InSights Blick geht in die Tiefe : das Innenleben von Mars

Autor(en): **Baer, Thomas**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **76 (2018)**

Heft 2

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-914015

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

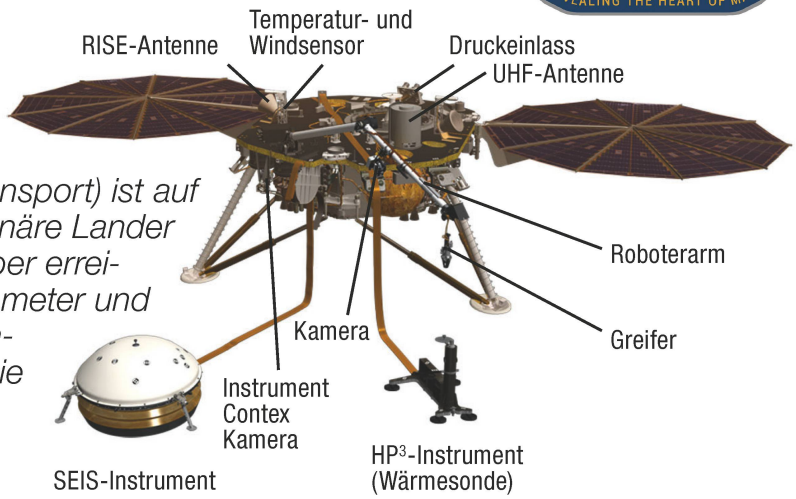
http://www.e-periodica.ch

InSights Blick geht in die Tiefe

Das Innenleben von Mars

Von Thomas Baer

Der Start der NASA-Mission InSight (Interior Exploration using Seismic Investigations, Geodesy and Heat Transport) ist auf den 5. Mai 2018 terminiert. Der stationäre Lander soll den roten Planeten Ende November erreichen. Ausgestattet mit einem Seismometer und einer Wärmesonde wollen die Wissenschaftler mehr über das Innere und die frühe geologische Entwicklung von Mars erfahren.



In einem guten Monat soll, wenn alles klappt, der InSight Lander endlich mit einer Atlas V-401-Rakete von der Vandenberg Air Force Base in Kalifornien abheben. Ursprünglich hätte die Mission bereits vor zwei Jahren starten sollen, doch ein irreparables Dichtheitsproblem im Seismometer SEIS, dem Kernstück der Mission, verzögerte die Reise. Der günstige Moment der damaligen Marsopposition war damit verpasst, eine nächste Gelegenheit ergibt sich nun vom 5. Mai (05:00 Pacific Standard Time) bis 8. Juni mit täglichen Startfenstern von rund zwei Stunden. Wenn alles klappt, sollte der InSight-Lander am 26. November auf dem roten Planeten im Gebiet Elysium Planitia landen. Das primäre Ziel der auf zwei Jahre ausgelegten Mission ist die geologische Erforschung des Marsinnern. Die Wissenschaftler wollen besser verstehen, wie der rote Planet tatsächlich aufgebaut ist und wie er sich frühgeologisch entwickelt hat. Bisher kennen wir seine Oberfläche recht gut und lernen fast täglich neu dazu. Eine Plattentektonik, wie wir sie auf der Erde kennen, gibt es auf Mars nicht.

Seismometer und Wärmeflusssonde

Ausgestattet ist der InSight-Lander mit einem Seismometer, dem Seismic Experiment for Interior Structure (SEIS), das Marsbeben aufzeichnet, die Erschütterungen von Meteoriteneinschlägen registriert und heisses Magma in der Tiefe aufspürt, um so Aufschlüsse über den inneren Aufbau unseres äusseren Nachbarplaneten zu liefern. Die heutige Annahme geht von einem

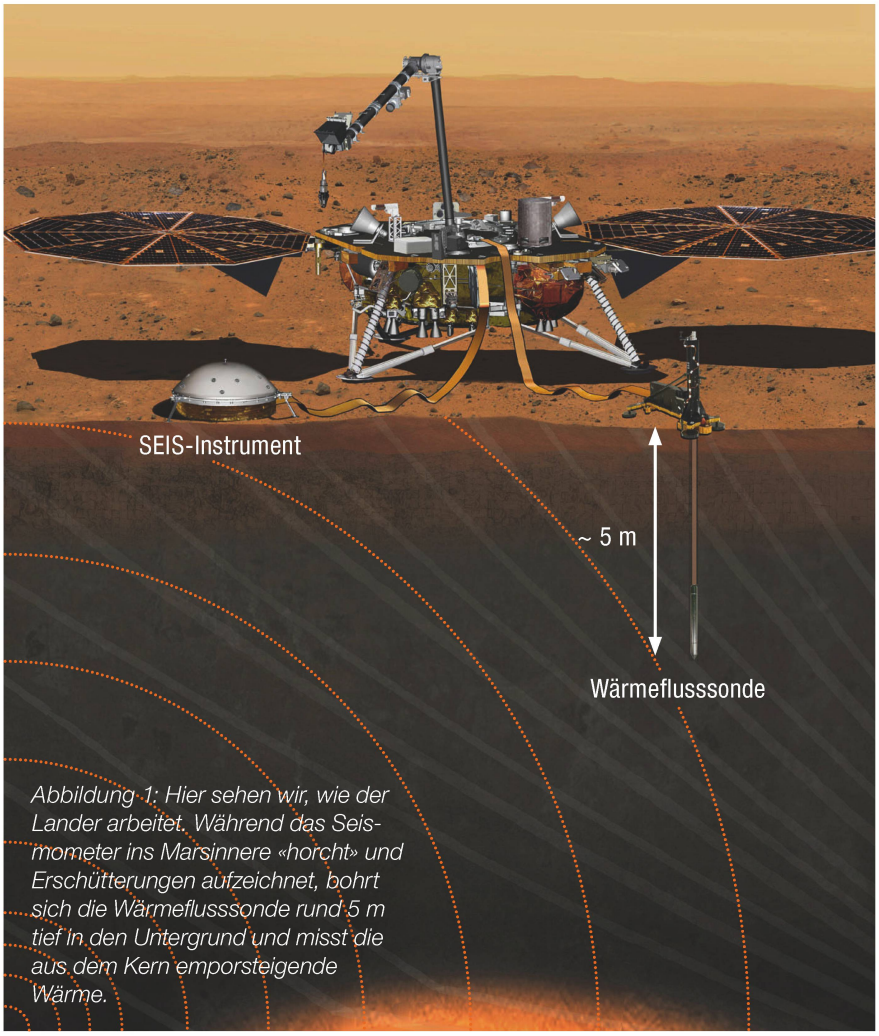


Abbildung 1: Hier sehen wir, wie der Lander arbeitet. Während das Seismometer ins Marsinnere «horcht» und Erschütterungen aufzeichnet, bohrt sich die Wärmeflusssonde rund 5 m tief in den Untergrund und misst die aus dem Kern emporsteigende Wärme.

Bild: NASA

3'040 bis 3'680 km mächtigen Kern aus, der grösstenteils aus flüssigem Eisen mit einem Schwefelanteil von 14 bis 17 Prozent besteht. Diese Daten hat der Mars Global Surveyor ermittelt. Grundsätzlich ist aber über das Innenleben des roten Planeten noch wenig bekannt. Die Planetologen gehen jedoch von einem Schalenaufbau ähnlich dem der Erde aus. Messungen des Mars Global Surveyor ergaben eine Kerntemperatur von 1'500 °C und einen Druck von 23 Gigapascal. Der Kern, der von einem Silikatmantel umgeben ist, scheint jedoch nicht fest, sondern durchgehend flüssig zu sein. Die Mantelregion ist heute höchstwahrscheinlich inaktiv.
Im Vergleich zur Erde hat die Marskruste eine Mächtigkeit von durchschnittlich 50 km. Betrachtet man dies unter dem Aspekt der relativen Grösse der beiden Planeten, so ist sie fast 0.7 Mal dicker.
Das SEIS-Instrument, ein halbrundes, kuppelförmiges Gehäuse, wurde von der Französischen Raumfahrtagentur (CNES) und der Mitwirkung des Institut de physique du globe de Paris (IPGP), der ETH Zürich, des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung (MPS), dem Imperial College London, dem Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace (ISAE) und dem Jet Propulsion Laboratory konzipiert.
Das zweite Herzstück des Landers ist die vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) zur Verfügung gestellte Wärmesonde Heat Flow and Physical Properties Package, kurz HP^3. Wie in Abbildung 1 dargestellt, bohrt sich die Sonde rund 5 Meter tief in den Marsuntergrund, tiefer als dies je zuvor geschehen ist. Sie ist eine Art Fiebermesser und ermittelt die Wärme, welche vom Marskern nach oben steigt. Damit erhoffen sich die Forscher wesentliche Erkenntnisse über die frühe und aktuelle Thermalgeschichte von Mars.
Das Rotation and Interior Structure Experiment (RISE) bestimmt zudem die exakte Eigenrotation des Planeten und ermöglicht den Planetenforschern so wertvolle «Einblicke» auf den inneren Bau des Planeten und gibt mögliche Hinweise auf andere Elemente neben Eisen. Es wird sich also weisen, ob und inwiefern die bisherigen Annahmen mit den erstmaligen Messungen von InSight übereinstimmen werden oder es die eine oder andere Überraschung gibt.

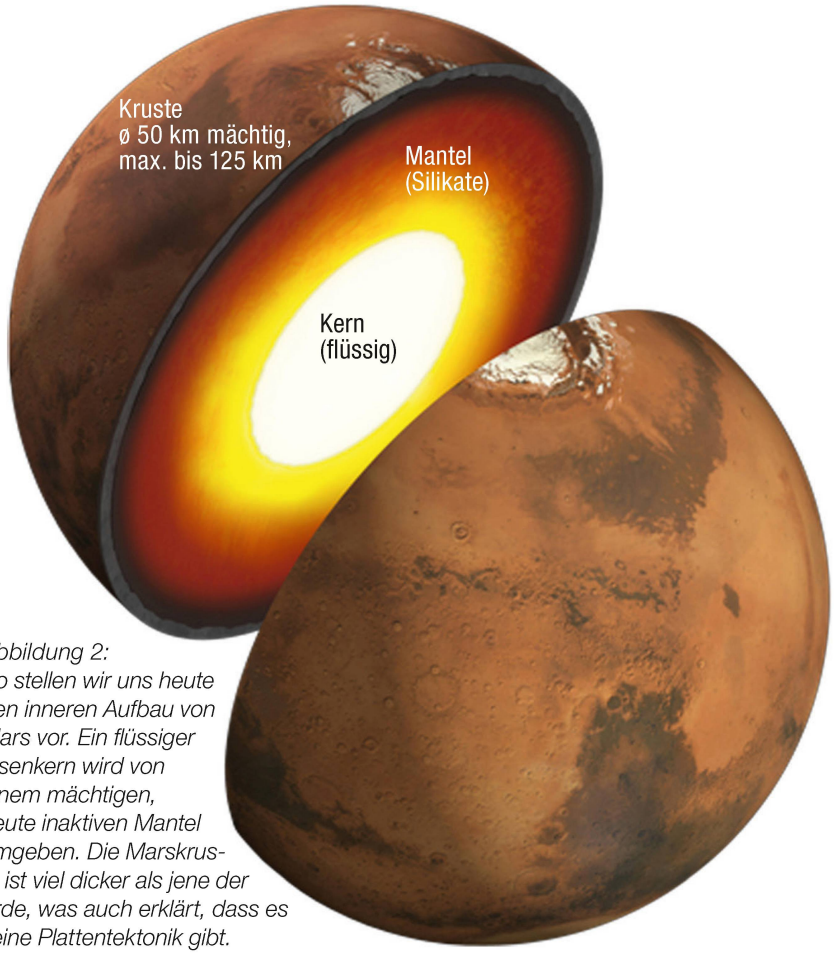


Abbildung 2: So stellen wir uns heute den inneren Aufbau von Mars vor. Ein flüssiger Eisenkern wird von einem mächtigen, heute inaktiven Mantel umgeben. Die Marskruste ist viel dicker als jene der Erde, was auch erklärt, dass es keine Plattentektonik gibt.

Bordkameras überwachen die Funktionen

Kontrolliert werden die Absetzung des Seismometers und die Platzierung der Wärmesonde durch eine Kamera am Roboterarm des Landers sowie einer fixen 3D-Kamera auf dessen Struktur.
Sie sind die Augen der Wissenschaftler und unterstützen diese bei der Auswahl einer geeigneten Bohrstelle. Die bewegliche Kamera am Roboterarm ist überdies in der Lage, 45-Grad-Panoramabilder des Landeplatzes in schwarz-weiss aufzunehmen, die dann zu einem 360°-Panorama zusammengefügt werden können.
Die zweite Kamera des Landers, die Instrument Context Camera (ICC), befindet sich direkt unter dem Deck, auf der Seite des Landers, die dem Arbeitsbereich zugewandt ist. Sie sieht den Bodenbereich und ist in Reichweite des Arms. Die ICC hat eine «Fischaugen»-Linse mit einem Sichtfeld von 120° eingebaut. Diese ermöglicht Weitwinkelansichten des gesamten Arbeitsbereichs.
Wie die Navcam basiert sie auf einer ähnlichen Kamera, wie sie auf den beiden Rovern Opportunity and Curiosity eingesetzt wird. Sie ist unterseitig am Landerdeck befestigt und bietet eine ergänzende Ansicht des gesamten Instrumenteneinsatzbereichs.

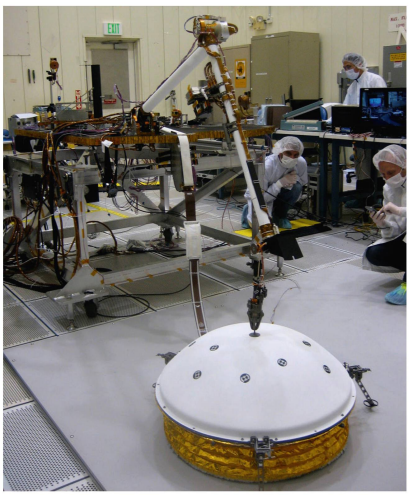


Bild: NASA/JPL-Caltech

Abbildung 3: Am 4. März 2015 wurde das Seismometer SEIS vom Roboterarm von InSight in einem Testlauf auf den Boden abgesetzt.

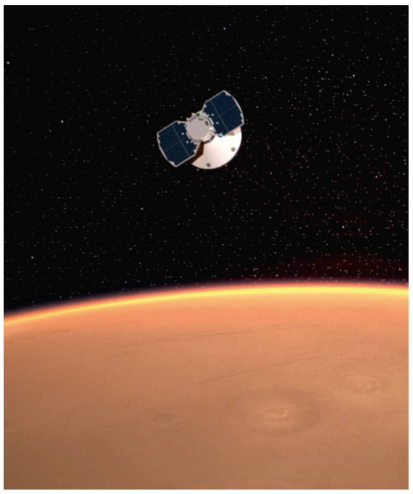


Bild: NASA

Abbildung 4: Schon zwei Monate vor der Ankunft werden Bahnkorrekturen vorgenommen sowie die Bordcomputer upgedatet.

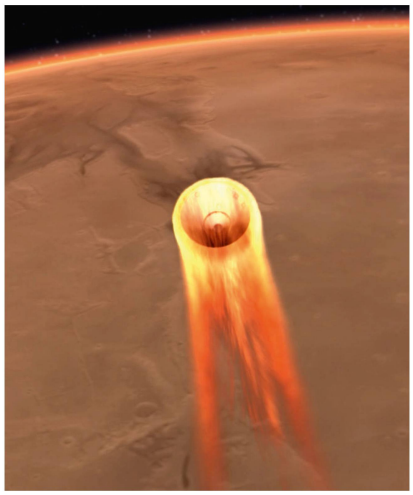


Bild: NASA

Abbildung 5: Nach nur 6 Minuten feurigem Flug durch die Marsatmosphäre soll InSight am 26. November 2018 sicher auf dem Mars landen.

Beide Kameras haben einen quadratischen CCD-Detektor (Charge Coupled Device) mit einer Auflösung von 1'024 x 1'024 Pixeln.

Anflug auf Mars

Die Vorbereitungen der Ankunft des Raumfahrzeugs beginnen schon Ende September, also zwei Monate bevor InSight in die Marsatmosphäre eintaucht. In dieser Phase werden allfällige Kurskorrekturen vorgenommen und letzte Tests sowie Updates der Computersoftware durchgeführt. Die Landung erfolgt über weite Strecken automatisiert, gesteuert von der Lande-Software. Während der gesamten Anflugphase wird die vom Deep Space Network angeforderte Nachverfolgung wesentlich erhöht, um den Ingenieuren in den letzten Wochen vor der Ankunft eine genaue Überwachung der Flugbahn sowie die optimale Ausrichtung des Raumfahrzeugs für das spätere Abtrennen des InSight-Landers zu garantieren.

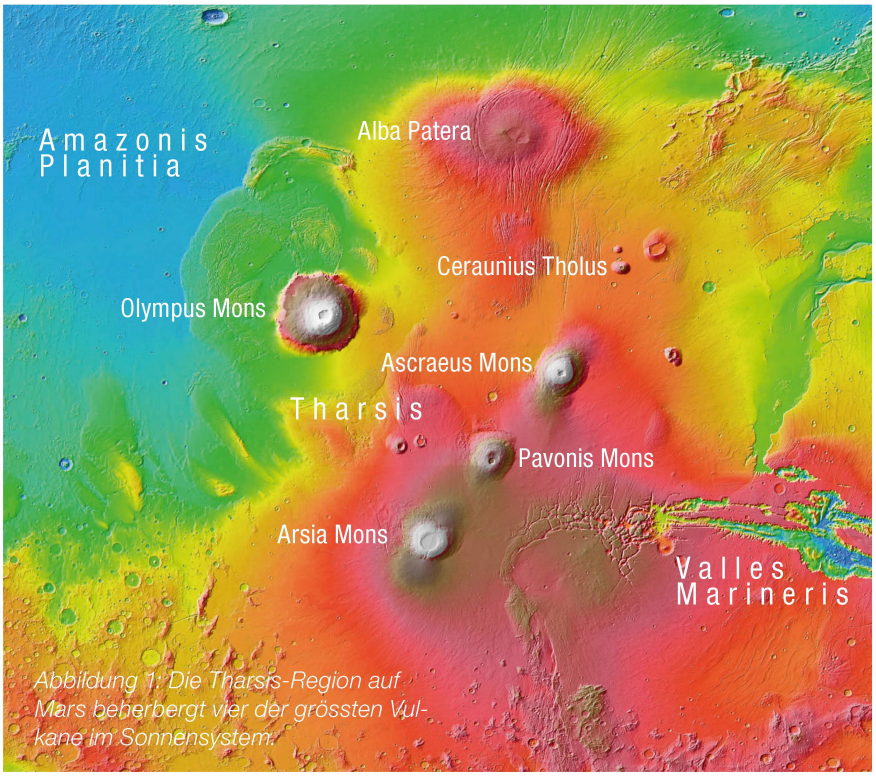
Der voraussichtliche Landetermin ist der 26. November 2018. Das ganze Manöver beginnt in einer Höhe von 128 km und dauert nur etwa 6 Minuten. Die NASA hat auf das bewährte Landesystem des Phoenix Mars Lander (2008) zurückgegriffen. Dieses wiegt weniger als die Airbags, die bei den Zwillingsrovern «Spirit» und «Opportunity» zum Einsatz kamen und ist weniger aufwändig als der «Skycrane» bei «Opportunity».

Ganz unproblematisch wird das Landemanöver nicht, denn im Unterschied zu Phoenix sinkt InSight mit 6.3 Kilometer pro Sekunde Geschwindigkeit schneller ab und ist mit einer Masse von 608 Kilogramm etwas schwerer. Ausserdem landet InSight in einem Gebiet, das rund 1.5 Kilometer höher liegt als jenes von Phoenix. Somit bleibt weniger Atmosphäre für das Bremsmanöver. Heikel könnte der Ankunftszeitpunkt sein, da auf der Nordhalbkugel des Planeten der Herbst Einzug hält und es zu dieser Jahreszeit oft zu Staubstürmen kommen kann, die globale Ausmasse annehmen können. ▮

Die Tharsis-Region: Inaktive Riesenvulkane

Nach irdischen Massstäben ist der Schildvulkan Olympus Mons ein Gigant. Mit einem Durchmesser von annähernd 600 km würde er weite Teile Frankreichs bedecken und mit einer Gipfelhöhe von 26 km über der umliegenden Tiefebene Amazonis Planatia (22 km bezogen auf das Planetenniveau) den Mount Evererst um das Dreifache überragen. Auf seinem Gipfel gibt es eine gut 90 km durchmessende Einsturzcaldera. An seinen Flanken sind rinnenartige Strukturen auszumachen, vermutlich Relikte von Lavaströmen aus längst vergangener Zeit. Der Koloss ist terrassenförmig gebaut, was den Schluss nahelegt, dass Lava aus Spalten ausgetreten sein muss und als Lavadecken erstarrte.

Neben Olympus Mons gibt es in der Tharsis-Region noch drei weitere markante Vulkane, die schön in einer Linie aufgereiht sind. Im Gegensatz zu ihrem grösseren Bruder haben diese keine markanten Klippen. Anscheinend sind die Flanken von Olympus Mons, so die Vermutung der Planetenforscher, stark erodiert. Gut möglich, dass der Berg einst viel breiter war, und der Zahn der Zeit an ihm nagte und wir heute einen Kranz von Erosionsspuren sehen. Doch nicht alle Wis-



Karte: NASA

Abbildung 1: Die Tharsis-Region auf Mars beherbergt vier der grössten Vulkane im Sonnensystem.

senschaftler können sich mit der Erosionstheorie anfreunden, denn die erstarrte Lava scheint ausgesprochen widerstandsfähig zu sein. Einige Planetenforscher gehen daher einen Schritt weiter und vermuten, der Vulkanriese könnte als Ganzes aus seiner Umgebung herausgehoben worden sein.
Wie aber die Marsvulkane derartige Höhen erreichen konnten, hat verschiedene Ursachen. Im Unterschied zur Erde gibt es auf dem roten Planeten keine Plattentektonik. Die Marsoberfläche sowie das Marsinnere müssen sich wesentlich rascher abgekühlt haben. Auf der Erde entstehen Schildvulkane über sogenannten «Hot Spots». Eines der schönsten Beispiele ist Hawaii. Die Pazifische Platte driftet mit ca. 10 cm pro Jahr in Richtung Nordwesten über den «Hot Spot» hinweg und erklärt damit die Inselgirlande, welche sich sichtbar bis zum Midway-Atoll erstreckt und unter dem Meeresspiegel seine Fortsetzung bis vor die Aleuten hat, wo die Pazifische Platte unter die asiatische subduziert. So sind die Hawaii-Vulkane nur über eine gewisse Zeit aktiv, solange nämlich, wie sie vom «Hot Spot» gespiesen werden. Anscheinend war die Tharsis-Region neben Elysium Planitia eine der beiden Gebiete, in denen die Lava ausreichend Stärke erreichen konnte, um die Kruste zu durchbrechen.
Die Vorgänge können durchaus mit denen der irdischen «Hot Spots» verglichen werden. Da die Marskruste aber starr war, konnten die Vulkane so lange in die Höhe wachsen, bis der Magmanachschub versiegte. Die geringere Schwerkraft auf dem roten Planeten liess die Berge auch nicht unter ihrer eigenen Last zusammendrücken. Untersuchungen von Lavaströmen an den Flanken von Olympus Mons legen den Schluss nahe, dass dieser letztmals vor etwa zwei Millionen Jahren seinen letzten Ausbruch hatte. Geologisch gesehen ist er längst inaktiv.
Auch auf der südlichen Halbkugel von Mars wurden vulkanische Strukturen ausgemacht. Diese haben im Vergleich zu den Tharsis- und Elysium-Vulkanen ein weit höheres Alter und sind stark erodiert. ▮ (Redaktion)

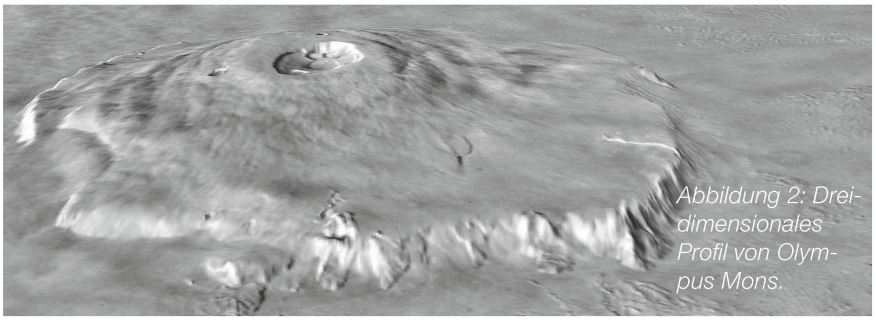


Bild: NASA/MOLA Science Team

Abbildung 2: Dreidimensionales Profil von Olympus Mons.

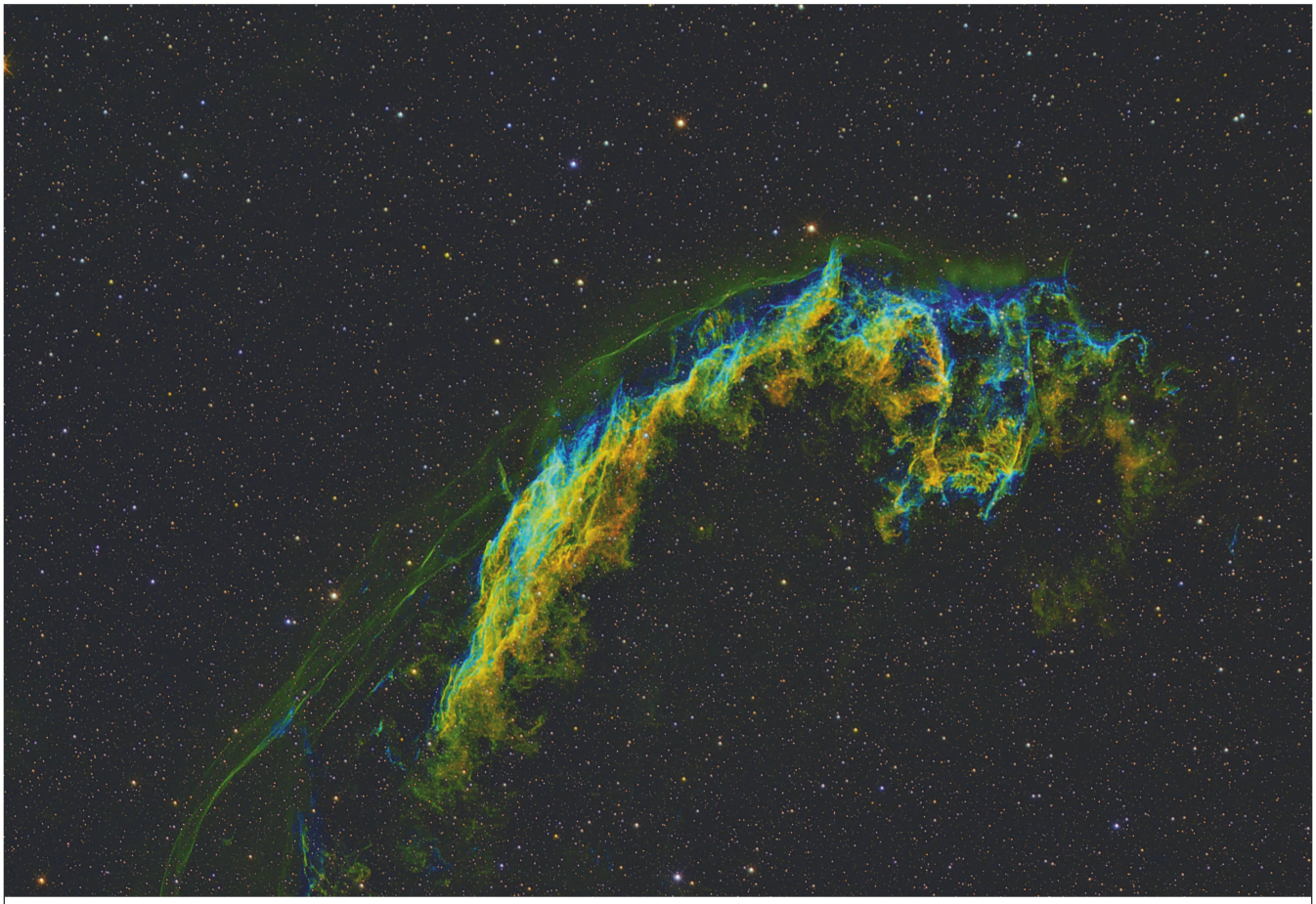


Bild: Josef Käser / Weissenberge bei Matt

NGC 6995 – Der Cirrusnebel in einem ganz anderen Licht

Die Fotografie mit Schmalbandfiltern hat ihren besonderen Reiz darin, dass sich relativ lange Belichtungszeiten ohne völlig überstrahlte Sterne realisieren lassen. Dadurch zeigt sich auf dem Bild mehr Nebellicht bei viel weniger Sternenlicht. Die Farben sind gemäss Hubble Palette zusammengefügt, wobei der H-Alpha Kanal grün, der OII Kanal blau und der SII Kanal rot dargestellt wird. ▮