

Neues Portrait des Abendsterns [1. Apr.]

Endlich ist der *Abendstern*, der **Planet Venus**, erneut das Ziel der Planetenforschung. Nein, nicht die Amerikaner oder die Europäer, sondern die Japaner haben sich den *sonnennahen Planeten* als Ziel einer längst überfälligen Mission im *Sonnensystem* ausgesucht.

Weshalb eine Venusmission?

Wer sich den Planeten Venus im Gegensatz zum Planeten *Mars* oder *Jupiter* bereits im Fernrohr angeschaut hat, wird sicherlich bemerkt haben, daß die *Venusoberfläche* „einfach nur hell“ erscheint. Der Grund hierfür ist die sehr hohe *Albedo*, die Eigenschaft Sonnenlicht zu reflektieren. Die Venusoberfläche kann durch kein Teleskop beobachtet werden, weil die Atmosphäre des Planeten so dicht ist, daß jeglicher Blick versperrt ist. Die Venusatmosphäre selbst ist bisher nur ungenügend erkundet, geschweige denn die feste Oberfläche des Planeten.

Kurze Geschichte der Venusforschung

In den Jahren 1961-62 wurden mehrere sowjetische Venusmissionen durchgeführt, unter anderem die *Venera 1*-Mission. Im Jahr 1962 stellte die US-amerikanische Mission *Mariner 2* fest, daß der Planet ein schwaches *Magnetfeld* besitzt. Danach folgten bis zum Jahr 1965 ausschließlich sowjetische Missionen, darunter *Venera 2* und *Venera 3*. Im Jahr 1969 tauchten *Venera 5* und *Venera 6* in die dichte Venusatmosphäre ein und wurden in einer Höhe von 18 Kilometern aufgrund der extremen Druckverhältnisse zerquetscht. *Venera 7* schaffte im Jahr 1970 erstmals eine Landung auf der Oberfläche des Planeten.

Im Jahr 1972 konnte *Venera 8* unter anderem Messungen des Drucks, der Temperatur und der Oberflächenbeleuchtung durchführen. Im Jahr 1990 wurden mithilfe eines *Flybys* von *Mariner 10* auf dem Weg zum Planeten *Merkur* erstmals bessere Venusaufnahmen möglich.

Die darauffolgenden Missionen konnten diese Aufnahmen immer weiter verbessern, schließlich gelangen Farbaufnahmen. Es folgten genauere Messungen der Wolken, deren *chemischer Zusammensetzung* und *Spektren*, schließlich auch Analysen von *Venusgestein* (*Venera 13* und *Venera 14* (1981)) [Abb. 1].



Abb. 1 Die Venusoberfläche.
Ein erster Eindruck der Beschaffenheit der Venusoberfläche.
Quelle: *Venera 13* (1982).
Animation unter
<https://www.youtube.com/watch?v=qRGTk0KQhf4>

Was wissen wir über die Venus?

Die **wissenschaftlichen Ergebnisse** dieser zahlreichen Venusmissionen ergaben zusammengefaßt: Der *Atmosphärendruck* des Planeten beträgt rund 90 *Atmosphären* und entspricht dem Druck, den ein Taucher 1.000 Meter unter der Meeresoberfläche messen würde. Die Atmosphäre besteht hauptsächlich aus *Kohlendioxid* (95 % CO₂), besitzt mehrere Wolkenschichten, die sich jeweils über mehrere Kilometer erstrecken und aus *Schwefelsäure* bestehen. Die dicke Wolkenschicht befindet sich zwischen 45-70 Kilometern Höhe.



Aufgrund der dichten Atmosphäre kann sich die Venusoberfläche bis auf rund 740 Kelvin (K) bzw. 467 Grad Celsius aufheizen. Die Atmosphäre des Planeten ist alles andere als „ruhig“: Winde mit Geschwindigkeiten bis zu rund 350 Stundenkilometern toben dort ständig. Der Planet rotiert in Richtung Westen; die *Eigenrotation* beträgt 243 Tage. Die Atmosphäre des Planeten rotiert in der gleichen Richtung, jedoch mit einer höheren (Winkel)Geschwindigkeit.

Diese *Superrotation* erreicht ihr Maximum im oberen Wolkenbereich in rund 70 Kilometer über der Oberfläche und erreicht eine Rotationsperiode von 3-5 Tage; dies entspricht einigen Zehnteln der Eigenrotation des Planeten.

Die Venusoberfläche ist hauptsächlich felsig oder ähnelt einer irdischen Wüste.

Mehr Bewegung in die Venusforschung gelang mithilfe der US-amerikanischen *Venussonde Magellan*, die von 1989-1994 nicht nur wunderschöne Aufnahmen, sondern auch wichtige Meßergebnisse zur Erde funkte (Abb. 2). Die erste Venusmission nach Magellan war die europäische Mission *Venus Express* im Jahr 2005.

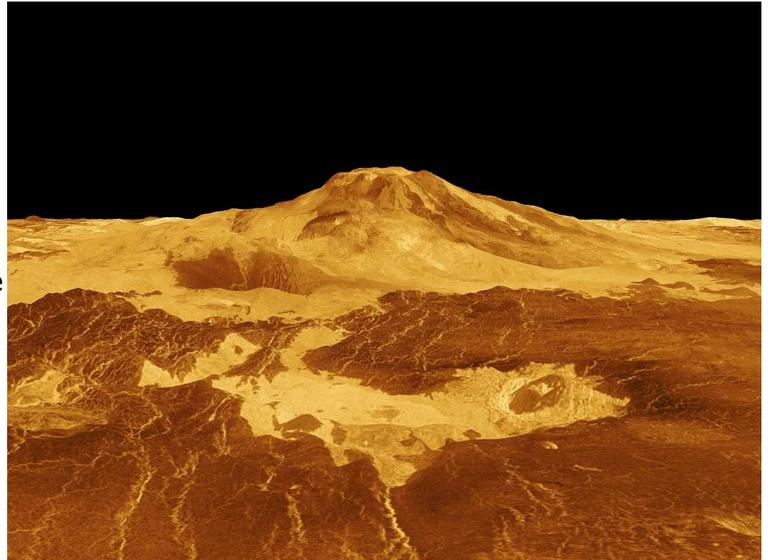


Abb. 2 Detailaufnahme der Venusoberfläche.
Die Oberflächenbeschaffenheit der Venus, insbesondere die bergige Struktur, verblüffte die Forscher.
© NASA/Magellan

Die **Venusmission Akatsuki** (jap. あかつき, „Morgendämmerung“, früher *PLANET-C*, *Venus Climate Orbiter*) der japanischen Raumfahrtbehörde JAXA soll vor allem die Atmosphäre und das Klima des Planeten untersuchen. Dabei soll sich die Sonde mit einer Umlaufperiode von 30 Stunden dem Abendstern auf einer stark exzentrischen Bahn bis auf rund 300 Kilometer nähern. Nach dem Start der Sonde am 20. Mai 2010 und mehreren Kurskorrekturen umkreist Akatsuki den Planeten derzeit in 10,8 Tagen. Trotz des entfernten und exzentrischen Orbits der Sonde um den Planeten schätzen die Verantwortlichen, daß ein Großteil der ursprünglich vorgesehenen wissenschaftlichen Messungen durchgeführt werden kann.

Die Instrumente

Unter den Instrumenten der Raumsonde befinden sich **5 Kameras**: 3 Kameras für den *infraroten Bereich* (IR), eine für das *ultraviolette Spektrum* (UV) und eine weitere, die *Lightning and Airglow Camera* (LAC), um Blitze und andere Leuchterscheinungen in der Atmosphäre aufzunehmen.

Zwei der Infrarotkameras dienen Messungen der Oberflächenbeschaffenheit, der Wolken-temperaturen und der Dampfkonzentrationen. Die *Long Wave Infrared Camera* (LIR) soll Daten über die Wolkenhöhen, die *Partikelgrößen* und den *Kohlenmonoxidgehalt* (CO) bestimmt. Der *UV Imager* (UVI) soll die Verteilung von Schwefeloxiden und bisher unbekanntem Substanzen der Venusatmosphäre erfassen.

Zudem dient die Sonde der Technologieerprobung, sie besitzt neuartige *Lithium-Ionen-Batterien*. Eine Besonderheit an Bord sind dünne Aluminiumplatten, auf denen die Namen von 260.000 Menschen eingraviert sind.

Neue Venusaufnahmen und erste Ergebnisse

Die *Albedo* der Venus ist wesentlich höher als die der Erde, daher sind Aufnahmen des Planeten im Optischen völlig strukturlos, dagegen zeigen die UV-Aufnahmen helle und dunkle Strukturen in der Atmosphäre. Ein das Sonnenlicht absorbierendes Molekül ist *Schwefeloxid* (SO_2). UV-Aufnahmen zeigen Wolkenstrukturen, einschließlich der bereits bekannten „*Y-förmigen Struktur*“, die selbst von erdgebundenen Teleskopen beobachtet werden kann.

Die bereits bekannten *Schwefelsäure-Wolken* (H_2SO_4) entstehen durch *photochemische Reaktionen* von *Schwefeldioxid* (SO_2) und Wasser (H_2O) an der oberen Wolkengrenze. Der genaue Prozeß ist noch nicht vollständig erklärbar, denn das Schwefeldioxid hält sich vornehmlich unterhalb der Wolken auf. Weiterhin werden *exotherme Prozesse* beobachtet, bei denen Wärme frei wird, die wiederum die Ursache für *thermische Gezeitenströme* ist und zur Stabilität der beobachteten starken Winde in der oberen Atmosphäre beitragen könnte. [2a]

Auf der **Tagseite der Venus** beobachtete die Sonde kleinskalige Strukturen in der Wolkenschicht, die Aufschluß über die Entstehung der Wolken geben könnten. Auch **auf der Nachtseite** des Planeten wurden Strukturen in der Atmosphäre beobachtet: im Infraroten zeigen sich *Wellenstrukturen* und *Turbulenzen* auf unterschiedlichen Größenskalen (Abb. 3, 5).

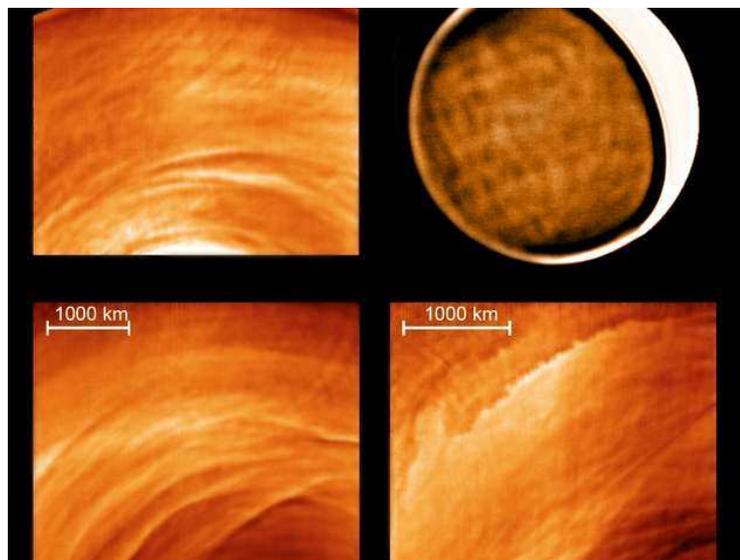
Abb. 3 Wellenformationen in der Venusatmosphäre.

Die Aufnahmen zeigen neue Wolkenformationen auf der Nachtseite der Venus. Sie wurden bereits mithilfe der Mission *Venus Express* und dem *Infrarot-Teleskop IRTF* der NASA entdeckt.

Oben (von links nach rechts): stationäre Wellen und Netzstrukturen.

Unten (von links nach rechts): ungeklärte *Filamentstrukturen* und *dynamische Instabilitäten*.

© ESA, JAXA, J. Peralta, R. Hueso

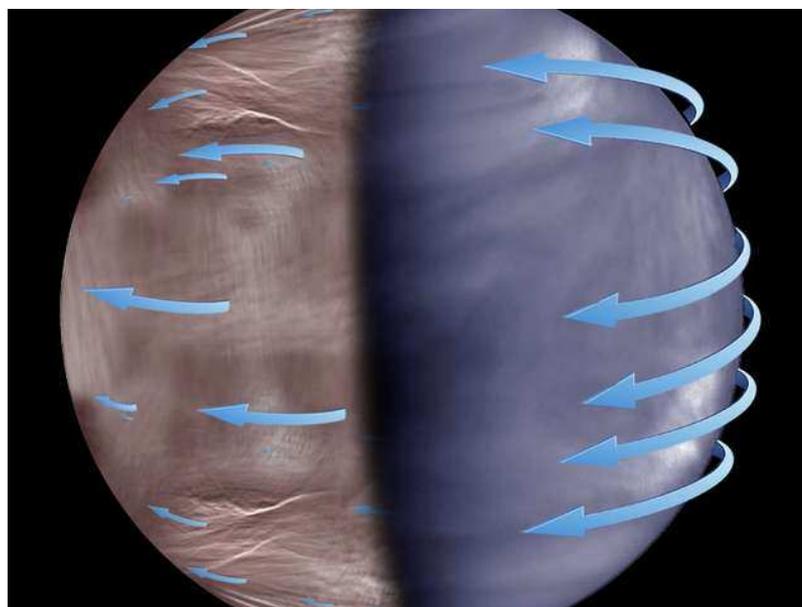


In diesem Spektralbereich beobachtete Akatsuki auf der Tagseite der Venus sowohl *superrotierende Wolkenstrukturen* (Abb. 4) als auch scheinbar über der Oberfläche feststehende Strukturen. [2b]

Abb. 4 Superrotierende Wolkenstrukturen in der Venusatmosphäre.

Das Mosaik zeigt die atmosphärische Superrotation in den oberen Wolkenschichten der Venus. Die *Superrotation* wird sowohl auf der Tag- als auf der Nachtseite beobachtet, jedoch scheint sie auf der Tagseite gleichmäßiger präsent zu sein (rechts: Akatsuki-Aufnahme im UV-Bereich), auf der Nachtseite dagegen irregulärer und nicht vorhersagbar (links: Komposit-Aufnahme *Venus Express/VIRTIS*).

© ESA, JAXA, J. Peralta, R. Hueso



Im Dezember 2016 beobachtete die IR-Kamera Akatsukis eine **bogenförmige Struktur**, die sich über rund 10.000 Kilometer in N-S-Richtung erstreckte und über mehrere Tage an der gleichen Stelle verblieb (Abb. 5). Die Struktur wurde nicht von der Superrotation in der Atmosphäre beeinflusst.

Die **Auswertung** der Beobachtung ergab, daß die Turbulenz in der unteren Atmosphäre Wellen erzeugt, die sich durch die Atmosphäre bewegen. Die in N-S-Richtung fortschreitenden Wellen erzeugten die bogenförmige Struktur, die sich in der oberen Wolkenschicht in einer Höhe von rund 65 Kilometern bewegte. Die Forscher schließen daraus, daß man durch die Beobachtung der oberen Wolkenschicht auf die Struktur der unteren Atmosphäre bzw. Effekten von Oberflächenstrukturen auf die Atmosphäre schließen kann (Abb. 5).

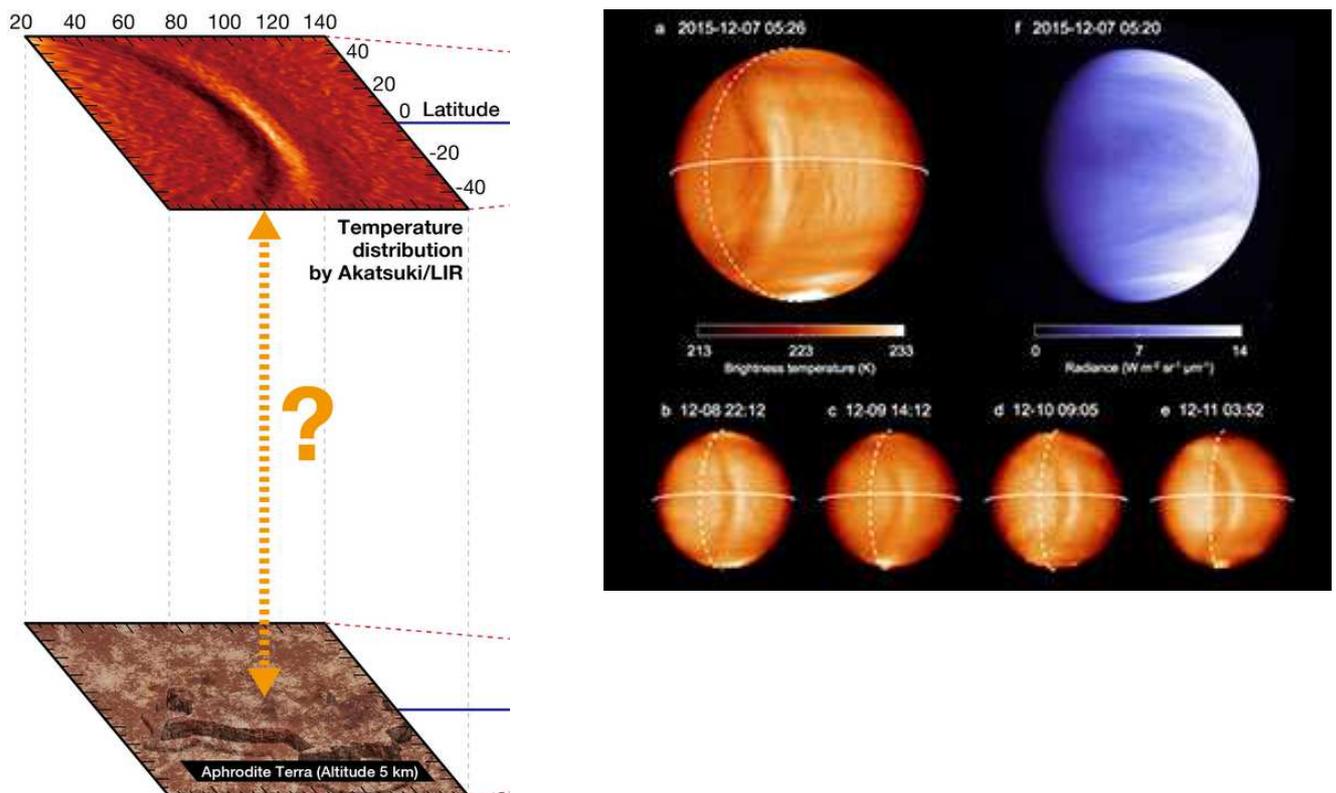


Abb. 5 Eine bogenförmige Struktur in der Venusatmosphäre.

Links: Die bogenförmige Struktur in der Venusatmosphäre wurde erstmals im Dezember 2015 von der Infrarotkamera Akatsukis beobachtet. – Rechts: Darunter befindet sich ein auf der Oberfläche hochgelegenes Gebiet, *Aphrodite Terra*.

Mithilfe von Computersimulationen konnte die Struktur in einer Höhe von 65 Kilometern reproduziert werden. Die Forscher erklären die Entstehung der Struktur damit, daß eine in der unteren Venusatmosphäre entstandene atmosphärische Turbulenz Wellen erzeugt, die sich in der Atmosphäre nach oben bewegen und dort die beobachteten bogenförmige Struktur bilden.

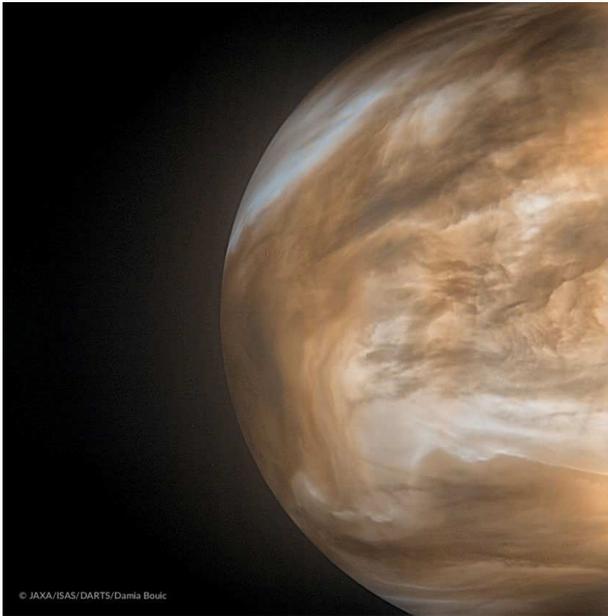
JAXA / ISAS / DARTS / D. Bouic

Mithilfe der Akatsuki-Aufnahmen erscheint der Abendstern in einem ganz **neuen Licht** (Abb. 5):

Die beiden Infrarot-Kameras benötigen für ihre Venusaufnahmen kein Sonnenlicht, sondern „sehen“ den Planeten in einem Wellenlängenbereich, in dem die heiße Atmosphäre *thermisch* strahlt. In diesem Spektralbereich entsprechen dunkle Strukturen höher gelegenen Wolken, die den Blick auf darunterliegende warme Wolken verbergen (Abb. 6).

Abb. 6 Die Venusatmosphäre im Infrarot.
 Rechts: Akatsukis Infrarotkamera blickt auf die Nachtseite der Venus. *Wärmestrahlung* von heißen, mittelhohen Wolken macht sich als helle Struktur bemerkbar, währenddem höher gelegene Wolkenschichten, die die darunter liegende Wärme blockieren, dunkel erscheinen. Bei der dunklen Struktur in der Bildmitte handelt es sich wahrscheinlich um eine turbulente Wolkgrenze. Der von der Sonne beleuchtete Teil (oben rechts) ist überbelichtet. –
 Unten: Falschfarbenaufnahme in zwei IR-Wellenlängen – Dunklere Regionen entsprechen dickeren Wolken; Farbänderungen können auch Unterschiede der *Teilchengrößen* in der Atmosphäre widerspiegeln oder die chemische Zusammensetzung.

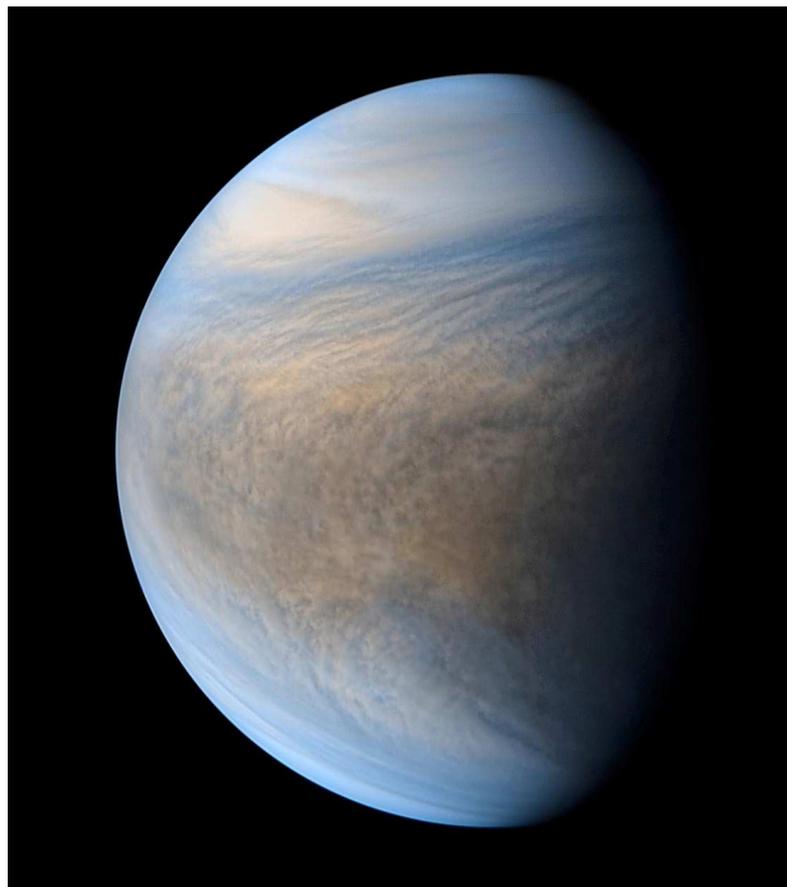
© JAXA / ISAS / DARTS / D. Bouic



Die **Venus im UV-Bereich** zeigt uns ein völlig anderes Bild des Planeten (Abb. 7).

Abb. 7 Die Venusatmosphäre im UV.
 Die Falschfarbenaufnahme des Planeten im UV-Bereich zeigt deutlich, daß die Atmosphäre aus mindestens zwei Komponenten besteht.

© JAXA / ISAS / DARTS / D. Bouic



Ein Blick auf den Pol des Planeten Venus zeigt **im UV-Bereich** Details eines **farbigen Bandes**, das den Südpol umgibt (Abb. 8).



Abb. 8 Blick auf den Venus-Südpol.
Der Südpol des Planeten ist von einem detailreichen farbigen Band umgeben.
© JAXA / ISAS / DARTS / D. Bouic

Zahlreiche Daten der japanischen Venussonde Akatsuki sind noch gar nicht ausgewertet, daher erwarten die Wissenschaftler die Ergebnisse mit großer Spannung. Sie hoffen, daß die neuen Messungen einen Blick durch die sonst so dichte und den Planeten abschirmende Wolken-schicht erlauben.

Falls Sie Fragen und Anregungen zu diesem Thema haben, schreiben Sie uns unter kontakt@ig-hutzi-spechtler.eu

Frohe Ostern!

Ihre
IG Hutzi Spechtler

Yasmin Walter (yahw)

Quellenangaben:

[1] Information zu astronomischen und physikalischen Begriffen (*kursive Schreibweise*)
www.wikipedia.de

[2] Ergebnisse der neuen Venusmission
<http://akatsuki.isas.jaxa.jp/en/>

[2a] Yamazaki, A., et al., *Earth, Planets and Space* (2018) 70:23

[2b] Kasaba, Y., et al., *J. Phys.: Conf. Ser.* 869 012094 (2017)

[2c] Pérez-Invernón, F.J., et al., to be published [2018]

Hourinouchi, T. et al., *Nature Geoscience* Vol. 10, pp 646–651 (2017)

<http://www.isas.jaxa.jp/en/topics/000883.html>

[3] Datenbank der Venusmission Akatsuki
<https://darts.jaxa.jp/planet/project/akatsuki/>

