

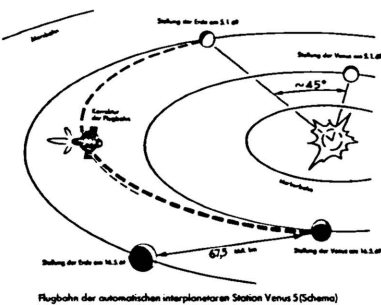
Ein wichtiger Schritt bei der Erforschung des Weltalls

Die Kosmonautik ist aus dem Leben und Schaffen des Menschen nicht mehr wegzudenken. Jahr um Jahr erweitern sich die Anwendungsbereiche künstlicher Erdsatelliten und Raumsonden. Wir sind Augenzeugen, wie Satelliten, Raumschiffe und automatische interplanetare Stationen die Menschheit um neues Wissen über den erdnahen Raum bereichern und helfen, die Geheimnisse des Weltalls zu enträtseln.

Die Stationen Venus 5 und Venus 6 führten eine Tiefensondierung der Venusatmosphäre durch, wobei neue wertvolle wissenschaftliche Daten über die Charakteristiken und die Beschaffenheit der Atmosphäre dieses heute noch sehr geheimnisvollen Planeten gewonnen wurden.

Die Konstruktion der automatischen Stationen

Venus 5 und Venus 6 gleichen sich in Konstruktion und Apparaturen und bestehen aus zwei Hauptteilen:



der Bahnzelle und dem Landeapparat. Die Stationen wiegen 1130 Kilogramm. Die *Bahnzelle* ist ein hermetischer Körper mit zylindrischer Form. In ihr sind Funkapparaturen, die Systeme der Astro-Orientierung, der Steuerung, chemische Energiequellen und wissenschaftliche Apparaturen untergebracht. Die Zelle ist ferner mit Bahnkorrekturtrieb-

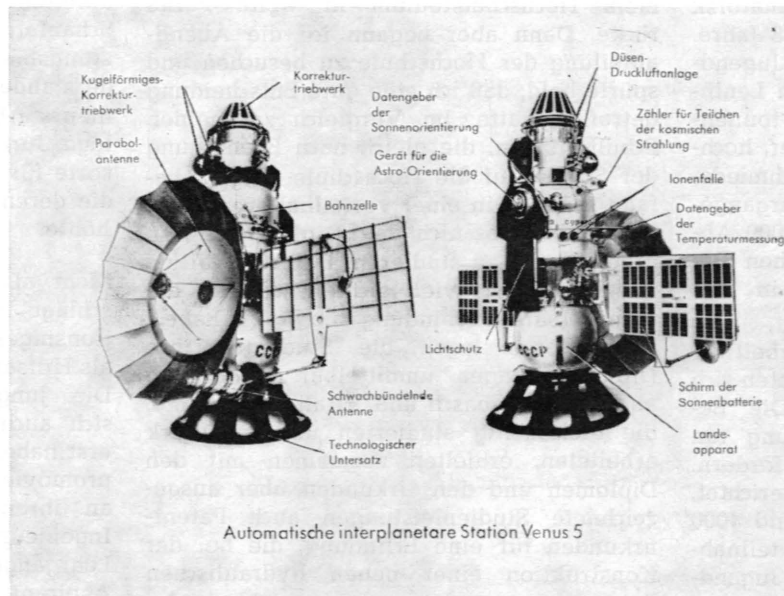
werken, optischen Gebern, den ausführenden Organen des Systems der Astro-Orientierung, ausklappbaren Schirmen der Sonnenbatterien, Funkantennen und Gebern der wissenschaftlichen Apparaturen ausgestattet. Die Bahnzelle ist mit dem Landeapparat gekoppelt.

Der *Landeapparat* hat kugelförmliche Form. Sein Durchmesser beträgt einen Meter, er wiegt 405 Kilogramm. Der Landeapparat besteht aus zwei hermetischen Abteilungen: In der einen sind Geräte, in der anderen zwei Fallschirme untergebracht. In der Geräteabteilung befinden sich Funkgeräte, das telemetrische System, eine Akkubatterie, die Zeitprogrammsteuerung, die Blöcke der Automaten und der Temperaturregelung, wissenschaftliche Apparaturen und ein Funkhöhenmesser. Der untere Teil des Landeapparates trägt einen

nen um die Sonne, ihr Radius beträgt 149,6 Millionen bzw. 108 Millionen Kilometer, wobei sich die Erde mit einer Geschwindigkeit von 29,76 km/s auf ihrer Bahn bewegt und die Venus mit 35 km/s. Die Bahn einer Station muß so gewählt werden, daß sie sich nach Überwindung der Erdanziehungskraft unter Einwirkung der Gravitation der Sonne zur Venus bewegt. Infolge der unterschiedlichen Umlaufperioden um die Sonne ändert sich ständig die Konstellation von Erde und Venus. Ein Flug zur Venus mit Minimalbeschleunigung ist nur während ganz bestimmter Perioden der Konstellation der beiden Planeten möglich. Eine solche Konstellation von Erde und Venus liegt nur alle 584 Tage vor. Der mögliche Zeitraum für die Starttage von Venus 5 und Venus 6 betrug nach den Berechnungen etwa einen

die Venus täglich nur zu einer bestimmten Zeit beobachten. Vor der Bahnkorrektur wird die Station nach Sonne und Sirius orientiert. Das Steuerungssystem führt diese Orientierung aus und schaltet das Triebwerk ein bzw. nach Erreichen der vorgesehenen Korrekturgeschwindigkeit wieder aus. Der Korrekturimpuls wurde so berechnet, daß die Station Venus 5 am 16. Mai gegen 9 Uhr und Venus 6 am 17. Mai gegen 9 Uhr in die Venusatmosphäre eintauchten. Am wichtigsten ist die Endphase des Fluges in der Nähe des Planeten. In dem Maße, wie sich die Raumstation der Venus nähert, wird deren Einwirkung auf die Station immer spürbarer. Nähert sich die Station dem Planeten auf mehr als 600 000 Kilometer, dann nimmt ihre Geschwindigkeit unter dem Einfluß der Gravitation des Planeten erheblich zu. In dieser Phase kommt es vor allem auf genaue Kenntnis des Ortes der Station und der Parameter des Gravitationsfeldes der Venus an.

Das Gebiet des Eintauchens in die Venusatmosphäre wird so gewählt, daß das Ausstrahldiagramm der Antennen des Landeapparates, während er am Fallschirm sinkt, auf die Erde gerichtet ist. Das günstigste Gebiet für das Eintauchen der Station in die Venusatmosphäre liegt in der Mitte der von der Erde aus sichtbaren Venusscheibe, der Eintauchpunkt befindet sich dabei auf der nicht beleuchteten Seite des Planeten. Für Venus 5 und Venus 6 befand sich der Eintauchpunkt auf der Nachtseite des Planeten etwa 2700 Kilometer von der Tag- und Nachtgrenze entfernt.



Dämpfer, der die Schwingungen des Apparates beim Flug durch die Atmosphäre des Planeten mindert.

Die Flugbahn

Für die Flugbahn automatischer interplanetarer Stationen zur Venus sind mehrere Forderungen zu beachten:

Erstens muß es die Flugbahn gestatten, die Station mit minimalem Energieaufwand auf die interplanetare Bahn zu bringen, damit eine maximale Nutzlast befördert werden kann.

Zweitens muß die Flugbahn nach Möglichkeit eine minimale Annäherungsgeschwindigkeit zur Venus erlauben, damit die Überbelastungen beim Eintauchen des Landeapparates in die Venusatmosphäre verringert und die Anforderungen an seine Festigkeit und Hitzebeständigkeit gesenkt werden können.

Drittens ist eine Flugbahn zu wählen, bei der im Augenblick des Eintreffens der Station auf der Venus ihr Abstand zur Erde möglichst klein ist, weil dann die Bedingungen für die Funkverbindung am günstigsten sind.

Viertens muß die Flugbahn so beschaffen sein, daß der Energieverbrauch bei Bahnkorrekturen minimal ist.

Als Hauptforderung gilt die Sicherung einer Minimalbeschleunigung der automatischen Station bei ihrer Einsteuerung in die Flugbahn.

Bekanntlich rotieren Erde und Venus auf fast kreisförmigen Bah-

nen. Als Startdaten in diesem Intervall wurden der 5. Januar und der 10. Januar 1969 gewählt.

Die Flugdauer betrug bei diesen Daten 131 bzw. 127 Tage. Deshalb langten die Stationen bei einem Startintervall von fünf Tagen mit einem Intervall von einem Tag bei der Venus an.

Die Beschleunigung bei der Einsteuerung von der Umlaufbahn auf die interplanetare Bahn betrug etwa 3,6 km/s. Die volle Geschwindigkeit relativ zur Erde beträgt am Ende des Beschleunigungsabschnitts mehr als elf Kilometer pro Sekunde. Damit die Station auf dem Planeten auftrifft, muß sie mit höchster Präzision in die Flugbahn eingesteuert werden. Beträgt der Fehler in der Geschwindigkeit einen Meter pro Sekunde, also weniger als 0,01 Prozent der Gesamtgeschwindigkeit, so führt das zu einer Erdbabweichung von 70 000 Kilometern.

Um für den Flug der Stationen eine derart hohe Präzision zu garantieren und die Geräte der Steuerungssysteme nicht unnötig zu komplizieren, wurden während des Fluges Bahnkorrekturen vorgenommen.

Übrigens wird durch eine Korrektur nicht nur die Flugbahn berichtigt und das Auftreffen im vorausbestimmten Gebiet des Planeten gesichert, sondern auch der Zeitpunkt des Eintreffens am Planeten gewählt. Das Zentrum für kosmische Fernverbindung (die Bodenstation) kann nämlich wie jede andere astronomische Station auf der Erde

Der Flug der automatischen Stationen

Während des Fluges, der mehr als vier Monate dauerte, funktionierten die Apparaturen der Stationen einwandfrei. Venus 5 und Venus 6 wurden sehr genau auf die interplanetare Flugbahn gebracht. Die Abweichung der tatsächlichen Bahn von der vorberechneten betrug im Raum des Planeten Venus 25 000 Kilometer für die Station Venus 5 und 150 000 Kilometer für die Station Venus 6.

Die vorgenommenen Radarmessungen ermöglichen es, den Augenblick des Eindringens der Stationen in die Venusatmosphäre bis auf wenige Sekunden genau vorherzusagen und die Koordinaten des Einfluggebietes bis auf 200 Kilometer genau anzugeben.

Die Korrektur der Flugbahn von Venus 5 wurde am 14. März 1969 vorgenommen. Dabei wurde der Station eine zusätzliche Geschwindigkeit von 9,2 Metern pro Sekunde erteilt. Die Korrektur der Flugbahn von Venus 6 erfolgte am 16. März 1969, und die zusätzliche Geschwindigkeit betrug 37,4 Meter pro Sekunde. Natürlich war der Geschwindigkeitskorrekturimpuls bei Venus 6 stärker, denn es galt eine größere Abweichung der Bahn vom vorberechneten Wert zu berichtigen. Die Genauigkeit, mit der die beiden Stationen die übermittelten Werte der Geschwindigkeitsimpulse erreichten, war hinreichend groß: Sie betrug einen bzw. drei Zentimeter pro Sekunde.

Die Bordsender der Stationen benutzten für die Funkverbindung mit der Erde zwei Arten von Antennen: Antennen mit einem weiten Strahlungsdiagramm und geringem

Verstärkungsfaktor, sogenannte schwachbündelnde Antennen, und Parabolantennen mit engem Strahlungsdiagramm und großem Verstärkungsfaktor, sogenannte scharfbündelnde Antennen.

Die schwachbündelnden Antennen wurden während des ganzen Fluges bei nicht orientierter Lage der Stationen verwendet, die scharfbündelnden bei großer Entfernung von der Erde, um einen hohen Informationswert zu garantieren. Bei Verwendung der scharfbündelnden Antennen wurde die Station auf Befehl von der Erde oder durch die Zeitprogrammvorrichtung an Bord der Station mit der Antennenachse nach der Erde orientiert. Die Orientierung erfolgte vermittels des optisch-elektronischen Steuerungssystems der Station nach der Sonne und der Erde. Traf vom optischen Geber das Zeichen „Erde“ ein, so wurde die scharfbündelnde Antenne an den Sender angeschaltet, und der Funkkontakt begann.

Die Sender in den Landungszellen arbeiteten mit eigenen schwachbündelnden Antennen, die ein Strahlungsdiagramm von einigen zwanzig Grad besaßen. Die Funkkontakte wurden sowohl auf Befehl von der Erde als auch auf einen Befehl aufgenommen, der von der Bordvorrichtung für Zeitprogrammierung erteilt wurde.

Jeder Funkkontakt mit den Stationen setzte sich aus folgenden Hauptelementen zusammen: Erteilung der Lenkbefehle, Kontrolle über das Durchlaufen und die Ausführung dieser Befehle, Empfang von Fernmeßinformationen über den Zustand und das Funktionieren der Bordsysteme, Bahnmessungen, Speicherung und Verarbeitungskontrolle von Winkelprogrammen in den optisch-elektronischen Geräten zur Orientierung nach der Sonne, der Erde und dem Stern Sirius, Empfang der wissenschaftlichen Informationen.

Physikalische Untersuchungen

Während des Fluges der automatischen Stationen wurden Messungen der Sonnenstrahlen und der galaktischen Höhenstrahlen, Untersuchungen des interplanetaren Plasmas und der dispersen Ultraviolettstrahlung der Sonne durchgeführt.

Wie die Messungen ergaben, ging das allgemeine Niveau des galaktischen Höhenstrahlenstromes gegenüber der Zeit von Juni bis Ok-

tober 1967 — damals wurde er beim Flug der automatischen Station Venus 4 gemessen — um etwa 15 und im Vergleich zum Niveau vom Dezember 1965, als er beim Flug der Stationen Sonde 3 und Venus 2 gemessen wurde, um annähernd 40 Prozent zurück.

Im Laufe von mehr als vier Flugmonaten wurden zahlreiche Intensitätssteigerungen der Sonnenprotonenströme mit einer Energie von ein bis vier Millionen Elektronenvolt beobachtet. Dabei handelte es sich in zwölf Fällen um recht beträchtliche Erhöhungen. Vier davon zeichneten sich durch komplizierte Struktur und große Dauer aus: Jede dauerte nicht weniger als sieben Tage. Ihre Intensität überstieg im Unterschied zu den weniger intensiven Erhöhungen, die bei früheren Flügen beobachtet wurden, um ein Mehrfaches den Pegel des galaktischen Hintergrundes. Diese Erscheinungen hängen offensichtlich mit der zunehmenden Sonnenaktivität zusammen, und zwar mit den gruppenweise auftretenden großen Sonneneruptionen, die während dieser Zeit erfolgten.

Es wurden neue Daten über die Struktur der planetennahen Plasmaströme in der Nähe der Venus gewonnen. Wie festgestellt wurde, ist der planetennahe Raum durch Plasmaströme gefüllt, die von der Sonne kommend, sich mit Geschwindigkeiten von einigen hundert km/s fortbewegen und die Bezeichnung „Sonnenwind“ erhalten haben. Dieses Plasma ist „magnetisiert“: Es trägt ein Magnetfeld mit sich.

Vor den Flügen zur Venus wußte man nicht, wie sich das „Sonnenwind“-Plasma in der Nähe des Planeten verhält, der, wie die Messungen sowjetischer und amerikanischer Raumsonden ergeben haben, praktisch kein eigenes Magnetfeld besitzt. Zum ersten Mal wurden beträchtliche Änderungen in der Plasmakonzentration, die mit gleichzeitigen Spannungsänderungen des Magnetfeldes in der Umgebung der Venus zusammenhängen, am 18. Oktober 1967 mit Fallen für geladene Teilchen und Magnetometer festgestellt, die an Bord der sowjetischen Station Venus 4 installiert waren. Jetzt wurden neue Untersuchungen des interplanetaren Plasmastromes in der Nähe des Planeten durchgeführt. Als sich die Station Venus 6 dem Planeten näherte, wurden Größenänderungen dieser

Ströme verzeichnet, die für die Gebiete charakteristisch sind, in denen die Venus vom „Sonnenwind“ umströmt wird.

Auf beiden automatischen Stationen waren lichtelektrische Fotometer zum Messen der dispersen Ultraviolettstrahlung in der Umgebung des Planeten und im interplanetaren Medium installiert. Wie diese Messungen ergeben haben, steigt die Strahlungsintensität in der Nähe des Planeten an. Aufgrund der Meßergebnisse wurde die Dichte des atomaren Wasserstoffes in entlegenen Gebieten des planetennahen Raums errechnet. Die ersten Anzeichen des Vorhandenseins einer Wasserstoff-Aureole des Planeten machten sich bei einer Entfernung von 25 000 Kilometern vom Mittelpunkt des Planeten bemerkbar. Bei einer Entfernung von ca. 10 000 Kilometern betrug die Dichte der Wasserstoff-Aureole etwa 100 Atome pro Kubikzentimeter.

In der Venusatmosphäre

Bei der Annäherung an den Planeten Venus wurde zwei Stunden vor dem Eindringen in dessen Atmosphäre zum letzten Male Funkkontakt mit den Stationen Venus 5 und Venus 6 aufgenommen. Zunächst wurden, um den Einfluß des Schwerfelds der Venus zu präzisieren, im Laufe von acht Minuten Kontrollmessungen der Fluggeschwindigkeit der Stationen durchgeführt. Sodann wurden Informationen über den Zustand der Bordsysteme durchgegeben.

Die Trennung der Landeapparate der Stationen erfolgte vor dem Eindringen in die Atmosphäre bei einer Entfernung von 37 000 bzw. 25 000 Kilometer von der Venus. Nach Trennung der Landeapparate sendeten die Bahnzellen der Stationen bis zu ihrem Eindringen in die dichten Atmosphäreschichten weiterhin Fernmeßinformationen. Die Stationen drangen in die Venusatmosphäre mit einer Geschwindigkeit von 11,18 km/s unter einem Winkel von 62 bis 65 Grad zum örtlichen Horizont ein, und zwar um 9.01 Uhr Moskauer Zeit am 16. Mai und um 9.05 Uhr Moskauer Zeit am 17. Mai. Anschließend begann für die Landeapparate der schwierigste Flugabschnitt: die aerodynamische Bremsung.

In diesem Flugabschnitt ging die Fluggeschwindigkeit der Landeapparate innerhalb kurzer Zeit auf 210 m/sec zurück. Danach wurden automatisch die Fallschirmsysteme betätigt, die Funksender eingeschaltet und die Antennen des Höhenmessers ausgefahren. Anschließend begannen die wissenschaftlichen Messungen und die Durchgabe der Daten auf die Erde.

Während des Abstiegs der Landeapparate wurde mit ihnen ständige Verbindung unterhalten. Die Funkverbindung dauerte mit Venus 5 53 und mit Venus 6 51 Minuten. Beim Abstieg änderte sich die Temperatur im Innern der Landeapparate nur unwesentlich: von 13 Grad Celsius am Anfang der Abstiegsbahn bis zu 28 Grad Celsius an ihrem Ende.

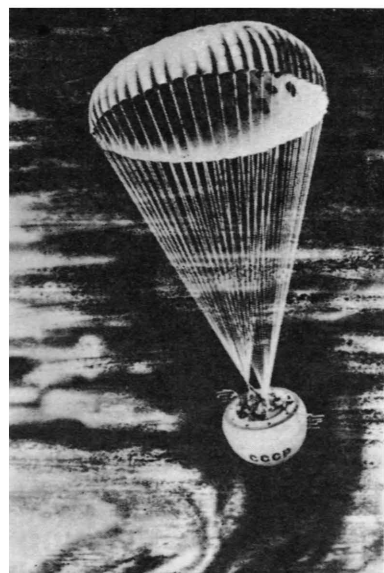
Das zeugt sowohl vom einwandfreien Funktionieren der äußeren Wärmeschutzschicht, die den Apparat vor den kurzen, aber außerordentlich intensiven Wärmeströmen (Temperaturen bis zu 11 000 Grad Celsius) schützen sollte, die bei der aerodynamischen Bremsung

entstehen, als auch von der Qualität der inneren Wärmeisolationsschicht, welche den Apparat beim längere Zeit währenden Fallschirmabstieg in der Venusatmosphäre, als die Temperatur bis auf 320 Grad Celsius stieg, vor Überhitzung schützte.

Forschungsergebnisse

In den Landeapparaten der automatischen Stationen waren Gasanalytoren für die Untersuchung der Zusammensetzung der Atmosphäre, ein System von Gebern für Druck und Temperatur, berechnet für verschiedene Meßbereiche, ein Dichtemesser für die Messungen in der Atmosphäre sowie Fotoelemente für die Messung der Beleuchtungsintensität installiert.

Die Gasanalytoren waren eigentlich kleine chemische Laboratorien, die automatisch in einer bestimm-



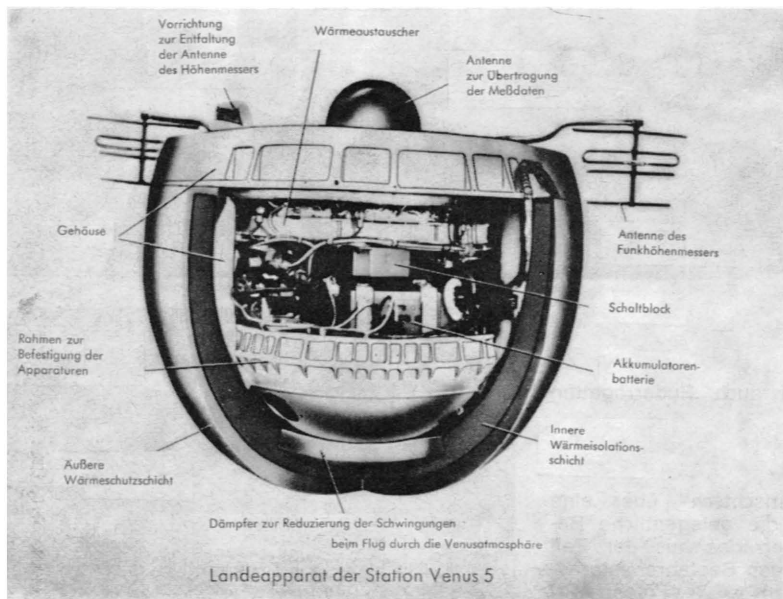
Der Landeapparat der Station Venus 5 in der Atmosphäre der Venus (Zeichnung)

ten Reihenfolge alle chemischen Operationen ausführten, die für die Analyse der Gaszusammensetzung der Atmosphäre nötig waren. Diese Geräte wurden von der Bordprogramm-Zeit-Vorrichtung gesteuert. Das System der Geber für die Messungen des Drucks und der Temperatur bestand aus Manometern vom Aneroid-Typ und aus Widerstandsthermometern. Diese verhältnismäßig einfachen Geräte sind für Messungen in dichten Gasmedien und unter hohen Temperaturen am geeignetsten.

Für die Messung der Beleuchtungsintensität wurden fotoelektrische Geber benutzt, die für die Registrierung von Strahlen des sichtbaren und des nahen infraroten Bereichs des Spektrums mit einer Grenzempfindlichkeit von 0,5 Watt pro Quadratmeter berechnet sind. Diese Beleuchtungsintensität entspricht ungefähr dem Wert, wie er während der Dämmerung auf der Erde gemessen wird.

Die Skala der von den Funkhöhenmessern an Bord der Stationen registrierten Höhenwerte reichte von 50 bis 10 Kilometer. Die Wahl dieses Arbeitsbereichs wurde durch die zu erwartenden Höhen für die Öffnung des Fallschirms bestimmt. Die erste Analyse der Zusammensetzung der Atmosphäre wurde von der Station Venus 5 unmittelbar nach Öffnung des Hauptfallschirms

Fortsetzung Seite 29



Ein wichtiger Schritt bei der Erforschung des Weltalls

Fortsetzung von Seite 15

druck rund 0,6 atü und die Temperatur rund 25 Grad Celsius betrug. Zum zweiten Mal wurde die Zusammensetzung in einem niedrigeren Gebiet der Atmosphäre bei einem Druck von 5 atü und einer Temperatur von 150 Grad Celsius analysiert. Die erste Analyse der Gaszusammensetzung der Atmosphäre erfolgte bei der Station Venus 6 unter dem Druck von 1 atü, als die Temperatur rund 60 Grad Celsius betrug, zum zweiten Male bei 10 atü und 225 Grad Celsius.

Die von den beiden Stationen übermittelten Angaben bestätigten die Werte, die bereits von der Station Venus 4 gemessen worden waren, und erhöhten ganz wesentlich die Präzision unseres Wissens über die chemische Zusammensetzung der Venusatmosphäre. Nach den Angaben von Venus 5 und Venus 6 erreicht die Konzentration des Kohlendioxids in der Venusatmosphäre 93 bis 97 Prozent, während die Sta-

tion Venus 4 einen Wert von 90 Prozent (mit möglichen Fehlern von 10 Prozent) gemessen hatte. Der Gehalt an Stickstoff — zusammen mit inerten Gasen — beträgt zwei bis fünf Prozent, während die Menge des Sauerstoffs 0,4 Prozent nicht übersteigt. Die Messungen der Station Venus 4 ergaben, daß der Stickstoffgehalt in der Venusatmosphäre weniger als sieben Prozent und der Sauerstoffgehalt weniger als ein Prozent beträgt.

Der von Venus 4 registrierte Wasserdampfgehalt (bei Werten von ungefähr 0,6 atü) hielt sich im Bereich von einem bis acht Milligramm pro Liter. Die Messungen der Stationen Venus 5 und Venus 6 zeigten, daß der Wasserdampfgehalt in Höhen, die einem Druck von 0,6 atü entsprechen, vier bis elf Milligramm pro Liter beträgt. Das weist darauf hin, daß die Venusatmosphäre in großen Höhen nicht mit Wasserdampf gesättigt ist.

Während des Abstiegs jedes Apparates mit dem Fallschirm wurden mehr als 70 Druckmessungen und mehr als 50 Temperaturmessungen vorgenommen. Temperatur und Druck der Venusatmosphäre wurden im ganzen Sondierungsbereich mit einer Präzision bis auf wenige Prozent gemessen.

Nach den vorläufigen Angaben unterscheiden sich die Höhen, die von den Funkhöhenmessern der Venus 5 und Venus 6 bei gleichen Temperatur- und Druckwerten registriert wurden, voneinander um zwölf bis 16 Kilometer. Nach den Angaben des Funkhöhenmessers von Venus 5 entsprach ein Druck von 27 atü einer Höhe von 24 bis 26 Kilometern, nach den Angaben von Venus 6 entsprach der gleiche Druck einer Höhe von zehn bis zwölf Kilometern. Dieses Ergebnis wird noch eingehend untersucht. Da der Druck von 27 atü, welcher von beiden Stationen registriert wurde, während des Abstiegs über verschiedenen Abschnitten der Oberfläche des Planeten erfolgte, kann angenommen werden, daß beträchtliche Unebenheiten auf der Oberfläche der Venus existieren, die den Unterschied in den Angaben der Höhenmesser von Venus 5 und Venus 6 erklären würden.

Nach dem adiabatischen Gesetz betragen Temperatur und Druck auf der Oberfläche des Planeten — entsprechend dem vom Höhenmesser der Station Venus 6 registrierten Wert — rund 400 Grad Celsius und 60 atü. Legt man den vom Höhenmesser der Venus 5 gemessenen Wert zugrunde, herrschen auf der Oberfläche des Planeten eine Temperatur von 530 Grad und ein Druck von 140 atü.

Die neuen unmittelbaren Messungen der chemischen Zusammensetzung, der Temperatur, des Drucks und der Dichte der Venusatmosphäre haben große Bedeutung für die weiteren Forschungen. Sie berechtigen zu exakteren Schlußfolgerungen über den Ursprung der Venusatmosphäre sowie über die Prozesse, die zur Entstehung so hoher Temperaturen auf diesem Planeten führen. Zum ersten Mal wurde ein gemeinsames Experiment mit zwei automatischen Stationen vorgenommen, die eine praktisch gleichzeitige Sondierung der Venus in benachbarten Regionen des Planeten ausgeführt haben. Die Auswertung der gesammelten einmaligen Messungen der Venusatmosphäre wird fortgesetzt, die Ergebnisse werden in Fachschriften veröffentlicht.