

Trichterketten auf der Vulkanaufwölbung Tharsis

Donnerstag, 5. April 2012

In der Vulkanregion Tharsis, die fast so groß ist wie Europa, wurde das Marshochland infolge vulkanischer Prozesse zu einem mehrere Tausend Meter hohen Schild aufgewölbt. In diesem Gebiet können zahlreiche ungewöhnliche Landschaftsphänomene beobachtet werden. Das vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) betriebene Kamerasystem HRSC auf der ESA-Raumsonde Mars Express nahm im vergangenen Jahr eine Reihe von geradlinigen Bruchstrukturen auf, entlang deren Verlauf sich Ketten von bis zu 1500 Meter tiefen Trichtern gebildet haben. Über die Entstehung dieser Trichterketten sind sich die Marsforscher noch uneins.

Diese, in der englischen Fachterminologie "pit chains" (deutsch: Krater-, Trichter- oder Grubenketten) genannten geologischen Formationen können im Marshochland an mehreren Stellen beobachtet werden. Solche Aneinanderreihungen einzelner rundlicher Senken bildeten sich stets entlang von Störungen (tektonischen Brüchen) in der spröden Marskruste. Die Prozesse, die zu solchen Trichterketten geführt haben, könnten ganz unterschiedlicher Natur sein: Zum einen treten diese Ketten häufig an den Flanken von flachen Schildvulkanen auf, die einen großen Durchmesser an ihrer Basis haben. Wenn ein Lavafluss an seiner Oberfläche abkühlt und erstarrt, im Inneren jedoch flüssig bleibt und wie in einer Röhre weiterfließt, entsteht ein unterirdischer Hohlraum. Erlischt die vulkanische Aktivität, kann ein Tunnel beziehungsweise eine entleerte Lavaröhre im Untergrund zurückbleiben. Im Laufe der Zeit brechen dann entlang des Dachs der Röhre einzelne Abschnitte ein und hinterlassen an der Oberfläche rundliche Senken. Auch auf der Erde gibt es solche Lavatunnel, zum Beispiel auf Hawaii.

Eine weitere Möglichkeit sind rein mechanische Vorgänge, ohne den Einfluss vulkanischer Prozesse: Durch eine Dehnung der Marskruste kommt es zu Dehnungsbrüchen, so genannten Extensionsklüften, entlang deren Verlauf sich rundliche Senken bilden. An diesen Senken "sackt" das Material an der Oberfläche nach unten. Dass in dieser Region die Marskruste gedehnt wurde, wird durch die geradlinig verlaufenden Bruchstrukturen bekräftigt - einzelne Geländeböcke sind infolge der Dehnung in die dadurch entstandene "Lücke" abgesackt und bilden nun markante Geländestufen. Die Dehnungstektonik kommt auch im Namen Tractus Catena zum Ausdruck (lateinisch für "auseinander gezogene Kette").

Auch die Wirkung von Grundwasser kann, als dritte Möglichkeit, nicht ausgeschlossen werden. Ähnliches ist in Karstgebieten auf der Erde - beispielsweise auf der Schwäbischen Alb mit ihren zahlreichen, Dolinen genannten Einsturzkesseln zu beobachten. Dort bilden sich im Untergrund Kavernen, die durch die chemische Wirkung von sich im Grundwasser bildender Kohlensäure entstehen, das Kalkgestein löst. Im Laufe der Zeit bilden sich so beachtliche Hohlräume, deren Decken durch die zu große Eigenlast einstürzen. Auch wenn es auf dem Mars keine Kalkgebirge gibt, könnten Lösungsprozesse zu ähnlicher Hohlraumbildung führen und anschließend, wie bei den Lavaröhren, Teile der Tunneldecke einbrechen und eine Reihe von Absenkungstrichtern bilden.

Hohlräume unter der Oberfläche sind ein großes Thema der Marsforschung

Das Vorhandensein von Wasser im Zusammenhang mit unterirdischen Hohlräumen ist besonders für die Suche nach mikrobiellem Leben auf dem Mars von herausragendem Interesse. Denn in solchen Höhlen könnten Mikroorganismen überleben: In diesen Hohlräumen wären solche einfachen Organismen geschützt vor den unwirtlichen Bedingungen auf der Marsoberfläche, über die sich nur eine dünne Atmosphäre wölbt, die UV-Strahlung und andere, schädliche kosmische Strahlung kaum zurückhält.

Auch für die bemannte Raumfahrt und die Erschließung unseres Nachbarplaneten in ferner Zukunft sind solche Höhlen interessant, da sie Schutz vor der Strahlenbelastung bieten. Denn anders als die Erde verfügt der Mars nur über ein sehr schwaches Magnetfeld, das zudem nicht global wirkt. Schon in der Marsumlaufbahn ist die Strahlenbelastung etwa zweieinhalb Mal höher als in der Internationalen Raumstation ISS, wo bereits das 100-Fache der Strahlenbelastung erreicht wird, der man im Schnitt auf der Erdoberfläche ausgesetzt ist.

Bildverarbeitung und das HRSC-Experiment auf Mars Express

Die Aufnahmen mit der HRSC (High Resolution Stereo Camera) entstanden am 22. Juni 2011 während Orbit 9538 von Mars Express aus einer Höhe von etwas mehr als 400 Kilometern über der Marsoberfläche. Die Bildauflösung beträgt etwa 20 Meter pro Bildpunkt (Pixel). Die Abbildungen zeigen einen Ausschnitt bei 23 Grad nördlicher Breite und 257 Grad östlicher Länge.

Die Farbansichten wurden aus dem senkrecht auf die Marsoberfläche gerichteten Nadirkanal und den Farbkanälen der HRSC erstellt; die perspektivische Schrägansicht wurde aus den Stereokanälen der HRSC berechnet. Das Anaglyphenbild, das bei Betrachtung mit einer rot-blau- oder rot-grün-Brille einen dreidimensionalen Eindruck der Landschaft vermittelt, wurde aus dem Nadirkanal und einem Stereokanal abgeleitet. Die schwarzweiße Darstellung beruht auf der Aufnahme mit dem Nadirkanal, der von allen Kanälen die höchste Auflösung bietet. Die in Regenbogenfarben kodierte Draufsicht beruht auf einem digitalen Geländemodell der Region, von dem sich die Topographie der Landschaft ableiten lässt.

Das Kameraexperiment HRSC auf der Mission Mars Express der Europäischen Weltraumorganisation ESA wird vom Principal Investigator (PI) Prof. Dr. Gerhard Neukum (Freie Universität Berlin), der auch die technische Konzeption der hochauflösenden Stereokamera entworfen hatte, geleitet. Das Wissenschaftsteam besteht aus 40 Co-Investigatoren aus 33 Institutionen und zehn Nationen. Die Kamera wurde am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) unter der Leitung des PI entwickelt und in Kooperation mit industriellen Partnern gebaut (EADS Astrium, Lewicki Microelectronic GmbH und Jena-Optronik GmbH). Sie wird vom DLR -Institut für Planetenforschung in Berlin-Adlershof betrieben. Die systematische Prozessierung der Daten erfolgt am DLR. Die Darstellungen wurden vom Institut für Geologische Wissenschaften der FU Berlin erstellt.

Kontakte

Elke Heinemann

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Politikbeziehungen und Kommunikation

Tel.: +49 2203 601-2867

Fax: +49 2203 601-3249

elke.heinemann@dlr.de

Prof. Dr. Ralf Jaumann

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Institut für Planetenforschung, Planetengeologie

Tel.: +49 30 67055-400

Fax: +49 30 67055-402

ralf.jaumann@dlr.de

Ulrich Köhler

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

DLR-Institut für Planetenforschung

Tel.: +49 30 67055-215

Fax: +49 30 67055-402

ulrich.koehler@dlr.de

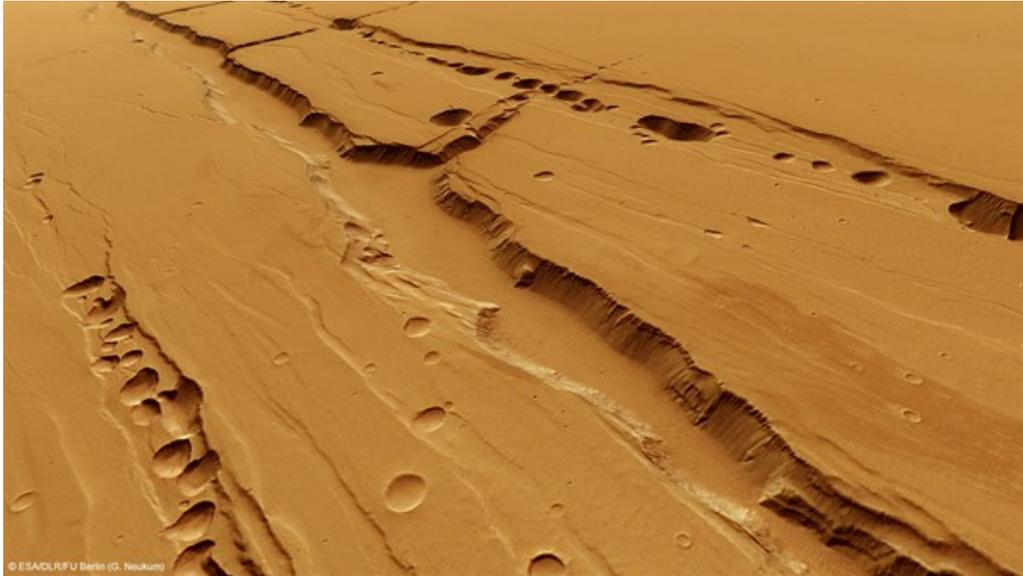
Farb-Draufsicht auf Tractus Catena



Mit dem senkrecht auf die Marsoberfläche gerichteten Nadirkanal und den Farbkanälen der hochauflösenden Stereokamera HRSC auf der ESA-Raumsonde Mars Express wurde diese Farb-Draufsicht erzeugt; Norden ist im Bild rechts. Der gezeigte Bildausschnitt umfasst eine Fläche von fast 20.000 Quadratkilometern, was etwa der doppelten Größe der Insel Kreta entspricht. Neben dem für den Mars typischen monotonen Ocker sind einzelne kleine, dunkle Felder zu erkennen, bevorzugt in der Nähe von Geländehindernissen wie den markanten Bruchstrukturen oder an den Rändern von Einschlagskratern. Dabei handelt es sich um Dünenfelder aus dunklen Stäuben und Sanden, die vermutlich vulkanischen Ursprungs sind und vom Wind aus größerer Entfernung hierhin verfrachtet wurden. Anmerkung zum Copyright: Im Dezember 2014 haben sich DLR, ESA und FU Berlin darauf geeinigt, die HRSC-Bilder der Mars Express-Mission unter einer Creative Commons-Lizenz zu veröffentlichen: ESA/DLR/FU Berlin, CC BY-SA 3.0 IGO. Diese gilt auch für alle bisher veröffentlichten HRSC-Bilder.

Quelle: ESA/DLR/FU Berlin, CC BY-SA 3.0 IGO.

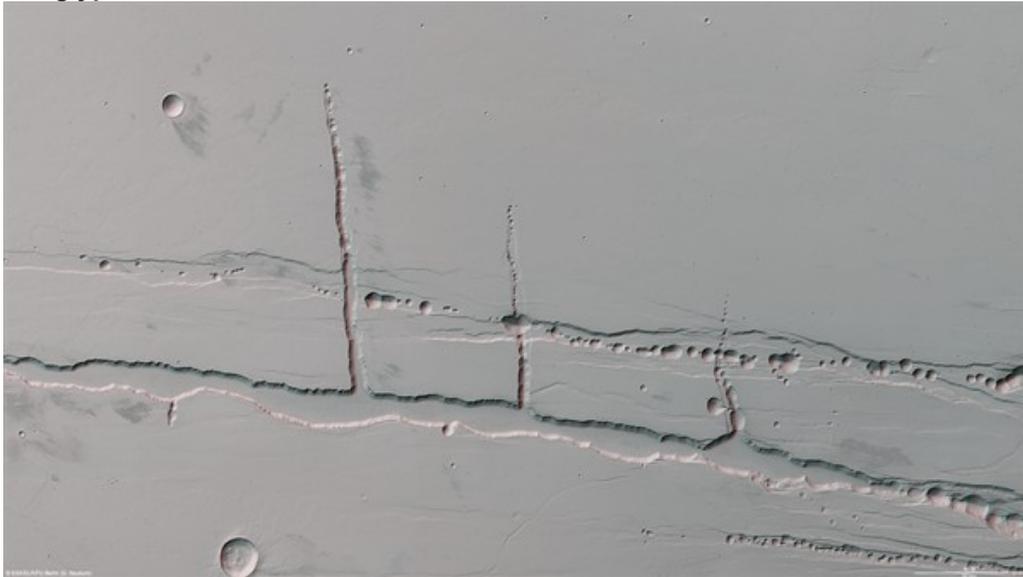
Perspektivische Ansicht von Tractus Catena



Aus den schräg auf die Oberfläche gerichteten Stereo- und Farbkanälen der hochauflösenden Stereokamera HRSC auf der ESA-Sonde Mars Express können realistische, perspektivische Ansichten der Marsoberfläche erzeugt werden. In diesem Bild geht der Blick aus Nordosten über die Bruchstrukturen von Tractus Catena im nördlichen Teil der Tharsis-Aufwölbung. Gut zu erkennen ist, wie sich entlang der Hauptstörungsrichtungen mehrere Ketten von trichterförmigen Vertiefungen gebildet haben, die bis zu 1500 Meter tief sind. Die Entstehung der in der englischen Terminologie als "pit chains" bezeichneten, meist entlang von Dehnungsbrüchen zu beobachtenden Trichterketten ist nicht abschließend geklärt. Vulkanische Prozesse könnten eine Ursache sein, aber auch Wasser in Hohlräumen im Untergrund könnte eine Rolle spielen. Anmerkung zum Copyright: Im Dezember 2014 haben sich DLR, ESA und FU Berlin darauf geeinigt, die HRSC-Bilder der Mars Express-Mission unter einer Creative Commons-Lizenz zu veröffentlichen: ESA/DLR/FU Berlin, CC BY-SA 3.0 IGO. Diese gilt auch für alle bisher veröffentlichten HRSC-Bilder.

Quelle: ESA/DLR/FU Berlin, CC BY-SA 3.0 IGO.

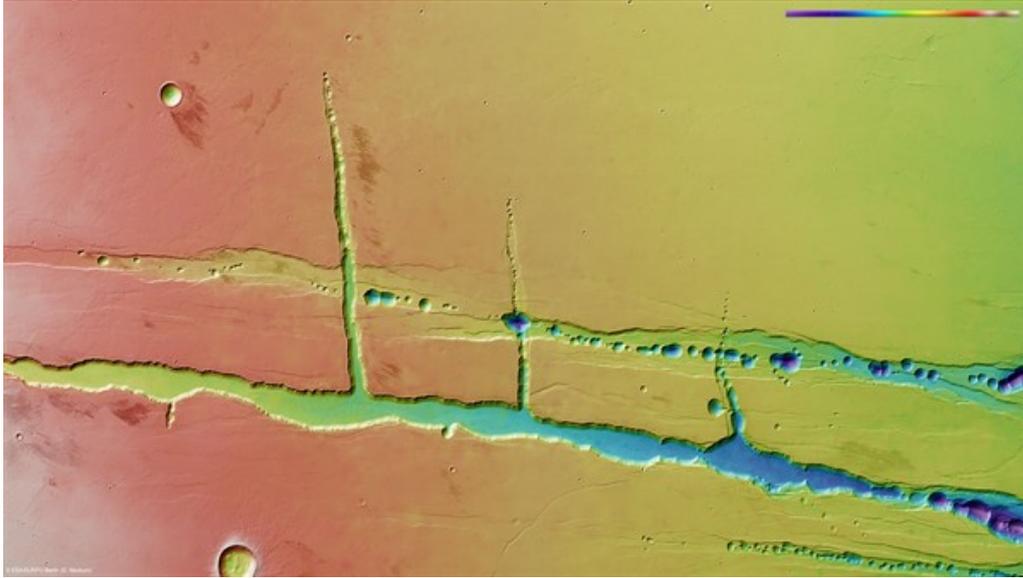
Anaglyphenbild von Tractus Catena



Aus dem senkrecht auf den Mars blickenden Nadirkanal der hochauflösenden Stereokamera HRSC und einem der vier schräg auf die Marsoberfläche gerichteten Stereokanäle lassen sich so genannte Anaglyphenbilder erzeugen, die bei Verwendung einer Rot-Blau-(Cyan)- oder Rot-Grün-Brille einen dreidimensionalen Eindruck der Landschaft vermitteln; Norden ist rechts im Bild. Mit der 3D-Brille lässt sich gut erkennen, wie die Trichter abrupt in die Tiefe stürzen und keinerlei Rand aufweisen, womit sie zunächst von Einschlagskratern unterschieden werden können. Auf dem Grund der geradlinigen Bruchstrukturen sind vereinzelt Dünenfelder zu sehen. Durch die Ebene des Tharsis-Hochlandes verlaufen zudem weitere Störungen (parallel zu den beiden von Süden nach Norden und von Westen nach Osten orientierten Grabenbrüchen). Anmerkung zum Copyright: Im Dezember 2014 haben sich DLR, ESA und FU Berlin darauf geeinigt, die HRSC-Bilder der Mars Express-Mission unter einer Creative Commons-Lizenz zu veröffentlichen: ESA/DLR/FU Berlin, CC BY-SA 3.0 IGO. Diese gilt auch für alle bisher veröffentlichten HRSC-Bilder.

Quelle: ESA/DLR/FU Berlin, CC BY-SA 3.0 IGO.

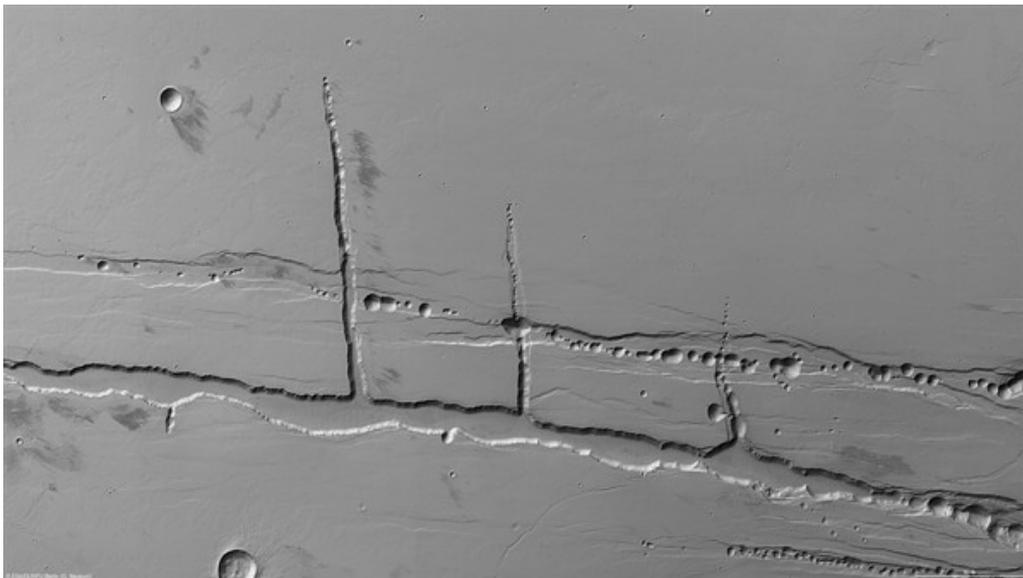
Topographische HRSC-Bildkarte von Tractus Catena



Mit der hochauflösenden Stereokamera HRSC lassen sich digitale Geländemodelle ableiten, die mit Falschfarben bildhaft die Topographie der Region erkennen lassen. Die Zuordnung der Höhen ist an einer Farbskala rechts oben abzulesen; Norden ist im Bild rechts. Die Höhenangaben beziehen sich in Ermangelung eines Meeresspiegels auf das so genannte Areoid, eine modellierte Äquipotentialfläche, auf der überall die gleiche Anziehungskraft in Richtung des Marsmittelpunktes wirkt. Das Tharsis-Hochland fällt sanft in Richtung Norden ab (im Bild von links nach rechts). Auch die beiden Hauptstörungen, zwei geradlinig von Süd nach Nord verlaufende Dehnungsbrüche haben ein mehr oder weniger gleichmäßiges Süd-Nord-Gefälle. In ihrem nördlichen Teil fallen zahlreiche runde, trichterförmige Vertiefungen auf, die wie an einer Perlenkette aneinandergereiht sind und zwischen 1000 und 1500 Meter tief sind - eine "Trichterkette", deren Ursprung noch nicht zweifelsfrei geklärt ist. Anmerkung zum Copyright: Im Dezember 2014 haben sich DLR, ESA und FU Berlin darauf geeinigt, die HRSC-Bilder der Mars Express-Mission unter einer Creative Commons-Lizenz zu veröffentlichen: ESA/DLR/FU Berlin, CC BY-SA 3.0 IGO. Diese gilt auch für alle bisher veröffentlichten HRSC-Bilder.

Quelle: ESA/DLR/FU Berlin, CC BY-SA 3.0 IGO.

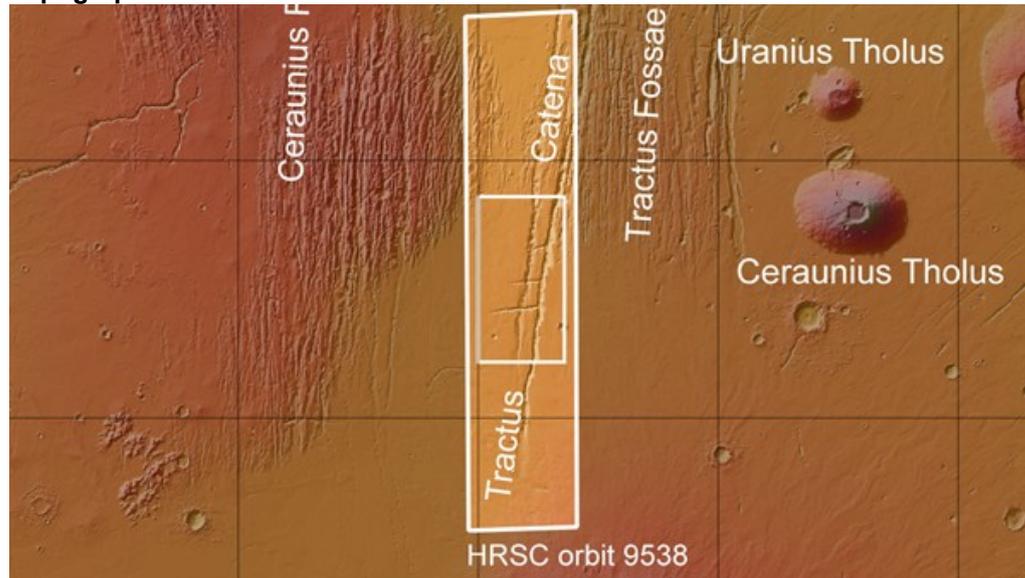
HRSC-Nadiraufnahme von Tractus Catena



Der senkrecht auf die Oberfläche gerichtete Nadirkanal erzielt die höchste Bildauflösung der hochauflösenden Stereokamera HRSC - im Falle des Überflugs von Mars Express über das nördliche Tharsis-Hochland in einer Höhe von etwas mehr als 400 Kilometern resultiert dies in einer Auflösung von 20 Metern pro Bildpunkt (Pixel). Damit lassen sich kleinräumige geologische Strukturen erkennen; Norden ist im Bild rechts. Der gezeigte Bildausschnitt umfasst eine Fläche von etwa 190 Kilometern mal 100 Kilometern. Entlang zweier senkrecht zueinander orientierter Hauptstörungsrichtungen sind zahlreiche kreisrunde, wie an einer Perlschnur aneinandergereihte trichterförmige Vertiefungen zu sehen, eine "Trichterkette". Die hohe Bildauflösung lässt sehr gut die Strukturen an den Rändern der Dehnungsbrüche und der einzelnen Trichter erkennen. Für den Ursprung der Trichterketten werden unterschiedliche geologische Prozesse diskutiert. Anmerkung zum Copyright: Im Dezember 2014 haben sich DLR, ESA und FU Berlin darauf geeinigt, die HRSC-Bilder der Mars Express-Mission unter einer Creative Commons-Lizenz zu veröffentlichen: ESA/DLR/FU Berlin, CC BY-SA 3.0 IGO. Diese gilt auch für alle bisher veröffentlichten HRSC-Bilder.

Quelle: ESA/DLR/FU Berlin, CC BY-SA 3.0 IGO.

Topographische Übersichtskarte des Nordens von Tharsis



Die Tharsis-Region ist eine der auffallendsten Vulkanregionen auf dem Mars. Auf einer Größe Europas ist hier die Marskruste mehrere tausend Meter gegenüber dem umgebenden Hochland aufgewölbt. Mehrere der größten Vulkane des Planeten bilden markante Gipfel, wie beispielsweise der fast 20.000 Meter hohe Ascaeus Mons. In der Umgebung dieser nur sanft ansteigenden, so genannten Schildvulkane können zahlreiche Strukturen beobachtet werden, die auf Spannungen in der Marskruste zurückzuführen sind; diese haben sich in Form von Dehnungsbrüchen abgebaut. Die ESA-Raumsonde Mars Express nahm am 22. Juni 2011 mit der hochauflösenden Stereokamera HRSC das Gebiet nördlich des Ascaeus Mons aus einer Höhe von etwas mehr als 400 Kilometern auf und hielt in den Bildern geradlinige Dehnungsbrüche fest, in deren Verlauf eine ungewöhnliche Aneinanderreihung von Einsturzkesseln zu sehen ist, die Trichterkette Tractus Catena; die hier gezeigten Bilder stammen aus dem kleinen, rechteckig eingefassten Gebiet.

Quelle: NASA/JPL(MOLA)/FU Berlin.

Kontaktdaten für Bild- und Videoanfragen sowie Informationen zu den DLR-Nutzungsbedingungen finden Sie im Impressum der Website des DLR.