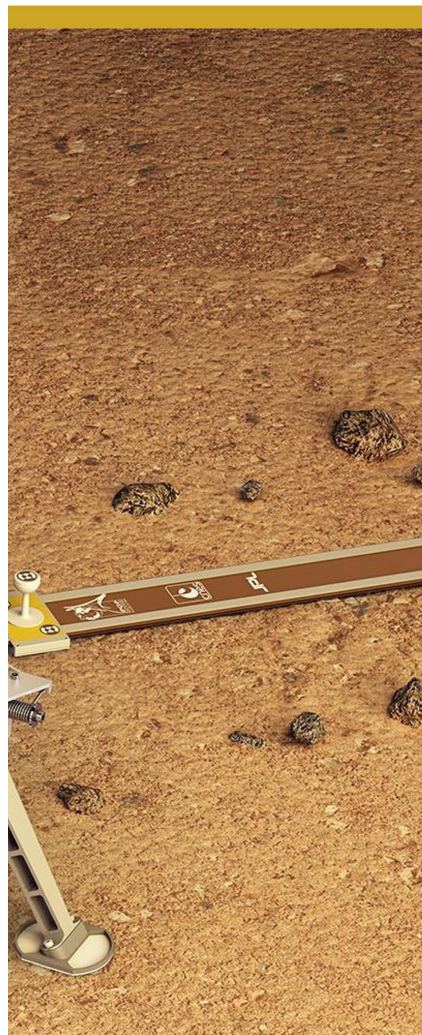
die Messungen fortgesetzt und insgesamt über 450 Marsbeben beobachtet, die noch nicht alle detailliert ausgewertet werden konnten. Das entspricht im Durchschnitt etwa einem Ereignis pro Tag. Die Daten ermöglichen den Forschenden festzustellen, wie sich seismische Wellen durch den Planeten ausbreiten. Ähnlich wie Röntgenstrahlen durchdringen sie das Planeteninnere und machen dessen Beschaffenheit sichtbar. Vor der Landung von InSight hatten Forschende ein breites Spektrum an Modellen entwickelt, die aufzeigen, wie sich die innere Struktur des Planeten möglicherweise entwickelt hat. Die aufgezeichneten Marsbeben erlauben es nun bereits nach wenigen Monaten besser zu verstehen, wie der Planet aufgebaut ist und räumen bisher bestehende Ungewissheiten aus.

Marsbeben ähneln Erdbeben, haben in der Regel aber kleinere Magnituden. Die 174 in den Artikeln beschriebenen Marsbeben lassen sich in zwei Kategorien einteilen. Zur ersten gehören 24, niederfrequente Erschütterungen mit Magnituden zwischen 3 und 4, deren Wellen sich durch den Marsmantel ausbreiten. Zur zweiten gehören 150 Ereignisse mit vergleichsweise kleineren Magnituden, geringerer Herdtiefe und Wellen mit höherer Frequenz, die in der Kruste des Mars gefangen bleiben. *«Marsbeben weisen ähnliche Eigenschaften auf, wie sie bereits während der Apollo-Ära auf dem Mond beobachtet wurden. Sie dauern lange (10 bis 20 Minuten), da ihre Wellen aufgrund von Eigenheiten der Marskruste stark streu-*

*en»*, erläutert der ETH-Professor. *«In der Regel», so Giardini, «ist es schwierig, Marsbebendaten zu interpretieren. In den meisten Fällen kann man nur die Entfernung bestimmen, aber nicht die Richtung, aus der die Wellen kommen.»*

InSight leitet eine neue Ära der planetaren Seismologie ein. Die Leistungsfähigkeit des SEIS hat bislang die Erwartungen übertroffen. Insbesondere in Anbetracht der rauen Bedingungen auf dem Mars, die jeden Tag von Temperaturen zwischen minus 80 und 0 Grad Celsius und von starken Winden gekennzeichnet sind. Vor allem tagsüber schütteln diese Winde den InSight-Lander und seine Instrumente, was zu vielen Störgeräuschen führt. Bei Sonnenuntergang legen sich aber die Winde und ermöglichen es, die bisher leisesten seismischen Daten des gesamten Sonnensystems aufzuzeichnen. Die von SEIS erkannten Beben haben sich daher vorwiegend in den ruhigen Nachtstunden ereignet. Die schwierigen Bedingungen machen es zudem herausfordernd, seismische Ereignisse von anderen Signalen zu unterscheiden, die von Bewegungen des Landers, von anderen Instrumenten oder von der Atmosphäre stammen.

SEIS erfasst auch das Hämmern der Wärmeflusssonde HP3 (ein weiteres InSight-Experiment) sowie vorbeiziehende Wirbelwinde (Staubteufel). Dies ermöglicht es, die physikalischen Eigenschaften der unmittelbar unter SEIS liegenden Bodenschichten



**Abbildung 1:** SEIS-Experiment zur Aufzeichnung von Marsbebenwellen.

Bild: NASA/JPL-Caltech/CNES/IPGP

abzubilden. Daher ist bekannt, dass SEIS auf einer dünnen, sandigen Schicht von wenigen Metern Tiefe gelandet ist, die in Mitte eines 20 Meter grossen alten Einschlagkraters liegt. In grösserer Tiefe weist die Marskruste Eigenschaften auf, die mit den kristallinen Grundgebirgen der Erde vergleichbar sind. Sie scheint aber stärker zerklüftet zu sein. Die Art und Weise, wie sich die seismischen Wellen ausbreiten, legt zudem nahe, dass der obere Mantel diese im Vergleich zum unteren Mantel stärker dämpft.

Bisher wurden in der Nähe der Station keine Marsbeben aufgezeichnet, was darauf hindeutet, dass InSight in einer seismisch eher ruhigen Region des Mars gelandet ist. Die drei grössten Ereignisse ereigneten sich in der Region Cerberus Fossae, die etwa 1'500 km entfernt liegt. Dabei handelt es sich um ein tektonisches Grabensystem, das durch das Gewicht des Elysium Mons, des grössten

Vulkans in der Elysium-Planitia-Region, verursacht wurde. Es besteht daher die starke Vermutung, dass die seismische Aktivität auf dem Mars nicht nur eine Folge der Abkühlung und damit des Schrumpfens des Planeten ist, sondern auch durch tektonische Spannungen verursacht wird. Die gesamte auf dem Mars freigesetzte seismische Energie liegt zwischen derjenigen der Erde und derjenigen des Mondes.

In Verbindung mit anderen Messungen sind die mit SEIS gewonnenen Daten zudem sehr nützlich, um meteorologische Prozesse auf dem Mars besser zu verstehen. Das Seismometer erfasst nicht nur Winde, sondern reagiert auch auf atmosphärischen Druck, was es erlaubt, die für den Mars charakteristischen meteorologischen Phänomene zu bestimmen. Dazu gehören unter anderem die nachmittäglich am Lander vorbeiziehenden Wirbelwinde. <

## Rätsel um Stickstoff dank nachgebildeten Kometen gelöst

Kometen und Asteroiden sind Objekte in unserem Sonnensystem, die sich seit der Entstehung der Planeten nur wenig entwickelt haben. So sind sie in gewisser Weise die Archive des Sonnensystems, und die Bestimmung ihrer Zusammensetzung könnte auch zu einem besseren Verständnis der Entstehung der Planeten beitragen. Eine Möglichkeit, die Zusammensetzung von Asteroiden und Kometen zu bestimmen, ist, das von ihnen reflektierte Sonnenlicht zu untersuchen, da die Materialien auf ihrer Oberfläche das Sonnenlicht mit bestimmten Wellenlängen absorbieren. Man spricht vom Spektrum eines Kometen, das bestimmte Absorptionsmerkmale aufweist. Von August 2014 bis Mai 2015 hatte der Spektrometer VIRTIS (Visible, InfraRed and Thermal Imaging Spectrometer) an Bord der Raumsonde Rosetta der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) die Oberfläche des Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko, kurz Chury genannt, kartiert. Die von VIRTIS gesammelten Daten zeigten, dass die Kometenoberfläche in Bezug auf die Zusammensetzung fast überall einheitlich ist: Die Oberfläche ist sehr dunkel und rötlich gefärbt, bedingt durch komplexe, kohlenstoffhaltige Verbindungen und undurchsichtige Mineralien. Jedoch war die genaue Art der Verbindungen, die für die gemessenen Absorptionsmerkmale von Chury verantwortlich sind, bis anhin nur schwer zu bestimmen.

Um festzustellen, welche Verbindungen für die Absorptionsmerkmale verantwortlich sind, haben die Forschenden um *Olivier Poch* vom Institut für Planetologie und Astrophysik der Universität Grenoble Alpes Laborexperimente durchgeführt, in denen sie Kometen nachbildeten und Bedingungen wie im Weltraum simulierten. *Poch* hatte die Methode gemeinsam mit Berner Forschenden entwickelt, als er noch am Physikalischen Institut der Universität Bern tätig war. Die Forschenden testeten verschiedene in Frage kommende Verbindungen auf den nachgebildeten Kometen und massen deren Spektren, genauso wie das Instrument VIRTIS es an Bord von Rosetta mit der Oberfläche von Chury getan hatte. Die Experimente zeigten, dass für das bestimmte Spektrum von Chury Ammoniumsalze verantwort-

lich sind. *Antoine Pommerol* vom Physikalischen Institut der Universität Bern ist einer der Ko-Autoren der Studie, die heute im Journal Science erscheint. Er erklärt: «Während *Olivier Poch* an der Universität Bern arbeitete, haben wir gemeinsam Methoden und Vorgehen entwickelt, um Nachbildungen von Oberflächen von Kometenkernen herzustellen.» Unter simulierten Weltraumbedingungen seien die nachgebildeten Kometenoberflächen verändert worden, indem das Eis auf diesen Oberflächen sublimiert worden sei. «Diese realistischen Laborsimulationen ermöglichen es uns, Laborergebnisse und Daten zu vergleichen, die von den Instrumenten auf Rosetta oder anderen Kometenmissionen aufgezeichnet wurden. Die neue Studie baut genau auf diesen Methoden auf, um das stärkste spektrale Merkmal zu erklären, welches das VIRTIS Spektrometer bei Chury beobachtet hat», so *Pommerol* weiter. *Nicolas Thomas*, Direktor des Physikalischen Instituts der Universität Bern und ebenfalls Ko-Autor der Studie, sagt: «Unser Labor in Bern bietet ideale Möglichkeiten, um mit Experimenten Ideen und Theorien zu testen, die aufgrund von Daten formuliert worden sind, die Instrumente auf Weltraummissionen gesammelt haben. So kann sichergestellt werden, dass die Interpretationen der Daten wirklich plausibel sind.»

Die Ergebnisse decken sich mit denjenigen des Berner Massenspektrometers ROSINA, das ebenfalls an Bord von Rosetta Daten zu Chury gesammelt hatte. Eine im Februar in Nature Astronomy publizierte Studie unter der Leitung der Berner Astrophysikerin *Kathrin Altwegg* hatte erstmals Stickstoff, einen der Grundbausteine des Lebens, bei einem Kometen nachgewiesen. Dieser hatte sich in der nebulösen Hülle von Chury in Form von Ammoniumsalzen «versteckt», deren Vorkommen man bisher nicht messen konnte. Obwohl die genaue Salzmenge anhand der vorhandenen Daten nach wie vor schwer abzuschätzen ist, ist es wahrscheinlich, dass diese Ammoniumsalze den grössten Teil des im Kometen Chury vorhandenen Stickstoffs enthalten. Die Ergebnisse tragen gemäss den Forschenden auch dazu bei, die Entwicklung von Stickstoff im interstellaren Raum und seiner Rolle in der präbiotischen Chemie besser zu verstehen. <