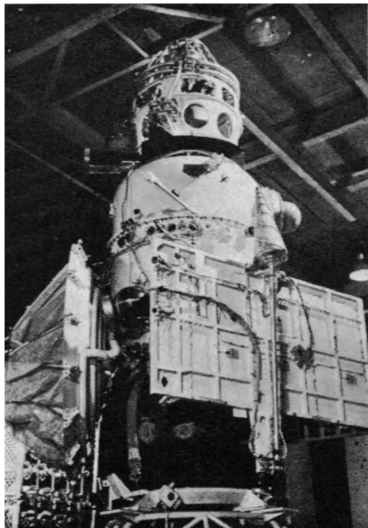


IN WORT UND BILD

Venussonden am Ziel

Die sowjetische interplanetare Station Venus 5 erreichte am 16. Mai die Venus und landete weich auf der Oberfläche des Planeten. Die



Automatische Venussonde

Station hatte in 150 Flugtagen eine Entfernung von 350 Millionen Kilometern zurückgelegt. Die Station Venus 6, die am 10. Januar gestartet war, erreichte den Planeten am 17. Mai und landete gleichfalls weich auf dessen Oberfläche.

Im Laufe des Fluges auf einer heliozentrischen Bahn wurde mit beiden Stationen ein regelmäßiger Funkverkehr unterhalten. Auf Funkkommandos von der Erde aus korrigierten die Stationen ihre Bahn und nahmen während des Fluges mit Hilfe der mitgeführten Geräte umfassende Forschungen vor.

Am 16. Mai 7.08 Uhr Moskauer Zeit hatte sich Venus 5 dem Planeten auf eine Entfernung von 50 000 Kilometern genähert. In diesem Augenblick erhielt die Station von der Erde das Kommando für die abschließende interplanetare Funkverbindung. Vor dem Eindringen der Station in die Atmosphäre der Venus trennte sich automatisch der Landeapparat mit den Meßapparaturen von der Station. Um 9.01 Uhr begann die aerodynamische Bremsung des Landeapparates in der Venusatmosphäre, die von einem

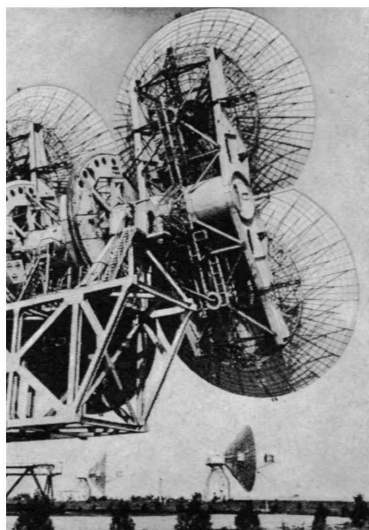
beträchtlichen Anwachsen der Überlastungen und der Temperaturen an der Oberfläche des Apparates begleitet war. Im Verlauf der aerodynamischen Bremsung verringerte sich die Fallgeschwindigkeit des Landeapparates von 11,71 Kilometern pro Sekunde auf 210 Meter pro Sekunde, worauf das Fallschirmsystem eingeschaltet wurde. Beim Niedergehen des Apparates mit dem Fallschirm, das 53 Minuten dauerte, wurden die Parameter der Venusatmosphäre gemessen: Temperatur, Druck und chemische Zusammensetzung. Ein Funkhöhenmesser registrierte ständig die Höhe des Apparats über der Oberfläche des Planeten.

Die Station Venus 6, die am 17. Mai um 9.03 Uhr in die Atmosphäre des Planeten eindrang und dann niederging, maß mit ihren Geräten gleichfalls die Parameter der Venusatmosphäre.

Die von den Stationen übermittelten wissenschaftlichen Angaben werden jetzt von den einschlägigen Instituten der Akademie der Wissenschaften der UdSSR ausgewertet.

Die Flüge der Stationen Venus 5 und Venus 6 leiten eine neue Etappe in der Erforschung der Planeten ein. Bekanntlich begann die systematische Erforschung der Planeten und des interplanetaren Raumes am 12. Februar 1961 mit dem Start der automatischen Station Venus 1, die während ihres Fluges die Venus passierte. 1965 starteten die Stationen Venus 2 und Venus 3; die eine flog an der Venus vorbei, die andere schlug auf dem Planeten auf. 1967 ging die Station Venus 4 auf den Planeten nieder und nahm dabei direkte Messungen vor. Jeder Flug dieser Stationen erfüllte einen bestimmten Zweck: wissenschaftliche Forschungen und technische Erprobungen, Klärung von Navigationsproblemen für den interplanetaren Flug usw.

Mit den Flügen der Stationen Venus 5 und Venus 6 wurde die Erforschung der Venusatmosphäre fortgesetzt. Die Ergebnisse dieses Experiments werden nicht nur viele Geheimnisse der Venus enträtseln,



Die Bodenstation stand mit Venus 5 und Venus 6 in ständigem Funkkontakt
Fotos: APN

sondern auch für die Erforschung anderer Himmelskörper von großer Bedeutung sein. Nur durch direkte Sondierungen kann erkundet werden, was die dichte Wolkenschicht der Venus vor dem Auge des Beobachters auf der Erde verbirgt.

Es ist zu erwarten, daß die beiden Stationen die Meßwerte über die Venusatmosphäre, die Venus 4 übermittelte, präzisieren. Von großem Interesse sind die genaue Bestimmung des Gehalts an Stickstoff und insbesondere an Sauerstoff und Wasserdampf, ferner genaue Angaben über Strömungen in der Atmosphäre der Venus. Gelingt es, diese und andere Fragen zu klären, könnte eine Grundfrage beantwortet werden: Weshalb unterscheiden sich die Schwesterplaneten Erde und Venus hinsichtlich ihrer Temperatur so krass voneinander? Vielleicht ist das unter anderem darauf zurückzuführen, daß die Venus keinen flüssigen Kern und kein merkliches Magnetfeld besitzt. Ein detailliertes Studium der physikalischen Eigenschaften der Erde ähnlichen Planeten Mars und Venus könnte manchen Aufschluß über die Entwicklungsgeschichte der Erde geben und klären, weshalb gerade auf der Erde Leben entstehen konnte und mit welcher Wahrscheinlichkeit man Planeten mit Lebewesen in anderen Sonnensystemen vermuten darf. Anhand der Daten, die von beiden Stationen übermittelt wurden, können die Hypothesen über die Natur der Himmelskörper überprüft werden, die von der Wissenschaft als Ergebnis der vielen Beobachtungen von der Erde aus aufgestellt worden waren. Dadurch, daß die Parameter der Venusatmosphäre von zwei Stationen unter praktisch gleichen Bedingungen gemessen wurden, wird der Wert und die Genauigkeit der wissenschaftlichen Angaben um ein mehrfaches erhöht.

In einem Interview mit der „Iswestija“ erklärte der Chefkonstrukteur der Stationen, daß sich Venus 5 und Venus 6 von ihrer Vorgängerin Venus 4 in mancher Hinsicht unterscheiden. Die wissenschaftlichen Geräte im Landeapparat wurden verbessert, ferner wurde ein neuer Höhenmesser installiert. Der Landeapparat wurde neu konstruiert, im Vergleich zur Sonde Venus 4 war er höheren Belastungen, Drücken und Temperaturen gewachsen. Bei der Konstruktion der neuen Stationen wurden alle Informationen über die Zusammensetzung, den Druck und die Temperatur der Venusatmosphäre berücksichtigt, die Venus 4 übertragen hat. Früher wurde angenommen, daß der Kohlendioxidgehalt nicht mehr als 50 Prozent beträgt, nach den Angaben der Venus 4 waren es aber 90 Prozent. Den Druck auf der Oberfläche des Planeten schätzte man auf 1 bis 100 Atmosphären. Der Fallschirm wurde für den ungünstigsten Fall, eine Atmosphäre Druck, berechnet. Es stellte sich jedoch heraus, daß Venus 4 zu langsam niederging, weshalb die Fläche des Fallschirms auf ein Viertel verringert wurde.

Nach dem erfolgreichen Abschluß des Experiments können jetzt neue Systeme für einen längeren Aufenthalt im Kosmos entwickelt werden. Bei der künftigen Erforschung der Planeten werden automatische Stationen für lange Zeit eine entscheidende Rolle spielen, darunter auch Automaten, die nach Erfüllung ihres Auftrages zur Erde zurückkehren. Für Fernflüge sind Piloten keineswegs nötig, alle Steueroperationen können von Automaten ausgeführt werden, so daß Menschenleben nicht aufs Spiel gesetzt zu werden brauchen. (Siehe auch Seite 15)

Die Rätsel der Venus

Akademienmitglied Alexander Winogradow

Die sowjetischen automatischen interplanetaren Stationen Venus 5 und Venus 6 haben ihr Ziel erreicht. Was wissen wir über den am nächsten gelegenen Planeten und was ist noch zu klären? Mit diesen Fragen beschäftigt sich Akademienmitglied Winogradow in dem nachstehenden Artikel.

Die Venus hat eine Atmosphäre, die hauptsächlich aus Kohlendioxid besteht, und weist eine hohe Oberflächentemperatur (mehrere hundert Grad) auf. Wie sonst ließen sich die Atmosphäre und die Oberfläche der Venus detailliert untersuchen, wenn nicht durch automatische interplanetare Stationen?

Nicht minder schwierig ist es, die Atmosphäre der weit von der Erde entfernten Planeten Jupiter und Saturn zu erforschen. Dort haben sich bei Temperaturen, die nahe dem absoluten Nullpunkt liegen, Wasserstoff, Helium und andere von der Sonne stammende Gase kondensiert. Nur interplanetare automatische Stationen können zuverlässige Angaben über diese gigantischen Planeten, deren Atmosphäre, ihre Entstehung usw. liefern.

Bei der Erforschung der Planeten stößt der Mensch zunächst auf die Atmosphäre. Die großen Planeten Jupiter und Saturn haben sich die „primäre“ Atmosphäre bewahrt. Sie besteht aus Gasen, die direkt von der Sonne ausgestoßen werden. Die Atmosphären der Planeten vom Erdtyp — des Mars, der Venus und auch des Mondes — sind „sekundär“ entstanden, durch Entgasung der Substanz der Planeten bei deren Erwärmung. Folglich müssen sie Gemeinsamkeiten aufweisen. Bei der Entstehung dieser Planeten im kosmischen Vakuum müssen sich in ihrer Substanz nur die Gasgemische erhalten haben, die mit dieser Substanz chemische Verbindungen eingingen — Wasser, Kohlendioxid und Ammoniak. Dann vollzogen sich in den Atmosphären verschiedene Veränderungen. Bei so kleinen Körpern wie zum Beispiel Mond und Merkur gingen sie verloren, bei anderen, zum Beispiel beim Mars, bei der Erde und bei der Venus, evolutionierten sie infolge verschiedener physikalischer Bedingungen in unterschiedlicher Weise.

Das vergleichende Studium der Planetenatmosphären ist für die Einsicht in die Evolution des Sonnensystems und speziell der Erde von großer Bedeutung. Die Atmosphäre der Venus hat eine komplizierte Struktur. Sie

ist noch nicht restlos untersucht. Sie besteht aus der unteren Atmosphäre, der Wolkenschicht und schließlich der Ionosphäre. Man vermutet, daß in dieser mächtigen Atmosphäre ununterbrochen konvektive Bewegungen vor sich gehen. Die Erwärmung der Venus-Atmosphäre wurde mit dem Treibhauseffekt und anderen Ursachen erklärt.

Heute wird deutlich, daß die Erwärmung mit der Absorbierung von Strahlungsenergie der Sonne in der Venus-Atmosphäre zusammenhängt. Die direkten Untersuchungen, ausgeführt von der automatischen Station Venus 4, haben ergeben, daß die Venus-Atmosphäre zu 90 Prozent aus Kohlendioxid besteht und geringe Mengen Stickstoff, Sauerstoff und Wasser enthält. Diese Atmosphäre hat eine sehr hohe Temperatur. Venus 4 tauchte bis zu einer Schicht in die Atmosphäre ein, die eine Temperatur von 280 Grad Celsius aufwies. Nach Angaben von Mariner 5 kann die Temperatur an der Oberfläche sogar 480 Grad Celsius betragen. Der Druck der Venus-Atmosphäre wird mit 20 bis 70 Atmosphären angegeben. Alle diese Angaben müssen präzisiert werden.

Interessant sind gewisse Vergleiche zwischen der Zusammensetzung der Venus-Atmosphäre und den leichtflüchtigen Substanzfraktionen auf der Erde, die bei der Entgasung des Planetenmantels durch die Vulkanaktivität hinausgeschleudert werden. An der Erdoberfläche stehen Wasser und Kohlendioxid im Verhältnis 10:1. Seitdem die Erde besteht, wurde so viel Kohlendioxid freigesetzt, daß der atmosphärische Druck, gelangte es in Gasform in die Atmosphäre, 40 Atmosphären überstiege. Ist die Entgasung auf der Venus genauso verlaufen wie auf der Erde (was sehr wahrscheinlich ist), dann muß die Kohlendioxidmenge in der Venus-Atmosphäre ebenso groß sein. Doch wissen wir noch nicht genug über die Entstehungsgeschichte des Kohlendioxids in der Venusatmosphäre.

Führt man die Analogie zur Erde weiter, dann wäre auf der Venus eine so riesige Menge Wasserdampf zu erwarten, daß er in der Atmosphäre einen Druck von 300 Atmosphären hätte. Diese Dampfmenge ist aber nicht vorhanden, deshalb ergibt sich die Frage, mit welcher Geschwindigkeit das Wasser auf der Venus durch Photo-Dissoziation (Spaltung) in Wasserstoff und Sauerstoff in den oberen Atmosphärenschichten verlorengegangen ist. Der Sauerstoff hat mit der Venusmaterie reagiert, während der Wasserstoff verlorengegangen ist. Das

wurde durch die hohe Temperatur des Planeten und das Fehlen des Magnetfeldes begünstigt. Folgendes wurde errechnet: Wenn der Wasserstoffverlust seit Bestehen der Venus gleichmäßig war, dann ist jährlich etwa ein Drittelkubikkilometer Wasser verlorengegangen. Dieser Vorgang erscheint wahrscheinlich. Wie wir noch sehen werden, ist eine gewisse Wassermenge auf der Venus in der Wolkenschicht noch vorhanden.

Über der unteren Atmosphäre erstreckt sich in einem Gebiet mit größtenteils negativen Temperaturen die Wolkenschicht der Venus. Man spricht ihr eine Mächtigkeit von fünf bis zehn Kilometern zu; möglicherweise ist sie in Schichten angeordnet. Die untere Grenze der Wolkenschicht liegt in einem Druckgebiet von weniger als 0,5 Atmosphären. Die obere Grenze ist nicht scharf abgesetzt; sie geht fließend in die Ionosphäre über. Die Zusammensetzung der Wolkenschicht ist noch nicht unmittelbar bestimmbar worden. Die Vermutung liegt nahe, daß die Wolkenschicht vor allem Wasser und Kohlendioxid enthält. Das wird auch durch Beobachtungen von der Erde aus bestätigt. Zugleich ist es jedoch wahrscheinlich, daß ihr auch viele andere Stoffe beigemischt sind.

Der Beschaffenheit der Wolkenschicht ist zu entnehmen, daß das Wasser und möglicherweise auch das Kohlendioxid in Form von Tröpfchen oder Kristallen auftreten. Die Daten über die Temperatur und den Druck sowie zahlreiche Untersuchungen der Lichtstreuung in der Wolkenschicht deuten auf die Existenz von Teilchen in den Wolken hin, die nach Mikronen messen. Sind das Wassertropfen oder feste Eis- oder Schneeteilchen? Um das herauszufinden, muß man das Diagramm des Systemzustandes Wasser — Kohlendioxid bei verschiedenen negativen Temperaturen untersuchen. Unter diesen Bedingungen können außer Eis auch Kohlendioxidhydrate entstehen.

Obwohl über die Partialdrücke beim Gleichgewichtszustand von Wasserdampf und Hydraten nichts bekannt ist, darf man (aus allgemeinen Erwägungen heraus) annehmen, daß sie weit niedriger sind als beim Wasser (Eis). Deshalb muß die Bildung von Hydraten zu einer noch stärkeren „Austrocknung“ der Atmosphäre führen.

So mächtig die Wolkendecke auch ist, sie kann keine bedeutenden Wassermengen enthalten, denn wir wissen, daß der durchschnittliche Wassergehalt in irdischen Schnee- oder Hagelwolken rund ein Gramm je Ku-

bikmeter beträgt. In der Wolke geht wahrscheinlich eine Konvektion vor sich, die zur Bildung von Dampf und Wassertropfen und zu deren erneuter Abkühlung führt. Über der Wolkenschicht liegt die Ionosphäre, die möglicherweise eine konstante Temperatur hat. In einer Höhe von rund 100 Kilometern nimmt die Temperatur erneut zu. Zahlreiche Beobachtungen der Ionosphäre, genauer gesagt der Schicht oberhalb der Wolken, haben ergeben, daß hier Wasser, Kohlendioxid, Stickstoff und andere Gase vorhanden sind. Zweifellos hängt die Beschaffenheit dieser Schicht, was die Konzentration von Molekülen und Ionen angeht, von der Zusammensetzung der unteren Atmosphäre und vor allem der Wolken ab. Infolge der Photo-Dissoziation entstehen hier unter dem Einfluß des Sonnenwindes neben den schon vorhandenen verschiedenen Arten von Gasen. Im großen ganzen läßt sich sagen, daß im allgemeinen die Menge der Gasen und -moleküle — Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Wasserdämpfe, Kohlendioxid — weit geringer ist, als nach dem Gehalt in der Venus-Atmosphäre zu erwarten wäre.

In der Schicht oberhalb der Wolken wurden auch Spuren von Wasserstofffluorid, Wasserstoffchlorid und Ammoniumchlorid entdeckt. Das ist leicht erklärlich, werden doch alle diese Produkte bei Vulkanausbrüchen mit dem Wasser abdestilliert. Man muß also den Spurengehalt von Gasen in Molekül- und Ionenform in der Ionosphäre mit dem Gehalt in der Venus-Atmosphäre vergleichen und diesen ganzen Mechanismus der Photo-Dissoziation und der Ionosphärenbildung des Planeten untersuchen.

Sicherlich muß auch die Bildung der gesamten Struktur der schweren Kohlendioxidatmosphäre der Venus untersucht werden: der unteren Atmosphäre, der Wolkenschicht und der Ionosphäre. Dieser Prozeß wird nicht nur durch den äußeren Einfluß der Strahlungsenergie auf dem Planeten bestimmt, sondern er hängt auch direkt mit der Bildung der anderen Hüllen der Venus zusammen, zum Beispiel der Rinde, der äußeren festen Hülle, die heute unmittelbaren Beobachtungen und Untersuchungen noch unzugänglich ist. Zugleich ist nicht ausgeschlossen, daß sich die schwere Kohlendioxidatmosphäre bei der Evolution der Atmosphären anderer Planeten bilden konnte. Es ist zu erwarten, daß die interplanetaren automatischen Stationen Venus 5 und Venus 6 zur Klärung vieler dieser Fragen beitragen.