

EINE SCHWESTER, DIE SO GANZ ANDERS IST

Vom Mars wissen wir recht viel, doch was ist mit der Venus?

Von Dr. Jörn Helbert und Ulrich Köhler

Warum ist die Venus nicht wie die Erde? Wir wissen es nicht, weil sie noch vieles unter ihrer dichten Wolkenhülle verbirgt. Doch es gibt Ideen für neue Missionen, die das Rätsel lösen könnten.

Nach 400 Jahren teleskopischer Beobachtungen und bald 60 Jahren interplanetarer Raumfahrt ist uns die in der günstigsten Konstellation kaum 40 Millionen Kilometer entfernte Venus noch immer ein Rätsel. Der einzige Planet, der einen weiblichen Namen trägt – den der römischen Göttin der Liebe –, wird wohl auch deswegen gerne als der Schwesterplanet der Erde bezeichnet. Und wie sooft erschließt sich Außenstehenden und manchmal selbst Verwandten nicht, warum diese oder jene Entwicklung innerhalb der Familie so ganz anders verlaufen ist ...

Im Gegensatz zum inneren Nachbarplaneten der Erde wissen wir über den äußeren Nachbarn Mars dank zahlreicher Raumsonden eine ganze Menge: halb so groß wie die Erde, aber nur ein Zehntel ihrer Masse, ohne dichte Atmosphäre und zumindest zeitweise mit Wasserkreislauf. Ob dieses Wasser einst das Lebenselixier von einfachen Organismen war, das wird intensiv untersucht. Möglich ist es, trotz der Eiseskälte, die auf dem Mars herrscht.

Was die Suche nach Leben betrifft, so war die Venus in modernen Zeiten ein „No-Go“. Zur Zeit der Aufklärung und bis zum Beginn des Raumfahrtzeitalters war das anders. Die Venus ist nach dem Mond der hellste Lichtpunkt am nächtlichen Firmament und lässt sich ausgezeichnet mit Teleskopen beobachten. Von der Oberfläche des Planeten ist damit allerdings nichts zu sehen! Die Venus ist von einer geschlossenen Wolkendecke in einer ohnehin extrem dichten Atmosphäre umgeben. Das aber öffnete im 18. Jahrhundert der Fantasie auch seriöser Forschernaturen einen weiten Raum. Könnte es nicht sein, dass unter dieser Wolkenhülle wie auf der Erde auch Ozeane und Kontinente existieren, bei lebensfreundlichen Temperaturen?

Erste Raumsonden wie die amerikanischen Mariner und Pioneer-Venus oder die Staffeln der enorm erfolgreichen sowjetischen Venera und Vega zeigten eine andere Realität. Die Atmosphäre der Venus besteht zwar fast nur aus Kohlendioxid (wie es übrigens auch auf der Erde bis vor etwa 2,5 Milliarden Jahren der Fall war und auf dem Mars noch

Die Venus ist permanent von einer Wolkenhülle umgeben, die im sichtbaren Licht kaum Konturen aufweist und schon gar keinen Blick auf die Oberfläche gestattet. In den ultravioletten Wellenlängen absorbiert jedoch ein noch nicht identifiziertes Gasmolekül Teile des Sonnenlichts und lässt in den Wolken der Venus dynamische Strukturen erkennen. Japans Akatsuki-Orbiter beobachtet das Wettergeschehen auf seiner Zehntagesumlaufbahn.

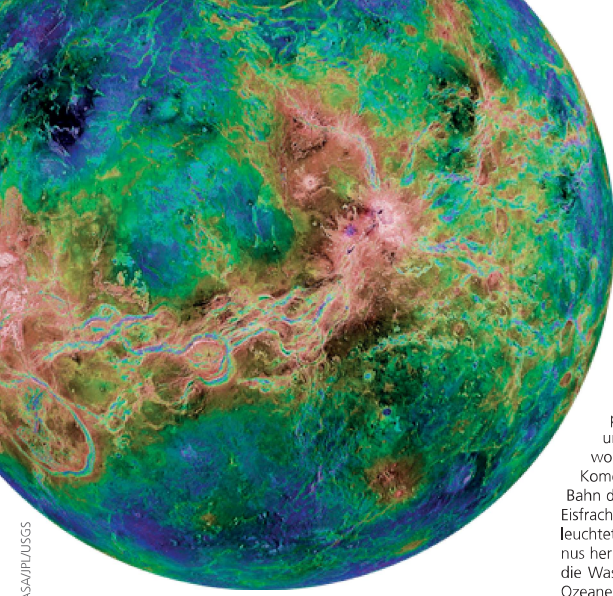
heute ist), aber die ganze Gashülle hat fast die hundertfache Masse der Erdatmosphäre. Das bewirkt, dass die von der Sonne auf den Planeten geworfene Wärmestrahlung zwar in die Atmosphäre eindringt, aber zu einem beträchtlichen Teil nicht mehr herausfindet. Durch die Wechselwirkung mit Gasmolekülen und der Venusoberfläche wird die Wärmestrahlung langwelliger. Sie kann dann die Gashülle nicht mehr nach außen durchdringen. Die Folge: Die Wärme wird nicht ins All abgestrahlt. Die Temperatur in der Atmosphäre steigt und steigt. Wir kennen das inzwischen in viel milderem Ausmaß von der Erde als Treibhauseffekt. Auf der Venus führt er zu Temperaturen von bis zu 470 Grad Celsius. Da schmilzt schon das Metall Blei.

Wir „sehen“ nur die letzte halbe Milliarde Jahre

Aber war das immer so? Wir wissen von der Erde, dass sie in den 4,5 Milliarden Jahren ihrer Existenz fundamentale Veränderungen durchlaufen hat. Zunächst musste ein mehrere tausend Kilometer mächtiger Magma-Ozean abkühlen, damit eine erste Kruste entstehen konnte. Durch zehntausende Jahre Dauerregen wurden dann Ozeane gefüllt. Schließlich kam ein Prozess in Gang, der wie ein Thermostat das System des Planeten von innen nach außen kontrollierte und eine bedeutende Rolle bei der Entstehung von Leben spielen sollte: die Plattentektonik. Das Verschieben von Krustenplatten, deren Entstehung an aktiven Nahtstellen und ihr Recycling an passiven Kontinentalrändern waren, zusammen mit dem Nachfüllen der Atmosphäre mit vulkanischen Gasen, entscheidende Faktoren für die Entwicklung von Leben.

Die Voraussetzungen hierfür waren auch auf der Venus gegeben. Warum also sehen wir dort keine Kontinente, keine Plattentektonik, keine Ozeane und keine aktiven Vulkane, die Wasser und andere flüchtige Stoffe in die Atmosphäre füttern? Was wir stattdessen sehen, ist erstaunlich: Raumsonden wie der Orbiter Magellan der NASA (1990–1994) ermöglichten uns die erste und bislang einzige gut aufgelöste Sicht auf die Oberfläche. Radarmessungen durch die Atmosphäre hindurch zeigen eine von Vulkanismus globalen Ausmaßes gestaltete Oberfläche, die sich seit etwa einer halben Milliarde von Jahren nicht verändert hatte. Nur vereinzelte Ansätze von Plattentektonik – als ob sie im Anfangsstadium stecken geblieben wäre. Stattdessen mehr als zehntausend erloschene Vulkane. Sind manche noch aktiv? Möglicherweise! Die europäische Raumsonde Venus Express funkte Daten im thermalen Infrarot zur Erde, auf deren Basis Stellen erhöhter Temperatur identifiziert werden konnten, über 480 Grad Celsius heiß. Vulkanismus wäre durchaus möglich und aufgrund theoretischer Modelle nicht ausgeschlossen.

Fehlende Plattentektonik aber bedeutet für die Geophysiker: Wir haben es bei der Venus mit einem Planeten zu tun, der nur aus einer Krustenplatte besteht. Diese liegt wie eine schwere Grabplatte auf dem heißen Mantel der Venus, sodass die im Inneren des Planeten erzeugte Hitze nicht entlang von Nahtstellen entweichen kann – wie bei den Plattengrenzen auf der Erde. Stattdessen staut sie sich an. Wie in einem Dampfkochtopf steigt der Druck. Irgendwann fliegt der Deckel weg, spricht, der Vulkanismus bricht sich in unvorstellbarem Ausmaß Bahn an die Oberfläche und überflutet den ganzen Planeten mit Lava. Das ist das Bild, das wir heute sehen! Was aber geschah in der Zeit der Planetenentstehung vor 4,5 bis vor etwa einer Milliarde Jahren?



Die Raumsonde Magellan offenbarte erstmals Details der Topografie in hoher Auflösung, mit kontinentartigen (beige), mehrere tausend Meter über die vulkanischen Tiefen (blau und grün) ragenden Hochebenen, über zehntausend erloschenen Vulkanen und rätselhaften tektonischen Strukturen

(vielleicht sogar nur zu einem kleinen Teil) aus der Mitgift der protoplanetaren Scheibe, in der die „Zutaten“ der Planeten um die junge Sonne kreisten. Ein beträchtlicher Teil stammt wohl von eisreichen Körpern im äußeren Asteroidengürtel, von Kometen oder von größeren Körpern im Kuiperergürtel, jenseits der Bahn des Neptun. Sie luden in der Frühzeit des Sonnensystems ihre Eisfracht sowohl auf der Erde als auch auf der Venus ab. In dieser Zeit leuchtete die Sonne um bis zu einem Drittel schwächer. Auf der Venus herrschten also vermutlich Druck- und Temperaturbedingungen, die Wasser auch im flüssigen Aggregatzustand möglich machten. Ozeane auf der Venus, über viele hundert Millionen Jahre lang, vielleicht sogar über eine Zeitspanne von einer oder zwei Milliarden Jahren? Wasser als „Schmiermittel“ für eine aktive Plattentektonik? Das ist nicht ausgeschlossen, zieht aber sofort die Frage nach sich: War die Venus dann auch in der Lage, Leben hervorzubringen, wie dies auf der Erde vor etwa 3,6 Milliarden Jahren geschah?

War es, wie dies bei Geschwistern ja häufig der Fall ist, so, dass die Entwicklung in der Kindheit ähnlich verlief, sich aber in der Jugend deutliche Unterschiede ausprägten? Blicken wir deshalb heute auf zwei so verschiedene „erwachsene“ Planeten?

Die Kluft zwischen dem tatsächlichen Wissensstand und einem Berg offener Fragen ist in den letzten Jahren größer geworden. Venusforscher aus aller Welt, die für die NASA-Initiative „Venus Exploration Analysis Group“ (VEXAG) beratend tätig sind, schlagen deshalb vor, die Venus mit neuen Raumsonden aus der Nähe zu erforschen: Die Orbiter könnten heute mit einem viel moderneren, leistungsfähigeren Instrumentarium ausgestattet werden. So wäre es möglich, der dynamischen Atmosphäre Gasproben zu entnehmen, mit hochauflösendem Radar und abbildenden Spektrometern durch die Atmosphäre bis auf den Grund zu blicken und sogar wieder mit Landemodulen zu arbeiten, die dann auch länger als zwei Stunden Experimente durchführen könnten.

War auch die Venus einst ein „Blauer Planet“?

Dazu ein kurzer Blick auf die formalen Bedingungen: Venus und Erde – fast gleich groß, mit fast gleicher Masse, fast identischem „Inventar“ an chemischen Elementen und in ähnlicher mineralogischer Zusammensetzung. Auch wenn die Venus der Sonne „nur“ 50 Millionen Kilometer näher ist, könnte das schon ein Teil der Erklärung für die Unterschiede zwischen den ungleichen Geschwistern sein. Für die Planetenbildung gilt sehr grob verallgemeinert: je größer die Entfernung von der Sonne, desto niedriger der Anteil an schweren Elementen, wie Eisen, Nickel, Magnesium oder Silizium, und desto höher der Anteil an flüchtigen Stoffen, wie Wasserstoff oder Kohlenstoff. Schwere, erdähnliche Planeten mit fester Oberfläche haben sich deshalb im inneren Sonnensystem gebildet, die Gasplaneten in Entfernungen ab etwa einer Milliarde Kilometer. Ist der geringfügige Unterschied zwischen den Umlaufbahnen von Venus und Erde, von etwa 100 zu 150 Millionen Kilometern, der entscheidende Unterschied und verantwortlich dafür, dass die Venus kaum oder kein Wasser aus der zirkumsolaren Scheibe aus Staub und Gas abbekommen hat? Mag sein, dass dies eine der Ursachen für die Wasserarmut der Venus ist. Aber das Wasser der Erde stammt sehr wahrscheinlich nicht nur



EnVision ist Kandidat für einen ESA-Venusorbiter, der mit Radar auf und unter die Oberfläche „blicken“ und darüber hinaus aktive Vulkane entdecken soll



VERITAS ist in der Endauswahl für eine von zwei neuen Missionen des NASA-Discovery-Programms. Der Orbiter soll die Venusoberfläche kartieren.

EINE DEKADE DER VENUSFORSCHUNG

Derzeit erstrahlt das internationale Interesse an Missionen zur Venus – sodass einige Wissenschaftler schon von einer bevorstehenden Dekade der Venusforschung sprechen. Die Technik für alle diese Missionen existiert entweder schon oder wird gerade entwickelt.

DAVINCI+ (Deep Atmosphere of Venus Investigation of Noble gases, Chemistry & Imaging, Plus): Eine Sonde fällt an einem Fallschirm durch die Atmosphäre der Venus und zeichnet währenddessen präzise die atmosphärische Zusammensetzung und besonders das Isotopenverhältnis auf. Daraus lässt sich auf den Zeitraum schließen, in dem die Venus ihr Wasser verloren hat.

VERITAS (Venus Emissivity, Radio Science, InSAR, Topography, and Spectroscopy mission): Die Mission kombiniert ein hochauflösendes Radarsystem und ein vom DLR entwickeltes Spektrometer für das nahe Infrarot. VERITAS würde die erste globale mineralogische Karte der Venus liefern und wäre ein Schritt auf dem Weg zu einer Landemission.

EnVision ist auf der europäischen Seite einer der drei Finalisten für die fünfte M-Klasse-Mission der ESA. EnVision soll den aktuellen Zustand der geologischen Aktivität auf der Venus und ihre Beziehung zur Atmosphäre bestimmen. Von zwei Radarsystemen wird eines erstmals einen Blick unter die Oberfläche der Venus ermöglichen. Vervollständigt wird die Nutzlast durch drei Spektrometer aus Frankreich, Belgien und Deutschland unter führender Beteiligung des DLR.

Die indische Raumfahrtagentur ISRO untersucht derzeit die Voraussetzungen für die **Shukrayaan-1-Mission**. Diese kombiniert ein Radarinstrument mit einer Reihe von Spektrometern und Plasmainstrumenten.

Seit vielen Jahren gibt es auf russischer Seite Studien zu einer **Venera-D-Mission**. Neben einem Orbiter soll ein Landemodul basierend auf den erfolgreichen Venera-Landern auf der Venus aufsetzen. Es gibt auch Überlegungen, Ballons oder andere Flugelemente mitzuführen.

Rückschlüsse auf die Forschung zu Exoplaneten

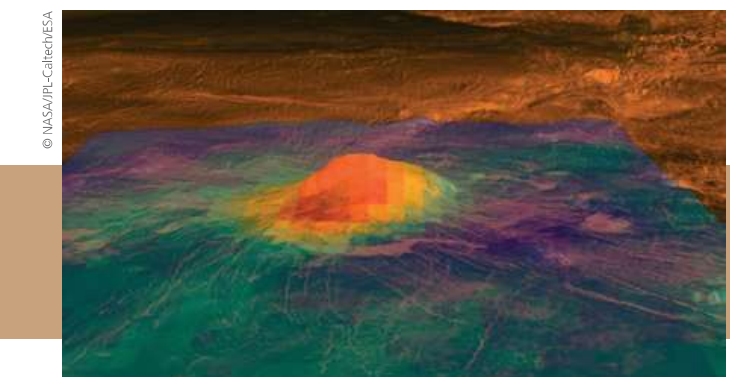
Durch die raschen Fortschritte in der Hochtemperatur-Elektronik gibt es Entwicklungen für Landeelemente, die nicht nur Stunden, sondern Tage oder Monate „überleben“ sollen. Das Glenn Research Center der NASA arbeitet an einem Konzept für ein miniaturisiertes Landeelement, das wenigstens 60 Tage auf der Oberfläche durchhalten soll. Dies würde es ermöglichen, langfristige Messungen der seismischen Aktivität der Venus durchzuführen, vergleichbar mit der NASA-Mission InSight auf dem Mars. Venusbeben lassen sich auch von Ballons in der Atmosphäre erfassen: Die dichte Venusatmosphäre überträgt die Wellen von der Oberfläche des Planeten sehr gut und diese würden sich mit Geofonen unter einem Ballon messen lassen. Vergleichbare Messungen werden auf der Erde in Ozeanen durchgeführt.

Blicken wir über unser Sonnensystem hinaus, dann stellen wir fest, dass unter den bisher entdeckten über 4.000 Exoplaneten viele venusähnliche Planeten sind. Mit den geplanten Missionen zur Venus

können wir diese Klasse von Exoplaneten quasi vor der irdischen Haustüre erforschen und damit Hinweise erhalten, wie wahrscheinlich es ist, dass sich unter ihnen ein lebensfreundlicher Planet entwickelt haben könnte. Man gebe also nie Prognosen ab zur Wahrscheinlichkeit, wie sich eine Schwester entwickelt ...

Dr. Jörn Helbert ist Planetenphysiker und leitet die Abteilung Planetare Labore am DLR-Institut für Planetenforschung. Er ist fasziniert von Planeten und Monden mit heißen Oberflächen und stellt deren „höllische“ Bedingungen im Labor nach.

Ulrich Köhler ist Planetengeologe am selben Institut und versucht seit 30 Jahren zu verstehen, warum sich die fünf erdähnlichen Körper des inneren Sonnensystems so verschieden entwickelt haben. Die Erkenntnisse trägt er in vielfältiger Form in die Öffentlichkeit.



Messungen mit dem Spektrometer VIRTIS auf der ESA-Sonde Venus Express zeigten, dass einige Vulkane wie der 2.500 Meter hohe Idunn Mons eine höhere Temperatur als ihre Umgebung haben und noch aktiv sein könnten