

Die Wellen der Venus [18. Jan.]

Jeder Planet des *Sonnensystems* [1] besitzt seine Eigenheiten. Der **Planet Venus** [1] ist dabei etwas ganz Besonderes. Die Venus ist der Sonne nach dem Planeten *Merkur* [1] am nächsten. Aufgrund ihrer dichten *Atmosphäre* [1] können wir von außen nicht direkt auf ihre Oberfläche blicken.

Oftmals wird die Venus als **Schwesterplanet der Erde** bezeichnet: die Venus besitzt eine felsige Oberfläche wie unser Planet und ist etwa gleich groß und schwer.

Dennoch unterscheidet sich der Planet Venus in einigen Bereichen ganz entscheidend von unserem Heimatplaneten. Die Venusatmosphäre ist unglaublich dicht, besteht zu rund 96 Prozent aus *Kohlendioxid* [1], das einen extremen *Treibhauseffekt* [1] bewirkt, und eine Oberflächentemperatur von 460 Grad Celsius. Bei diesen Temperaturen schmilzt *Blei* [1]. Die Dicke der Venusatmosphäre beträgt 45-70 Kilometer.

Raumsonden, die bis zur Venusoberfläche gelangten, überlebten nicht viel länger als eine Stunde in der extremen Hitze. Daher benötigt man *Orbiter* [1], die um den Planeten kreisen und ihn ausgiebig beobachten.

Atmosphärenstrukturen

Die **Atmosphäre des Planeten** ist alles andere als einladend: sie besteht aus dicken Wolken aus *Schwefelsäure* [1]. Die Wolken bewegen sich in Richtung Westen, denn die gesamte obere Atmosphäre rotiert viel schneller als der darunterliegende Planet. In den obersten Atmosphärenschichten in rund 65 Kilometern Höhe werden **kleinskalige Strukturen und Muster** mit Hintergrund-Windgeschwindigkeiten von rund 100 Metern pro Sekunde weiterbewegt.

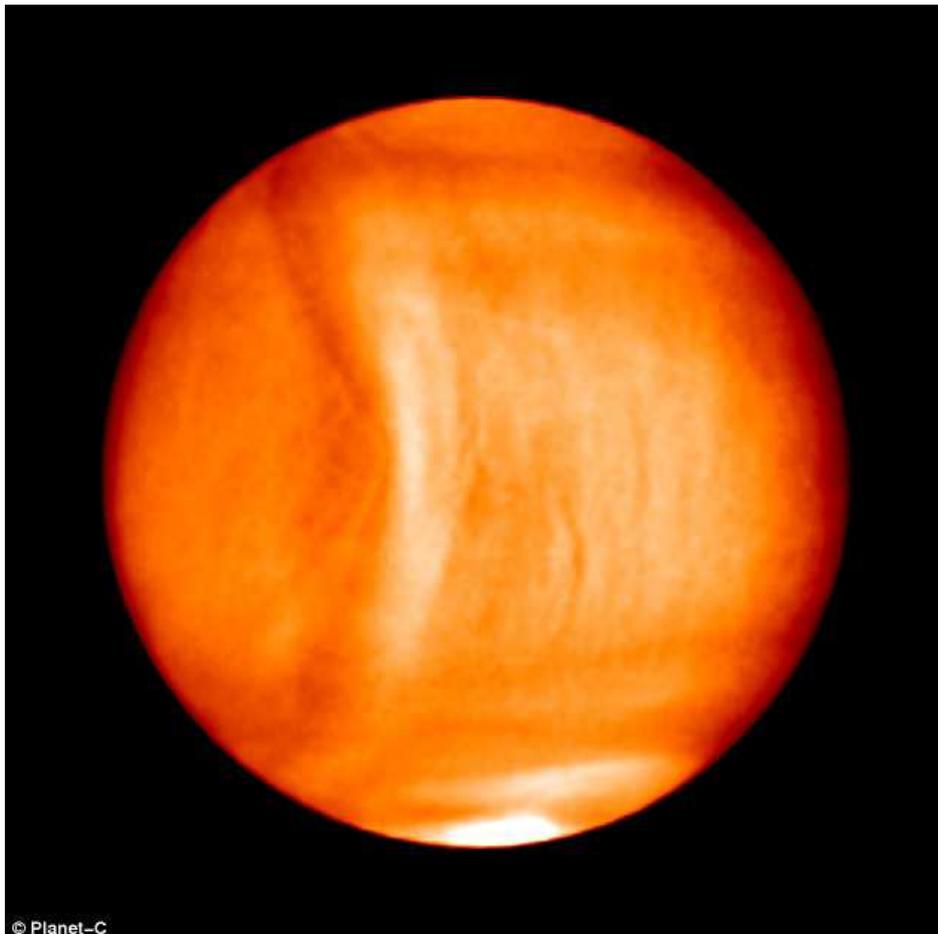


Abb. 1 Aufnahme der vertikalen Schwerewelle in der Venusatmosphäre.
 Die Schwerewelle macht sich in der Aufnahme aus langgezogene, vertikale
 weißliche Struktur bemerkbar, die sich über beide Hemisphären zieht.
 © JAXA

Kleinskalige Wellenzüge der oberen Venusatmosphäre (Höhe 60-70 Kilometer) wurden bereits im Jahr 2012 von der europäischen Raumsonde *Venus Express* [1] beobachtet [4] (Abb. 2). Die frühen Beobachtungen zeigen Strukturen, die an ozeanartige Phänomene in der unteren Atmosphäre erinnern, oberhalb derer sich eine dichte Wolkenschicht befindet, die sich wie eine Meeresoberfläche verhält. Anzeichen hierfür sind Wellen und Luftströme in der oberen Atmosphäre. Sie weisen auf intensive Einflüsse, die sich tief unterhalb der Atmosphäre befinden müssen.

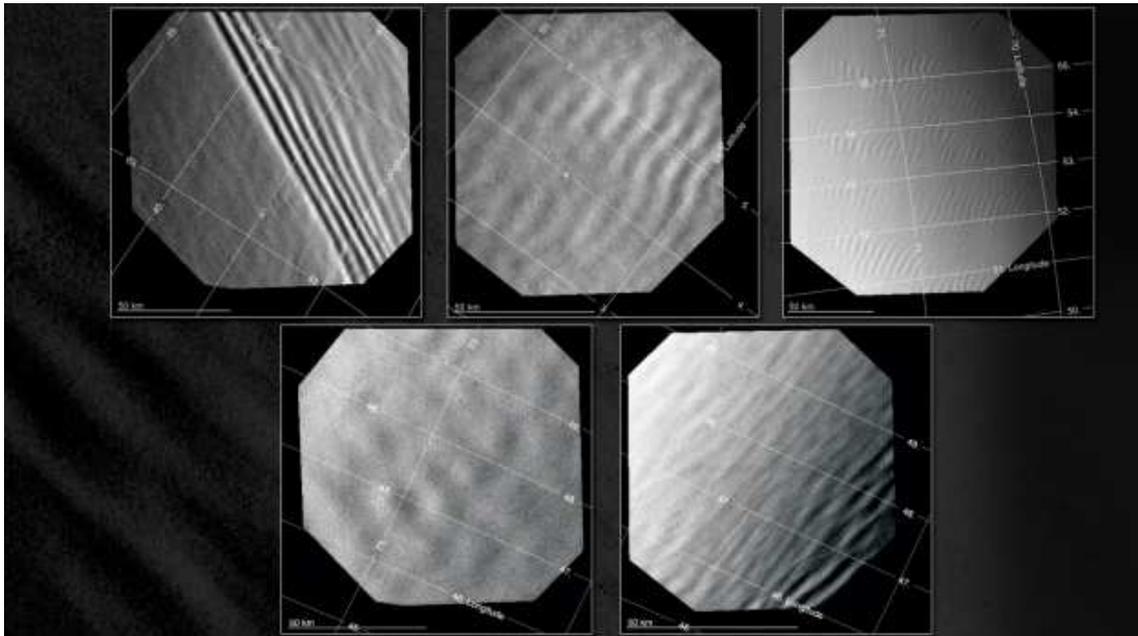


Abb. 2 Kleinskalige Wellenzüge in der Venusatmosphäre.
 Bereits vor der Entdeckung der großskaligen Schwerewelle wurden kleinskalige Wellenzüge
 verschiedener Ausprägungen in der Atmosphäre des Planeten beobachtet.
 © ESA/Venus Express/VMX/A//Piccialli et al. [4]

Die neue Bogenstruktur

Dagegen bewegen sich **großskalige Atmosphärenstrukturen** nur wenig schneller bzw. langsamer als dieser Hintergrund-Wind, ein Phänomen, dem zugeschrieben wird, daß es die Fortpflanzung sog. *großskaliger Wellen* beschreibt.

Nun konnten Wissenschaftler erstmals eine riesige **bogenförmige Struktur** beobachten, die sich über beide Hemisphären des Planeten erstreckt und eine Länge von rund 10.000 Kilometern besitzt (Abb. 1).

Die **Bogenstruktur** befindet sich in der obersten Wolkenschicht der Venus und wurde mithilfe des Orbiters *Akatsuki* [1] der japanischen Raumfahrtbehörde JAXA [1] im mittleren *Infrarot- und Ultraviolettbereich* [1] des Spektrums erstmals im Dezember 2015 entdeckt (Abb. 1).

Die bogenförmige Atmosphärenstruktur **veränderte sich** über einen Zeitraum von einigen Tagen (7.-12. Dezember) **kaum** und verblieb nahezu in ihrer geographischen Position über der höhergelegenen Oberfläche – trotz der Anwesenheit einer **Superrotation** [1] der darunter befindlichen Atmosphäre des Planeten mit Geschwindigkeiten von rund 100 Kilometern pro Sekunde (Abb. 3).

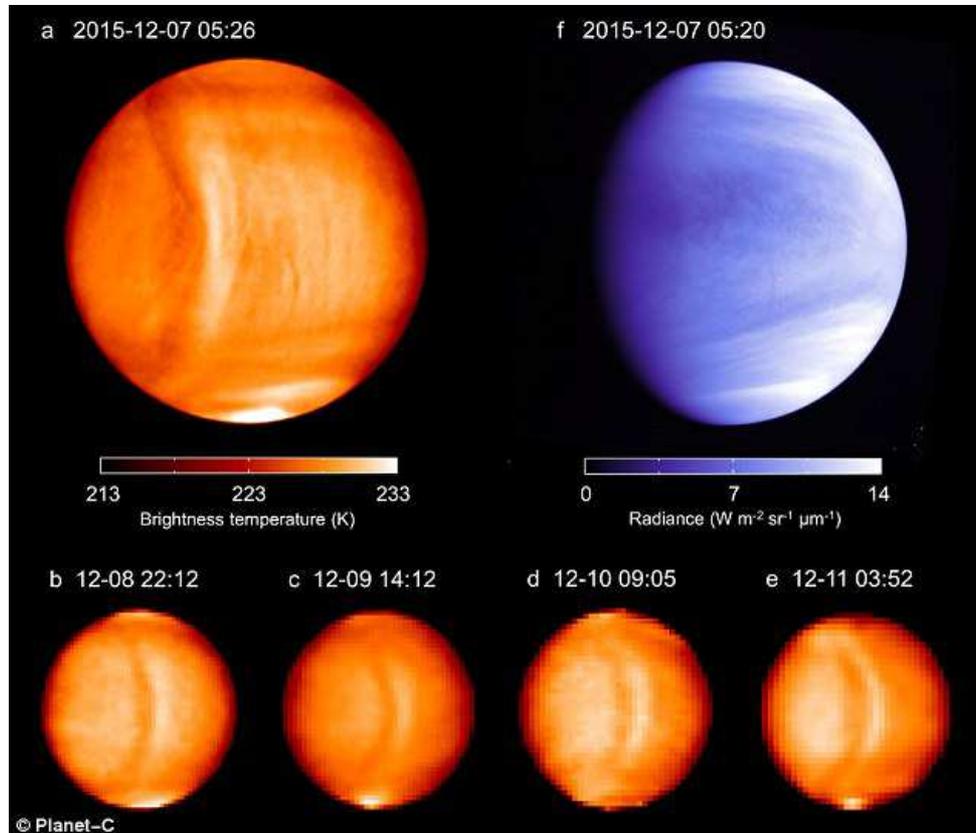


Abb. 3 Zeitliche Aufnahmen der vertikalen Schwerewelle in der Venusatmosphäre. Die riesige vertikale Schwerewelle wurde im mittleren IR-Bereich entdeckt (oben links); im UV-Bereich dagegen war sie nicht beobachtbar (oben rechts). Während des Zeitraums vom 8.-11. Dezember 2015 veränderte sich die geographische Position der Schwerewelle nicht (unten).
© JAXA/[2]

Die **vertikale Struktur** besteht aus Regionen hoher und niedriger Temperatur und befindet sich in einer Höhe von rund 5 Kilometern über der Venusoberfläche, direkt über der kontinentgroßen Hochlandstruktur mit der Bezeichnung **Aphrodite Terra** [1].

Die Forscher [2] vermuten, daß es sich bei der bogenförmigen Struktur um eine sog. **atmosphärische Schwerewelle** [1] handelt, die aufgrund der **Topographie** [1] der auf der Oberfläche befindlichen Bergstruktur in der unteren Atmosphäre erzeugt wurde und sich anschließend in die obere Atmosphäre bewegte.

Eine **Animation** der bogenförmigen Struktur in der oberen Venusatmosphäre finden Sie unter [3].

Was sind Schwerewellen?

Schwerewellen sind nicht zu verwechseln mit *Gravitationswellen* [1], die erstmals Ende des Jahres 2015 entdeckt worden sind. Schwerewellen dagegen sind ein allgemeines

Phänomen, das sich beispielsweise in Wolken oder Meeren bemerkbar macht. Sie entstehen, wenn eine Atmosphäre oder ein großes Wasserareal gestört wird, beispielsweise wenn *Gezeiten* [1] über eine Sandbank fließen oder Luftmassen über eine Bergkette. Dabei versucht die Schwerkraft stets ein Gleichgewicht wiederherzustellen und erzeugt dadurch einen **Welleneffekt**.

Genauer gesagt: Schwerewellen können lediglich in stabil geschichteten Atmosphären entstehen und beispielsweise durch *Konvektion* [1], das Aufsteigen warmer Luftmassen von unten oder horizontal über Hindernisse wie Berge, *getriggert* [1] werden – ähnlich den Wellenstrukturen an der Oberfläche eines Flusses, wenn dieser über einen überfluteten Felsbrocken fließt.

Wenn sich eine Schwerewelle in einer Atmosphäre bewegt, oszillieren die Luftteilchen in vertikaler Richtung – aufgrund des Gleichgewichts zwischen *Auftrieb* [1] und *Schwerkraft* [1].

Schwerewellen sind von großer Bedeutung, da sie Energie und *Drehmoment* [1] durch die vertikale und horizontale Fortpflanzung in der Atmosphäre transportieren können.

Auf der Erde machen sich Schwerewellen oftmals durch die Ausbildung von Wolkenformationen bemerkbar, beispielsweise auf der *Leeseite* [1] von Bergen. Dabei bilden sie in vielen Fällen eine Art Wellenzug, eine Serie aus Wellen, die sich in die gleiche Richtung bewegen und durch gleichmäßige Abstände getrennt sind.

Fragen zur Venus-Bogenstruktur

Die interessanteste Frage lautet nun: Weshalb verbleibt die bogenförmige Atmosphärenstruktur nahezu an ihrer Position, während darunterliegende Winde toben und sie im Prinzip mitreißen müßten?

Zwar wird diese These durch Computersimulationen gestützt, jedoch können die Wissenschaftler die Bildung und Fortpflanzung der durch Bergstrukturen begründeten atmosphärischen Schwerewelle bisher nicht vollständig erklären. Möglicherweise sind die Windstrukturen in der Venusatmosphäre **räumlich oder zeitlich variabler** als bisher angenommen.

In den nächsten Jahren sollen Beobachtung die obere Venusatmosphäre ausgiebig untersuchen und **nach weiteren großskaligen Schwerewellen Ausschau** halten.

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

Ihre
IG Hutzi Spechtler – Yasmin A. Walter

Quellenangaben:

[1] Mehr Information über Objekte des Sonnensystems und astronomische Begriffe
www.wikipedia.de

[2] Fukuhara, T., et al., *Nature Geoscience* (16 Jan 2017)

[3] Animation der Position der bogenförmigen Welle in der Venusatmosphäre
<http://i.dailymail.co.uk/i/gif/2017/01/12/e956212df13f7340d52deaa2115f1863072f710c.gif>

[4] Mehr Information zu Schwerewellen in der Venusatmosphäre

Picialli, A., et al., *Icarus* 227, 94-111 (2014)

Picialli, A., et al., *USRA Meeting, Climatology* (2012)

Lefèvre, M., et al., UMPC/CNRS (2016)

Garcia, R. F., et al., *Journal of Geophys. Res.* 114, E00B32 (2008)