

Die erstaunliche Welt der Venus

Dr. Michail Marow

Die Flüge der sowjetischen Raumsonden Venus 9 und Venus 10 werden die Wissenschaft zweifellos um neue, wichtige Erkenntnisse bereichern und dazu beitragen, daß sich unser Wissen über die geologischen, geochemischen und klimatischen Verhältnisse auf der Erde, der Venus und anderen Himmelskörpern erweitert.

Die Venus ist nicht nur der erdnächste Planet, sie ähnelt der Erde auch am meisten in ihren Abmessungen, ihrer Masse und mittleren Dichte. Betrachten wir beispielsweise den Durchmesser der sonnennahen Umlaufbahn des Pluto als eine für unser Sonnensystem charakteristische Entfernung, dann beträgt die Differenz zwischen den Durchmessern der Umlaufbahnen der Erde und der Venus weniger als zwei Prozent. Diese relativ geringe Entfernung bedeutet jedoch nicht, daß es auch leicht wäre, die Venus zu erforschen. So stößt man bei dem Versuch, einen Blick hinter den Wolkenschleier zu werfen, der die unmittelbare Erforschung ihrer Oberfläche von der Erde aus unmöglich macht, auf sehr große Schwierigkeiten. Erst nachdem die ersten sowjetischen Sonden diesen Schleier zerrissen haben und bis zur Oberfläche des Planeten vorgedrungen sind, wurde klar, wie ungewöhnlich die Bedingungen auf der Venus sind.

Die Venus ähnelt einem stark überhitzten Treibhaus, dessen Temperatur am Boden beinahe 500 Grad Celsius und dessen Atmosphäre, die vorwiegend aus Kohlendioxid besteht, einen Druck von nahezu 100 Atmosphären hat. Dennoch haben die Raumsonden der Venus-Serie nach ihrer Landung auf der Oberfläche des Planeten fast eine Stunde lang gearbeitet und Meßwerte zur Erde übermittelt.

Wir besitzen bereits eine Menge Einzelkenntnisse über die Venus. Es genügt jedoch nicht, über bloße Daten zu verfügen, vielmehr muß man sie zu einem Ganzen zusammenfügen, muß man bestimmte Gesetzmäßigkeiten feststellen und die physika-

lischen Mechanismen ergründen, die die natürlichen Vorgänge auf einem Himmelskörper steuern.

Die Welt der Venus ist erstaunlich. Ein Tag und eine Nacht dauern auf der Venus fast vier Monate. Die Sonne geht im Westen auf und im Osten unter, dabei nur zweimal im Jahr, das ungefähr drei Fünftel unseres irdischen Jahres beträgt. Es gibt keine Jahreszeiten, die Temperatur an der Oberfläche bleibt Tag und Nacht konstant die Sonne ist selbst in der hellsten Zeit, am Mittag, unter den dortigen Verhältnissen nicht zu sehen.

Außerordentlich interessant sind die Venuswolken. Ihre vertikale Ausdehnung beträgt allem Anschein nach 30 bis 40 Kilometer, ihre untere Grenze liegt etwa 30 bis 35 Kilometer über der Venusoberfläche. Das bedeutet jedoch nicht, daß die Wolken gleichmäßig dicht und homogen sind. Es ist durchaus möglich, daß sie sich aus einzelnen Schichten zusammensetzen, von denen jede aus einem anderen Stoff besteht. Früher nahm man an, daß die Wolken auf der Venus denen auf der Erde ähnlich sind, das heißt aus Wasserteilchen und Eiskristallen be-

stehen. Es ist aber bereits heute klar, daß das nicht der Fall ist: Jedenfalls besteht die Wolkzone, deren obere Grenze von der Erde aus sichtbar ist, aller Wahrscheinlichkeit nach aus einer konzentrierten wäßrigen Lösung von Schwefelsäure, möglicherweise auch mit kleinen Beimengungen anderer Säuren wie Salzsäure und Flußsäure. Diese Schlußfolgerung legen die Beobachtungen nahe, die sich mit den Hypothesen am überzeugendsten in Übereinstimmung bringen lassen.

Das Erstaunliche an der Welt der Venus erschöpft sich damit jedoch nicht. Da die Temperatur der Oberfläche sehr hoch ist, können verschiedene Elemente und ihre Verbindungen verdunsten, etwa leichtschmelzende Metalle, Brom, Jod und andere. Sie

Künstliche Trabanten der Venus

Die sowjetische interplanetare automatische Station Venus 9 ist am 22. Oktober nach 136tägigem Flug, bei dem sie mehr als 300 Millionen Kilometer zurücklegte, auf eine stark elliptische Venus-Umlaufbahn gelangt. Sie wurde damit der erste künstliche Trabant des Planeten.

Der Landeapparat der Station ging weich auf dem Planeten nieder und funkte ein ausgezeichnetes Bild von der Landestelle. Zum ersten Mal liegt damit ein Bild vor, das in der Atmosphäre der Venus aufgenommen wurde, die einen 90 mal höheren Druck als die der Erde und eine Temperatur von 485 Grad Celsius besitzt.

Während des Fluges zu ihrem Zielplaneten wurde mit der Station 90 mal Funkverbindung aufgenommen, um Steuerbefehle zu erteilen, die Funktionstüchtigkeit der Bordsysteme zu überprüfen, die Bahnparameter zu messen und physikalische Prozesse im Weltraum zu untersuchen.

Um die Station an den vorausgerechneten Punkt in der Nähe der Venus zu bringen und die Voraussetzungen zur Abtrennung des Landeapparates und dessen Eintritt in die Atmosphäre zu schaffen, waren zwei Kurskorrekturen nötig.

Der höchste Punkt der Umlaufbahn von Venus 9 liegt 1 500 Kilometer über dem Planeten. Ein Umlauf dauert rund zwei Tage. Die Station soll die chemische Zusammensetzung und die physikalischen Eigenschaften der

Atmosphäre der Venus, die Struktur ihrer Wolken und ihres Magnetfeldes wie auch die Eigenschaften des Plasmas in der Zone, wo der Planet vom Sonnenwind umströmt wird, untersuchen.

Der Landeapparat war am 22. Oktober 4.58 Uhr mitteleuropäischer Zeit mit einer Geschwindigkeit von 10,7 Kilometer in der Sekunde in die Atmosphäre eingetaucht. Durch aerodynamische Abbremsung wurde die Geschwindigkeit auf 250 Meter in der Sekunde verringert, worauf automatisch ein Fallschirmsystem in Funktion trat. Beim Niedergehen des Apparats an den Fallschirmen wurde zum ersten Mal eine komplexe Untersuchung der Wolkenschicht des Planeten vorgenommen.

In 50 Kilometer Höhe wurde das Fallschirmsystem abgetrennt. Mit Hilfe des aerodynamischen Bremssystems setzte der Apparat um 6.13 Uhr mitteleuropäischer Zeit weich auf der Venus auf.

Die Konstruktion des Landeapparats ermöglichte ein normales Funktionieren der Bordsysteme und wissenschaftlichen Geräte während des Niedergehens und noch 53 Minuten nach dem Aufsetzen. In der knappen Stunde nach der Landung wurden Untersuchungen der Atmosphäre und der Oberfläche des Planeten vorgenommen. Die Signale vom Landeapparat wurden von Venus 9 an die Erde weitergegeben.

Es wurden Angaben gewonnen über die Wolkenschicht des Planeten, die optischen Charakteristika und Parameter der Atmosphäre, die Beleuchtungsstärke auf der Oberfläche und physikalische Eigenschaften des Bodens an der Landestelle.

Nur drei Tage nach dem erfolgreichen Erkundungsexperiment von Venus 9, am 25. Oktober, setzte eine zweite, von der Station Venus 10 getragene Instrumentenkapsel weich auf dem Planeten auf. Die Entfernung zwischen den Landeplätzen betrug 2200 Kilometer. Während der Landeapparat von Venus 9 in seiner Umgebung verstreut herumliegende, scharfkantige Felsbrocken entdeckte, die von aktiven Prozessen auf der Oberfläche des Planeten in nicht allzu ferner Vergangenheit zeugen, ging die Kapsel von Venus 10 inmitten riesiger Bergformationen nieder, bei denen erkaltete Lava und abgeflachtes, verwittertes Gestein auf eine langwährende atmosphärische Einwirkung schließen lassen.

Der Landeapparat von Venus 10 übermittelte nach dem Aufsetzen noch 65 Minuten lang Informationen zur Erde, wobei auch hier die in einer Umlaufbahn verbliebene Sonde Venus 10 als Relaisstation diente. Ausgehend von den extrem ungünstigen Bedingungen der Venusoberfläche hatte man bei beiden Landeapparaten mit einer Betriebsdauer von nur 30 Minuten gerechnet.

Von den beiden die Venus umkreisenden Stationen Venus 9 und Venus 10 sind noch für längere Zeit einander ergänzende und kontrollierende Meßdaten zu erwarten.

bleiben anscheinend in Form von Beimengungen in der Atmosphäre und können dort in verschiedenen Ebenen bestimmte Schichten bilden. Folglich „verschmutzt“ sich die Venus gleichsam selbst. Mit der Entfernung von der Oberfläche verringert sich die Temperatur, so daß sie in einer Höhe von 50 bis 55 Kilometer ungefähr so hoch wie auf der Erdoberfläche ist.

Über der sichtbaren Grenze der Wolken ist in der Atmosphäre der Venus eine Art Nebelschleier zu erkennen, der den Astronomen gut bekannt ist. Er besitzt eine interessante Eigenschaft, indem er im Ultraviolettbereich des Spektrums die Sonnenstrahlung stark absorbiert. Woraus dieser Absorber besteht, ist uns vorläufig noch nicht bekannt. Er hilft jedoch, die Struktur der Venuswolken und die in der Atmosphäre des Planeten vor sich gehenden Prozesse zu klären. Die Wolken bewegen sich in dieser Ebene längs des Äquators mit der sehr großen Geschwindigkeit von ungefähr 100 Metern in der Sekunde.

Weiter wurde festgestellt, daß die Bewegung der Atmosphäre auf der Venus sich mit der Höhe verändert. An der Oberfläche ist sie gering, vergrößert sich jedoch mit der Höhe und ist in der Wolkenebene fast 60mal so groß wie die Geschwindigkeit der Eigenrotation des Planeten um seine Achse, die sehr langsam ist. Die Zirkulation führt dazu, daß die Ungleichmäßigkeit der Erwärmung der Venus durch die Sonnenstrahlen ausgeglichen wird, woraus sich auch die fehlenden Temperaturunterschiede am Tage und in der Nacht, zwischen dem Äquator und den Polargebieten des Planeten erklären. Die Zirkulation und der Treibhauseffekt sind die Hauptmechanismen, die nach heutigen Vorstellungen die spezifischen Wärmeverhältnisse auf dem Planeten erklären.

Komplizierter ist die Frage, warum auf der Venus derart ungewöhnliche Verhältnisse bestehen. Die unterschiedliche Evolution, die die Planeten durchgemacht haben, und deren Spuren ganz eindeutig in den bestehenden Gashüllen zutage getreten sind, lassen sich weitgehend durch die Lage der Planeten im Sonnensystem erklären. Nach heutigen Vorstellungen

sind die Atmosphären der Planeten ein Ergebnis der Entgasung, die den Prozeß der Differenzierung der Materie der Planeten in Hüllen begleitet, jenen Prozeß, der nach der Bildung der Planeten aus dem proplanetarischen Gas- und Staubnebel erfolgt. Auf der Erde vollzog sich die Entgasung vor rund zwei bis drei Milliarden Jahren. Schätzungen ergeben, daß die ursprüngliche Temperatur auf ihrer Oberfläche, die fast überhaupt keine Atmosphäre besaß, null Grad nahe war. Unter solchen Bedingungen kann ein Planet das Wasser behalten, das in großen Mengen beim Prozeß der Entgasung aus dem Inneren ausgeschieden wird. Das führte zur Bildung der Ozeane auf der Erde.

Die Venus befindet sich jedoch der Sonne näher als die Erde und die Gleichgewichtstemperatur auf ihrer Oberfläche ist um ein Vielfaches höher. Da die Atmosphäre nach und nach entstand und der Druck anfangs gering war, erwies sich diese Temperatur höher als der Siedepunkt des Wassers. Mit anderen Worten, die Venus mußte, um das Wasser zu behalten, eine mindestens hundertmal so dichte Atmosphäre besitzen, was wenig wahrscheinlich ist.

Nach allem zu urteilen, ist das der Hauptfaktor, der zur Bildung des heutigen Klimas auf der Venus geführt hat. Die große Menge an Wasserdampf in der Atmosphäre begünstigte auch die Entstehung und Entwicklung des Treibhauseffekts sowie das Ansteigen der Temperatur und dementsprechend auch den Verlust des Wassers. Was das Kohlendioxid anbetrifft, so ist sein Gehalt auf der Erde und auf der Venus ungefähr gleich, auf der Erde ist aber das gesamte Kohlendioxid praktisch im Gestein gebunden, während es auf der Venus wegen der hohen Temperatur in die Atmosphäre gelangte und dort einen Druck von rund 100 Atmosphären erreichte.

Diese Überlegungen bilden eines der möglichen Evolutionsmodelle, das den Ansichten des Verfassers dieses Artikels in höchstem Maße entspricht. Vieles ist an diesem Modell vorläufig noch hypothetisch, und nur neue, durch Experimente gewonnene Erkenntnisse werden die Möglichkeit schaffen, es zu präzisieren.

Neuer Stoff für Raumanzüge

Niemand wundert sich mehr über hitzebeständige Stoffe. Feuerwehrleute, Schweißer und Stahlschmelzer arbeiten schon längst in feuerfester Kleidung. Von dieser Kleidung ist aber weder Leichtigkeit noch Eleganz zu erwarten, denn sie wird in der Regel aus dickem, grobem Stoff genäht. Es ist schwer zu glauben, daß der leichte und dünne Stoff aus einem Polymer, das am Institut für Organische Chemie der Sibirischen Abteilung der Akademie der Wissenschaften gewonnen wurde, es an Wärmefestigkeit mit den bisherigen Stoffen aufnehmen kann. Das Gutachten der Fachleute lautet aber: Der neue Stoff erlischt selbst dann, wenn man ihn in reinem Sauerstoff anzündet. Nach sorgfältiger Prüfung des brandsicheren Stoffs *Lola* gelangten sowjetische und amerikanische Spezialisten zu dem Schluß, daß sich der neue Stoff für die Anfertigung von Raumanzügen eignet.

Neue Etappe der Planetenforschung

Leonid Breschnjew, Nikolai Podgorny und Alexej Kosygin haben die Konstrukteure und Erbauer von Venus 9 und Venus 10 zum Erfolg des Unternehmens beglückwünscht.

In der Grußbotschaft wird der erfolgreiche Flug der beiden interplanetarischen automatischen Stationen als „ein großer Sieg der sowjetischen Wissenschaft und Technik und ein bedeutender Beitrag zur internationalen Wissenschaft, der für die ganze Menschheit große Bedeutung hat“, gewürdigt.

Die qualitativ neue Etappe in der Erforschung des Planeten Venus, so wird in der Botschaft betont, zeige die großen Möglichkeiten automatischer Apparate bei der Lösung vielfältiger und verantwortungsvoller Aufgaben bei der Erschließung des Weltraums. Sie sei ein glänzen-

der Beweis für den wissenschaftlich-technischen Fortschritt in der UdSSR.

Das jüngste Weltraumexperiment der Sowjetunion fand in der Weltöffentlichkeit ein breites Echo. Zahlreiche Publikationsorgane, Radio- und Fernsehstationen sowie Wissenschaftler in aller Welt würdigten Flug und Landung beider Raumkörper als bedeutendes Ereignis.

Einer der wissenschaftlichen Leiter des Unternehmens, Boris Nepoklonow, betonte, der Landeapparat von Venus 9 habe offenbar zwischen großen Steinen aufgesetzt. Diese Steine bedeuteten wahrscheinlich die Widerlegung der bisher weitverbreiteten Hypothese, der Venusboden sei durch Wind und Temperaturschwankungen zu einer Sanddünenwüste erodiert. Das Bild entkräfte auch die Hypothese von der sogenannten Lichtbrechungsanomalie der Venusatmosphäre, die den Horizont konkav erscheinen lasse. Die Aufnahme mit einem

Bildwinkel zwischen 140 bis 160 Grad zeige die Horizontkurve, an der der helle Himmel und der dunkle Boden recht kontrastreich voneinander abgesetzt seien, als deutlich konvex. Das Bild erfasse 160 Meter der Horizontlinie, die 200 bis 300 Meter entfernt sei.

Als eine weitere Sensation bezeichnete der sowjetische Astronom Dr. Michail Marow den unerwarteten Kontrastreichtum des Bildes. Er erläuterte, man habe angenommen, daß es die Diffusion des Sonnenlichts in der dichten Venusatmosphäre unmöglich mache, die Details deutlich zu erfassen. Die Kontraste hätten sich jedoch als so gut erwiesen, daß man die Steine auf Grund ihrer scharfen Spitzen und ebenen Flächen jüngeren Gesteinsarten habe zuordnen können.

Die Apparate Venus 9 und Venus 10 sind Vertreter der zweiten Generation von Automaten, die für eine noch eingehendere Erforschung der Venus bestimmt sind. Die prin-

zipiell neue Landevorrichtung besitzt nahezu keine beweglichen Elemente. Bei ihr wurde auf höchst wirksame Weise das Prinzip der plastischen Verformung dünnwandiger Hüllen angewandt, um die Stoßenergie zu absorbieren.

Venus 9 und Venus 10 eröffneten neue Perspektiven für die Erforschung unseres inneren Nachbarplaneten. Die nächsten Schritte, die zu erwarten sind, erläuterte Prof. Dr. Roald Sagdejew, Direktor des Instituts für Weltraumforschung der Akademie der Wissenschaften der UdSSR: „Gegenwärtig erörtern sowjetische und französische Wissenschaftler die Möglichkeit, die Atmosphäre der Venus mit Hilfe von längere Zeit driftenden Gasballons zu erforschen. Dann wird man sich über die globalen Verschiebungen in der Lufthülle des Planeten klarwerden und vielleicht neue Bewegungstypen entdecken. Dieses Studium der Atmosphären anderer Planeten liegt auch im Interesse der irdischen Klimatologie.“