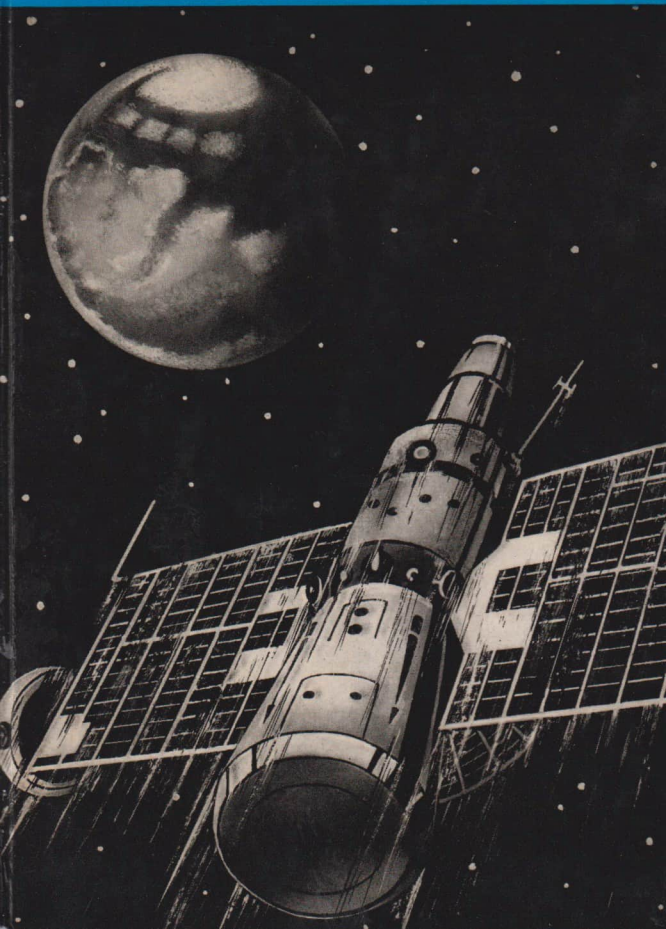


HALLO, NACHBAR IM ALL



HALLO, NACHBAR

IM ALL

Reportage über die sowjetische Mond-, Mars- und
Venusforschung

von

Herbert Pfaffe und
Horst Hoffmann

VERLAG KULTUR UND FORTSCHRITT BERLIN 1963

Das Manuskript wurde
am 30. April 1963 abgeschlossen

1. Auflage

Verlag Kultur und Fortschritt, Berlin 1963

Lizenz-Nr. 3 – 285/92/63 · Alle Rechte vorbehalten

Einband, Zeichnungen (27) und Typographie: Erwin Wagner

Fotos: „Freie Welt“-Archiv und Archiv des Autors

Redakteur: Edith Wäscher · Korrektor: Isa Czepluch

Gesamtherstellung:

Betriebsberufsschule Heinz Kapelle, Pöbneck V 15/34

Nach Redaktionsschluß erregte die Welt:

Der zweite bemannte Gruppenflug Vorstufe für den Weg zu anderen Planeten

Kaum ein Jahr war nach dem erfolgreichen Gruppenflug der sowjetischen Kosmonauten Nikolajew und Popowitsch vergangen, als die sowjetischen Wissenschaftler und Techniker ein noch größeres Experiment der bemannten Raumfahrt zum glücklichen Erfolg brachten: den Gruppenflug der Wostok 5 und 6 mit den Kosmonauten Valeri Bykowski und Valentina Tereschkowa an Bord. Mit Valentina Tereschkowa gelangte bei diesem bisher größten Gruppenflug-Experiment die erste Frau der Erde in den Weltenraum.

Erhöhter Schwierigkeitsgrad der Rendezvoustechnik

Das Raumschiff von Valentina Tereschkowa (Wostok 6) wurde fast 48 Stunden nach dem Raumschiff Bykowskis (Wostok 5) gestartet. Das allein bedeutet schon einen erhöhten Schwierigkeitsgrad gegenüber dem Gruppenflug der Wostok 3 und 4, deren Starttermine nur rund 24 Stunden auseinander lagen.

Die technische Leistung und der technische Aufwand für derartige Experimente ist um so höher zu bewerten, wenn man die Schwierigkeiten kennt. Bei der derzeitigen Bahnlage der sowjetischen Raumschiffe in Höhenlagen von durchschnittlich 200 km über der Erdoberfläche verändern sich die Bahnen infolge des Einflusses der Erdatmosphäre, die bremsend auf den Umlauf der Raumflugkörper wirkt, und infolge der Erdgravitation sehr schnell. Die Anfangsbahn der Wostok 5 hatte zum Beispiel ein Perigäum von 181 km und ein Apogäum von 235 km. Diese beiden Werte waren nach rund 24stündiger Flugzeit und nachdem die ersten 670 000 km um die Erde zurückgelegt waren, auf 173 km und 219 km abgesunken. Es galt diese Bahnveränderungen genau durch Ortungen des zuerst gestarteten Raumschiffs von der Erde aus zu überprüfen und das Ergebnis beim Start der Wostok 6 genau zu berücksichtigen.

Bewunderungswürdige Präzision beim Start

Die Wostok 6 der Kosmonautin Valentina Tereschkowa wurde auf eine der Wostok 5 fast gleichende Anfangsbahn gebracht. Das Perigäum lag hier bei 183 km Höhe, während das Apogäum bei 233 km Abstand von der Erdoberfläche zu liegen kam.

Das ist ein erneuter Beweis dafür; mit welcher bewunderungswürdigen Präzision die sowjetischen Wissenschaftler die Lenk- und Steuerungstechnik der Trägerraketensysteme beherrschen.

Das gilt aber vor allen Dingen auch für den genau vorher festgelegten Startzeitpunkt beider Raumschiffe.

Der Start mußte praktisch – das gilt vor allem für Wostok 6 – auf den Bruchteil einer Sekunde genau erfolgen. Nur so konnte das nahe Zusammentreffen beider Raumschiffbahnen gesichert werden. Was aber die Einhaltung so genau festgelegter Starttermine an technischer Vollkommenheit bedeutet, wird klar, wenn man bedenkt, welche Startverzögerungen bei den amerikanischen Trägerraketen auftreten. Oft gibt es kurz vor dem Start einen Druckabfall im Treibstoff- oder Sauerstofftank, der diese Verzögerung bedingt. Vor dem Start von Gordon Cooper war es das Versagen eines Antriebsmotors des Startgerüsts, das zur letzten Überprüfung der Rakete dient und vor dem Start weggefahren werden muß. Das trug dazu bei, den Start um 24 Stunden zu verschieben.

Rendezvous vervollkommenet

Die im vergangenen August gestarteten sowjetischen Raumschiffe Wostok 3 und 4 haben sich bekanntlich, kurz nachdem Wostok 4 die Freiflugbahn um die Erde erreicht hatte, auf rund 6,5 km maximal angenähert.

Dieses Mal wurde das erste Ergebnis durch die maximale Annäherung der Raumschiffe Wostok 5 und 6 bis auf rund 5 km noch übertroffen. Die Raumschiffe der Kosmonauten Valeri Bykowski und Valentina Tereschkowa umflogen in ihrer ersten gemeinsamen Runde den Erdball in kurzem Abstand auf Sichtentfernung. Unter Sichtentfernung ist zu verstehen, daß beide Raumschiffpiloten einander durch die Sicht ihrer Raumschiffe als heller Stern oder heller Lichtreflex bemerken konnten.

Wenn die maximale Annäherung beider Raumschiffe ohne den Einsatz von Brems- bzw. Beschleunigungstriebwerken zur Bahnkorrektur, also lediglich durch äußerst präzise Start-, Lenk- und Steue-

rungstechnik der Trägerraketensysteme erfolgte, so dürfte der Grad der Annäherung kaum noch zu überbieten sein.

Eine noch größere Annäherung, die praktisch bereits heute im Bereich der Möglichkeiten der sowjetischen Rendezvoustechnik im Weltall liegt, wäre zum Beispiel auf folgende Art möglich. Das als zweites gestartete Raumschiff (B) wird auf eine unmittelbar nach seinem Start von der Erde etwas höher liegende Bahn gebracht, als sie das zuerst gestartete Raumschiff (A) zu diesem Zeitpunkt einnimmt. Zu beachten ist dabei, daß Raumschiff B zugleich vor einen der beiden Bahnknoten gelangt. Unter Bahnknoten versteht man die Schnittpunkte der beiden nur wenig voneinander abweichenden Bahnen. Während nun der Flug von Raumschiff B unverändert weiter geht, wird Raumschiff A beschleunigt, so daß infolge der zunehmenden Fliehkraft dieses Raumschiff ebenfalls ein Stück höher gelangt und das Rendezvous beider Raumschiffe stattfinden kann.

Vorstufe für den bemannten Mondflug

Für zukünftige Experimente der Raumfahrt ist die Lösung des Rendezvousproblems im Weltall in zweierlei Hinsicht von größter Bedeutung.

Erstens planen die sowjetischen Wissenschaftler den Aufbau großer Raumstationen im Weltall, die als außerirdische Laboratorien und Startbasen für künftige interplanetare Flüge dienen sollen. Solche Außenstationen riesigen Ausmaßes können nur in Einzelteilen von den Transportraketen in den Weltenraum gebracht und müssen dort zusammengesetzt werden. Das aber setzt ein genaues Zusammenreffen der Teile zum vorherberechneten Zeitpunkt und damit eine vollkommene Lösung des Problems der Rendezvoustechnik voraus.

Zweitens verlangt auch der schon für die nächsten Jahre bevorstehende bemannte Flug zum Mond die vollkommene Beherrschung der Rendezvoustechnik.

Es ist u. a. vorgesehen, daß ein von der Erde aus gestartetes großes Raumschiff, das noch mit Antriebsaggregaten versehen ist, zunächst auf eine Bahn um den Mond gebracht wird. Nachdem man sich während des Umkreisens des Mondes einen günstigen Landeplatz ausgesucht hat, wird ein Teil dieses Raumschiffes abgetrennt und nach Bremsung seines Fluges durch ein Rückstoßaggregat in weicher Landung auf dem Mond abgesetzt. Die Bremsung des Sturzes auf die Mondoberfläche erfolgt ebenfalls durch das Rückstoßaggregat. Dieses Raumschiffteil muß, nachdem die Mondoberfläche er-

forscht wurde, mit dem Rest der Energie des Triebwerkes wieder in Richtung der Mondumlaufbahn gestartet werden, wo es sich wieder mit den dort verbliebenen Teilen des Raumschiffs vereinigt. Erst dann erfolgt der Rückflug zur Erde.

Da die in der Umlaufbahn befindlichen Raumschiffteile mit großer Geschwindigkeit kreisen, kann die Vereinigung nur dann gelingen, wenn die Rendezvousteknik hundertprozentig beherrscht wird. Die großartigen Erfolge des ersten und zweiten sowjetischen bemannten Gruppenfluges geben uns die feste Zuversicht, daß auch der bemannte Raumflug zum Mond in den nächsten Jahren Wirklichkeit wird.

Keine einfache Wiederholung

Das Rendezvous von „Frau und Mann“ – Valentina und Valeri – im Weltenraum kann keineswegs als eine einfache Wiederholung des Gruppenfluges der beiden Raumschiffe Wostok 3 und 4 aus dem Vorjahre angesehen werden. Abgesehen davon, daß man bei diesem Gruppenflug die Einwirkung der Faktoren des Weltenraums bei Mann und Frau gleichzeitig untersuchen wollte, gab es eine ganze Reihe von Besonderheiten bei diesem Experiment, über die auf der Pressekonferenz am 25. Juni 1963 in Moskau das Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Blagonrawow, gesprochen hat.

Die Raumschiffe 5 und 6 waren zwar vom gleichen Gewicht wie ihre Vorgänger, nämlich rund 5 t, doch waren ihre technischen Einrichtungen auf Grund der Erfahrungen mit den ersten vier bemannten Weltraumflügen wesentlich erweitert und vervollkommenet. Außerdem war Wostok 6 besonders für den Flug der ersten Kosmonautin eingerichtet.

Der Flug konnte schon infolge der gesammelten Erfahrungen gründlicher vorbereitet werden. Man war über die Sonnenstrahlung, die Meteoriten im erdnahen Kosmos sowie über den Zustand der dünnen Atmosphäreschichten in den erdfernen Bahnteilen genau unterrichtet. Vor dem Start hatten geophysikalische Raketen den Querschnitt der durchflogenen Atmosphäre genau untersucht.

Die Besonderheiten des neuen Gruppenfluges bezogen sich besonders auf die Erweiterung des biologisch-medizinischen Forschungsprogramms, auf Verbesserungen des Systems, das eine normale Funktion des menschlichen Organismus gewährleistet, sowie auf Verbesserungen der Nachrichten- und Funkverbindungen.

Die bessere Funkverbindung zeigte sich besonders in der hohen Qualität der auf der Erde empfangenen Fernsehbilder. Das zur Übertragung auf die Erde erforderliche Frequenzspektrum konnte eingeeengt werden. Dadurch wurden Störungen weitgehend ausgeschaltet. Der Umfang der von Bord zu Bord und von Bord zur Erde übertragenen wissenschaftlichen Informationen war wesentlich größer als bei den vorhergegangenen bemannten Weltraumflügen. Die Lautsprecher und Mikrofone waren in der Kabine eines jeden der beiden Raumschiffe so verteilt, daß eine Verbindung mit der Erde auch dann gewährleistet war, wenn sich die Kosmonauten von ihren Liegesitzen losschnallten und z. B. mit dem Expander Leibesübungen ausführten.

Alles in allem war der zweite Gruppenflug ein neuer grandioser Erfolg der Wissenschaft, Technik und des persönlichen menschlichen Einsatzes, für den die Kosmonauten zu vollem Recht mit den höchsten Orden und Titeln wie Held der Sowjetunion, Flieger-Kosmonaut und mit der Ziolkowski-Goldmedaille, der höchsten Auszeichnung, die die sowjetische Akademie der Wissenschaften auf dem Gebiet der Kosmonautik vergibt, geehrt wurden.

UNSER Roter NACHBAR

DER MARS

Der Bote zum Mars

Seit Monaten beschreibt die sowjetische interplanetare Station, Mars 1, die zu unserem Nachbarplaneten Mars unterwegs war, mit denkbar größter Präzision auf einer Ellipsenbahn ihren von den Wissenschaftlern und Technikern vorgezeichneten Weg. In regelmäßigen Abständen erreichten uns ihre Funksignale aus dem Kosmos. Sie gestatteten die ständige Kontrolle dieser Flugbahn.

Der Planet Mars birgt noch viele Rätsel.

Die für die Allgemeinheit interessantesten Fragen sind wohl die nach der Existenz von Leben und nach dem Zustandekommen jener schnurgeraden feinen Linien, die man bis heute als Kanäle bezeichnet, ohne dabei allerdings gleich an riesenhafte technische Bauwerke hypothetischer Marsbewohner zu denken. Die Existenz einer niederen Vegetation auf dem Mars ist nach den heutigen astronomischen Erkenntnissen sehr wahrscheinlich.

Gewaltig sind die Perspektiven, die sich auf der Grundlage dieses Experimentes der Raketentechnik und Astronautik ergeben. Professor Scharonow vom Observatorium Pulkowo der Akademie der Wissenschaften der UdSSR meint dazu:

„Mars 1 ist der Pionier und Aufklärer auf der Bahn Erde–Mars. Ihm werden weitere Raumschiffe folgen, darunter solche, die auf dem Mars landen und die Oberfläche des Planeten untersuchen. Danach wird der erste sowjetische Kosmonaut den Planeten Mars betreten. Dann werden die ungelösten Probleme des Nachbarplaneten ihre Aufklärung finden.“

Ist der Mars erdähnlich?

„Werden wir noch einen Platz bekommen, Großväterchen?“ Der Junge schaut sich fragend und mit etwas Ängstlichkeit um.

„Nur keine Angst, Serjoscha, du weißt doch, es ist groß genug!“



Größenverhältnis von Erde und Mars

Vor dem flachen langgestreckten Gebäude mit der kuppelförmigen Erhöhung steht eine Schlange von Menschen.

Männer, Frauen und Kinder. Heute findet hier im Planetarium von Wolgograd ein Vortrag über den Planeten Mars statt. Auf den Ankündigungen ist zu lesen, daß nach einer Darstellung der Marsbewegung am künstlichen Himmel des Planetariums eine Direktbeobachtung des Planeten mit den Instrumenten der benachbarten Volkssternwarte erfolgt.

„Weißt du, Serjoscha, daß dieses Planetarium von den berühmten Zeiss-Werken in Jena stammt? Wir haben es von unseren Freunden aus der Deutschen Demokratischen Republik bekommen.“

Nach der Vorführung im Planetarium werden die Besucher in kleinen Gruppen zur Sternwarte geführt. Dozenten und Studenten der Universität sprechen über die Geschichte der Marsforschung und ihren heutigen Stand.

Das Interesse der Menschen gerade an diesem Planeten war schon immer groß. Sein auffälliges rotes Licht und die Vermutung, daß er erdähnlich sei, machen ihn so populär.

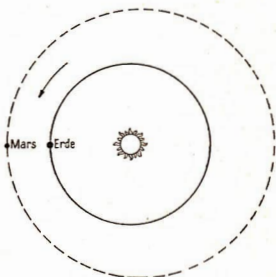
Wir treffen einen jungen Astronomiestudenten, der uns einiges über den Mars erklärt:

Wegen seines rötlichen Lichts erhielt der Nachbarplanet der Erde den Namen des Kriegsgottes der Römer Mars. Das war vor einigen tausend Jahren, im Altertum. Kein Wunder, daß der rote Planet fort-

an in den Horoskopen der Astrologen eine große Rolle spielte. Seine Stellung am Himmel zu anderen Gestirnen sollte über Krieg und Frieden, über den glücklichen oder unglücklichen Verlauf der von den Feldherren geführten Schlachten entscheiden. Dieser damals noch aus Unwissenheit entstandene Aberglaube spukt leider heute noch in den Köpfen mancher Menschen herum. So hatten zum Beispiel die Astrologen verschiedener Länder des kapitalistischen Lagers für den 17. März 1949 einen Weltuntergang vorhergesagt. Der Anlaß dazu sollte eine obere Konjunktion des Planeten Mars mit der Sonne sein. Die obere Konjunktion ist eine Stellung, bei der sich der Planet, von der Erde aus betrachtet, genau hinter der Sonne befindet. Natürlich fand auch dieser Weltuntergang, wie so viele andere, nicht statt.

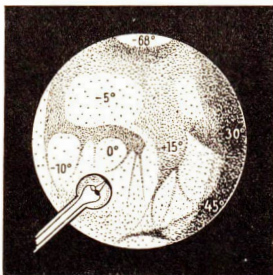
Der Mars – Teil unseres Sonnensystems, ein Verwandter der Erde – ist allerdings kleiner als der Planet, auf dem wir leben. Er hat einen Durchmesser von 6780 km (Erde = 12756 km), und seine Masse beträgt nur rund 11 Prozent der Erdmasse.

Die mittlere Entfernung des Mars von der Sonne beträgt 228 Millionen Kilometer. In einem irdischen Jahr und 322 ebensolchen Tagen umwandert er einmal die Sonne. Diese Zeit entspricht einem Marsjahr.



Die Bahnen des Mars und der Erde

Der Mars hat ähnlich wie die Erde Jahreszeiten, denn auch seine Achse steht schräg. Sie bildet mit der Bahnebene des Planeten einen Winkel von rund 65° . Die Neigung des Marsäquators gegen die Bahnebene beträgt demzufolge rund 25° . Wegen der längeren Umlaufzeit des Mars um die Sonne sind aber die einzelnen Jahreszeiten auf unserem Nachbarplaneten bedeutend länger als die Jah-



Mit Hilfe winziger „Thermometer“, die an die Beobachtungsinstrumente angeschlossen sind, läßt sich die Oberflächentemperatur der verschiedenen Marsgegenden messen

reszeiten bei uns. Der Marsfrühling dauert 199,6 Erdentage. Der Sommer ist 181,7 Tage lang. Der Herbst dauert 145,6 Tage, der Winter 160,1 Tage. Die Angaben gelten für die Nordhalbkugel des Planeten. Wegen der im Vergleich zur Erde größeren Entfernung des Planeten Mars von der Sonne herrscht auf seiner Oberfläche ein rauheres Klima. 1 qcm der Erdoberfläche erhält von der Sonne eine Strahlungsmenge von 1,9 Kalorien in der Minute. Man bezeichnet in der Astronomie diesen Wert als Solarkonstante. Auf dem Mars beträgt die Solarkonstante nur 0,84 Kalorien.

Die mittlere Temperatur liegt auf der Oberfläche unseres Nachbarplaneten zwischen -15 und -30°C und somit mindestens 30°C niedriger als die mittlere Erdtemperatur, die $+14^{\circ}\text{C}$ beträgt. Aber eigentlich sieht es mit dem Marsklima noch ärger aus, denn hinter der mittleren Temperatur verbergen sich Extremwerte bis -70°C . Allerdings kann unter günstigen Verhältnissen am Äquator die Temperatur auch einmal bis auf $+30^{\circ}\text{C}$ ansteigen.

Die Marsatmosphäre ist wesentlich anders zusammengesetzt als die Gashölle, die die Erde umgibt. Mit Sicherheit konnte in der Marsatmosphäre durch den in Amerika lebenden Astronomen Kuiper (geboren 1905) im Jahre 1948 Kohlendioxyd nachgewiesen werden. Nimmt man als Maßeinheit eine Luftsäule von 19 cm Querschnitt, so ist Kohlendioxyd in etwa doppelter Menge vorhanden wie in der Erdatmosphäre. Vermutet wird von den Astrophysikern ferner die Anwesenheit von Schwefeldioxyd. Von der Erde her bekannte Gase, wie Ozon, Kohlenmonoxyd, Stickoxyd und Stickstoff, haben sich bisher nicht im Marsspektrum nachweisen lassen. Dennoch bedeutet das nicht, daß auch diese Gase (darunter vor allem Stickstoff) in

der Marsatmosphäre nicht vorkommen. Die Marsatmosphäre ist bedeutend dünner als die der Erde. Sie besitzt eine große Ausdehnung. Druck und Dichte nehmen viel langsamer ab als in der irdischen Lufthülle.

Trotz dieser Abweichungen von der Zusammensetzung der Erdatmosphäre waren Astronomen aller Zeiten recht zuversichtlich in der Beurteilung der Frage, ob es Leben auf unserem Nachbarplaneten gibt. So erklärte zum Beispiel im Jahre 1892 der berühmte französische Astronom Camille Flammarion: Mars und Erde seien einander so stark ähnlich, daß die Versetzung des Menschen auf den Mars im Grunde nichts anderes sei als ein Wechsel der geographischen Breite.

Der bekannte italienische Astronom, der Entdecker der Marskanäle, Giovanni Schiaparelli (1835–1910), schrieb gegen Ende des vorigen Jahrhunderts: Dieser Planet ist keine Wüste starrer Felsen, er lebt. Die Astronomen der Gegenwart sind allerdings in der Beurteilung der Lebensverhältnisse auf dem Mars zum Teil bedeutend vorsichtiger geworden. Sie halten große Gebiete der Marsoberfläche für kalte unfruchtbare Wüsten und lediglich grünblaue begrenzte Flecken, die zum Teil mit dem Wechsel der Jahreszeiten ihre Farbe ändern, für Regionen niederer Vegetation. Daß es allerdings auch heute noch bedeutend zuversichtlicher gestimmte Astronomen gibt, wird uns nachher die Astrobotanik des sowjetischen Astronomen Prof. Tichow beweisen.

Liliputaner im Weltall

Als Liliputaner kann man mit Recht die beiden Marsmonde bezeichnen. Der dem Planeten nächste Mond Phobos umkreist den Mars in einem Abstand von 1,4 Marsdurchmessern. Der zweite Mond Deimos ist 3,5 Marsdurchmesser von der Planetenkugel entfernt.

Der Phobos hat einen Durchmesser von nur 16 km, während Deimos mit einem Durchmesser von 8 km, verglichen mit dem Erdmond, winzig klein ist. Der Phobos zeigt zwei Eigentümlichkeiten. Die erste besteht darin, daß er bei einer Umlaufzeit von 7 Stunden und 39 Minuten um die Marskugel mehrmals während eines Marstages im Westen auf- und im Osten untergeht. Die zweite Besonderheit: Phobos entwickelt gegenwärtig eine Geschwindigkeit von 2,1 km/sec, die sich nach den Berechnungen der Astronomen in etwa 70 Millionen Jahren auf rund 3,5 km/sec gesteigert haben wird. Der innere Marsmond Phobos nähert sich der Marsoberfläche ständig, und man kann aus den Berechnungen der Astronomen schlußfolgern,

daß er in etwa 70 Millionen Jahren auf die Marsoberfläche abstürzen wird, wenn er nicht vorzeitig durch die Gezeitenwirkung des Planeten zerrissen werden sollte. In diesem Falle würden die Trümmer des Mondes auf die Planetenoberfläche stürzen. Die beobachtete Verkürzung der Umlaufzeit des Marsmondes würde sich erklären lassen, wenn man annähme, daß Phobos durch ein widerstehendes Medium, etwa eine sehr hoch reichende dünne Atmosphäre des Mars, abgebremst werde. Dann würde allmählich die Anziehungskraft des Planeten die Oberhand gewinnen, und der Mond müßte sich der Planetenoberfläche immer weiter annähern, wobei seine Geschwindigkeit durch die Gravitation der Planetenkugel schließlich wieder erhöht werden müßte. Die Masse des Phobos, die man unter Zugrundelegung des Durchmessers des Mondes mit nur 16 km abschätzen kann, wäre zu groß, um die Beobachtungen der Bahnänderung des Mondes zu erklären. Man ist also zu der Annahme gezwungen, daß der Marsmond Phobos noch kleiner oder daß er innen hohl sein muß.

Von der letzten Annahme ausgehend, gelangte der sowjetische Astronom Sklowsky zu der sehr kühnen und umstrittenen Meinung, daß es sich beim Phobos um einen von vernunftbegabten Wesen geschaffenen künstlichen Satelliten handle, der eventuell ein Zeuge früheren hochentwickelten Lebens auf dem Mars sein könnte. Sklowsky hat inzwischen seine Annahme revidiert.

Der zweite Marsmond Deimos zeigt solche Eigenarten nicht. Er umwandert den Mars auf einer weitgehend konstanten Bahn in 30 Stunden und 18 Minuten.

Soweit die kurze Übersicht über das Grundwissen, das uns die moderne Astronomie über den Mars vermitteln kann.

Kepler, das Oval und der Mars

Nicht alle Freunde der Astronomie wissen, daß gerade das Oval in der Geschichte der Astronomie oft Gegenstand der Forschungen war. Allerdings sind das heute nur noch Episoden.

Doch Johannes Kepler, der große Mathematiker und Astronom (1571–1630), wäre ohne die Kenntnis des Ovals kaum zu dem Ergebnis gekommen, seinen für die Astronomie so bedeutungsvollen Gesetzen der Planetenbahnen die Gestalt einer Ellipse zugrunde zu legen. Bei der Entdeckung seiner berühmten drei astronomischen Gesetze – das erste z. B. besagt, daß sich die Planeten in Ellipsenbahnen bewegen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht – hat das Oval eine vermittelnde Funktion.

Die Lebensgeschichte Keplers ist ein interessantes Zeitbild und zeigt, mit welcher Beharrlichkeit – allen Widerständen zum Trotz – Kepler der Welt seine drei Grundgesetze schuf. Der große Gelehrte mußte 1599 Graz verlassen. Man vertrieb ihn mit vielen anderen, da die Gegenreformation keinen geistigen Widerstand duldete. Der jesuitisch erzogene Erzherzog Ferdinand, 1619 als Deutscher Kaiser Ferdinand II. ausgerufen, führte in seinen Erbländen Steiermark, Kärnten und Krain ein strenges Regime. Damals lebte der bekannte dänische Astronom Tycho de Brahe (1546–1601) in Prag. Er berief den Gelehrten Kepler zu sich als Mitarbeiter. Tycho de Brahe war ein ausgezeichnete astronomischer Beobachter und hatte in seinem Leben reiches Material über seine Beobachtungen zusammengetragen. Johannes Kepler hatte nun das große Glück, dieses Material zu studieren und für seine eigenen Arbeiten auszuwerten. Fast 16 Jahre hindurch hatte Tycho de Brahe vor allem die Bewegung des Planeten Mars verfolgt und genaueste Aufzeichnungen gemacht. Dieses Material bearbeitete Johannes Kepler mit großer Gründlichkeit und legte seinen Untersuchungen zunächst eine gleichförmige Kreisbewegung zugrunde, wie das im System des Kopernikus, dessen Anhänger Kepler war, vorgesehen ist. Kepler stellte jedoch bald fest, daß seine mit viel Mühe durchgeführten zuverlässigen Berechnungen mit den Beobachtungen nicht übereinstimmten. So stand z. B. der Mars im Jahre 1608 fast 5 Grad von der Stelle entfernt, die sich nach den von Kopernikus entworfenen Tafeln errechnen ließ. Hier versagte das System des Kopernikus, für das gewichtige allgemeine Gründe sprachen, genauso wie vorher das alte System nach Ptolemäus. Nicht verwunderlich, daß seinerzeit eine Reihe von Astronomen dem System von Kopernikus mit Mißtrauen entgegentraten und es aus wissenschaftlichen Gründen ablehnten. Der Klerus jedoch hatte das kopernikanische System nur aus weltanschaulichen Gründen nicht anerkannt.

Johannes Kepler versuchte nun, die von ihm festgestellten Unstimmigkeiten zu bereinigen. Er ging mit einer unvorstellbaren Zähigkeit an die Lösung dieses Problems heran. Es gab nur wenige bedeutende Entdeckungen, die von dem Forscher einen solchen Aufwand, einen solchen Einsatz gefordert haben, wie die Entdeckung seiner drei Gesetze der Astronomie. Kepler konnte zunächst nicht von der Vorstellung abkommen, daß die Planetenbahnen kreisförmig sein mußten. Aus der Geschichte der Astronomie wissen wir, daß diese These seit Aristoteles Geltung hatte, denn der Kreis war die vollkommenste Gestalt und als solche allein der Schöpfung angemessen. Das gleiche galt für die Kugel, die, wie man damals meinte,

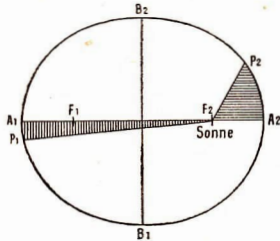
der Natur erste Form sei. Bereits im Altertum hatte man versucht, den Beobachtungen besser gerecht zu werden, indem man die Erde – oder auch, soweit man im neuen heliozentrischen System des Aristarch von Samos dachte, die Sonne – nicht genau in den Mittelpunkt der Kreisbahn stellte.

Aber auch diese kleine Korrektur reichte keinesfalls aus, um die Vorgänge korrekt zu beschreiben. Die Natur gehorchte dem Vorurteil der Kreisbahn nicht. Hier trat nun in der Berechnung des Johannes Kepler eine bedeutungsvolle Wende ein: Er kam auf den kühnen Gedanken – und er hat ihn auch in seinem Hauptwerk über die Bewegung des Mars ausführlich behandelt –, die Kreisbahn durch eine ovale Bahn zu ersetzen. Damit wurde wenigstens stückweise die Kreisförmigkeit beibehalten, und die Ergebnisse stimmten mit den Beobachtungen besser überein. Trotz dieses kühnen Gedankens, statt der Kreislinie ein Oval den Berechnungen zugrunde zu legen, war Kepler mit seinen Ergebnissen nicht zufrieden. Nach langem Überlegen kam er endlich auf den großartigen und richtigen Gedanken, es mit einer elliptischen Bahn zu versuchen. Heute können wir uns leicht vorstellen, daß sich die Planeten in Ellipsenbahnen bewegen. Die Newtonschen Gesetze (Newton 1643 bis 1727) bestätigten die Erkenntnis und erleichterten das Verständnis. Es ist jedoch kaum vorstellbar, welche geistige Leistung Kepler unter den damaligen Verhältnissen vollbracht hat. Versetzen wir uns in jene Zeit, wo Kirche und Aberglaube alle Wissenschaften beherrschte: Vorurteile und innere Widerstände von zwei Jahrtausenden mußten überwunden werden, bis endlich der Weg frei wurde für diesen kühnen Gedanken, der die Gründung einer neuen Astronomie und deren Ausbau ermöglicht hat. Der große Gelehrte Johannes Kepler hat fast 10 Jahre seines Lebens dieser Arbeit geopfert. Weitere 10 Jahre brachten ihn zu der Erkenntnis seines berühmten dritten Gesetzes über die Umlaufzeiten der Planeten, das er 1619 in Ergänzung zu seinen bekannten beiden ersten an die Öffentlichkeit bringen konnte. Wir wissen aus dem Leben dieses großen Gelehrten, daß er viel Not, Hunger und Elend erlitten hat, doch war er sich als Genie seiner Aufgabe voll bewußt. Er sagte einmal von sich selbst: „Ich stärke mich mit dem Gedanken, daß ich... dem ganzen menschlichen Geschlecht diene, daß ich nicht nur für die Gegenwart, sondern auch für die Nachwelt arbeite!“

Das Oval spielte also, wenn auch nur als Überbrückungsform bei der Entdeckung der Keplerschen astronomischen Gesetze eine große Rolle. Diese Form schlug gewissermaßen die Brücke vom Kreis zur Ellipse. Das Oval besteht aus Kreisbogenstücken, nähert sich aber

in seiner Gestalt der Ellipse. Obwohl Johannes Kepler von der Kreisvorstellung zunächst nicht los kam, gelang es ihm doch noch, über das Oval hinweg zu der Auffassung zu gelangen, daß sich die Planeten auf Ellipsenbahnen bewegen. Und dazu hat gerade der Lauf des Planeten Mars entscheidend beigetragen.

Die Bahn eines jeden Planeten hat die Gestalt einer Ellipse. Der Leitstrahl überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen



Die drei Keplerschen Gesetze:

1. Gesetz: Die Planeten bewegen sich auf Ellipsenbahnen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht.
2. Gesetz: Der Leitstrahl (gedachte Verbindungslinie zwischen Sonne und Planet) überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen. Daraus folgt, daß sich ein Planet in jedem Teil seiner Bahn verschieden schnell bewegt. Die höchste Geschwindigkeit erreicht er im Perihel, dem sonnennahen Punkt seiner Bahn. Am langsamsten läuft er im Aphel, dem sonnenfernen Punkt seiner Bahn.

3. Gesetz: Die Quadrate der Umlaufzeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Kuben ihrer mittleren Sonnenabstände. Beispiel: Erde und Mars

Umlaufzeit der Erde um die Sonne = 365 Tage

Umlaufzeit des Mars um die Sonne = 687 Tage

Entfernung der Erde von der Sonne = 150 000 000 km

Entfernung des Mars von der Sonne = 228 000 000 km

Setzen wir die Umlaufzeit und Entfernung der Erde gleich 1, so ergibt sich für die Umlaufzeit des Mars ca. 1,8 und für seine Entfernung 1,5.

1,8 zum Quadrat erhoben ergibt ca. 3,3;

1,5 zur dritten Potenz erhoben ebenfalls ungefähr 3,3.

Metscha und der Mars

Nächtliche Betriebsamkeit war hier nichts Neues. Besonders in den letzten Jahren nahm sie immer mehr zu. Aber so etwas wie in dieser Nacht des 2. Januar 1959 hatte die alte ehrwürdige Sternwarte von Pulkowo noch nicht erlebt. Dieses älteste russische Observatorium wurde während des zweiten Weltkrieges völlig zerstört. Nach 1945 entstand es als Hauptobservatorium der Akademie der Wissenschaften der UdSSR nach den modernsten Erkenntnissen völlig neu. Unter den neuartigen Instrumenten gibt es ein 50-cm-Maksutow-Spiegelteleskop, das wegen seiner großen Lichtstärke und seines weiten Gesichtsfeldes einen besonders guten Überblick über ein Gebiet des Himmels gestattet. Diesem Gerät galt heute das Hauptinteresse. War es doch besonders gut für die Beobachtung von kosmischen Flugkörpern geeignet.

Die Spannung der versammelten Wissenschaftler und die Aufregung von Presse, Funk und Film stieg, je näher der vom Präsidium der Akademie bekanntgegebene Starttermin der ersten kosmischen Rakete heranrückte.

Als wenige Minuten später der Fernschreiber den erfolgreichen Start von Lunik I meldete, löste sich die Spannung, und die Astronomen eilten an die Instrumente, um sie auf die nunmehr genau angegebene Gegend des Himmels zu richten. Noch war nicht bekannt, daß sich Lunik I, nachdem er sich durch die Mondgravitation auf eine Planetenbahn um die Sonne begeben hatte, der Marsbahn weitgehend annähern würde. Hätte die Brennschlußgeschwindigkeit der letzten Raketenstufe nur 200 m/sec höher gelegen, wäre die Marsbahn erreicht worden. Noch lag das nicht im Programm dieses Experimentes. Historische Tatsache aber bleibt, daß nie zuvor ein kosmischer Flugkörper in solche Tiefen des Weltalls vorgedrungen war. Lunik I, auch „Metscha“ „Traum“ genannt, machte seinem Namen Ehre.

Die „Prawda“ schrieb am 12. Januar 1959 in einem umfangreichen Artikel über den Start der ersten kosmischen Station unter anderem: Am 2. Januar 1959 erfolgte in der Sowjetunion der erfolgreiche Start der kosmischen Rakete in Richtung Mond. Zum erstenmal wurde in der Geschichte der Menschheit ein Flugapparat geschaffen, der die zweite kosmische Geschwindigkeit nicht nur erreichte, sondern überschritt. Die letzte Stufe der Rakete mit einem Gewicht von 1472 kg (ohne Brennstoff) flog am Mond vorbei und wurde zum ersten künstlichen Planeten des Sonnensystems.

Dieses Ereignis stellt eine neue Etappe in der Beherrschung des

kosmischen Raumes dar. Durch die schöpferische Arbeit der Sowjetmenschen ist ein neuer Himmelskörper geschaffen worden, der die Erdanziehung überwunden hat und sich auf einer elliptischen Bahn um die Sonne bewegt.

Die Schaffung der kosmischen Rakete war die natürliche Fortsetzung der in der Sowjetunion durchgeführten Arbeiten an interkontinentalen Raketen und an großen künstlichen Erdsatelliten. Das Gewicht des dritten künstlichen sowjetischen Erdsatelliten betrug bekanntlich 1327 kg. Diese Arbeiten machten es möglich, notwendige Erfahrungen für die Schaffung großer kosmischer Flugapparate zu sammeln.

Der Flug der Rakete in den kosmischen Raum ergab eine Reihe wichtiger wissenschaftlicher Experimente zur Erforschung des interplanetaren Mediums. Zum ersten Male waren direkte wissenschaftliche Messungen auf Grund eines umfangreichen Programms in solch großen Entfernungen von der Erde möglich. Der Start der kosmischen Rakete ist ein neuer hervorragender Erfolg der sowjetischen Wissenschaft und Technik. Für den kosmischen Flug stand eine vielstufige Rakete zur Verfügung, die sich durch große Vollkommenheit der Konstruktion auszeichnet und mächtige leistungsfähige Raketentriebwerke hat. Ein spezielles automatisches System lenkte die Rakete mit großer Genauigkeit bei ihrer Einsteuerung auf die vorgeschriebene Bahn.

Für die Ausführung des Programms wissenschaftlicher Versuche war eine einmalige wissenschaftliche Apparatur mit speziellen Funkmeßsystemen geschaffen. Das Gesamtgewicht der wissenschaftlichen Instrumente und der Meßapparatur mit den Stromquellen und dem Behälter, die an der letzten Stufe der kosmischen Rakete montiert sind, beträgt 361,3 kg. Die Flugbahn der Rakete im kosmischen Raum wird mit Hilfe eines Komplexes funktechnischer Mittel kontrolliert. So ist es möglich, die Koordinaten und die Geschwindigkeit der Rakete in jedem Augenblick ihrer Bewegung sicher zu bestimmen.

Mit dem Start der sowjetischen kosmischen Rakete tritt die Menschheit in die Ära der interplanetaren Flüge ein. Die nächsten Etappen auf diesem Wege sollen die weitere Erforschung des kosmischen Raumes um die Sonne, die Erforschung der Planeten des Sonnensystems sowie der Flug der Menschen zu anderen Planeten sein.

Die Wissenschaftler, Konstrukteure, Ingenieure, Techniker, Arbeiter und Forscher, deren begeisterte Arbeit eine neue Seite in der Geschichte der Weltwissenschaft und -technik geschrieben hat, widmeten den Start der kosmischen Rakete dem XXI. Parteitag der Kommunistischen Partei der Sowjetunion.

Der Flug der kosmischen Rakete

Die mehrstufige kosmische Rakete startete vertikal von der Erdoberfläche. Unter Einwirkung der automatischen Programmsteuerung wich ihre Bahn allmählich von der vertikalen Richtung ab. Die Geschwindigkeit der Rakete nahm rasch zu. Am Ende der Antriebsphase hatte die letzte Stufe der Rakete die Geschwindigkeit erreicht, die für ihre weitere Bewegung erforderlich war. Das automatische Steuerungssystem der letzten Stufe schaltete das Raketentriebwerk aus und erteilte den Befehl zur Lostrennung des Behälters mit der wissenschaftlichen Apparatur von der letzten Stufe. Der Behälter und die letzte Stufe der Rakete erreichten die Flugbahn und begannen ihre Bewegung in Richtung des Mondes dicht beieinander.

Um die Anziehungskraft der Erde zu überwinden, muß die Rakete eine Geschwindigkeit erreichen, die mindestens so groß wie die zweite kosmische Geschwindigkeit ist. Die zweite kosmische Geschwindigkeit, die auch als parabolische Geschwindigkeit bezeichnet wird, beträgt an der Erdoberfläche 11,2 km in der Sekunde. Diese Geschwindigkeit ist die kritische Geschwindigkeit in dem Sinne, daß bei geringerer Geschwindigkeit, der sogenannten elliptischen Geschwindigkeit, der Körper entweder zu einem Erdtrabanten wird oder bis zu einer bestimmten Höhe aufsteigt und dann zur Erde zurückfällt. Bei Geschwindigkeiten, die größer als die zweite kosmische Geschwindigkeit sind (hyperbolische Geschwindigkeiten), oder bei ähnlichen kann der Körper die Anziehungskraft der Erde überwinden und sich für immer von der Erde entfernen.

Als der Raketenantrieb abgeschaltet wurde, hatte die letzte Stufe der sowjetischen Weltraumrakete die zweite kosmische Geschwindigkeit überschritten. Auf die weitere Bewegung der Rakete übte die Anziehungskraft der Erde bis zu ihrer Annäherung an den Mond den Haupteinfluß aus. Infolgedessen liegt die Flugbahn der Rakete, den Gesetzen der Himmelsmechanik entsprechend, in bezug auf den Erdmittelpunkt nahe an der Hyperbel, für die der Erdmittelpunkt einer ihrer Brennpunkte ist. Die Flugbahn ist am stärksten in der Nähe der Erde gekrümmt und streckt sich mit der Entfernung von der Erde. Bei großen Entfernungen von der Erde kommt die Form der Flugbahn einer Geraden sehr nahe.

Zu Anfang ihrer Bewegung auf der hyperbolischen Bahn fliegt die Rakete sehr schnell. Mit der weiteren Entfernung von der Erde verringert sich ihre Geschwindigkeit unter dem Einfluß der Erdanziehungskraft. Wenn zum Beispiel bei einer Höhe von 1500 km die Geschwindigkeit der Rakete in bezug auf den Erdmittelpunkt etwas

mehr als 10 km/sec betrug, so macht sie bei einer Höhe von 100 000 km nur noch etwa 3,5 km/sec aus. Die Umdrehungsgeschwindigkeit des Leitstrahls, der den Erdmittelpunkt mit der Rakete verbindet, wird, dem zweiten Keplerschen Gesetz entsprechend, umgekehrt proportional zum Quadrat der Entfernung vom Erdmittelpunkt aus geringer. Wenn diese Geschwindigkeit zu Beginn der Bewegung etwa $0,07^\circ$ in der Sekunde betrug, das heißt die Winkelgeschwindigkeit der Erdumdrehung um das Fünfzehnfache übertraf, so wurde sie etwa nach einer Stunde geringer als die Winkelgeschwindigkeit der Erde. Als sich die Rakete dem Mond näherte, verringerte sich die Umdrehungsgeschwindigkeit ihres Radiusvektors bis auf $1/2000$ und betrug nur noch $1/5$ der Winkelgeschwindigkeit des Mondumlaufs um die Erde. Die Umkreisungsgeschwindigkeit des Mondes beträgt nur $1/27$ der Winkelgeschwindigkeit der Erde.

Diese Besonderheiten der Raketenbewegung auf ihrer Flugbahn bestimmen den Charakter ihrer Bewegung in bezug auf die Erdoberfläche. Auf die Karte ist die Bewegung der Rakete auf der Oberfläche der Erde im Zeitablauf projiziert worden. Solange die Umlaufgeschwindigkeit des Radiusvektors der Rakete im Verhältnis zur Geschwindigkeit der Erdumdrehung groß war, bewegte sich diese Projektion nach Osten und erfuhr nach und nach eine Abweichung zum Süden. Danach begann sich die Projektion anfangs nach Südwesten und 6 bis 7 Stunden nach dem Start der Rakete, als die Drehgeschwindigkeit des Radiusvektors äußerst gering wurde, fast ganz nach Westen zu bewegen.

Die Bewegung der Rakete über den Sternenhimmel ist auf einem Schema dargestellt. Die Bewegung der Rakete in der Sphäre des Sternenhimmels war sehr ungleichmäßig. Anfangs schnell und zum Schluß sehr langsam. Etwa eine Stunde nach dem Start führte die Flugbahn der Rakete am Himmel in das Sternbild „Haar der Berenice“ hinein. Dann flog die Rakete in das Sternbild der Jungfrau und erreichte später die größte Annäherung an den Mond.

Am 3. Januar, 3.57 Uhr Moskauer Zeit, als sich die Rakete im Sternbild der Jungfrau – etwa in der Mitte des Dreiecks Arktur (Sternbild Bärenhüter), Spica (Sternbild Jungfrau) und Alpha (Sternbild Waage) – bewegte, wurde durch eine Vorrichtung, die sich in der Rakete befand, ein künstlicher Komet gebildet. Der bestand aus Natriumdämpfen, die in der Strahlung der Sonne aufleuchteten. Diesen Kometen konnte man von der Erde mit optischen Mitteln einige Minuten lang beobachten. Während die Rakete am Mond vorbeiflog, befand sie sich am Sternenhimmel zwischen den Sternen Spica und Alpha.

Der Weg der Rakete am Himmelsgewölbe bei ihrer Annäherung an den Mond hatte zum Weg des Mondes eine Neigung von etwa 50° . Der Mond kam auf seiner Bahn um die Erde, von der Nordhalbkugel der Erde aus gesehen, von rechts an den Annäherungspunkt mit der Rakete heran, die Rakete näherte sich diesem Punkt von oben und von rechts. In der Periode der größten Annäherung befand sich die Rakete höher und etwas mehr rechts als der Mond.

Die Flugzeit der Rakete bis zur Umlaufbahn des Mondes hängt davon ab, wie weit die Anfangsgeschwindigkeit der Rakete über der zweiten kosmischen Geschwindigkeit liegt, und wird um so kürzer, je größer die Anfangsgeschwindigkeit ist. Die Geschwindigkeit wurde so berechnet, daß die Rakete mit Funkanlagen, die auf dem Territorium der Sowjetunion und anderen Ländern Europas sowie Afrikas und in einem großen Teil Asiens liegen, beobachtet werden konnte. Die Flugzeit der kosmischen Rakete bis zum Mond betrug 34 Stunden.

Während der stärksten Annäherung der Rakete an den Mond betrug die Entfernung nach genauen Angaben 5000 bis 6000 km, d. h. etwa das Anderthalbfache des Monddurchmessers.

Als sich die kosmische Rakete dem Mond bis auf einige 10 000 km genähert hatte, übte die Anziehungskraft des Mondes einen merklichen Einfluß auf die Bewegung der Rakete aus. Die Wirkung der Anziehungskraft des Mondes führte zu einer Abweichung von der Flugrichtung der Rakete und zur Veränderung der Geschwindigkeit ihres Fluges in der Nähe des Mondes. Bei der Annäherung der Rakete stand der Mond niedriger als die Rakete, und deshalb neigte sich die Flugbahn der Rakete infolge der Anziehungskraft des Mondes nach unten. Die Anziehungskraft des Mondes bewirkte auch eine örtliche Beschleunigung. Diese Beschleunigung erreichte ihr Maximum bei der größten Annäherung.

Nach der Annäherung an den Mond entfernte sich die Rakete weiter von der Erde, ihre Geschwindigkeit in bezug auf den Erdmittelpunkt nahm ab und näherte sich einer Größe, die etwa 2 km/sec betrug. Bei einer Entfernung von der Erde von etwa 1 000 000 km und mehr wird die Anziehungskraft der Erde auf die Rakete so schwach, daß man nur mit dem Einfluß der Anziehungskraft der Sonne auf die Raketenbewegung zu rechnen braucht. Etwa am 7. bis 8. Januar erreichte die sowjetische kosmische Rakete ihre ständige Umlaufbahn um die Sonne, wurde zu ihrem Satelliten und verwandelte sich so in den ersten künstlichen Planeten des Sonnensystems.

Der Flug der Rakete in bezug auf den Erdmittelpunkt war in der Zeit vom 7. bis 8. Januar etwa in die gleiche Richtung gelenkt wie

auch die Bewegung der Erde um die Sonne. Da sich die Erde etwa mit einer Geschwindigkeit von 30 km/sec bewegt, und die Geschwindigkeit der Rakete in bezug auf die Erde 2 km/sec beträgt, war die Bewegungsgeschwindigkeit der Rakete als Planet um die Sonne etwa 32 km/sec.

Genauere Angaben über den Stand der Rakete, über ihre Bewegungsrichtung und ihre Geschwindigkeit bei großen Entfernungen von der Erde ermöglichen es, nach den Gesetzen der Himmelsmechanik die Bewegung der kosmischen Rakete als Planet des Sonnensystems vorauszuberechnen. Bei Berechnung der Umlaufbahn wurden die Störungen nicht berücksichtigt, die von Planeten und anderen Körpern des Sonnensystems hervorgerufen werden können. Die voraus berechnete Flugbahn des künstlichen Planeten wird durch folgende Angaben gekennzeichnet:

Der Neigungswinkel der Flugbahn zur Ebene der Erdbahn beträgt etwa 1° , d. h., er ist sehr gering;

die Exzentrizität der Flugbahn des künstlichen Planeten ist gleich 0,148, also merklich größer als die Exzentrizität der Erdbahn, die 0,017 beträgt;

das Perihel wird rund 146 000 000 km betragen, d. h., es wird nur um einige Millionen km geringer sein als die Entfernung der Erde von der Sonne (die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne beträgt 150 000 000 km);

die maximale Entfernung des künstlichen Planeten von der Sonne beträgt etwa 197 000 000 km, d. h., die kosmische Rakete wird sich dabei 47 000 000 km weiter von der Sonne entfernt befinden als die Erde;

die Umlaufzeit des künstlichen Planeten um die Sonne wird 450 Tage, d. h. etwa 15 Monate betragen. Das Perihel (Minimalentfernung von der Sonne) wird zum erstenmal Mitte Januar 1959 und die maximale Entfernung Anfang September 1959 erreicht.

Interessant ist, daß die Umlaufbahn des sowjetischen künstlichen Planeten der Umlaufbahn des Mars auf 15 000 000 km nahe kommt, d. h. etwa viermal näher als die Umlaufbahn der Erde.

Die Entfernung zwischen Rakete und Erde bei ihrer Bewegung um die Sonne wird sich verändern – mal vergrößern, mal verringern. Die größte Entfernung zwischen ihnen kann bis zu 350 000 000 km erreichen.

Eine Entdeckung mit unvorhergesehenen Folgen

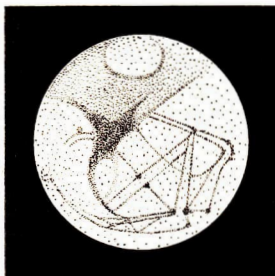
Was würde wohl Giovanni Virginio Schiaparelli (1835 bis 1910), der berühmte italienische Astronom, gesagt haben, wenn er das hätte miterleben können. Galt doch dem Mars sein ganz besonderes Interesse. Genau vor 100 Jahren – 1859 – hatte er diesen Planeten während eines längeren Gastaufenthaltes mit den Instrumenten der Sternwarte Pulkowo beobachtet. Damals begründete er die Marstopographie.

Eine Aufsehen erregende Entdeckung machte Schiaparelli 1877 als Direktor der Brera-Sternwarte in Mailand. In einer sternklaren Nacht, als die Luft für einige Stunden besonders ruhig und durchsichtig war, sah er auf der Marsoberfläche mehrere schnurgerade, wie von einem dünnen spitzen Bleistift gezogene Linien. Ohne sich über den Charakter der Linien im Klaren zu sein, nannte er sie einfach ihrer Form wegen Kanäle. Wie alle Entdeckungen dieser Art wurde die Nachricht in der Fachwelt zunächst mit Skepsis aufgenommen. Bald kam eine Bestätigung seiner Beobachtungen von dem amerikanischen Astronomen Lowell. Andere Astronomen dagegen sahen mit teilweise besseren Instrumenten und unter gleich günstigen atmosphärischen Verhältnissen diese Erscheinung nicht. Die später aufblühende Himmelsfotografie brachte zunächst keine Klärung. Auf manchen Fotografien glaubte man Kanäle zu erkennen. Andere jedoch zeigten keine Spuren davon.

Ohne Zutun der Wissenschaft hatte die Presse diese Entdeckung als Sensation aufgegriffen und ihr eine Deutung gegeben, die weit über wissenschaftlich zulässige Prognosen hinausging. Die „Marskanäle“ erklärten sie für technische Bauwerke vernunftbegabter Wesen. Der bis heute noch umher spukende „Marsianer“ war damit geboren. An „Begründungen“ fehlte es nicht. Das eine „Argument“ bediente sich der Tatsache, daß offensichtlich auf dem Mars keine größeren Wasserflächen existieren. Schon ein Gewässer von der Größe des Berliner Müggelsees hätte sich in den großen Instrumenten bemerkbar machen müssen, weil bei senkrechtem Einfall der Sonnenstrahlen der Reflex hell genug wäre.

Ein zweites „Argument“ waren die inzwischen festgestellten Polkappen des Mars, die im Sommer schmolzen. Da die „Marskanäle“ bevorzugt in nord-südliche Richtung verliefen, konnte man meinen, daß die Marsbewohner das Schmelzwasser aus den Polgebieten in die trockenen Zonen der Marsoberfläche ableiteten. Als Schiaparelli einige Jahre nach seiner Entdeckung Kanäle doppelt sah, glaubte man, daß die Marsbewohner ihr Kanalnetz ständig erweiterten.

Mars mit Kanälen nach einer
Zeichnung Schiaparellis

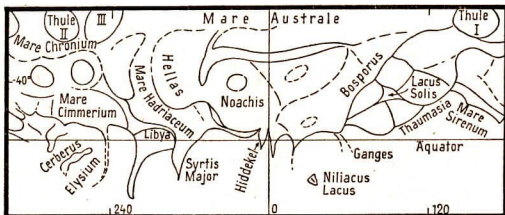


Solche Auffassungen wurden noch unterstützt durch eine Beobachtung, die man Anfang unseres Jahrhunderts machte. An den Grenzen zwischen Mars-Tag und -Nacht tauchten in dem noch dunklen Teil dieses Planeten helle Leuchteffekte auf. Jetzt glaubte man, daß sich die Marsbewohner mit winzigen Blinkzeichen den Erdbewohnern bemerkbar machen wollten. Es wurde sogar vorgeschlagen, in der Wüste Sahara mit Hilfe von Magnesiumlicht in riesigen Ausmaßen das pythagoräische Dreieck mit den beiden Kathetenquadraten und dem Hypotenusenquadrat darzustellen. Man sagte sich: wenn es vernunftbegabte Wesen auf dem Mars gäbe, würden sie dieses mathematische Symbol bestimmt verstehen und in derselben Sprache antworten.

Die Astronomen fanden für dieses Phänomen bald eine plausible Erklärung. Es handelte sich ihrer Meinung nach um kondensierten Wasserdampf, also um helle weiße Wolken, die weit über der Marsoberfläche schweben und auf der Nachtseite des Mars bereits von den Sonnenstrahlen getroffen wurden. Es war also nichts als ein Lichtreflex.

Andererseits gab es auch Stimmen, die das Vorhandensein der „Marskanäle“ leugneten und sie für optische Täuschungen hielten. Sie meinten, das Auge würde zwischen den verschiedenen hellen Objekten der Marsoberfläche Verbindungen vortäuschen, die in Wirklichkeit gar nicht existierten.

Eine Klärung konnte unter den damaligen Verhältnissen nicht erfolgen. Man konnte sich aber ausrechnen, daß jeder „Marskanal“ einige 1000 km lang und 100 bis 200 km breit sein müßte. Das macht natürlich technische Bauwerke außerordentlich unwahrscheinlich.



Umrißkarte der Oberfläche des Planeten Mars

In den Jahren 1920 bis 1949 wurden speziell in der Sowjetunion unter Leitung der Akademie der Wissenschaften Untersuchungen der Marsatmosphäre und der Marsoberfläche durchgeführt, die die Existenz einer niederen oder sogar höheren Vegetation auf dem Mars wahrscheinlich machen. In diesem Zusammenhang gewann auch die Deutung der „Marskanäle“ eine völlig neue Grundlage. Die „Marskanäle“ können Ketten von Oasen sein, erzeugt von Wasserströmen, die unter der Marsoberfläche verlaufen. Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse hat sich vor allem nach 1945 ein völlig neuer Wissenschaftszweig in der Sowjetunion entwickelt, die Astrobotanik.

Die Flora des Mars

Der sowjetische Astronom G. A. Tichow (geboren 1875) hat sich seit 1909 in der Marsforschung einen internationalen Namen erworben. Er beobachtete lange Zeit die Marsoberfläche mit Rot, Gelb- und Grünfiltern. Zunächst in Pulkowo und in der neuesten Zeit an den astronomischen Observatorien in Taschkent und Alma-Ata. Sein großes Verdienst besteht darin, nachgewiesen zu haben, daß blaugrüne Flecken auf der Marsoberfläche das Sonnenlicht auf ähnliche Weise absorbieren und reflektieren, wie es Pflanzen der Erde unter den unwirtlichen Bedingungen des Hochgebirgsklimas tun. Tichow hat mehrere Expeditionen zur Untersuchung irdischer Hochgebirgspflanzen in das Ala-Tau-Gebirge unternommen.

Er selbst schreibt zur Begründung seiner Hypothese:

„Der den Jahreszeiten entsprechende regelmäßige Farbenwechsel der dunklen Marsflecke ließ schon lange den Gedanken aufkom-

men, daß dieser Planet eine der Erdvegetation ähnliche Vegetation besitzen müsse. Doch wurden dagegen drei Einwände erhoben.

Der erste davon ist: Bei Infrarot-Fotografien des Mars erscheinen als Pflanzendecken geltende Flecke sehr dunkel, während die Erdvegetation bei gleichen Aufnahmen beinahe ebenso hell erscheint wie Schnee. Im Jahre 1945 fanden ich und mein Mitarbeiter A. P. Kutyrew die Erklärung für diesen Unterschied darin, daß das Klima des Mars bedeutend rauher ist als das der Erde; deshalb können die Marspflanzen die infraroten Strahlen nicht zurückwerfen, da diese die Hälfte der Sonnenwärme tragen, sondern müssen sie absorbieren, um sich zu erwärmen. Diese Erklärung diente als Grundlage der Astrobotanik. Ihre Entwicklung begann mit dem Studium der optischen Eigenschaften von Erdpflanzen, die dem rauen Klima der hohen Berge und der Subarktis ausgesetzt sind. Bald entdeckten wir, daß Nadelbäume bedeutend weniger infrarote Strahlen zurückwerfen als Laubbäume, überdies im Winter halb soviel wie im Sommer. So wurde klar, daß sich die Pflanzen der Wärme und Kälte durchaus anpassen, daß sie infrarote Strahlen je nach Bedarf zurückwerfen (emittieren) oder absorbieren.

Nunmehr zu dem zweiten Einwand, der gegen die Hypothese vom Bestehen einer der Erdvegetation ähnlichen Marsvegetation erhoben wird. Zerlegt man das von den grünen Teilen der Pflanze zurückgeworfene Licht mit Hilfe des Spektroskops, so fehlt, wie die Botaniker schon vor langer Zeit entdeckt haben, in diesem Spektrum ein gewisser Abschnitt der roten Strahlen. Diese Strahlen werden vom Chlorophyll, der grünen Substanz, die den Pflanzen ihre Farbe verleiht, absorbiert. Der fehlende Abschnitt der roten Strahlen bei den grünen Teilen der Pflanzen ist durch den Absorptionsstreifen des Chlorophylls bedingt. Nun stellte sich heraus, daß das Spektrum der dunklen Gebiete der Marsoberfläche keinen Chlorophyll-Absorptionsstreifen aufweist. Wir machten uns an die Untersuchung des Chlorophyll-Absorptionsstreifens von Erdpflanzen und stellten bald fest, daß unter den rauen Bedingungen der hohen Berge der Subarktis dieser Absorptionsstreifen kaum bemerkbar ist, ja manchmal sogar gänzlich fehlte. Wir erklären dies mit der Anpassungsfähigkeit der Pflanzen an Kälte. Tatsächlich hat der berühmte russische Botaniker K. A. Timirjasew (1843 bis 1920) nachgewiesen, daß die Pflanzen Kohlendioxyd, diesen bedeutenden Bestandteil ihrer Nahrung, hauptsächlich mit Hilfe der Sonnenenergie aufnehmen, die vom Chlorophyllstreifen absorbiert wird. Wenn sich die Pflanze bei warmem Wetter damit begnügen kann, einen schmalen Streifen der roten Strahlen zu absorbieren, so muß sich dieser Absorp-

tionsstreifen bei kaltem Wetter bedeutend ausdehnen und auf die benachbarten Abschnitte der roten, orangefarbenen, gelben und grünen Streifen übergreifen, da sie Träger eines weiteren Drittels der Sonnenwärme sind. Wegen dieser Ausdehnung ist der Chlorophyll-Absorptionsstreifen kaum, ja manchmal überhaupt nicht zu bemerken. Die Astrobotaniker haben die Richtigkeit dieser Schlußfolgerung sowohl an Pflanzen, die im Winter grün bleiben, als auch an Pflanzen überprüft, die im Herbst ihr Laub verlieren.

Somit wurde auch der zweite Einwand gegen die Existenz einer der Erdvegetation ähnlichen Vegetation auf dem Mars widerlegt.

Eine dritte zunächst unerklärliche Erscheinung war die hell- oder sogar dunkelblaue Farbe der Marsvegetation. Aber auch das wird begreiflich, wenn man daran denkt, wie das Fehlen des Chlorophyll-Absorptionsstreifens seine Erklärung gefunden hat. In der Tat, wenn die Pflanze intensiv rote, orangefarbene, gelbe und grüne Strahlen absorbiert, so muß das vom Blattwerk zurückgeworfene Licht hauptsächlich aus hellblauen, dunkelblauen und violetten Strahlen bestehen. Deshalb auch haben die Pflanzen die hellblaue, dunkelblaue oder sogar violette Färbung. Auch diese Erklärung wurde durch die von Astrobotanikern auf hohen Bergen, hauptsächlich auf dem Pamir, angestellten Untersuchungen bestätigt.

Schon 1946 nahm die Astrobotanik einen derartig stürmischen Aufschwung, daß man sich genötigt sah, beim Präsidium der Akademie der Wissenschaften der Kasachischen SSR einen speziellen Sektor für Astrobotanik zu gründen. Offiziell geschah das am 11. Oktober 1947.

Die Forschungsergebnisse des Sektors für Astrobotanik sprechen eindeutig für das Bestehen einer Marsvegetation, die der Vegetation der Erde ähnlich ist, und zwar einer höheren, chlorophyllhaltigen Vegetation. In dieser Hinsicht sind wir den ausländischen Gelehrten, die das Fehlen eines Chlorophyll-Absorptionsstreifens auf dem Mars dadurch erklären, daß auf ihm nur niedere Pflanzen, wie Pilze, Flechten usw., vorhanden sein können, ein gutes Stück voraus. Wenn man nun die Existenz einer Vegetation auf dem Mars als so gut wie erwiesen betrachten kann, so ist ebenso die Annahme berechtigt, daß es dort auch Tiere, womöglich sogar vernunftbegabte Lebewesen geben muß."

Gegen diese sehr weitgehende Schlußfolgerung der Astrobotanik sind in den letzten Jahren auch von einer größeren Zahl sowjetischer Astronomen starke Bedenken geäußert worden. Die gegenwärtig vorherrschende Meinung in der astronomischen Forschung besagt, daß es auf dem Mars eine niedere bis mittlere Vegetation, höch-

stens primitive Tiere, aber kein wirklich hoch organisiertes und entwickeltes Leben gibt. Das besagt aber nicht, daß die grundlegenden Überlegungen und Schlußfolgerungen der Astrobotanik richtig sein müssen.

Die Kritiker

Es fehlt aber auch gegenwärtig nicht an Forschern, die der Annahme, es gäbe auf dem Mars überhaupt irgendwelches Leben, mit größter Skepsis begegnen. Zu ihnen gehört vor allem der durch seine kosmogonische Hypothese bekannt gewordene sowjetische Astronom W. G. Fessenkow. Er beschäftigte sich sehr eingehend mit den Lebensmöglichkeiten auf dem Mars und schrieb 1954 dazu:

1. Auf dem Mars gibt es ganz offensichtlich keine Biosphäre.
2. Auf dem heutigen Mars kann augenscheinlich kein Lebewesen entstehen, und es läßt sich nicht mit Sicherheit sagen, ob auf diesem Planeten in der Vergangenheit hierfür günstigere Vorbedingungen vorgeherrscht haben.
3. Auf unserer Erde ist unter den Bedingungen eines trockenen Hochgebirgsplateaus in einer Höhe von 18 bis 20 km (was dem Mars bis zu einem gewissen Grade entsprechen würde, wenn man die Temperatur noch um 30° bis 50° senkt und den Sauerstoff beseitigt) keinerlei hochorganisierte Vegetation zu erwarten.
4. Die zu beobachtenden Eigenschaften der Marsmeere (Temperatur, Reflexionseigenschaften, Polarisationscharakter) sind nicht durch irgendeine Vegetation bedingt.
5. Die spektralphotometrischen Kriterien führen, was das Vorhandensein einer Vegetation auf dem Mars anbelangt, zu keinen eindeutigen Schlüssen.
6. Es gibt keinerlei objektive Angaben, die zugunsten der Existenz von organisiertem Leben auf dem Mars sprechen.

Durch diese Schlußfolgerung wird jedoch der Grundsatz der materialistischen Wissenschaft, daß das organische Leben eine natürliche Komplizierung der anorganischen Materie darstellt und überall dort auftritt, wo dafür günstige Bedingungen vorliegen, nicht im geringsten untergraben. Zweifellos tritt das Leben im Weltall, speziell in unserer Galaxis (dem Milchstraßensystem), in der es eine Vielzahl von Planetensystemen gibt, in mannigfaltigen Formen auf. Es wäre jedoch unsinnig, wollte man behaupten, daß auf irgend-

einem bestimmten, von uns beobachtbaren kosmischen Körper unbedingt organisches Leben existieren muß. Solche Forderungen können nur von Idealisten erhoben werden, die nicht auf dem Boden der exakten wissenschaftlichen Wirklichkeit stehen. Ebenso wenig darf man das allgemeine Problem der Existenz von Leben im Weltall mit der Einzelfrage nach einer Vegetation auf dem Mars verwechseln. Der Gedanke, daß es auf dem Mars eine Vegetation und sogar denkende Lebewesen gibt, erscheint uns sehr verlockend, aber leider widersprechen ihm die Tatsachen. Die Frage, ob auf diesem Planeten die Existenz irgendwelcher primitiven Lebensformen möglich ist, die die zu beobachtenden Eigenschaften seiner Oberfläche und seiner Atmosphäre nicht verändern können, kann nur von Biologen beantwortet werden.

Verfolgen wir, was der bekannte sowjetische Biologe A. I. Oparin über die Lebensmöglichkeiten auf dem Mars zu sagen hat:

„Sehr harte Bedingungen – vom Standpunkt unseres irdischen Lebens aus gesehen – existieren auf dem Mars. Die Atmosphäre dieses Planeten ist nur dünn. Sie besteht anscheinend zum größten Teil aus stickstoffinierten Gasen und zu einem geringen Prozentsatz aus Wasserdampf. Ihr Kohlendioxidgehalt ist ungefähr doppelt so hoch wie der der Erdatmosphäre. Freier Sauerstoff konnte auf dem Mars bisher noch nicht festgestellt werden. In der Atmosphäre des Planeten erkennt man Federwolken aus kristallisiertem Eis und gelbe Wolken aus Staub oder feinem Sand. Die Marspole tragen weiße Eiskappen von nur geringer Stärke; die größte Dicke beträgt einige Zentimeter. Im Frühling bilden sich an den Rändern der Polkappen und weiter in Richtung zum Äquator dunkle, miteinander zusammenhängende grünblaue Flächen, die von vielen Autoren als Vegetationszonen angesehen werden. Mit fortschreitender Bewegung des Frühjahrsschmelzwassers breiten sie sich aus. Das Klima auf dem Mars ist außerordentlich rau. Nach irdischen Maßstäben würde es etwa dem eines polaren Gebirgsplateaus in 20 km Höhe über dem Meeresspiegel entsprechen.

In der Fachliteratur finden sich sehr verschiedene, oft einander widersprechende Gesichtspunkte und Annahmen über die Möglichkeit von Leben auf dem Mars. Ein glühender Verfechter dieser Möglichkeit war unser verstorbener Astronom Tichow, der annahm, daß es auf dem Mars eine hochentwickelte Vegetation gebe. Etwas anders steht zu diesem Problem Prof. Lebedinski. Er weist darauf hin, daß sich der Wasserdampf, der offenbar in sehr geringer Menge in der Marsatmosphäre vorkommt, im Laufe des Tages an der Oberfläche des Planeten kondensieren und so die Lebensbedingungen

für relativ niedrig organisierte anaerobe Mikroben schaffen kann, deren Stoffwechsel bei Abwesenheit von Sauerstoff abläuft. Nach Meinung des Autors existiert auf dem Mars das Leben in anderen, primitiveren Formen als auf der Erde."

Ein Panzer aus Eis

Die modernste Hypothese über die Beschaffenheit des Planeten Mars gab 1960 der wissenschaftliche Sekretär des Moskauer Staatlichen Astronomischen Sternberg-Instituts, Dr. W. Dawydow. In seinen theoretischen Überlegungen stützt er sich im wesentlichen auf eine Beobachtung und eine wissenschaftliche Überlegung.

1. Im Jahre 1924 beobachtete der Direktor der Sternwarte Charkow, Prof. Barabaschow, längs der Marskanäle weiße Streifen von einer Länge zwischen 100 und 1000 Kilometern, ohne damals dafür eine Erklärung zu finden.

2. Im Jahre 1956 bewies Prof. Lebedinski in einer theoretischen Arbeit, daß das Fehlen von Wasserdampf in der Marsatmosphäre nicht unbedingt zu der Schlußfolgerung zwingt, daß auf dem Mars kein Wasser vorhanden sei – wenn man nämlich annimmt, daß sich das Wasser dort im gefrorenen Zustand befindet.

Dr. Dawydow erklärt wörtlich:

„Seit 80 Jahren streitet man sich über den Ursprung des rätselhaften Netzes von geraden Linien, die die Oberfläche des Mars bedecken. Zum ersten Male wurden sie von dem italienischen Astronomen Schiaparelli mit einem Teleskop während der großen Opposition von 1877 bemerkt. Er nannte diese Linien Kanäle. Starke Teleskope lassen erkennen, daß die Marskanäle nicht durchgehend sind, sondern aus einzelnen dunklen Flecken unregelmäßiger Form bestehen. Was sind das für Flecke?

Es ist bisher noch nicht gelungen, mit Hilfe der Spektralanalyse Wasserdampf in der Marsatmosphäre festzustellen. Darum waren die Wissenschaftler bis in die letzte Zeit hinein der Ansicht, daß die Wassermengen auf dem Mars äußerst geringfügig sind. Es wurde die Annahme geäußert, daß der Wassermangel die hypothetischen Bewohner dieses Planeten veranlaßt habe, Kanäle auszuheben. Die Kanäle stellen riesige Bewässerungsanlagen dar, die den Mars bedecken und die die dürregefährdeten Tropengebiete des Planeten mit dem Wasser versorgen, das im Sommer in den Polargebieten durch Schmelze anfällt. Nach Ansicht des amerikanischen Astrono-

men Lowell sind die Kanäle Pflanzenoasen an den Ufern künstlicher Wasserarterien, die sich Tausende von Kilometern hinziehen.

Doch bald waren die Fachleute genötigt, diese verlockende Hypothese aufzugeben. Die Erforschung der Temperatur an der Marsoberfläche zeigte, daß dort selbst in den Tropengebieten die durchschnittliche Jahrestemperatur unter Null liegt. Unter den Bedingungen des ewigen Eises wäre jedoch ein normales Funktionieren der Kanäle unmöglich.

Auch der Wassermangel auf dem Mars ist eine Streitfrage, obwohl es keine offenen Wasserreservoirs auf der Marsoberfläche gibt und auch nicht geben kann, Marsmeere müßten ständig zugefroren sein oder schon längst mit dem Sand zugedeckt sein, der während der grandiosen Sandstürme aufgewirbelt wird, die die Astronomen häufig auf dem Mars beobachten können.

1956 hat der sowjetische Geophysiker A. I. Lebedinski bewiesen, daß es unabhängig von der Wassermenge auf dem Planeten keinen Wasserdampf in der Marsatmosphäre geben kann. In diesem Zusammenhang hat Professor Lebedinski die Vermutung geäußert, daß es auf dem Mars unter der Oberfläche Eis gäbe.

Der Mars ist weiter von der Sonne entfernt als die Erde. Entsprechend der kosmogonischen Theorie des Akademiestatsmitglieds O. J. Schmidt müssen die Planeten um so mehr leichte Wasserstoffverbindungen aufweisen, je weiter sie von der Sonne entfernt sind. In der Praxis wird das durch die Untersuchung der chemischen Zusammensetzung der meisten Planeten bestätigt. Wasser gehört bekanntlich gleichfalls zu den Wasserstoffverbindungen. Entsprechend den heutigen Vorstellungen ist das Wasser auf der Erde mit der Erwärmung des Erdinneren von ihm ausgeschieden worden. Im heißen Marsinneren ist der Druck geringer als auf der Erde, was dazu beiträgt, daß der Stoff dort leichter schmilzt und leichter Kristallwasser freisetzt.

Auf Grund dieser und einiger anderer Erwägungen kann der Schluß gezogen werden, daß die Wassermenge, die auf die Marsoberfläche gelangen mußte, mit der entsprechenden Menge auf der Erde vergleichbar sein oder sie übertreffen mußte. Was würde mit den Ozeanen unter den Bedingungen des Mars geschehen? Wie würde dies von der Erde aus zu beobachten sein?

Die Erfahrungen besagen, daß mit jedem Kilometer, mit dem wir in die Erde eindringen, die Temperatur der Erdkruste um 30 °C steigt. Auf dem Mars herrschen die gleichen Ursachen für die Ausscheidung innerer Wärme wie auf der Erde. Darum muß auch auf dem Mars die Temperatur bei einem Vordringen in die Tiefe steigen. Die

mittlere Jahrestemperatur auf der Oberfläche der Tropengebiete des Mars liegt bei -10 bis 20°C . Also muß etwa in einer Tiefe von einem halben Kilometer unter der Marsoberfläche eine Temperatur herrschen, bei der das Eis zu schmelzen beginnt. In der Gegend an den Marspolen, wo die durchschnittliche Jahrestemperatur der Oberfläche -60°C erreicht, muß die Stärke der Eisdecke des Ozeans 2 km betragen.

Infolge von Erdbeben (eher Marsbeben) könnte das Eis, das mit Produkten der Gesteinsverwitterung bedeckt ist, Spalten aufweisen, die trotz seiner kolossalen Stärke entstehen dürften. Bei der Öffnung solcher Spalten müßte Wasser in die Atmosphäre gelangen und eine Kondensation die rätselhaften weißen Streifen verursachen, die zuweilen auf dem Mars zu sehen sind. Sie ziehen sich Hunderte und Tausende von Kilometern längs der Kanäle hin.

Das Vorhandensein mächtiger verborgener Wasser auf dem Mars, die das Relief ausgleicht, läßt auch das Fehlen von Hochgebirgsgebieten auf diesem Planeten erklären.

Stellen wir uns einmal vor, daß sich der Erdball mit seinen riesigen Ozeanen auf der Bahn des Mars bewegen würde. Die größere Entfernung von der Sonne würde die durchschnittliche Jahrestemperatur im Vergleich zu der heutigen um 40°C herunterdrücken. Alle unsere Ozeane würden dabei einfrieren und von jahrhundertealtem Staub und Produkten der Gesteinsverwitterung bedeckt sein. Die absolute Luftfeuchtigkeit würde sich dem Nullpunkt nähern, und Beobachtungen von einem anderen Planeten würden den Eindruck erwecken, es gäbe kein Wasser auf der Erde. Die Erdoberfläche würde der Marsoberfläche gleichen. Die Gegend längs der Spalten in der Eisdecke der Ozeane müßte relativ milde Temperaturbedingungen aufweisen. Also würde auch die Pflanzenwelt in der Hauptsache längs dieser Spalten anzutreffen sein. Von einer großen Entfernung aus würden die mit Pflanzen bestandenen Gebiete eine durchgehende regelmäßige Form haben.

All das wäre eine vollständige Analogie zu den Marskanälen. So läßt sich aller Wahrscheinlichkeit nach die wirkliche Natur der Marskanäle erklären. Sie sind natürliche Gebilde auf einem Planeten, der eine mächtige Wasserhülle aufweist und weit von der Sonne entfernt ist. Das oben Dargelegte gestattet folgendes Marsbild: Der Planet hat riesige Ozeane, die von einer starken Eisdecke bedeckt sind und die großen Unebenheiten des Reliefs fast vollständig tarnen (es darf aber nicht angenommen werden, daß die Marsberge nie über die Eisoberfläche hinausragen, sonst wäre das Eis nicht mit Produkten der Gesteinsverwitterung bedeckt). Die von solchen Ver-

witterungsprodukten bedeckten Eisflächen ergeben eine trockene Polarwüste von orangeroter Färbung. Längs der Spalten liegen Oasen, die bei Beobachtung aus großer Entfernung zu durchgehenden Linien regelmäßiger Form verschmelzen, während die großen Massiv der Pflanzenwelt als dunkle Gebiete zu sehen sind."

Die neueste Meldung – (24. April 1963)

Mars – Erde in 10 Minuten

Der bekannte sowjetische Experte für Funktechnik, Alexander Pistol Kors, korrespondierendes Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, hält die Herstellung einer telegrafischen Verbindung mit einem auf dem Mars landenden Kosmonauten für möglich. „Wenn der Kosmonaut“, schreibt Pistol Kors in der „Iswestija“, „einen Richtstrahler benutzt, den er genau auf die Erde einstellen kann, und wenn auf der Erde für diesen Zweck große Radioteleskope als Antennen benutzt werden, ist eine solche Verbindung möglich, vorausgesetzt, daß zu dem Zeitpunkt die Entfernung Erde – Mars 200 000 000 km nicht übersteigt.“ Bei einer Sprechverbindung mit dem Kosmonauten werden angesichts der großen Entfernungen zwischen einer Frage und dem Eintreffen der Antwort etwa 10 bis 15 Minuten vergehen.

Auch die telegrafische Übermittlung von Fotos, die von Bord einer Rakete beim Vorbeifliegen an Mars oder Venus automatisch aufgenommen werden, sei möglich. Je nach der Entfernung des aufgenommenen Objekts von der Rakete werde die Übermittlung des Fotos 1 bis 6 Stunden erfordern.

Bedeutend leichter sei es, eine Funkverbindung mit einem Kosmonauten auf dem Mond herzustellen. Telefongespräche seien sogar über eine nicht gerichtete Antenne möglich, während die Benutzung eines Richtstrahlers in der Rakete oder auf dem Mond eine Fernsehübertragung ermögliche.

An den Mond

Füllest wieder Busch und Tal
still mit Nebelglanz,
lösest endlich auch einmal
meine Seele ganz;

breitest über mein Gefild
lindernd deinen Blick,
wie des Freundes Auge mild
über mein Geschick.

Jeden Nachklang fühlt mein Herz
froh' und trüber Zeit,
wandle zwischen Freud' und Schmerz
in der Einsamkeit.

Fließe, fließe lieber Fluß!
Nimmer werd' ich froh:
so verrauschte Scherz und Kuß,
und die Treue so!

Ich besaß es doch einmal,
was so köstlich ist!
Daß man doch zu seiner Qual
nimmer es vergißt!

Rausche Fluß, das Tal entlang,
ohne Rast und Ruh,
rausche, flüstre meinen Sang
Melodien zu!

wenn du in der Winternacht
wütend überschwillst,
oder um die Frühlingspracht
junger Knospen quillst.

Seelig, wer sich vor der Welt
ohne Haß verschließt,
einen Freund am Busen hält
und mit dem genießt,

was, von Menschen nicht gewußt
oder nicht bedacht,
durch das Labyrinth der Brust
wandelt in der Nacht.

Johann Wolfgang Goethe

Elektronengehirn lenkt

Nach dem Start von „Luna 4“ erfuhr die Welt von einer neuen Leistung sowjetischer Wissenschaftler. Es gab die ersten Berichte über ein Funksteuerungszentrum. Von dieser Funksteuerungszentrale aus werden alle unbemannten und bemannten Raumflüge gelenkt. Eine Errungenschaft, deren ganze Bedeutung uns erst in Zukunft voll und ganz bewußt werden wird. Die Reportage vom 4. April 1963 beginnt mit folgenden Beobachtungen:

In den letzten Minuten vor dem Start der Rakete herrscht bei den Elektroingenieuren, Funkern und beim leitenden Personal des Steuerungszentrums große Aufregung. Sie wissen, daß alles gründlich überprüft ist, alle Stationen besetzt sind und alles tadellos funktionieren wird. Dennoch verspüren sie den Wunsch, sich immer wieder und wieder zu vergewissern. Endlich kommen Meldungen vom Startplatz: Die Rakete ist gestartet! – Die erste Stufe hat sich gelöst! – Das Raumschiff hat die Kreisbahn erreicht!

Automatische Funkortungsstationen nehmen eine nach der anderen Verbindung mit „Luna 4“ auf. Die Meßergebnisse werden mit Rechenergebnissen verschlüsselt und an das Koordinierungs- und Rechenzentrum übermittelt. Das „kosmische Elektronengehirn“ bestimmt schnell die anfänglichen Flugbedingungen im passiven Abschnitt des Fluges und präzisiert die Flugbahn. Die Beobachtungsstationen, die den Flug kontrollieren, erfahren, daß die Bahnparameter den Vorausberechnungen entsprechen. Das Funksteuerungszentrum beobachtet vorläufig nur, wie die anderen Stationen arbeiten. Zu seinem „Herrschaftsbereich“ gehören entferntere Räume. Es trat in Aktion, als „Luna 4“ die Kreisbahn verließ und dem Mond entgegenstrebte.

UNSER REISEBEGLEITER IM KOSMOS

DER MOND

Der „Mann im Mond“

„Noch 3000 km bis zum Mond! – Alles vorbereiten zur Landung!“ Das befiehlt der Kapitän des Mondschiffs von seinem Kommandositz. Die in der geräumigen Kabine fast schwerelos umherschwebenden Männer begeben sich an ihre Plätze und schnallen sich in den Konturensesseln fest. Jeder von ihnen kennt genau seine Aufgaben. Unzählige Male sind sie geübt worden – sind in Fleisch und Blut übergegangen. Und doch spüren die Kosmonauten, daß diesmal alles anders, neu ist. Jeder hat schon Weltraumflüge hinter sich, aber noch keiner hatte einen Fuß auf einen anderen Himmelskörper gesetzt. Sie waren die ersten, die eine „weiche“ Landung auf unserem natürlichen Trabanten vornehmen sollten.

Gebannt schauen die Astronauten durch die dem Mond zugewandten Bordfenster. Schon nimmt dieser natürliche Sputnik der Erde das ganze Gesichtsfeld ein, erfüllt den Horizont. Da ertönt das nächste Kommando: „Bremsraketen zünden!“ Die Männer werden in ihre nach Maß gearbeiteten Sessel gepreßt – der Verzögerungsdruck. Und wenig später spüren sie, wie das Mondschiff sanft auf der Oberfläche des Mondes aufsetzt. Der große Augenblick ist gekommen. Der Mensch hat den Mond erreicht. Die Spannung und Freude hat ihren Höhepunkt erreicht. Was werden diese Männer sehen? Was werden sie erleben?



Der Tag, an dem wir auf diese Fragen Antwort erhalten, liegt nicht mehr allzu fern. Man kann sich heute schon vorstellen, daß ein solches Unternehmen mit einem 10 bis 20 t schweren Weltraumschiff durchgeführt wird, in dem eine 3- bis 6köpfige Mannschaft arbeitet. Noch kennen wir nicht die Helden, die dieses kühnste Abenteuer, das Menschen bisher wagten, bestehen werden. Noch wissen wir nicht, wer der Kommandant dieses Mondschiffes sein wird – Juri Gagarin – German Titow? Wir werden es erleben. Sicher aber ist,

daß diese Abgesandten der Menschheit, die die erste Brücke zu einem Nachbarn im All schlagen, Kinder der neuen Welt des Sozialismus sein werden.

Wir schreiben – 1963 – erst das Jahr Sieben des kosmischen Zeitalters, das mit dem Start von Sputnik I am 4. Oktober 1957 eröffnet wurde. Erst 2 Jahre sind seit dem ersten Menschenflug ins All durch Juri Gagarin mit der „Wostok I“ am 12. April 1961 vergangen. Aber schon rückt der Tag des Mondfluges näher.

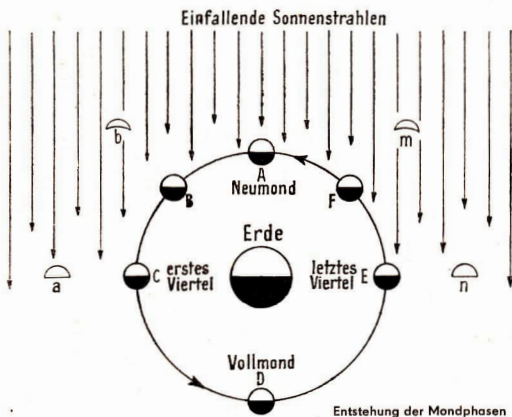
Die Sowjetunion hat bewiesen, daß ihre 4,5- bis 5-Tonnen-Raum-schiffe vom Typ „Wostok“ bereits für zwei Kosmonauten Platz bieten. Schon wurden in Gestalt des Riesensputniks und der Startbasis für die Venussonde Raumflugkörper von 6,5 t mit Erfolg erprobt. 1959 traf Lunik II den Mond fast genau an der vorgesehenen Stelle. Nur 35 Stunden dauerte seine Reise. Lunik III umkreiste den Mond und fotografierte seine geheimnisvolle Rückseite.

Mit der Serie der sowjetischen Pazifik-Raketen und der Satelliten vom Typ „Kosmos“ bereitet die Sowjetunion die nächsten Schritte vor – langdauernde bemannte Flüge um die Erde, Schaffung größerer Außenstationen, „weiche“ Landung einer automatischen Station auf der Mondoberfläche, Flüge um den Mond mit sicherer Rückkehr zur Erde – den bemannten Flug um den Mond und schließlich als Krönung den ersten Flug Erde–Mond und Mond–Erde. Unser Jahrzehnt hat dank der gewaltigen Leistungen der sowjetischen Wissenschaft und Technik alle Aussichten, dieses großartige Ereignis zu erleben.

Der kosmische Baedeker

Ein altes Sprichwort sagt: Wenn man eine Reise macht, dann kann man was erleben. Früher nahm man sich, wenn man in ein unbekanntes Land fuhr, einen Baedeker zur Hand. Der Lehrer, der während seines Erzählens auf und ab gegangen war, blieb plötzlich stehen. Seine Schüler – Jungen und Mädchen einer Mittelschule in Kiew – schauten ihn erstaunt an. „Was ist ein Baedeker, Iwan Michailowitsch?“ fragte ein 12jähriges Mädchen.

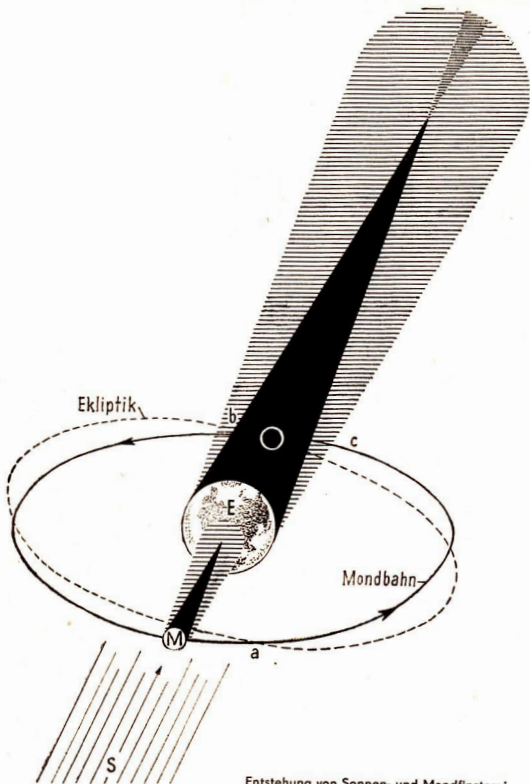
„Ach ja, entschuldigt“, antwortete der Pädagoge. „Das ist ein alter Reiseführer, benannt nach einem deutschen Verlag. In ihm sind die sogenannten Sehenswürdigkeiten der Länder und Städte verzeichnet. Aber heute sind die Völker selbst für ihre Freunde, die sie besuchen, Reisebegleiter. Nehmen sie an die Hand und zeigen ihnen, auf was sie stolz sind – aus der Vergangenheit, aus der Gegenwart



und aus der Zukunft. Das kann man in keinem Baedeker finden." Der Lehrer geht zu einer großen Karte, die uns den Mond so zeigt, wie wir ihn kennen. Er fährt fort: „Ein Reiseführer für den Mond ist natürlich noch schwieriger als der für ein fernes Land. War doch noch kein Mensch dort zu Gast. Dennoch erlauben uns die Astronomie und die Astronautik, einiges für den Mondfahrer von morgen Wichtige und Interessante zu sagen.“



Der Astronomieunterricht ist heute ein fester Bestandteil der Allgemeinbildung in den Schulen der sozialistischen Staaten. War die Astronomie früher eine Sache weniger Fachleute und Liebhaber, so wird sie heute immer mehr Gegenstand des allgemeinen Interesses. Das kann im kosmischen Zeitalter auch gar nicht anders sein. Kenntnisse der Astronomie, der Astronautik und Raketentechnik gehören einfach zur Fundierung des modernen Weltbildes. Das Interesse für den Mond als dem nächsten Ziel des bemannten Raumfluges steht natürlich an erster Stelle. Die sowjetische Wissenschaft hat einen hervorragenden Anteil an den neuesten Erkenntnissen, die wir über den Mond gewonnen haben. Die endgültige Bestätigung der



Entstehung von Sonnen- und Mondfinsternis

Richtigkeit unserer Erkenntnisse werden uns die sowjetischen Kosmonauten und Wissenschaftler, die die fahrplanmäßige Route Erde-Mond-Erde eröffnen, bringen.

Solange der Mensch auf der Erde wandelt, richtet er seinen Blick auf den Mond. Kein Dichter, der ihn nicht besungen, kein Maler, der ihn nicht auf seine Leinwand bannte und kein verliebtes Paar,

dem er nicht leuchtete. Neben der Sonne ist er uns als das zweit-hellste Gestirn am Himmel am vertrautesten. Schon die Lichtgestalten des Mondes, die in regelmäßiger Folge immer wieder wechseln, waren den alten Völkern Anlaß, den Mond mit einem Geheimnis zu umgeben. Da man sich das Zustandekommen der Mondphasen noch nicht erklären konnte, war man ernsthaft der Ansicht, der Mond nähme tatsächlich ab und zu – er verzehre sich und beginne wieder neu zu wachsen. Bei Mondfinsternissen glaubten zum Beispiel die alten Germanen, der Fenriswolf würde den Mond verschlingen.

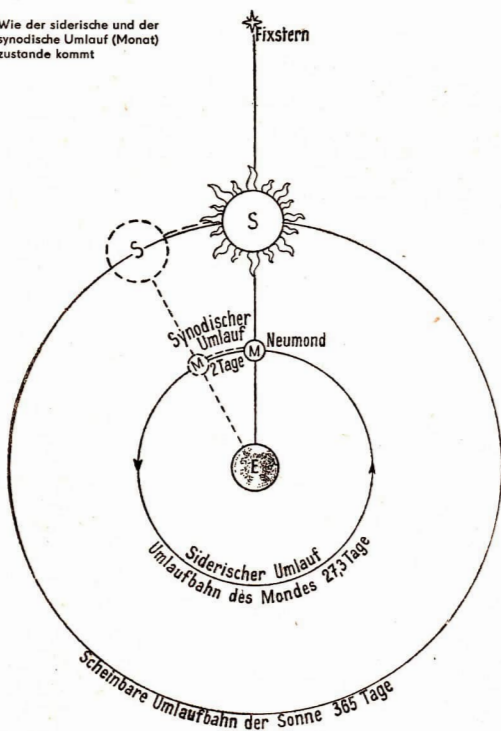
Der Wechsel der hellen und dunklen Gebiete auf dem Mond, der mit dem bloßen Auge nur schwer zu deuten ist, regte schon früh die Phantasie der Menschen an. So entstanden die Legenden vom Mann im Mond, vom Kuß im Mond und vom Hasen im Mond. Die Legende vom Hasen im Mond führte nicht zuletzt dazu, daß das Osterfest auf Beschluß des Konzils von Nicäa im Jahre 228 unserer Zeitrechnung, jeweils am ersten Sonntag nach Frühlingsvollmond gefeiert wird.

Schon frühzeitig beobachteten die Menschen die verschiedenen Bewegungen, die der Mond am Himmel vollführt. Ein Vergleich des scheinbaren Laufs des Mondes am Himmel mit dem scheinbaren Lauf der Sonne – die Umlaufzeit des Mondes um die Erde beträgt einen Monat, die scheinbare Umlaufzeit der Sonne um die Erde aber ein Jahr – lieferte die Grundlage für die Entstehung des Märchens vom Wettlauf zwischen dem Hasen und dem Igel.

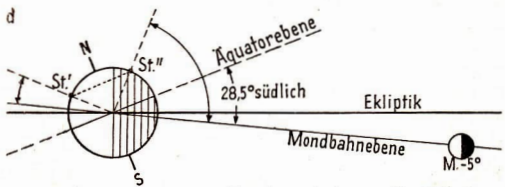
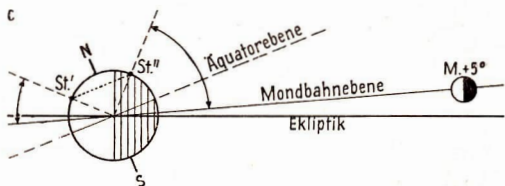
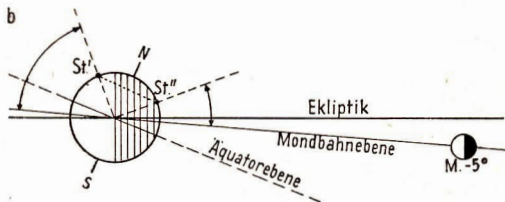
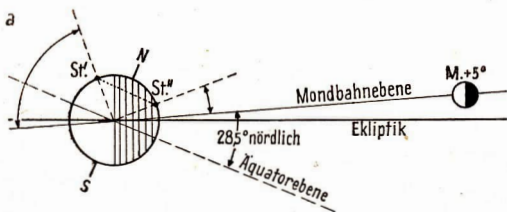
Schon einfache Beobachtungen reichen hin, um zu beweisen, daß der Mond außer der allen Gestirnen gemeinsamen täglichen Bewegung vom Osten nach Westen – das ist das Spiegelbild der Erdrotation – eine eigene Bewegung hat, die ihn täglich etwa 13 Grad unter den Fixsternen weiter und in etwa 27 Tagen einmal um den ganzen Himmel führt. Er bewegt sich dabei etwa durch die Ebene des Tierkreises. Diese sogenannte siderische (auf die Sterne bezogene) Umlaufzeit des Mondes beträgt genau 27,32166 Tage.

Da die Mondbahn etwa um 5 Grad gegen die Ekliptik, die Ebene der scheinbaren Sonnenbewegung, geneigt ist, fällt die Bahn des Mondes am Himmel nicht absolut mit dem Tierkreis zusammen. Die Zeit, die zwischen zwei gleichen Mondphasen, zum Beispiel zwei aufeinanderfolgenden Vollmonden liegt, nennt man die synodische Umlaufzeit des Mondes. Sie beträgt genau 29,53059 Tage. Die Mondbahn ist eine Ellipse, in deren einem Brennpunkt die Erde steht. Die halbe große Achse dieser Ellipse entspricht der mittleren Entfernung des Mondes vom Erdmittelpunkt. Das sind 60,274 Erd-äquator-Halbmesser oder 384 420 km. Der Durchmesser des Mondes beträgt 3480 km, ist also 3,7 Mal kleiner als der unserer Erde. Die

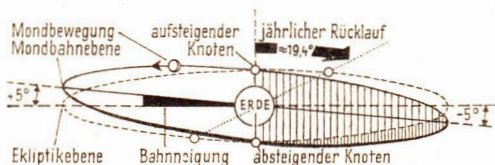
Wie der siderische und der
synodische Umlauf (Monat)
zustande kommt



Oberfläche des Mondes macht nur etwa $\frac{1}{13}$ der Erdoberfläche und der Rauminhalt des Mondes $\frac{1}{10}$ des Volumens der Erdkugel aus. Eine interessante Erscheinung, die den Menschen früherer Generationen viel zu schaffen machte, ist das sogenannte aschgraue Licht des Mondes. Immer wenn die schmale Mondsichel des zu- oder abnehmenden Mondes am Himmel steht, erkennen wir auch den



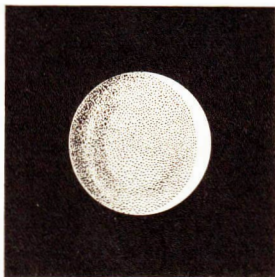
Veränderung der Lage von Mondbahnebene, Ekliptik und Äquatorebene im Verlauf eines Jahres



Schnittpunkte von Erdbahn und Mondbahn (Knoten) und jährliche Wanderung der Knoten

übrigen Teil der Mondscheibe. Dieser leuchtet dann in einem aschgrauen Licht. Das ist nichts anderes als der Widerschein des Erdlichtes, das die Nächte des Mondes erhellt, so wie er unseren Himmel erleuchtet.

Die Beobachtung des scheinbaren Laufs des Mondes am Himmel und der regelmäßige Wechsel der Lichtgestalt unseres Trabanten führte dazu, eine Wetterregel aufzustellen. Sie ist jedoch falsch, weil sie auf einer Verwechslung von Ursache und Wirkung beruht. Sie besagt nämlich, daß das Wetter im allgemeinen bei zunehmendem Mond schön und bei abnehmendem Mond schlecht sei. Folgendes ist jedoch Tatsache: Der zunehmende Mond steht immer am Abendhimmel und wird deswegen von den meisten Menschen gesehen. Natürlich nur dann, wenn der Himmel unbedeckt ist, das heißt, wenn schönes Wetter herrscht. In Wirklichkeit ist es also gerade umgekehrt wie es die Wetterregel meint: Es ist nicht schönes Wetter, weil wir



Das aschgraue Licht auf dem Monde

den Mond sehen, sondern man sieht den Mond, weil schönes Wetter ist. Der abnehmende Mond, der besonders nach dem letzten Viertel erst spät in der zweiten Nachthälfte zu beobachten ist, wird von den meisten Menschen, die zu dieser Zeit schlafen, überhaupt nicht beobachtet. Er konnte deswegen mit dem Schönwetter weit weniger gut in Beziehung gebracht werden.

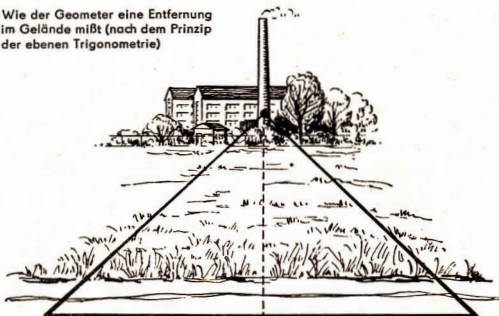
Antwort von Frau Luna

„Echo Empfangen!“ Die junge sowjetische Astronomin am großen Radioteleskop der Akademie der Wissenschaften der UdSSR auf der Krim griff nach ihrem Beobachtungsbuch. Sie machte solche Messungen nicht zum ersten Mal. Seit 15 Jahren werden z. B. in der Sowjetunion, in den USA, in England und in Australien mit Hilfe von Radargeräten und Radioteleskopen Direktmessungen der Entfernung des Mondes von der Erde durchgeführt. Gebündelte Radarstrahlen werden zur Mondoberfläche gesandt, von dort reflektiert und als Echo von den Radioteleskopen auf der Erde empfangen. Mit ihrem Tintenstift trug die Astronomin in das Beobachtungsbuch hinter dem genauen Datum und der Zeit der Messung die Laufzeit des Radarechos ein: 2,56374 Sekunden. Die Messungen lagen immer um diesen Wert von 2,5 Sekunden herum. Da sich die Radarstrahlen mit Lichtgeschwindigkeit, das heißt mit 300 000 km pro Sekunde fortpflanzen, ergibt das mit 2,5 multipliziert 750 000 km für die Strecke Erde–Mond–Erde. Für die Entfernung des Mondes also durch 2 dividiert etwa 375 000 km. Mehrere solcher Messungen der Mondentfernungen bei seiner Stellung im Apogäum (erdfernster Bahnpunkt) und im Perigäum (erdnächster Bahnpunkt) ergeben dann die präzisen Werte.

Diese wertvollen Messungen der sowjetischen Radioastronomen bestätigten unter anderem die Richtigkeit der auf trigonometrischem Wege gewonnenen Entfernungsbestimmung. Bei diesen Messungen und Berechnungen ging man im wesentlichen wie der Feldmesser vor, der zum Beispiel mit Hilfe einer auf einer Straße abgesteckten Strecke und einem Theodoliten einen markanten Punkt in der Landschaft vermißt.

Als die Astronomin das Meßbuch zuschlug, mußte sie lächeln. Immer wieder wurde sie bei diesen Messungen an ihre Schulzeit erinnert. Sie sah sich als Mädchen mit Zöpfen und großen Schleifen ihre erste astronomische Entfernungsbestimmung durchführen. Der Vollmond schien damals in ihr Zimmer. Auf leisen Sohlen schlich sie

Wie der Geometer eine Entfernung
im Gelände mißt (nach dem Prinzip
der ebenen Trigonometrie)



zum Fenster. Die Mutter durfte nicht wissen, daß sie noch einmal aufgestanden war. An der Fensterscheibe befestigte sie mit Wachs eine runde Pappscheibe mit einem Durchmesser von 3,5 cm. Dann ging sie langsam rückwärts ins Zimmer zurück und peilte Pappscheibe und Vollmond dabei solange an, bis sich die scheinbare Größe der Mondscheibe mit der Pappscheibe genau deckte.

Mit einem Stückchen Kreide machte sie genau vor ihrer Fußspitze ein weißes Kreuz auf den Fußboden, und dann hatte sie gemessen und gerechnet.

Die Strecke Erde–Mond mußte sich zu dem Durchmesser des Mondes (3480 km) genau so verhalten wie die gemessene Strecke Fensterscheibe–Kreidekreuz zum Durchmesser der Pappscheibe – 3,5 cm. Die mit einem Zentimetermaß gemessene Entfernung vom Fenster ergab 3,85 m. Das war das 110fache des Durchmessers der Pappscheibe. Also: $3480 \text{ km} \times 110 = 382\,800 \text{ km}$. Stolz trug sie damals diese Zahl ihrer ersten Entfernungsmessung des Mondes in ihr Notizbuch ein.

Eine Nacht bringt es an den Tag

Eisige Winde fegten in dieser Nacht vom 2. zum 3. November des Jahres 1958 über das Observatorium der Akademie der Wissenschaften der UdSSR in Pulkowo bei Leningrad. Die Wissenschaftler in der Kuppel fühlten sich wie in einem großen Eisschrank. Noch

fester hüllten sie sich in ihre Pelze. Sie konnten nicht ahnen, daß dieser ältesten und berühmtesten russischen Sternwarte, in der schon solche Koryphäen der Astronomie wie der Italiener Schiaparelli und der Deutsche Struve observiert hatten, in dieser Nacht neuer Ruhm zufallen sollte.

Die beiden sowjetischen Astronomen Kosyrew und Jeserski wußten, was sie wollten: Spektralaufnahmen des Mondkraters Alphonsus. Der amerikanische Mondforscher Alter hatte in diesem Krater Veränderungen festgestellt. Er beobachtete, daß der Kraterboden im blauen Licht gegenüber der Umgebung hin und wieder etwas getrübt ist. Das konnte er auch fotografieren.

Dieser Sache wollten die sowjetischen Gelehrten auf den Grund gehen. Es war 2 Uhr nachts, da machte Prof. Kosyrew mit dem großen Spiegelteleskop eine Spektralaufnahme des Kraters, wobei der Spalt des Spektrographen über dem Zentralberg liegt. In seinem Beobachtungsbuch notierte der Professor: „Der Zentralberg erschien undeutlich und wies eine rötliche Farbe auf.“

Danach richtete der Professor das Teleskop gemäß dem Beobachtungsprogramm für diese Nacht auf den Planeten Mars.

„Es ist 3.58 Uhr, Herr Professor“, erinnert der Assistent.

„Ja, gut mein Lieber. Richten Sie das Gerät wieder auf den Krater Alphonsus zurück. 4 Uhr bis 4.30 Uhr Aufnahmen.“

„Sehen Sie, Genossen! Der Zentralberg ist ungewöhnlich hell und weiß. Wahrscheinlich starke Änderungen in der Durchsicht unserer Atmosphäre“, sagt der Professor zu seinen Mitarbeitern.

Um 4.30 Uhr verschwand diese Erscheinung. „Aufnahmen beendet“, meldet der Assistent. „Unterbrechen Sie bitte die Belichtung und setzen Sie sofort eine neue Platte ein. Wir machen noch eine dritte Aufnahme.“

Es war schon Morgen, als die Wissenschaftler schlafen gingen. Keiner dachte an etwas Ungewöhnliches, keiner wußte, daß in dieser Nacht eine der sensationellsten Entdeckungen in der Geschichte der Mondforschung gemacht worden war.

Als Professor Kosyrew am nächsten Morgen die Platten entwickelte, stellte er fest, daß der Zentralberg im Krater Alphonsus der Ort ungewöhnlicher Ereignisse gewesen sein mußte. Schon die erste Aufnahme wies einige Besonderheiten auf. Die zweite aber zeigte ganz deutlich, daß in der Nähe des Zentralberges, dort, wo sonst das reflektierte Sonnenlicht zu sehen ist, ein selbständiges Leuchten aufgetreten war. Diese Erscheinung war um 4.30 Uhr vorbei. Der Gelehrte konnte feststellen, daß die leuchtenden Banden im Spektrum dem Kohlenstoff angehören. Er gab auch eine Erklärung

für seine Beobachtung: Wir haben einen Vulkanausbruch nicht nur mit dem Auge wahrgenommen, sondern auch auf die Fotoplatte gebannt. Damit erklären sich auch die von Alter beobachteten Eintrübungen des Kraters. Offensichtlich ist der Zentralberg ein tätiger Vulkan, der hin und wieder Gas und vorher auch Staub ausstößt. Durch das Sonnenlicht wird die örtlich entstandene Gasatmosphäre zu schwachem Leuchten angeregt und überstrahlt so, besonders im blauen Licht, ganz schwach die Einzelheiten im Krater selbst. Der beobachtete Ausbruch hat nicht länger als zweieinhalb Stunden und nicht weniger als eine halbe Stunde gedauert.

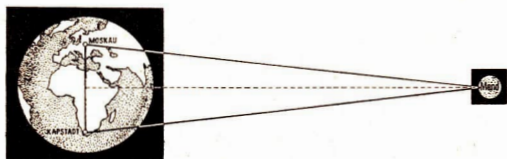
Das Kabinett unserer lieben Frau

„Sehen Sie Genossen, mit dieser Entdeckung ist wirklich eine Sensation in der Selenographie geschehen. Man bezeichnet den Mond immer als toten Himmelskörper, weil es keine Anzeichen für größere Veränderungen auf seiner Oberfläche gibt. Viele Veränderungen, die von Mondbeobachtern mitgeteilt wurden, sind sehr zweifelhaft und scheinen nur durch schwierige Beobachtungsbedingungen oder durch mangelhafte ältere Kartenwerke vorgetäuscht zu sein. Aber das Auge der Kamera ist unbestechlich. Sehen Sie, hier ist die Aufnahme. Damit erklärt sich auch, warum eine solche Erscheinung bisher nicht beobachtet worden ist. Die Wahrscheinlichkeit, dieses Ereignis anzutreffen, ist außerordentlich gering. Nur wenn die Umstände sehr günstig sind – starke Beleuchtung durch die Sonne, großes leistungsfähiges Teleskop, Ausrichtung des Instrumentes auf das betreffende Objekt und gutes Wetter –, ist das möglich.“

Der Vertreter des Astronomischen Rates der Akademie der Wissenschaften der UdSSR deutet auf ein vergrößertes Foto. Die Sonne fällt durch die Fenster in den großen Raum. Ihre Strahlen gleiten über die vielen Karten und Fotos, über den neuen sowjetischen Mondglobus und über die konzentrierten Gesichter der jungen Fliegeroffiziere. Das „Kabinett unserer lieben Frau“ nennen die jungen sowjetischen Kosmonauten diesen Raum. Hier ist alles an Erkenntnissen zusammengetragen, was es über den Mond gibt. Hier wird alles gelehrt, was die Mondfahrer von morgen wissen müssen.

Der Gelehrte fährt in seiner Vorlesung über Selenographie, der Wissenschaft von der Mondoberfläche, fort.

Im Altertum hielt man die Mondoberfläche für ein Spiegelbild der Erde mit Bergen, Flüssen, Seen und Meeren. Die Bezeichnung „Meere“ (lateinisch mare, maria) für die dunklen Gebiete hat sich



Trigonometrische Messung der Entfernung Erde – Mond

bis heute erhalten. Die Erforschung der wahren Natur der Mondoberfläche begann recht spät, nämlich erst mit der Erfindung des Fernrohrs. Galilei (1564 bis 1642) richtete 1610 das Fernrohr auf den Mond und zeichnete die erste primitive Mondkarte. Der Anfang der eigentlichen modernen Selenographie ist verbunden mit dem Astronomen Hevelius (1611 bis 1687). Mit der Verbesserung der Fernrohre wurde die Mondoberfläche in den späteren Jahren bis zur Gegenwart immer besser und genauer erforscht. Es entstanden in oft jahrelangen Untersuchungen recht genaue Karten des Mondes. Auch die Fotografie wurde in den Dienst der Mondkartographie gestellt.

Was wissen wir heute über die Mondoberfläche und welche Probleme müssen gelöst werden? Alles, was wir vom Mond erhalten, ist nichts anderes als reflektiertes Sonnenlicht. Wir sehen direkt die Oberfläche, ohne durch eine nennenswerte Mondatmosphäre gestört zu sein. Wenn wir genauer hinsehen, stellen wir fest, daß es grob gesehen wohl zwei verschiedene Sorten von „Mondboden“ geben muß. Nämlich den dunklen und den hellen Typ. Der erste reflektiert nur 6 bis 7 Prozent des einfallenden Sonnenlichts und ist viel glatter und oft so eben, als ob wir es mit einer Flüssigkeitsoberfläche zu tun hätten. Der zweite reflektiert bis zu 20 oder 30 Prozent des Sonnenlichts und ist meist sehr rau und zerklüftet. Besonders die Südgebiete sind von diesem bergigen Gebiet bedeckt, während sich die dunklen Gebiete – die Meere – hauptsächlich längs einer Zone der nördlichen Halbkugel erstrecken.

Die Mondforscher bemühen sich durch Vergleich mit irdischen Gesteinen, aus dem Reflexionsvermögen die Natur der Mondgesteine zu erforschen. Hierzu dienen vor allem Messungen des Reflexionsvermögens bei verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen. Dabei wird das sogenannte Phasengesetz der Reflektion untersucht. Ferner wird der Polarisationsgrad des reflektierten Lichts gemessen.

In moderner Zeit wird die Radarmethode zur Erforschung der Ober-

flächengestalt mit Erfolg angewendet. Die Radarechos vom Mond haben ergeben, daß die Oberfläche in der Größenordnung von 1 m sehr glatt ist. Die Echos kommen spiegelnd von einem Gebiet, das der Erde am nächsten liegt, zum Empfänger zurück. Aus diesen Echos kann man auch schließen, daß schroffe Abhänge auf dem Mond sehr selten sind. Neueste Untersuchungen, die in der Sowjetunion und in Frankreich durchgeführt wurden, ergaben, daß Teile der Mondoberfläche ein Fluoreszenzleuchten zeigen. Dieses Leuchten wird von der Ultraviolettstrahlung und wahrscheinlich auch der Partikelstrahlung der Sonne hervorgerufen. Die Messungen sind außerordentlich schwierig durchzuführen, aber ihr Vergleich mit Untersuchungen an irdischen Gesteinen erlaubt den Mondforschern Rückschlüsse auf die Natur der Mondgesteine. Bisher steht nur fest, daß die Mondoberfläche aus Gesteinen aufgebaut ist, die mit irdischen Vulkangesteinen zu vergleichen sind.

Wie sind die Krater entstanden?

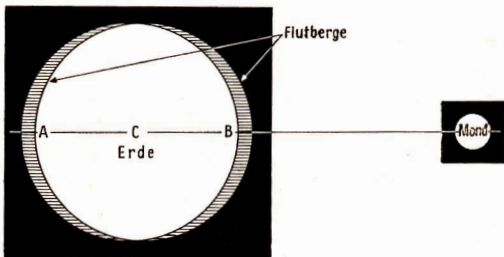
Das Auffälligste der Mondoberfläche sind die zahlreichen runden Formationen, im allgemeinen Krater oder Ringgebirge genannt. Wir treffen sie überall an, in den verschiedensten Größen. Krater, die größer als 1 km im Durchmesser sind, gibt es mehr als 300 000, kleinere, die sehr schwierig zu entdecken sind, gibt es sicher noch viel mehr. Wenn auch kein Krater dem anderen völlig gleicht, so haben sie doch einige gemeinsame Züge. Sie sind nahezu rund. Eine Eigenart ist vielleicht bemerkenswert: Ihre Verteilung über die Oberfläche ist rein zufällig. Nur die ganz wichtigen scheinen hier oft eine Ausnahme zu bilden, denn sie kommen manchmal in Reihen vor – wie eine Perlenkette aufgereiht –, besonders in den Spalten oder Rillen. Beim Anblick einer Mondfotografie hat man einen sehr plastischen Eindruck von der Gegend. Doch hier täuscht uns die Aufnahme. Die Erhebungen der Mondoberfläche sind bei weitem nicht so bedeutend, wenn wir sie mit den Längsausdehnungen der Umgebung vergleichen. Die Höhenmessungen haben ergeben, daß die Krater auf dem Mond keineswegs so auffällige Erscheinungen sind, wie man nach den Fotografien meinen könnte. Die starke Plastik wird durch die sehr schräge Beleuchtung hervorgerufen. Eine maßstabsgerechte Zeichnung von Kraterquerschnitten zeigt, daß die Wälle eigentlich recht unauffällige Erhebungen im Vergleich zum Kraterdurchmesser sind. Im Mittelpunkt eines großen Kraters (die größten haben Durchmesser von über 100 km) würde man den Wall

gar nicht sehen, weil er wegen der starken Krümmung der Mondoberfläche bereits unter dem Horizont läge.

Hier schneiden wir einen sehr entscheidenden Punkt für die Orientierung auf dem Mond an. Was sieht ein künftiger Besucher unseres Begleiters, wenn er sich auf dem Mond befindet? Ausgenommen einiger weniger sehr gebirgiger Gegenden wird ihm die Umgebung sehr flach erscheinen und besonders arm an markanten Punkten. Dadurch wird die Orientierung sehr erschwert. Es gibt auf dem Mond auch keine schroffen Berghänge. Alle Messungen, die bisher durchgeführt wurden, ergaben Neigungen, die unter 10 Grad liegen.

Ein interessantes Problem ist die Frage nach der Entstehung der Mondkrater und der übrigen Erscheinungen auf der Oberfläche. Wir können zunächst eins feststellen: Die Krater sind nicht alle zur gleichen Zeit entstanden. Wir wissen sogar, daß Krater zu einer Zeit entstanden sind, als die heutigen Meere auf dem Mond noch nicht vorhanden waren, daß aber auch viele Krater nach der Entstehungszeit der Meere gebildet wurden. In den Meeren erscheinen bei sehr schräger Beleuchtung Umrisse „versunkener“ Krater, die wie von der Lavamasse der Meere überflutet scheinen. Es hat sich ferner gezeigt, daß die kleineren Krater jünger sind als die größeren, denn die Wälle großer Krater sind sehr oft von kleinen, noch unbeschädigten, Kratern unterbrochen.

Wenn wir nun die Frage nach der Ursache der Kraterentstehung aufgreifen wollen, so werden wir zunächst fragen, durch welche Kräfte solche Gebilde erzeugt werden können. Einmal durch äußere Einflüsse und zum anderen durch innere Prozesse. Wenn wir die Frage so beantworten, dann haben wir auch gleich die beiden wichtigsten Theorien der Hypothese über die Entstehung der Krater genannt. Sie sind sehr alt. Robert Hooke hat sie bereits 1667 durch zwei Experimente dargestellt. Er warf einmal eine kleine Kugel in eine Mischung aus Ton und Wasser und sah Gebilde entstehen, die man Aufsturzkrater nennen könnte. Dann erhitze er eine Mischung aus Kalk und Wasser und sah, daß die aufsteigenden Blasen auf der Oberfläche kraterähnliche Gebilde erzeugten. Beide Experimente charakterisieren die beiden Theorien über die Kraterentstehung. Sie haben ihre Anhänger gefunden, und bis heute ist noch keine Entscheidung gefallen, welche Theorie die richtige ist, obwohl der zweiten größere Wahrscheinlichkeit zukommt. Wir wollen beide Hypothesen in ihren Grundzügen erläutern. Beginnen wir mit der sogenannten Aufsturzhypothese oder – wie sie auch genannt wird – Meteoritenhypothese, denn es werden wohl Meteoriten gewesen sein, die auf die Mondoberfläche im Laufe der Jahrmillionen auf-



Durch den Mond hervorgerufene Ebbe und Flut auf der Erde

geprallt sind. Was passiert bei einem solchen Zusammenstoß. Nehmen wir an, ein größerer Brocken trifft mit einer Geschwindigkeit von 30 km/sec auf die Oberfläche. Der Brocken durchschlägt zunächst die Oberfläche und wird in einer Tiefe, die etwa seinem doppelten Durchmesser entspricht, abgebremst. Die kinetische Energie verwandelt sich zum größten Teil in Wärme. Dabei verdampft der eindringende Körper, wobei das Gas Temperaturen von Millionen Grad erreicht. Das führt natürlich zu einer heftigen Explosion, wobei ein größerer Teil der Umgebung zerstört wird. Hierbei ist es gleichgültig, ob der eindringende Körper schräg oder senkrecht auf die Oberfläche aufprallt.

Der entstehende Krater wird immer kreisrund sein. Bei diesen Vorstellungen entstehen aber auch schon Einwände gegen die Meteoritentheorie. Um die größten Krater erklären zu können, werden Meteoriten benötigt, deren Größe an die kleinerer Planeten heranreicht, nämlich 10 bis 100 km im Durchmesser.

Beim Aufschlag wird nicht die gesamte kinetische Energie in Wärme verwandelt. Der eindringende Körper erzeugt in der Mondoberfläche auch Stoßwellen und elastische Schwingungen, die als Mondbeben durch den ganzen Mond laufen. Es sind zwar nur wenige Prozent der kinetischen Energie, aber doch hundertmal mehr als wir auf der Erde bei den stärksten Erdbeben bisher festgestellt haben. Berücksichtigen wir, daß auf Grund der zahlreichen Krater der Mond sehr oft solche Beben erlebt haben muß, so können wir uns vorstellen, daß diese Beben einen sehr großen zerstörenden Einfluß gehabt haben müssen.

Es kommt noch eins hinzu: Diese Beben entstehen in einem Punkt, nämlich dort, wo der neue Krater gebildet wird, und laufen um den ganzen Mondball herum. Auf der Gegenseite treffen sie zusammen und müssen dort in verstärktem Maße große Zerstörung verursachen. Davon ist uns weder auf der Vorderseite, noch, nach den bisherigen Aufnahmen, auf der Rückseite des Mondes etwas bekannt.

Zur Beseitigung dieser Schwierigkeiten der Aufsturzhypothese wurde in jüngster Zeit darauf hingewiesen, daß auch Kometen möglicherweise die Krater erzeugen können. Ein Komet ist ein loses Konglomerat von gefrorenen chemischen Verbindungen mit Gesteinstrümmern und einer ausgedehnten Gashülle. Ein solcher Kometenkopf hätte nicht die Wucht, um die Mondoberfläche zu durchschlagen und den Mondkörper ernsthaft zu erschüttern. Aber beim Aufschlag würden durch chemische Reaktionen große Energiemengen frei, die auf der Oberfläche des Mondes zu starken Aufheizungen führen und dabei ein größeres Gebiet schmelzen könnten. Die Verfechter dieser Theorie glauben, daß selbst ein so großes Meer wie das Mare Imbrium durch einen Zusammenstoß mit einem Kometen entstanden sein kann. Die dunkle Färbung wäre dann nichts anderes, als normales, aber geschmolzenes und wieder erstarrtes Mondgestein.

Es gibt aber viele Formationen auf dem Mond, die wir nicht so ohne weiteres durch die Aufsturzhypothese erklären können. Wir müssen hier vor allem die Spalten und wulstartigen langgestreckten Erhebungen der Mondoberfläche erwähnen. Mit den Spalten sind oft Ketten winziger Krater verbunden. Wir wissen aber, daß sich längs der Spalten aus dem Innern Lava ergießen könnte oder auch Gas ausgeströmt sein kann. Sind dann diese winzigen Krater nicht die Öffnungen, wo das Gas aus dem Mondinnern ausgeströmt ist? Viele Forscher vertreten diese Meinung. Wir bezeichnen solche Erscheinungen auf der Erde als Vulkanismus. Wir müssen uns aber davor hüten, die Kraterlandschaft des Mondes mit irdischen Vulkanen zu vergleichen. Schon der Blick auf einen irdischen Vulkankegel und einen Mondkrater lehrt uns, daß beide grundverschieden sind. Eine Hypothese, die versucht, die Mondkrater durch Vorgänge zu erklären, die sich unterhalb der Mondkruste abgespielt haben, darf diese Vorgänge nicht der Vulkantätigkeit, wie wir sie auf der Erde kennen, gleichsetzen. Bei den Mondkratern haben wir es nicht mit aufgeschütteten Vulkankegeln zu tun, sondern mit Einbruchbecken. Auch auf der Erde gibt es dafür Beispiele; man bezeichnet sie mit Kalderen. Es sind Gebiete, die eingestürzt sind, weil durch irgendwelche Prozesse unterhalb der Kruste Hohlräume entstanden sind.

Bei diesen Einstürzen entstehen oft Risse, aus denen sich flüssige Lava über das eingebrochene Gebiet ergießen kann.

Vielleicht sind auch die großen Meere solche großen Einbruchbecken, die mit erstarrter Lava ausgefüllt sind. Im Laufe der langen Entwicklung eines Himmelskörpers kommt es zu gegenseitigen Verschiebungen großer Teile der Kruste, und wir sprechen von Verwerfungen und Faltungen. Unsere Gebirge auf der Erde sind so entstanden. Sollten solche Prozesse nicht auf dem Mond wirksam gewesen sein? Nehmen wir zum Beispiel die sogenannte Lange Wand. Es ist eine Höhenstufe in der Mondlandschaft, die sich über 100 km schnurgerade erstreckt. Sie kann nicht durch einen Meteoriten hervorgerufen worden sein, sondern hat ihren Ursprung in tektonischen Prozessen, die sich einst auf dem Mond abgespielt haben.

Mit den Augen eines Geologen betrachtet, bietet die Mondoberfläche mit ihren zahlreichen Spalten, Rissen, Erhebungen und verschiedenen hellen und dunklen Gebieten eine Fülle von Erscheinungen, die auf Prozesse hinweisen, wie wir sie auch auf der Erde im Laufe geologischer Zeiträume feststellen. Warum ist nun aber die Mondlandschaft so grundverschieden von der irdischen? Der Mond bewahrt tektonische Veränderungen in der ursprünglichen Gestalt, während auf der Erde durch die Einflüsse von Wind und Wasser die Oberfläche dauernd umgestaltet wird. Auf dem Mond haben wir keine Verwitterung.

In der Erklärung der Mondoberfläche stehen sich also heute zwei Theorien gegenüber. Die Meteoritenhypothese geht mit Recht davon aus, daß der Mond genau wie die Erde von Meteoriten oder vielleicht Kometen im Laufe seiner langen Geschichte getroffen werden mußte. Da dort eine nennenswerte Atmosphäre fehlt, schlagen diese kosmischen Kleinkörper ohne Abbremsung auf die Oberfläche. Sie sind dann sicher imstande, Erscheinungen zu erzeugen, die wie Mondkrater aussehen. Die tektonische Hypothese oder Vulkantheorie im weiteren Sinne kann die regelmäßigen Formen der Krater nicht so einfach erklären. Diese Theorie kann aber viele andere Erscheinungen, wie zum Beispiel auch die Entstehung der großen Meere, zwangloser ergründen, als es die Aufsturzhypothese vermag. Die Situation ist heute so, daß am plausibelsten ein Kompromiß zwischen beiden Theorien erscheint. Wir werden eine endgültige Klärung wohl erst dann erwarten können, wenn der Mond an Ort und Stelle erforscht werden kann.

250° Temperaturschwankungen

Einen Hinweis für die Deutung der Beschaffenheit der äußersten Oberfläche des Mondes geben die Messungen der Temperatur des Mondes. Da nicht das gesamte Sonnenlicht vom Mond reflektiert wird, sondern im Durchschnitt nur etwa 7 Prozent, wird der größte Teil der Sonnenstrahlung von der Oberfläche absorbiert und dort in Wärme verwandelt. Man kann ausrechnen, daß der Mond durch die Strahlen der Sonne bei senkrechtem Einfall auf etwa 110°C erwärmt wird. Natürlich sinkt die Temperatur sehr rasch, wenn die Sonne tiefer steht bzw. ganz unter dem Horizont versunken ist. Die Temperatur berechnet sich dann auf etwa 120° unter Null. Man kann die Wärmestrahlung des Mondes auch mit sehr empfindlichen Geräten messen. Der Hauptteil der Wärmestrahlung liegt bei diesen Temperaturen im Infraroten. Verschiedene Forscher haben nun bei verschiedenen Wellenlängen den Temperaturverlauf eines Punktes der Mondoberfläche während einer Mondfinsternis gemessen. Dabei ergab sich etwas Überraschendes. Während im Infrarotbereich in der Nähe des sichtbaren Lichts der Temperaturverlauf durchaus einem normalen raschen Abfall und Wiederanstieg von über 200° Amplitude entsprach, zeigten die Messungen bei größeren Wellenlängen einen wesentlich gemäßigteren Verlauf. Im Radiowellenlängengebiet blieb die gemessene Temperatur sogar über den ganzen Zeitraum konstant. Wie ist das zu erklären? Wir wissen zunächst, daß die Strahlung bei kürzeren Wellenlängen im Infrarot direkt von der Oberfläche zu uns kommt, während die langwelligere Strahlung aus etwas tieferen Schichten – einige Zentimeter unter der Oberfläche – stammt. Die Messungen zeigen uns, daß dort trotz der starken Temperaturgegensätze auf der Oberfläche eine sehr konstante Temperatur von etwa –50° herrscht. Das kann aber nur dann möglich sein, wenn das Wärmeleitvermögen des Materials sehr gering ist. Es zeigt sich, daß es viel geringer sein muß als das Wärmeleitvermögen irgend einer festen Substanz auf der Erde. Aber die Experimente haben ergeben, daß man auch bei Substanzen eine so geringe Wärmeleitung erreichen kann, wenn man Gesteine pulverisiert und im Vakuum aufbewahrt. So scheinen also die Temperaturmessungen des Mondes darauf hinzudeuten, daß seine Oberfläche mit einer einige Zentimeter starken Staubschicht bedeckt ist. Die Entstehung einer Staubschicht auf dem Mond ist nicht unplausibel. Durch die sehr hohen Temperaturgegensätze während Tag und Nacht auf dem Mond wird jedes Gestein durch thermische Ausdehnung zerbröckelt. Auch die kosmische Höhenstrahlung muß

Veränderungen in der Oberflächenschicht hervorrufen. Eine Staubschicht wäre eine gute Isolation für tiefere Schichten. Das dürfte für zukünftige Mondbesucher von Nutzen sein.

Die Ansicht von dem Vorhandensein einer Staubschicht auf dem Mond wird nicht von allen Forschern geteilt. Besonders die sowjetischen Mondforscher vertreten die Meinung, daß auf Grund ihrer Messungen über das Reflektionsvermögen des Mondgesteins die Mondoberfläche porös ist und – wie sie sagen – aus „Gesteinschaum“ besteht. Wir wissen also noch nichts Sicheres über die Oberfläche des Mondes und müssen warten, bis uns weitere Messungen (oder die Astronautik) genauere Unterlagen liefern.

Für die Existenz einer Staubschicht auf dem Mond spricht eine von Astronomen der Budapester Sternwarte erzielte Beobachtung. Als der Instrumentenbehälter von Lunik II auf dem Mond aufprallte, beobachteten sie eine sich rasch ausdehnende Staubwolke über der Aufschlagstelle.

Hinter ihrem Rücken

Der Wunsch, das Geheimnis der Mondrückseite zu entschleiern, ist recht alt. Lunik III hat diesen uralten Traum verwirklicht. Im Vorwort der von der Akademie der Wissenschaften der UdSSR herausgegebenen Arbeit: „Die ersten Fotos von der Rückseite des Mondes“ heißt es:

Die unmittelbare experimentelle Erforschung des Kosmos nimmt ihren Fortgang. Am 4. Oktober 1959 hat die Sowjetunion mit Erfolg die dritte kosmische Rakete zum Aufstieg gebracht. Sie hatte die Aufgabe, eine Reihe von Problemen zu lösen, die die Erforschung des Weltraums betreffen, und fotografische Aufnahmen der Rückseite des Mondes und ihrer Randgebiete zu übermitteln. In genauer Übereinstimmung mit den vorgegebenen Werten hat die für das Fotografieren des Mondes entwickelte automatische interplanetarische Station den Mond in geringer Entfernung passiert, ihn umflogen und programmgemäß die von der Erde aus unsichtbare Seite dieses Himmelskörpers fotografiert. Die Bordfernsehapparatur der Station übertrug auf einen von der Erde aus erhaltenen Befehl die Mondaufnahmen aus einer Entfernung von mehreren hunderttausend Kilometern.

Damit hat eine neue Ära in der Astronomie begonnen. Nun ist bewiesen, daß es nicht nur möglich ist, die physikalischen Werte des kosmischen Raums und der Strahlungen von Himmelskörpern unbe-

hindert durch Störungen zu messen, die bei Beobachtungen auf der Erdoberfläche unvermeidlich sind, sondern auch aus geringer Entfernung fotografische Aufnahmen von Planeten zu erhalten. Nun brauchen die Astronomen nicht mehr 15 bis 17 Jahre zu warten, bis sich der Mars bei der nächsten Opposition (Stand gegenüber der Sonne) der Erde auf bestenfalls 55 000 000 bis 60 000 000 km nähert. Jetzt ist es grundsätzlich möglich geworden, Geräte nahe an Planeten heranzubringen und deren Oberfläche zu fotografieren.

In dieser Veröffentlichung legt die Akademie der Wissenschaften der UdSSR erstmalig die Ergebnisse vor, die sich aus der vorläufigen Auswertung der durch die automatische interplanetare Station erhaltenen Fotos der Mondrückseite ergeben haben. Das Material wird weiter ausgewertet. Inzwischen ist 1960 der Atlas mit den Fotos der Mondrückseite von der Sowjetischen Akademie der Wissenschaften herausgegeben worden.

Zu dem Problem über „Die unsichtbare Seite des Mondes“ berichtet die Akademie:

Die Dauer einer Rotation um die eigene Achse und die eines vollen Umlaufs um die Erde fallen beim Mond zusammen, und daher ist der Erde stets ein- und dieselbe Mondseite zugewandt. In ferner Vergangenheit, vor Millionen Jahren, rotierte der Mond schneller als jetzt um seine Achse und benötigte nur mehrere Stunden zu einer Umdrehung.

Die durch die Anziehungskraft der Sonne und der Erde hervorgerufenen Flutreibungskräfte bremsten den Mond und verlängerten die Dauer seiner Rotation, bis sie 27,32 Tage erreichte.

Auf Grund der Fernrohrbeobachtungen, die vor 350 Jahren begannen, wurden Karten der uns zugewandten Mondseite zusammengestellt. Seit den ersten Aufzeichnungen der Mondoberfläche wurden diese Karten mit der Vervollkommnung der Beobachtungsmittel und -methoden immer genauer und vollständiger. Heutzutage gibt es Karten, auf denen Zehntausende Ringgebirge, d. h. Krater, zahlreiche Bergketten, dunkle Gebiete des Mondbodens, die man Mare oder Meere nennt, Risse

Die Entfernung Erde – Mond im richtigen Größenverhältnis

und Schluchten von bizarrer Form und viele andere Einzelheiten der Mondoberfläche eingezeichnet sind. Die sogenannten Librationen, d. h. die für den irdischen Beobachter sichtbaren periodischen Schwankungen des Mondes um seinen Mittelpunkt, erlaubten es, 59 Prozent der Mondoberfläche zu untersuchen und auf den Karten einzutragen. Einige Mondgebilde liegen direkt am Rande der sichtbaren Scheibe, wobei ein Teil von ihnen nur bei den entsprechenden Librationen zu sehen ist. Alle diese Randzonen wurden mit perspektivischen Verzerrungen in die Karten eingetragen.

Die zum Fotografieren gewählte Zeit gestattete es der AIS (Automatische Interplanetare Station), Aufnahmen des größeren Teiles der von der Erde aus unsichtbaren Mondoberfläche und eines kleineren Gebiets mit bereits bekannten Mondgebilden zu erhalten. Dabei war der Station die fast vollständig von der Sonne beleuchtete Mondscheibe zugewandt. Bei einer derartigen Beleuchtung der Mondoberfläche werfen ihre Gebilde fast keinen Schatten, und einige Einzelheiten sind kaum noch zu bemerken. Da die Fotografien einen Teil des bereits erforschten Mondgebiets erfassen, ist es möglich, die früher nie bekannten Objekte anzuschließen und auf diese Weise ihre selenographischen Koordinaten zu bestimmen. Auf der Fotografie ist die Grenze zwischen dem sichtbaren und dem von der Erde aus unsichtbaren Teil des Mondes durch eine gestrichelte Linie bezeichnet.

Infolge der perspektivischen Verzerrung scheinen uns jene Meere, die unmittelbar an dem von der Erde sichtbaren Rand der Mondscheibe gelegen sind, von schmaler, langgestreckter Form zu sein; ihre wirkliche Form war bisher nicht bekannt. Auf den nun erhaltenen Fotografien sind diese Meere weit vom sichtbaren Rand des Mondes entfernt, und ihre Form ist perspektivisch kaum verzerrt.

Die bisherige Auswertung der erhaltenen Aufnahmen hat ergeben, daß auf der unsichtbaren Seite der Mondoberfläche Gebirge überwiegen, während es dort sehr wenig Meere gibt, die mit denen auf der sichtbaren Seite zu vergleichen wären. Sehr deutlich treten die im südlichen Gebiet und in der Äquatorgegend befindlichen Kratermeere hervor.

Von den Meeren, die am Rande des sichtbaren Teiles liegen, sind auf der Fotografie deutlich und ohne nennenswerte Verzerrungen das Humboldt-Meer, das Rand-Meer, das Smyth-Meer und das Süd-Meer zu erkennen. Es hat sich herausgestellt, daß ein bedeutender Teil des Süd-Meeres auf der Rückseite des Mondes liegt und seine Grenzen eine unregelmäßig gewundene Form haben.

Das Smyth-Meer ist gegenüber dem Süd-Meer von mehr abgerun-

deter Form; von Süden her ragt ein Gebirgsgebiet in dieses Meer. Auch ein bedeutender Teil dieses Meeres liegt auf der Rückseite des Mondes. Das Rand-Meer ist von langgezogener Form und weist eine Vertiefung in der dem Krisen-Meer entgegengesetzten Richtung auf. Wie das Smyth-Meer hat es seine Fortsetzung auf der Rückseite des Mondes. Das Humboldt-Meer hat birnenförmige Gestalt.

Der gesamte Raum am Westrand der Mondrückseite weist ein Reflexionsvermögen auf, das für Gebiete zwischen Meeren und Gebirgen charakteristisch ist. Seinem Reflexionsvermögen nach ähnelt dieses Gebiet jener Mondregion, die zwischen den Kratern Tycho und Petavius und dem Nektar-Meer liegt.

Süd-süd-östlich vom Humboldt-Meer erstreckt sich an der Grenze des genannten Raumes eine über 2000 km lange Bergkette, die den Äquator überquert und bis in die südliche Hemisphäre reicht. Jenseits der Bergkette liegt offenbar eine Festlandplatte mit gesteigertem Reflexionsvermögen.

Im Gebiet von $+ 20$ Grad bis $+ 30$ Grad Breite und von $+ 140$ Grad bis $+ 160$ Grad Länge liegt ein Kratermeer mit einem Durchmesser von etwa 300 km. Im Süden läuft dieses Meer in eine Bucht aus. In der südlichen Hemisphäre, in einer Region mit den Koordinaten $- 30$ Grad Breite und $+ 130$ Grad Länge liegt ein großer Krater mit einem Durchmesser von mehr als 100 km, der einen dunklen Grund und einen deutlich ausgeprägten Zentralkegel hat, um den sich ein breiter heller Wall zieht.

In der Nähe der eben erwähnten Kette liegt auf der Seite des Rand-Meeres im Gebiet $+ 30$ Grad nördlicher Breite eine Gruppe von 4 Kratern mittlerer Ausmaße, von denen der größte einen Durchmesser von etwa 70 km hat. Unweit dieser Gruppe, im Gebiet mit den Koordinaten $+ 10$ Grad Breite und $+ 110$ Grad Länge, befindet sich ein einzelner Rundkrater. In der südlichen Hemisphäre am Rande der Scheibe liegen zwei Gebiete mit stark vermindertem Reflexionsvermögen.

Außerdem zeigen die Fotografien einzelne Gebiete mit leicht gesteigertem, aber auch mit vermindertem Reflexionsvermögen und zahlreiche kleinere Einzelheiten. Die Beschaffenheit dieser Einzelheiten, ihre Formen und Ausmaße, werden sich nach eingehender Auswertung aller Fotografien feststellen lassen.

Die Tatsache, daß es erstmalig gelungen ist, von Bord einer interplanetaren Station eine Fernsehübertragung von Bildern des unsichtbaren Teils der Mondoberfläche vorzunehmen, eröffnet große Aussichten für die Erforschung der Planeten unseres Sonnensystems.



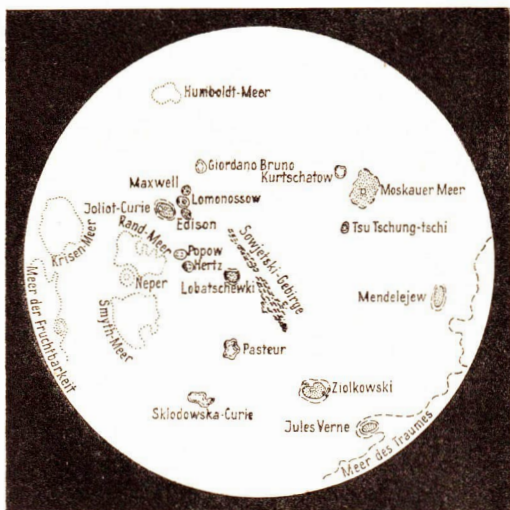
Markante Objekte der uns zugewandten Hälfte der Mondkugel:

I = Mare Imbrium, P = Oceanus Procellarum, N = Mare Nubium, S = Mare Serenitatis, T = Mare Tranquillitatis, C = Mare Crisium, F = Mare Foecunditatis, I = Alpen, II = Kaukasus, III = Apenninen, IV = Karpoden, V = Hämus, VI = Taurus, VII = Pyrenäen, 1 = Tycho, 2 = Kopernikus, 3 = Kepler, 4 = Aristarch, 5 = Archimedes, Aristillus und Autolycus, 6 = Plato, 7 = Arzachel, Alphonsus, Ptolemäus, 8 = Gassendi, (Buchstaben = Mare [Ebenen], Römische Ziffern = Gebirge, Arabische Ziffern = Ringgebirge und Krater.)

Die gründlich ausgewerteten und im Mondatlas zusammengefaßten Fotos, die Lunik III von der Mondrückseite machte, beweisen, daß die Rückseite die gleichen Formationen aufweist wie die uns zugekehrte Mondhälfte. Krater – Ringgebirge – Kraterseen und Meere. Der einzige Unterschied besteht darin, daß die Zahl der Mare geringer ist als auf der Vorderseite des Mondes.

Über „Das Fotografieren und die Übertragung der Bilder“ erklärt die Akademie:

Bei der Ausarbeitung der Anlagen zur fotografischen Aufnahme und



Die größten Objekte der Mondrückseite

Übertragung des Bildes der unsichtbaren Mondseite von Bord der AIS wurde ein Fotofernsehsystem entwickelt, das es ermöglichte, ausreichend scharfe Halbtonaufnahmen zu erhalten und sie über Hunderttausende Kilometer Entfernung hinweg zu übertragen.

Zur Fotofernsehapparatur, die sich an Bord der AIS befand, gehörten folgende wichtigste Geräte: eine Kamera mit zwei Objektiven; eine Kleinstanlage zum automatischen Entwickeln und Fixieren des Films; eine Kleinst-Elektronenstrahlröhre; ein hochstabiler fotoelektrischer Vervielfacher; die elektronische Apparatur, die aus Verstärkern und einer Abtastvorrichtung bestand; ein Automations- und Programmierungssystem.

Die konstruktive Ausführung der Fotofernsehapparatur sicherte ihre Arbeitsfähigkeit unter den schwierigen Verhältnissen des Raumflugs; es war dafür gesorgt, daß das Filmmaterial trotz der schäd-

lichen Wirkung der kosmischen Strahlung unversehrt blieb und daß die zur Bearbeitung des Films bestimmten Bauelemente der Apparatur und die anderen Bauteile auch unter den Verhältnissen der Schwerelosigkeit normal funktionieren konnten.

Bei der Übertragung der Bilder über gewaltige Entfernungen hin wurde angesichts der geringen Sendeleistung eine Bildübermittlungsgeschwindigkeit angewandt, die zehntausendmal kleiner ist als die Übertragungsgeschwindigkeit gewöhnlicher Fernseh-Rundfunksender.

Beim erstmaligen Fotografieren der Mondrückseite empfahl es sich, einen möglichst großen Teil ihrer unbekannten Oberfläche aufzunehmen. Deshalb mußte die vollbeleuchtete Mondscheibe aufgenommen werden, auf der die Kontraste aber bedeutend weniger ausgeprägt sind als bei der Seitenbeleuchtung. Bei Seitenbeleuchtung werfen die Einzelheiten des Reliefs Schatten. Zur besseren Übergabe der kontrastarmen Aufnahmen durch den Bildfernsehapparat wurde daher eine automatische Kontrastregelung angewandt.

Die Kamera hatte zwei Objektive mit den Brennweiten 200 und 500 mm und den relativen Öffnungen 1:5,6 und 1:9,5.

Das Objektiv mit der Brennweite von 200 mm gab eine ganz in das Bild passende Darstellung der Mondscheibe, jenes mit der Brennweite von 500 mm die Großaufnahme eines Teils der Mondoberfläche.

Zum Fotografieren wurde ein 25-mm-Spezialfilm verwandt, der bei hohen Temperaturen bearbeitet werden kann.

Die Aufnahmen erfolgten mit automatischer Veränderung der Belichtung für die verschiedenen Bilder, damit Negative von geeigneter optischer Dichte entstehen konnten. Im Laufe von 40 Minuten wurde die Rückseite des Mondes mehrfach fotografiert.

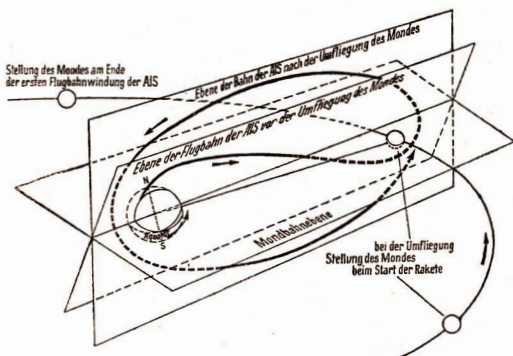
Der ganze Aufnahme- und Entwicklungsprozeß erfolgte automatisch nach dem Programm.

Damit der Film nicht durch die kosmische Strahlung verschleiert wurde, war auf Grund von Untersuchungen, die mit Hilfe der sowjetischen Sputniks und kosmischen Raketen angestellt worden waren, ein spezieller Schutz entwickelt worden.

Nach dem Fotografieren gelangte der Film in die Kleinstanlage, die ihn automatisch entwickelte, fixierte und trocknete.

Anschließend wurde er in die Übertragungskassette gespult.

Die Übertragung der Mondbilder erfolgte auf Abfrage von der Erde. Entsprechende Erdkommandos schalteten die Bordstromquellen der Fernsehapparatur und die Filmdurchziehvorrichtung ein, und der Anschluß der Fernsehapparatur an die Bordsender war hergestellt.



Flugbahn der automatischen interplanetaren Station (Lunik III)

Zur Koordinierung und Steuerung sämtlicher Baugruppen, darunter der elektronischen Apparatur, der optischen, mechanischen und fotochemischen Vorrichtungen, diente ein Automations- und Programmierungssystem.

Zur Umformung der Bilder auf dem Negativfilm in elektrische Signale wurde die Methode der „Durchleuchtung“ angewandt, die bei der Filmübertragung durch Fernseh-Rundfunksender üblich ist: eine Kleinst-Elektronenstrahlröhre mit hohem Auflösungsvermögen bildet einen hellen Leuchtfleck, der durch ein optisches System auf den Film projiziert wird. Nachdem das Licht den Film durchdrungen hat, gelangt es in den fotoelektrischen Vervielfacher, der die Lichtsignale in elektrische Signale umwandelt.

Der Leuchtfleck auf dem Schirm der Elektronenstrahlröhre wanderte in Übereinstimmung mit den elektrischen Steuerungssignalen, die durch eine spezielle Abtastschaltung ausgelöst wurden. Er überquerte den Film gleichmäßig von einem Rand zum anderen, kehrte in die Ausgangsstellung zurück, um seine gleichmäßige Bewegung zu wiederholen. Das gewährleistete das zeilenförmige Abtasten des Bildes. Der Filmstreifen selbst wurde langsam an der Elektronenstrahlröhre vorbeigezogen, was die Bildablenkung bewirkte.

Die Stärke des Lichts, das von der Elektronenröhre durch den Film auf den fotoelektrischen Vervielfacher gelangte, wurde durch die Schwärzung des Negativs an dem Punkt bestimmt, an dem sich der

Leuchtfleck befand. Während der Fleck das Negativ abtastete, änderte sich die Stromstärke im fotoelektrischen Vervielfacher entsprechend der Veränderung der Bildschwärzung längs der Zeile; dadurch entstand am Ausgang des fotoelektrischen Vervielfachers ein elektrisches Bildsignal, das wiederum der Veränderung der Negativschwärzung längs der Bildzeile entsprach.

Die Bildsignale entstanden durch einen speziell entwickelten stabilisierten Schmalbandverstärker.

Da die durchschnittliche Negativdichte und der Schwärzungsumfang von vornherein nicht genau bekannt waren, war in den Verstärker eine automatische Regelvorrichtung eingebaut, die die Einflüsse der Änderung der durchschnittlichen Negativdichte auf das Ausgangssignal kompensierte. Auch wurde eine automatische Regelung der Helligkeit der Durchleuchtungsrohre vorgesehen, die die Veränderungen des Schwärzungsumfangs kompensierte.

Auf dem Film waren zuvor Kontrollmarken exponiert worden. Ein Teil von ihnen wurde auf der Erde entwickelt, der andere an Bord der Station zusammen mit den Bildern der Mondrückseite. Die Kontrollmarken wurden auf die Erde übertragen und ermöglichten es, den Prozeß der Aufnahme, Bearbeitung und Durchgabe der Bilder zu kontrollieren.

Für die Bildübertragung waren zwei Geschwindigkeiten vorgesehen: eine geringere für große Entfernungen und eine größere bei geringerem Abstand und bei der Annäherung an die Erde.

Die Zahl der Zeilen, in die das Bild zerlegt wurde, konnte sich je nach der Durchgabegeschwindigkeit ändern. Die maximale Zeilenzahl je Bild erreichte 1000.

Zur Synchronisierung der Sende- und Empfangs-Abtastvorrichtungen wurde eine Methode benutzt, die eine hohe Störfestigkeit und eine zuverlässige Arbeit der Apparatur sicherte.

Die angewandte Funklinie ermöglichte die Übertragung der Funksignale in beiden Richtungen. In der Richtung Erde-AIS wurden die Kommandosignale durchgegeben, die die Arbeit der Bordapparatur steuerten. In Richtung AIS-Erde wurden die Fernsehsignale durchgegeben, die Signale der Meßwerte der wissenschaftlichen Geräte und die Signale, mit denen die Parameter der Bewegung der Station selbst gemessen werden konnten. Zur Bodenausrüstung gehörten leistungsstarke Funksender, hochempfindliche Empfänger, die Registrierapparatur sowie die Sende- und Empfangsantennen. Die Bordfunkapparatur der AIS bestand aus Sendern, Empfängern und Antennen sowie den funktechnischen Kommando- und Programmvorrichtungen.

Die Bilder des Mondes wurden von Bord der AIS über die Funklinie durchgegeben.

Die Durchgabe der Bilder des Mondes und sämtlicher Meßwerte erfolgte mit Hilfe der kontinuierlichen Ausstrahlung von Funkwellen (zum Unterschied von der Impulsausstrahlung). Eine solche Zusammenfassung der Meßwerte auf einer einzigen Funklinie bei kontinuierlicher Ausstrahlung wurde zum erstenmal erreicht. Sie ermöglichte, bei minimalem Energieaufwand an Bord, selbst bei den größten Entfernungen eine einwandfreie Funkverbindung aufrechtzuerhalten.

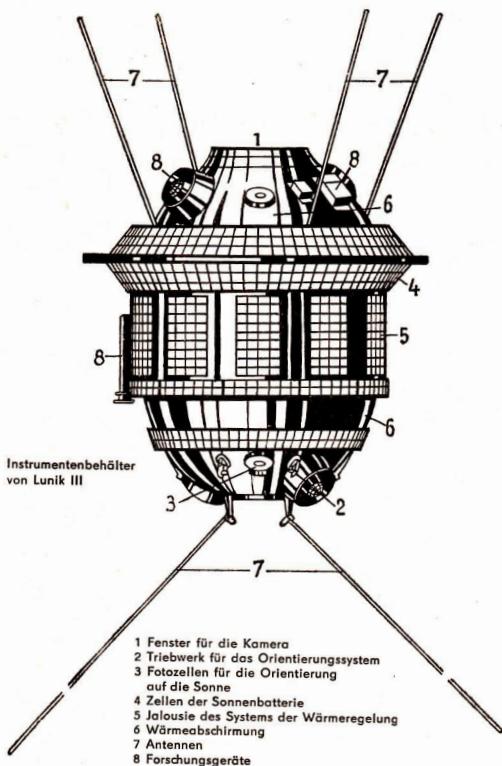
Zur Steigerung der Zuverlässigkeit der Verbindung waren alle Apparate der Funklinie sowohl an Bord als auch an den Bodenstellen in doppelter Ausführung vorhanden. Beim Ausfall eines Funkgeräts an Bord oder bei Erschöpfung seiner Stromquellen, konnte auf ein Kommando von der Bodensteuerungsstelle hin an seiner Stelle ein Reservegerät eingeschaltet werden.

Der Gesamtumfang der wissenschaftlichen Information, der, die Mondbilder inbegriffen, über die Funklinie durchgegeben wurde, machte ein Mehrfaches des Umfangs der Informationen aus, die von der ersten und der zweiten sowjetischen kosmischen Rakete übertragen wurden. Darum mußten zur Erzielung der fotografischen Bilder und zur Funkübertragung der Signale die wirkungsvollsten Methoden angewendet werden, bei denen ein minimaler Verbrauch der Bordstromquellen gesichert war.

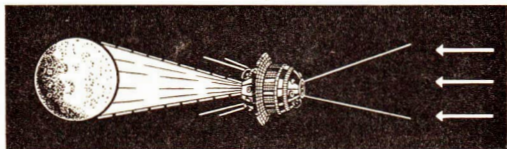
Für die Bordfunkapparatur wurden Halbleiter, Ferrite und andere moderne Bauteile und Baustoffe verwendet. Besonders wurde darauf geachtet, die Abmessungen und Gewichte der Geräte so niedrig wie möglich zu halten. Dadurch konnten die Gewichte und Abmessungen der Stromquellen vergrößert werden. Aus Gründen der Stromersparnis wurde die von den Bordsendern ausgestrahlte Leistung auf einige Watt beschränkt.

Von den Schwierigkeiten einer zuverlässigen Funkverbindung mit einer automatischen interplanetaren Station kann man sich eine Vorstellung machen, wenn man berechnet, welcher Teil der vom Bordsender ausgestrahlten Leistung in die Bodenempfangsanlage gelangt.

Damit die Verbindung mit der Station bei ihrem Rotieren mit der Erde nicht aussetzt, mußten ihre Antennen die Radiosignale gleichmäßig nach allen Richtungen hin ausstrahlen. So war die Strahlungsleistung, die auf eine Flächeneinheit entfiel, für sämtliche Punkte einer imaginären Kugeloberfläche, in deren Mittelpunkt man sich die Station zu denken hat, ungefähr gleich.



In die Bodenempfangsantenne gelangt ein Teil der Strahlungsleistung, der durch das Verhältnis der effektiven Empfangsfläche der Antenne zur Oberfläche einer Kugel bestimmt wird. Ihr Radius gleicht der Entfernung von der Station zur Empfangsstelle. Zur Ver-



Lage des Instrumentenbehälters von Lunik III beim Fotografieren der Rückseite des Mondes. Die Pfeile rechts zeigen die Richtung der Sonnenstrahlen.

größerung der effektiven Antennenfläche für den Empfang der von der AIS ausgestrahlten Signale wurden riesige Empfangsantennen verwendet.

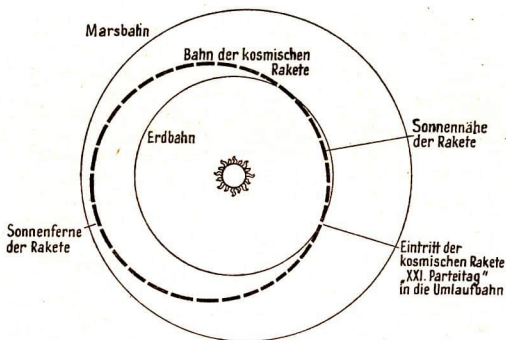
Aber selbst unter diesen Umständen ist die durchschnittliche Leistung, die ein gewöhnliches Fernsehempfangsgerät aufnimmt, um 100 000 000 Mal größer als die Leistung, die von den Beobachtungsstellen auf der Erde empfangen wird, wenn die Station ihre größte Entfernung von der Erde erreicht hat. So schwache Signale können nur durch sehr empfindliche Geräte mit einem niedrigen Eigengeräuschpegel aufgenommen werden.

Durch eine Reihe besonderer Maßnahmen wurden die Eigengeräusche der Bodenempfangsanlage auf ein Mindestmaß herabgesetzt.

Nach den Gesetzen der Informationstheorie und der Theorie der Störfestigkeit kann der Empfang sehr schwacher Signale beim Vorhandensein eines Störpegels dadurch gesenkt werden, daß man die Geschwindigkeit, mit der die Information durchgegeben wird, herabsetzt. In welchem Maß das zu geschehen hat, hängt von der für die Übertragung und den Empfang der Funksignale gewählten speziellen Methode ab.

Die sparsame Nutzung der Stromquellen an Bord der Station, das Vorhandensein einer Mehrzweckfunklinie mit kontinuierlicher Ausstrahlung, die Anwendung spezieller Bodenempfangsantennen und hochempfindlicher Empfangsgeräte, die Benutzung spezieller Methoden zur Bearbeitung und Übermittlung der Signale – all dies gestattete es, eine zuverlässige Funkverbindung mit der AIS aufrechtzuerhalten, das störungsfreie Funktionieren der Kommandofunklinie zu sichern und planmäßig die Mondbilder und die Fernmeßinformationen zu übernehmen.

Auf der Erde registrierten besondere Anlagen die Signale der Mondfotos von Fernsehbildern auf Filmstreifen. Das geschah durch Ma-



Bahn der kosmischen Rakete XXI. Parteitag (Lunik I)

gnetbandgeräte mit hoher Stabilität der Bewegungsgeschwindigkeit des Magnetbandes, durch Skiatrone (Elektronenstrahlröhren, die das Dargestellte lange auf dem Bildschirm bewahren) sowie durch offene Aufzeichnungsgeräte, die das Bild auf elektrochemisches Papier fixieren.

Durch die Bordfernsehapparaturen der AIS wurden Bilder aus Entfernungen bis zu 470 000 km übertragen. Damit ist experimentell erwiesen, daß es möglich ist, im kosmischen Raum über außerordentliche Entfernungen hin Halbtonbilder von großer Schärfe ohne wesentliche Entstellungen während der Fortpflanzung der Funkwellen zu senden.

Eine Portion Mondluft

Wir sind zu Besuch bei den sowjetischen Mondforschern. In dem Institut der Akademie der Wissenschaften der UdSSR sind alle Angaben der Luniks gründlich ausgewertet worden. Diese Raumflugkörper werden hier als die Gesandten zu „unserem Liebling“ betrachtet.

Der Direktor des Instituts erzählt uns lächelnd, daß er trotz seines Alters dem Mond noch selber einen Besuch abstatten will. Und dann erzählt er von den Forschungsergebnissen der Luniks.

Bis zu dem Experiment mit Lunik I war die herrschende Meinung, daß der Mond keine Atmosphäre besitzt. Lunik I und vor allem Lunik II jedoch stellten eine Mondionosphäre in 10 000 km Entfernung von seiner Oberfläche fest. Diese Ionosphäre entspricht etwa der Ionosphäre in unserer Erdatmosphäre. Die Ionosphäre der Erde besteht hauptsächlich aus ionisierten Stickstoff- und Sauerstoffatomen oder -molekülen und in großer Höhe aus ionisiertem Wasserstoff und aus Heliumatomen sowie aus freien Elektronen. Durch die ultraviolette Strahlung der Sonne werden Elektronen aus den Atomkernhüllen herausgeschossen.

Lunik I und Lunik II führten hochempfindliche Meßgeräte und Magnetometer an Bord mit. Diese Instrumente stellten kein Magnetfeld des Mondes fest. Das bedeutet, daß das Magnetfeld des Mondes gegenüber der Empfindlichkeit der Meßgeräte zu klein ist. Das Fehlen des Magnetfeldes läßt sich erklären:

Der Mond hat achtzigmal weniger Masse als die Erde. Bei der Erde erzeugt die große Masse hohe Druckverhältnisse im Erdinnern. Aus diesem Grunde gehen dort alle Elemente in die metallische Phase über, die das Magnetfeld erzeugt. Beim Mond hingegen gibt es wegen der geringeren Masse kein solches Magnetfeld.

Theoretische Erwägungen der sowjetischen Astronomen Fessenkow (geboren 1889) und Ambarzumjan (geboren 1908) ergaben, daß direkt an der Oberfläche des Mondes eine Atmosphäre vorhanden ist. Sie besteht wahrscheinlich aus Edelgasen wie Krypton, Argon und Xenon und hat sich offensichtlich deswegen erhalten, weil die Mondgravitation gegenüber diesen schweren Gasen groß genug ist.

Gibt es Leben auf dem Mond?

Lassen wir die Frage den führenden sowjetischen Biologen Oparin beantworten:

Gewöhnlich versuchen wir, uns über das Problem diese oder jene Vorstellung allein auf Grund indirekter, mitunter sehr unsicherer Daten zu machen. Meist untersuchen wir zu diesem Zwecke die physikalischen und chemischen Bedingungen, die an der Oberfläche herrschen, und vergleichen sie dann mit jenen, die für das Leben unserer irdischen Organismen erforderlich sind.

Es ist klar, daß es sich hierbei um eine sehr unzuverlässige Methode handelt. Schlußfolgerungen, die man auf Grund solcher Methoden zieht, auch bei der Untersuchung der erdnahen Himmelskörper Mond, Venus und Mars, haben meistens nur spekulativen Charakter.

So steigt zum Beispiel die Temperatur am Mondäquator auf über $+ 100^{\circ}$, wenn die Sonne im Zenit steht, während sie in der langen Mondnacht bis auf $- 150^{\circ}$ fällt. Solche schroffen Temperaturschwankungen sind jedoch nur für die äußerste dünne Schicht der Mondoberfläche charakteristisch, die anscheinend aus stark zerkleinerter vulkanischer Asche und teilweise aus Meteoritenstaub besteht. Diese Schicht ist wahrscheinlich nur wenige Zentimeter dick; dennoch besitzt sie vorzüglich isolierende Eigenschaften. Deshalb sind die Temperaturschwankungen unter der Schicht schon bedeutend geringer, und in einer Tiefe von einigen Metern, vielleicht sogar nur einigen Zentimetern, haben die Mondgesteine eine konstante Temperatur (von etwa $- 20^{\circ}$). Deshalb könnten sich die überaus problematischen Mondbewohner oder die in absehbarer Zeit den Mond anfliegenden Kosmonauten in verhältnismäßig flachen Spalten sowohl vor den sengenden Sonnenstrahlen, als auch vor der fürchterlichen Kälte der Mondnacht schützen.

Schlechter steht es mit einer Mondatmosphäre. Selbst wenn sich an der Mondoberfläche Gase befinden, kann man wohl nicht von einer Atmosphäre sprechen. Die von vielen beobachteten lokalen Trübungen in der Art zeitweiliger Nebel werden höchstwahrscheinlich von Gasen hervorgerufen, die durch vulkanische Tätigkeit auf dem Mond entstehen. Eine solche Erscheinung wurde unlängst von Kosyrew und Jeserski beobachtet, die die aus dem Krater Alphonsus austretenden Gase spektroskopisch untersuchten und dabei sogar kohlenstoffhaltige Verbindungen feststellten. Es ist jedoch höchst zweifelhaft, daß merkliche Massen dieser Gase von der Anziehungskraft des Mondes zurückgehalten werden. Jedenfalls ist es kaum denkbar, daß es Wasser oder Wasserdampf in meßbarer Menge auf dem Mond gibt. Das macht die Annahme sehr unwahrscheinlich, daß Leben auf dem Mond ist.

Aus diesen Überlegungen geht aber hervor, daß es nicht völlig ausgeschlossen ist, niederes Leben auf dem Mond zu finden. Sichere Auskunft darüber werden wir jedoch erst dann erhalten, wenn der Mond von Kosmonauten besucht wird. Um eventuelles Leben auf dem Mond in seiner ursprünglichen Form zu erhalten, machten sowjetische Wissenschaftler bekanntlich Lunik II keimfrei.

Auch in der Chirurgie – bei Operationen z. B. – werden Instrumente und vieles mehr sterilisiert. Durch Desinfektionen kann man Gegenstände keimfrei machen. Entweder werden sie in Alkohol, Formalin oder heute in Stoffe wie Wofacutan, Riasol, Riasept eingetaucht oder bepinselt. Eine andere Möglichkeit: die zu schützenden Gegenstände werden mit einem Anstrich versehen, der ver-

hindert, daß sich Keime daran festsetzen können. Ein Raumflugkörper kann nur, solange er auf der Erde ist, Keime anziehen, Keime haben. Im Weltraum selbst gibt es keine Keime. Sie würden durch die Ultraviolettstrahlung der Sonne vernichtet werden. Vom Mond jedoch kann man nicht mit absoluter Sicherheit sagen, daß es dort keinerlei Leben gibt. Damit die ersten Astronauten dieses Problem genau lösen können, werden die Raumflugkörper keimfrei gemacht. Das gestattet, bei einer Landung auf dem Mond exakt festzustellen, wie der Mond war, bevor ihn der Mensch oder Menschenwerk berührt hat.

Die Geschwister des Mondes

Durch neueste Forschungen sowjetischer und polnischer Wissenschaftler besteht jetzt die Wahrscheinlichkeit, daß die Erde außer dem uns bekannten Mond zwei kleine staubförmige Monde besitzt. Damit scheint sich eine Hypothese zu bestätigen, die seit dem Ausgang des 19. Jahrhunderts von verschiedenen Astronomen immer wieder vertreten wurde. 1954 sprach man in Fachkreisen von großen Meteoriten, die von der Anziehungskraft der Erde eingefangen worden seien und angeblich in einem Abstand von 650 bis 1000 km die Erde umlaufen.

Die Beobachtungen des Astronomen-Ehepaars Kordylewski von der Sternwarte Krakow deuten jedoch darauf hin, daß diese kleinen Monde als meteoritische Wolken möglicherweise von festen, mehrere Meter großen Körpern durchsetzt sind. Die beiden kleinen Trabanten umlaufen die Erde ungefähr in der gleichen Ebene und in der gleichen Entfernung wie der Mond.

Grundlage für diese Annahme waren zunächst spezielle theoretische und himmelsmechanische Erwägungen im Zusammenhang mit dem sogenannten Drei-Körper-Problem. Die vorher bestimmten Orte, an denen sich die kleinen Monde befinden sollten, zeigten jedoch keine solchen Objekte.

Als jedoch Dr. Witkowski, der Direktor der Sternwarte Poznan, die Meinung äußerte, daß die unbekannten Monde keine größeren Körper sein müßten, sondern auch als Wolken meteoritischer Kleinkörper vorhanden sein könnten, gelang ihre Feststellung. Vom 6. März bis 6. April und vom 16. bis 18. September 1961 wurden von dem Forscherehepaar zwei neblige Wolkengebilde von etwa zwei Bogengrad Ausdehnung entdeckt. Diese beobachteten Staubwolken konnten später an dem vorherberechneten Ort wieder aufgefunden

werden. Die Sichtbarkeit dieser neuen Monde ist jedoch außerordentlich gering, da sie stark durch das Zodiakallicht beeinträchtigt wird.

Dieses Tierkreislicht (Zodiakus – Tierkreis) kann man, wenn der Himmel nicht gerade voller Wolken hängt, in unseren Breiten im Frühjahr nach Einbruch der Dunkelheit, dort, wo die Sonne untergegangen ist, und im Herbst vor Aufgang der Sonne, dort, wo sie emporsteigen soll, als zarten kegelförmigen Lichtschein sehen. Das Zodiakallicht entsteht durch die Streuung des Sonnenlichtes an der interplanetaren Materie, die vorwiegend in der Hauptebene des Planetensystems lagert.

Drei Hürden für den Mondflug

Die durch die Sputniks entdeckten Strahlungsgürtel, die die Erde umgeben, werfen die Frage auf, ob es sich dabei nicht um gefährliche Hürden für den Flug des Menschen zum Mond handelt.

Seit undenklichen Zeiten dringt aus dem Weltall die kosmische Strahlung in die Erdatmosphäre ein. Bis vor wenigen Jahrzehnten wußten wir über diese Strahlung noch kaum etwas. Sie besteht aus einer Primärkomponente und aus einer Sekundärkomponente. Die Sekundärkomponente entsteht durch Zusammenprall der ursprünglichen Teilchen der kosmischen Strahlung mit den Atomen in den obersten Schichten der Erdatmosphäre. Die kosmische Strahlung ist im Gegensatz zum Licht, das eine elektromagnetische Wellenstrahlung darstellt, eine Partikelstrahlung.

Da die Primärstrahlung beim Zusammenstoß mit den Teilchen der Hochatmosphäre stark verändert wird, wußte man bis zum kosmischen Zeitalter im wesentlichen nur über die Sekundärstrahlung Bescheid. Sie besteht aus Elektronen. Außerdem entdeckten Wissenschaftler in ihr Mesonen, Teilchen, deren Masse zwischen der eines Elektrons und der eines Protons bzw. Neutrons liegt. An den Mesonen der kosmischen Strahlung bewies sich die theoretische Feststellung der Relativitätstheorie Einsteins, wonach für Systeme bzw. Teilchen, die fast die Lichtgeschwindigkeit erreichen und außerdem ständig beschleunigt werden, die Zeit anders (langsamer) verläuft. Die in die Atmosphäre der Erde eindringenden Mesonen bewegen sich annähernd mit Lichtgeschwindigkeit und werden durch das Gravitationsfeld der Erde ständig beschleunigt. Sie haben eine sehr kurze Lebensdauer und dürften an der Erdoberfläche eigentlich gar nicht mehr festzustellen sein. Daß man sie dort aber dennoch be-

obachtet, spricht sehr für die theoretische Behauptung der Relativitätstheorie.

Während es über die Primärkomponente der kosmischen Strahlung früher in erster Linie nur theoretische Überlegungen gab, konnte sie mit Hilfe der künstlichen Erdsatelliten zum ersten Mal direkt im Weltraum untersucht werden. Sie besteht aus Elektronen, aber auch aus Kernen von Wasserstoff- und Heliumatomen sowie aus Kernen schwererer Elemente. Die Primärteilchen der kosmischen Strahlung bilden unter der Einwirkung des Magnetfeldes der Erde drei Strahlungsgürtel, die erst durch die künstlichen Erdsatelliten entdeckt und erforscht wurden. Zum ersten Mal machte Sputnik II auf den innersten Strahlungsgürtel der Erde aufmerksam. Das Erdmagnetfeld ist also die Voraussetzung für die Bildung der Strahlungsgürtel der Erde.

Früher nahm man an, das Magnetfeld der Erde sei die Folge eines Nickeleisenkerns im Innern der Erde. Nach den Ergebnissen der modernen Wissenschaft ist das Erdmagnetfeld das Ergebnis des hohen Druckes im Innern der Erde. Durch den gewaltigen Druck gehen alle Stoffe im Zentrum des Erdkörpers in die sogenannte metallische Phase über, die den Erdmagnetismus und das Erdmagnetfeld ergibt.

Praktisch wirkt der Erdmagnetismus ähnlich wie ein Stabmagnet, den man sich in diesem Falle als gerade Verbindung zwischen dem magnetischen Nordpol und dem magnetischen Südpol der Erde vorstellen muß. Das heißt, um diesen „Stabmagneten“ bilden sich Kraftlinien, die ihre größte Annäherung an die Erde an den geomagnetischen Polen, und ihren größten Abstand am geomagnetischen Äquator haben.

Die Primärteilchen der kosmischen Strahlung, die zur Erde dringen, werden entlang diesen Kraftlinien festgehalten und bewegen sich in Schraubenlinien um sie herum. So entstehen die Strahlungsgürtel. Da der geomagnetische Äquator nur geringfügig gegen den geographischen Äquator der Erde geneigt ist, haben die Strahlungsgürtel über dem Erdäquator ihre größte Ausdehnung; in den polnahen Gebieten der Erde sind sie dagegen kaum wirksam.

Die drei mit Hilfe der künstlichen Erdsatelliten um die Erde festgestellten Strahlungsgürtel befinden sich in folgenden Entfernungen: Der erste Strahlungsgürtel erstreckt sich von 500 km bis zu 5500 km Höhe.

Der zweite (mittlere) Strahlungsgürtel der Erde befindet sich in einer Entfernung von rund 6400 bis 9800 km (2 bis 3 Erdradien).

Der zuletzt entdeckte äußerste Strahlungsgürtel der Erde ist sehr

weit entfernt und befindet sich in 50 000 bis 70 000 km Abstand von unserem Planeten.

Während der mittlere und der äußere Strahlungsgürtel im wesentlichen aus energiereichen Elektronen bestehen und Lebewesen in Weltraumschiffen kaum gefährlich werden können, ist der innere Strahlungsgürtel mit seinen hohen Energien absolut lebensfeindlich. Ein selbst nur kurzzeitiger Aufenthalt in diesem Strahlungsgürtel würde für hochorganisierte Lebewesen, wie Hunde, Affen oder gar Menschen, tödliche Folgen haben. Deswegen verliefen auch alle bisherigen Raumschiffbahnen, auf denen sich bemannte Raumschiffe oder Raumkapseln bewegten, unter dem innersten Strahlungsgürtel.

Bahnen bemannter Raumschiffsatelliten, die durch die Zonen der Strahlungsgürtel führen, sind nicht möglich, wohl aber solche, die zwischen diesen Zonen oder gänzlich außerhalb des Bereiches der Strahlungsgürtel liegen. Die Intensität der Strahlungsgürtel schwankt – wie überhaupt das Auftreten der kosmischen Strahlung – in Abhängigkeit von der Sonnenaktivität. Bekanntlich unterliegt die Sonnenaktivität einer elfjährigen Periode. Alle 11 Jahre tritt ein Sonnenfleckenmaximum ein, das von starken Protuberanzen (Ausbrüchen von Wasserstoffgas), Fackeln (Überhitzungen in der Sonnenatmosphäre) und ähnlichen Erscheinungen begleitet ist. Zur Zeit eines Sonnenfleckenmaximums ist auch die solar bedingte kosmische Strahlung und die Intensität der Strahlungsgürtel am stärksten.

Die Untersuchung der kosmischen Strahlung in Höhen von 25 bis 30 km hat bewiesen, daß auf der Sonne durchschnittlich ungefähr einmal in 1 bis 2 Monaten aktive Gebiete auftreten, von denen neben Strömen geladener Teilchen von niedriger Energie auch Ströme kosmischer Strahlung mit Energien bis zu 30 Milliarden Elektronenvolt ausgesendet werden. Diese Strahlung erfüllt innerhalb einiger Stunden den interplanetaren Raum und erreicht auch die Erde. Das berichtet Prof. Georgi Shdanow, einer der sowjetischen Spezialisten für Strahlungsforschung. Bei künftigen Raumflügen müssen diese Beobachtungen berücksichtigt werden.

Es wird trotz aller Forschungsergebnisse noch vielfach angenommen, daß die Strahlungsgürtel der Erde ein ernsthaftes Hindernis für Flüge zum Mond bzw. für den interplanetaren Verkehr bilden können. Das ist weit gefehlt, denn ihre Intensität nimmt von etwa 50 Grad geomagnetischer nördlicher und südlicher Breite an derart stark ab, daß ein Start von Raumschiffen aus diesen Gebieten der Erde völlig gefahrlos ist.

Daß man über Ausbreitung, Aufbau und Intensität der Strahlungs-

gürtel, deren Existenz noch vor wenigen Jahren völlig unbekannt war, in derartig kurzer Zeit so viel erfahren konnte, ist ein großer Triumph internationaler Wissenschaft. Die Beiträge, die sowohl sowjetische als auch amerikanische Raumflugkörper zu diesen neuen Erkenntnissen der Wissenschaft geliefert haben sowie die beiderseitigen Veröffentlichungen darüber, sind ein Musterbeispiel dafür, wie fruchtbar die internationale Raumfahrtforschung sein kann, wenn sie den Zielen der friedlichen Erforschung des Weltenraums dient. Leider steht dieses Beispiel noch vereinzelt da. Es unterstreicht eindringlich die sowjetischen Vorschläge, Raketen und Raumflugkörper ausschließlich für die Zwecke der friedlichen Erforschung des Weltenraums zu nutzen und gemeinsame Forschungsprojekte auf internationaler Ebene in Angriff zu nehmen.

Die weitere Erforschung der drei Strahlungsgürtel der Erde ist wissenschaftlich hoch interessant und besonders im Hinblick auf die Vorbereitung längerer bemannter Weltraumflüge von großer Wichtigkeit. Nicht zuletzt wurden gerade auch aus diesem Grunde die neuen sowjetischen Forschungssatelliten der Kosmosserie gestartet. Nach den ersten Ergebnissen der Forschung mit den sowjetischen Satelliten und den amerikanischen Raumflugkörpern scheinen die drei Strahlungsgürtel Zonen unterschiedlicher Strahlungsintensität zu sein. Zusammen ergeben die drei Zonen einen großen pfannkuchenartigen Strahlungsring um die Erde.

Der amerikanische Beitrag

Während die neuen sowjetischen künstlichen Erdsatelliten der Kosmosserie die Energieverteilung im innersten gefährlichen Strahlungsgürtel der Erde erforschen, wurden laut „The Aeroplane“ 101 (1961) 2619, S. 817, durch den amerikanischen Satelliten „Explorer XII“ neue interessante Entdeckungen über die Zusammensetzung des äußeren weitgehend ungefährlicheren Strahlungsgürtels der Erde gemacht.

Hierüber liegen Mitteilungen von der amerikanischen Weltraumbehörde „NASA“ vor.

Der am 15. August 1961 gestartete amerikanische Satellit durchflog während seiner aktiven „Lebenszeit“ 204mal bei 102 Erdumkreisungen den äußeren Strahlungsgürtel. Seine Bahn hatte anfänglich ein Perigäum von 292 km und ein Apogäum von 77 000 km. Die Umlaufzeit betrug 26 h 25 min. Nach Mitteilung von Dr. Frank McDonald (NASA Goddard Space Flight Center) konnte mit Hilfe der

Meßinstrumente dieses Satelliten festgestellt werden, daß im äußeren Strahlungsgürtel etwa tausendmal weniger Elektronen vorhanden sind als man bisher angenommen hatte. Ferner deuten die Meßergebnisse des Satelliten darauf hin, daß der Protonenanteil bedeutend größer ist. Nach Meßwerten früherer Satelliten schien ein höherer Elektronenanteil vorhanden zu sein. Die Meßinstrumente von Explorer XII zeigten genau das Gegenteil an. Die Energie der festgestellten Protonen ist allerdings relativ gering. Sie beträgt weniger als 1×10^6 eV. Für den bemannten Raumflug bilden derart energiearme Protonen keinerlei Gefahr. Die endgültige Auswertung empfangener Signale wird genauere Aufschlüsse über die Energieverteilung und die räumliche Verteilung der Protonen zulassen. Das wird zu einer beträchtlichen Erweiterung unserer augenblicklichen Kenntnisse über die solar-terrestrischen Beziehungen führen.

Die Signale des Explorer XII brachen am 6. Dezember 1961 um 13^h 12 min plötzlich ab. Er befand sich zu diesem Zeitpunkt im Empfangsbereich der Minitrack-Station in Woomera, Australien. Dem Aussetzen des Senders gingen keinerlei Störungen voran. Obgleich von allen Minitrack-Stationen die Frequenzen des Satelliten auch weiterhin abgehört wurden, konnten von diesem Zeitpunkt an keine weiteren Signale mehr aufgenommen werden. Man vermutet, daß eines der Hauptsysteme seiner Energieversorgungsanlage ausgefallen ist. Gerechnet war mit einer aktiven Lebensdauer von einem Jahr. In solchem Zeitraum ändert sich die Bahn beträchtlich. Infolge der Störungen durch Sonne und Mond steigt das Perigäum in einem Jahr von 292 km auf etwa 800 km an. Nach rund 270 Tagen erwartet man das Maximum der Perigäumshöhe mit rund 1000 km. Danach sinkt es wieder ab, bis nach etwa zwei Jahren der Satellit in dichteren Schichten der Atmosphäre verglühen wird.

Mit vier verschiedenen Meßinstrumenten untersuchte Explorer XII außerdem die solare kosmische Strahlung im Raum außerhalb der Strahlungsgürtel der Erde. Nach der endgültigen Auswertung dürften auch hierfür interessante Feststellungen getroffen werden. Insgesamt 4000 km Tonband, was etwa 50 000 000 gesprochenen Worten entspricht, füllen die registrierten Werte. Fast 80 Prozent aller in seiner Aktivphase abgestrahlten Meßwerte sind somit registriert.

Ein anderes interessantes Experiment konnte mit diesem Satelliten ausgeführt werden: An seiner Außenhaut waren vier besondere Abschnitte von Solarbatterien angebracht, mit denen man die Wirkung der hochenergetischen Teilchen der Strahlungsgürtel auf die Lebensdauer von Sonnenzellen untersuchen wollte. Einer der Abschnitte war ungeschützt, und die übrigen waren mit Glas von 0,075,

von 0,5 und von 1,5 mm Stärke abgedeckt. Nach den beiden ersten Umläufen war die Leistungsfähigkeit der ungeschützten Zelle schon um 50 Prozent geringer. Bis zum Aussetzen des Senders sank die Leistungsfähigkeit um weitere 25 Prozent. Die Zellen mit der Glasabdeckung von 0,5 und 1,5 mm Stärke zeigten keine Leistungseinbuße, während die Energielieferung der Zelle mit der Abdeckung von 0,075 mm Stärke um 5 Prozent abnahm. Der Strahlungsdruck der Sonne auf die „Solarbatterie-Paddel“ bewirkte eine Zunahme der Rotationsgeschwindigkeit von 27 auf 33 Umdrehungen pro Minute.

Eis auf dem Mond?

Wie weit die sowjetische Astronautik auf dem Wege zum Mondflug ist und wie dabei die maximale Sicherheit des Menschen oberstes Gesetz ist, sagt uns der Kandidat der physikalisch-mathematischen Wissenschaften W. Djomin:

Durch die großartigen Erfolge der sowjetischen Wissenschaftler, Ingenieure und Konstrukteure, die in technischer Hinsicht bewundernswerte kosmische Raketen und Weltraumschiffe gebaut haben, wurden solche grandiosen wissenschaftlichen Experimente, wie der Flug einer kosmischen Rakete zum Mond, das Umfliegen des Mondes durch eine automatische interplanetarische Station, das Fotografieren der von der Erde aus nicht sichtbaren Seite der Mondoberfläche sowie die Weltraumflüge der sowjetischen Kosmonauten Gagarin, Titow, Nikolajew und Popowitsch verwirklicht. All das läßt die Annahme zu, daß die Zeit nahe ist, wo der Flug eines Menschen um den Mond mit Rückkehr zur Erde technisch durchführbar ist. Dagegen ist das Problem des Flugs eines bemannten Weltraumschiffs, das auf dem Mond landet, eines der größten Probleme für die Weltraumforschung der Zukunft.

Bevor man aber eine solche komplizierte Aufgabe lösen kann, ist es notwendig, mit den verschiedensten Methoden eingehende und vielseitige Untersuchungen des Mondes durchzuführen.

Nicht ganz 400 000 km trennen uns vom Mond. Für Weltraumverhältnisse ist diese Entfernung geradezu winzig. Doch dessen ungeachtet und obwohl erstaunlich exakte und meisterhafte astronomische Beobachtungen durchgeführt werden, bereitet es den Astronomen bei der Erforschung der physikalisch-chemischen Eigenschaften und der Vorgänge auf dem Mond viele Schwierigkeiten.

Getan worden ist schon viel. Es wurde eine kartographische Darstellung der Mondoberfläche vorgenommen, die durch ihre Genauigkeit

zuweilen sogar die Geodäten in Erstaunen versetzt. Die Höhe der Mondberge und der Temperaturwechsel während der Mondtage und -nächte sind bekannt, und die Bewegung des Mondes ist eingehend untersucht. Trotzdem aber werden bis jetzt immer noch imposante Entdeckungen auf unserem natürlichen Erdtrabanten gemacht.

Erst vor wenigen Jahren beobachtete der Astronom Kosyrew aus Pulkowo auf dem Mond, den man sich oft als eine tote Welt vorstellt, das Ausströmen von Gasen aus dem Krater Alphonsus. Bis zu diesem Zeitpunkt waren die Astronomen davon überzeugt, und das war ihnen durch Beobachtungen bestätigt worden, daß die Oberfläche des Mondes ein Ozean von Staub sei. Man nahm auch an, daß seine Rinde aus ausgeworfenem Basaltgestein bestehe. Diese Ansichten, die fast zu einem Dogma geworden waren, wurden überraschenderweise von einer Gruppe sowjetischer Astronomen, unter Leitung von Professor Troizki, widerlegt. Mit Hilfe von Radioteleskopen inländischer Produktion führten sie eine eingehende Sondierung des Mondes durch und stellten fest, daß seine obere Schicht eine homogene, schlackenartige, harte und poröse Masse ist. Diese Schicht ist äußerst leicht. Ihrer Dichte nach ist sie zweimal leichter als Wasser und ähnelt Watte. Jedoch die chemische Zusammensetzung dieser Schicht bleibt zunächst noch ein Rätsel. Die Funksondierung des Mondes zeigte, daß die Temperatur in einer Tiefe von 1 bis 2 m -50° beträgt, und daß die Mondrinde wahrscheinlich im wesentlichen aus Granitgesteinen besteht.

Von unbestreitbarem wissenschaftlichem und praktischem Interesse für die Weltraumfahrt sind die Untersuchungen des Mondeises. Eis auf dem Mond! Auch davon berichteten uns die Funkwellen. Ausgehend von diesen Mitteilungen kam die Vermutung auf, daß die Schicht, die Eiskristalle enthält, ungefähr 800 m dick ist.

Es geht um jedes Kilogramm

Für die Weltraumfahrer ist es sehr wichtig, zu wissen, wie die mechanischen Eigenschaften der oberen Schicht des Mondes beschaffen sind und wieviel Eis sie enthält. Von den Eigenschaften der Oberfläche hängt ab, wie später eine weiche Landung technisch durchgeführt werden kann, und von der Menge des Eises, wie groß der mitgeführte Wasservorrat an Bord des Weltraumschiffes sein muß. Wer diese Zeilen liest, könnte mit einem Lächeln fragen: „Ist denn die Verringerung des Gewichts wirklich so bedeutend? Was sind schon einige Dutzend Kilogramm?“ Aber darum geht es gerade.

Beim gegenwärtigen Stand der Technik kämpfen die Konstrukteure um jedes Kilogramm Gewicht. Anstelle von einigen Dutzend Litern Wasser könnten einige wissenschaftliche Geräte mitgenommen werden, die mit Halbleitern arbeiten.

Leider wissen wir zu wenig über die obere Schicht des Mondes und noch viel weniger über das Mondes und seine Verwendbarkeit für die Zubereitung von Trinkwasser. All das und vieles andere muß geklärt werden, bevor die erste Expedition von Weltraumfahrern zum Mond fliegt. Außerordentlich wichtig ist die Klärung der Frage, wo man am besten auf dem Mond landen kann. Am Äquator des Mondes ist es zu Mittag außerordentlich heiß. Eine Landung auf der Rückseite ist unmöglich, da dabei die Funkverbindung mit der Erde abreißt. Offensichtlich sind die mittleren Breiten der sichtbaren Seite des Mondes die beste Landestelle für den Weltraumfahrer. Welche Oberflächengestalt des Mondes ist nun aber als Landeplatz vorzuziehen? Die ausgedehnten Mondmeere sind ein bequemer Landeplatz. Aber von dort wären die Weltraumfahrer zu weit von den interessanten Objekten, wie den Ringgebirgen und den Kratern, entfernt.

Die Lösung all dieser Probleme ist nicht nur eine Aufgabe der Astronomie. Der Anfang wurde bereits 1959 gemacht, als die zweite sowjetische kosmische Rakete, Lunik II, die Mondoberfläche erreichte und in der Nähe des Kraters Aristillus östlich vom Mare Serenitatis, ungefähr 800 km vom Mittelpunkt der uns zugewandten Seite des Mondes entfernt, herunterging. Die Geräte, mit denen diese Rakete ausgerüstet war, vermittelten eine Menge interessanter Angaben über die physikalischen Eigenschaften der Erde und des Mondes und des kosmischen Raums. Eines der überraschendsten Ergebnisse war die Feststellung, daß rings um den Mond ein Magnetfeld fehlte. Das bedeutet, daß der Mond keine Strahlungsgürtel ähnlich denen haben kann, die bei der Erde festgestellt wurden. Hängt doch schließlich von der Größe und Intensität der für die Weltraumfahrer schädlichen Strahlungsgürtel die Wahl der Konstruktion des Weltraumschiffs und die Wahl der Flugbahn ab. Daher ist die Feststellung über den Charakter des Magnetfeldes des Mondes nicht nur von Interesse für die Wissenschaft, sondern sie hängt auch unmittelbar mit den Perspektiven für die Weltraumflüge zusammen.

Knapp einen Monat nach dem Flug der zweiten kosmischen Rakete startete am 4. Oktober 1959 die dritte sowjetische kosmische Rakete. Mit ihrer Hilfe wurde zum ersten Male die Rückseite des Mondes fotografiert und Bilder hiervon zur Erde übertragen.

Reiseroute und Reisegeschwindigkeit

Um die Flugstrecke zum Mond richtig auszuwählen, ist es notwendig, die Besonderheiten in der Bewegung des Mondes zu berücksichtigen. Als natürlicher Erdtrabant bewegt er sich auf einer angehöhten Kreisbahn um die Erde. Die mittlere Entfernung vom Mond zur Erde beträgt durchschnittlich 384 400 Kilometer. Einen vollständigen Umlauf um die Erde vollführt der Mond in ungefähr 27,3 Tagen. Auf seiner Bahn, d. h. in einer Ebene, die unter einem Winkel von 18 bis 28 Grad zur Äquatorebene der Erde geneigt ist, bewegt er sich mit einer Geschwindigkeit von 1 km pro Sekunde.

Aus der Himmelsmechanik geht hervor, daß zur Erreichung des Mondes mit einem kosmischen Flugkörper am Ende des aktiven Abschnitts (der Flug auf diesem Abschnitt erfolgt mit arbeitenden Triebwerken) die Rakete eine Geschwindigkeit erhalten muß, die nahe der Parabelgeschwindigkeit liegt. Unter Parabelgeschwindigkeit ist die Mindestgeschwindigkeit zu verstehen, die ein Körper erreichen muß, um die Anziehungskraft der Erde zu überwinden (diese Geschwindigkeit wird unter der Voraussetzung berechnet, daß keine anderen Himmelskörper auf die Rakete wirken). Die Parabelgeschwindigkeit oder zweite kosmische Geschwindigkeit beträgt an der Erdoberfläche für eine Reise zum Mond 11,2 km pro Sekunde.

Wenn das Ende des aktiven Abschnitts der Flugbahn in 200 km Höhe liegt, ist die Mindestgeschwindigkeit, die zur Erreichung des Mondes notwendig ist, 100 m pro Sekunde geringer als die Parabelgeschwindigkeit. Die Flugbahn des Weltraumschiffs wird unter diesen Bedingungen eine Halbellipse sein. Man muß jedoch berücksichtigen, daß Fehler vorkommen können, wenn das Raumschiff auf seine Bahn gebracht wird. Daher müssen in jedem Falle die Anforderungen geklärt werden, die die Himmelsmechanik an ein genaues Arbeiten der Raketensysteme stellt. Berücksichtigt man diese Anforderungen, so zeigt sich, daß die hinsichtlich der Energiefrage gewählte günstige Flugbahn ungeeignet ist. Wenn beim Start des Weltraumschiffs ein Fehler in der Geschwindigkeit von nur 10 m pro Sekunde auftritt, so verändert sich die Flugweite der Rakete um 40 000 km. Ist es möglich, Flugbahnen zu wählen, die weniger empfindlich gegen Fehler sind? Ja, das ist möglich, aber sie verlangen etwas größere Anfangsgeschwindigkeiten und folglich auch größere Treibstoffmengen.

Es wäre jedoch falsch, daraus zu schlußfolgern, daß der Bereich der Anfangsgeschwindigkeiten nahe der Parabelgeschwindigkeit in

jeder Hinsicht am günstigsten sei. Fehler können nicht nur hinsichtlich der Größe der Geschwindigkeit, sondern auch hinsichtlich der Richtung gemacht werden. Es zeigt sich, daß sich Fehler in der Richtung bei Mindestgeschwindigkeiten am wenigsten auswirken. Große Geschwindigkeiten machen auch ein genaueres „Zielen“ erforderlich. So ergibt sich, daß die Anforderungen an die Größe der Geschwindigkeit und die Genauigkeit der Richtung entgegengesetzt sind.

Daher erfolgt die Wahl der günstigsten Geschwindigkeit unter Berücksichtigung der Richtungsgenauigkeit der Steuerautomatik und der Triebwerke der Rakete. Das relativ genaue Arbeiten der Raketen-systeme ist durch zahlreiche Faktoren bedingt. Wenn der Treibstoffverbrauch pro Sekunde etwas unter dem berechneten Wert liegt, dann gewinnt die Rakete langsamer an Höhe. Dadurch wird die Rakete von der voraus berechneten Flugbahn abweichen. Ungenaueres Arbeiten der Automatik, die das Drehen der Lenkorgane bewerkstelligt und die Form des aktiven Abschnitts der Flugbahn bestimmt, ruft ein Abweichen der Rakete von der festgelegten Flugbahn hervor. Verspätungen in der Abtrennung der leeren Raketenstufen führen dazu, daß die Rakete schwerer als vorgesehen wird und nicht die geplante Geschwindigkeit erreicht. Fehler beim Start führen auch zu einem Abweichen der Rakete vom vorgesehenen Punkt, wo sie mit dem Mond zusammentreffen soll.

Der Kampf gegen diese Fehler kann in verschiedenen Richtungen geführt werden. Erstens wählt man Flugbahnen aus, die am wenigsten empfindlich gegen die Fehler des ausgearbeiteten Raketen-systems sind. Die zweite Möglichkeit ist die Korrektur der Fehler mit Hilfe der Raketentriebwerke. Diese sehr wirkungsvolle Methode wurde beim Start der interplanetarischen automatischen Station zur Venus erprobt. Die Station wurde von einem Sputnik aus gestartet. Ungenauigkeiten beim Start des Sputniks, d. h. der Trägerrakete, wurden durch schnell arbeitende Elektronenrechenmaschinen berücksichtigt, und erst danach wurde die interplanetarische Station gestartet. Durch diese Methode konnten Fehler im Arbeiten der ersten Stufen der Rakete ausgeschaltet werden.

Schließlich ist auch noch eine dritte Methode zum Korrigieren von Fehlern möglich, und zwar die Korrektur des Fluges der Rakete in der Nähe des Bestimmungsplaneten. Dazu wird im Weltraumschiff ein zusätzliches Raketentriebwerk eingebaut, das sich automatisch oder auf Kommando von der Erde in der Nähe des Flugziels einschaltet und die Flugbahn des Weltraumschiffs korrigiert.

Bei einer Einschätzung des summarischen Effekts der verschiedenen Fehler stellt sich nach Berechnungen sowjetischer und ausländischer

Wissenschaftler heraus, daß die höchstzulässigen Fehler für elliptische Flugbahnen zum Mond in der Geschwindigkeit ungefähr 10 m pro Sekunde und in der Richtung 4 Bogenminuten betragen können. Für hyperbolische Flüge ist ein Fehler in der Geschwindigkeit von 20 bis 40 m pro Sekunde zulässig, und der Fehler im Flugwinkel verringert sich auf 3 Bogenminuten. Weniger wesentlich ist der Fehler hinsichtlich der Höhe, auf die das Weltraumschiff gebracht wird. Ein Fehler in der Höhe um 50 m ergibt eine Abweichung des Flugkörpers vom Mittelpunkt des Mondes um 43 km.

Drei Landemöglichkeiten

Eines der komplizierten Probleme ist die Landung eines Weltraumschiffs oder eines Behälters mit wissenschaftlicher Apparatur auf der Oberfläche des Mondes. Die Methodik der Landung auf dem Mond unterscheidet sich wesentlich von der Landung eines Weltraumschiffs auf der Erde. Die entwickelten Methoden zur Landung von Raketen auf der Erde stützen sich auf die Erdatmosphäre als „Luftbremse“. Aber auf dem Mond gibt es praktisch keine Atmosphäre.

Daher muß beim Landen auf dem Mond eine neue Methodik benutzt werden. In der Kosmonautik kennt man drei Methoden zum Landen auf dem Mond. Die erste Methode ist eine „harte“ Landung mit Aufprall ohne Verzögerung der Fluggeschwindigkeit des Weltraumschiffs. Beim Flug zum Mond wird die Geschwindigkeit des Weltraumschiffs in der Nähe des Mondes 2,5 bis 3,3 km pro Sekunde betragen. Es ist eine außerordentlich komplizierte Aufgabe, Konstruktionen zu schaffen, die die Beanspruchungen aushalten können, die bei diesen Geschwindigkeiten entstehen. Die Beförderung des Wimpels der Sowjetunion zum Mond ist ein Beispiel für eine derartige harte Landung.

Die andere Methode ist eine Landung mit teilweiser Abbremsung der Raketengeschwindigkeit. Bei dieser Variante orientieren automatische Vorrichtungen beim Eintritt der Rakete in die Wirkungssphäre des Mondes die Raketenlängsachse in Richtung auf den Mittelpunkt des Mondes, und danach schalten sich die Raketentriebwerke ein, die die Geschwindigkeit der Rakete auf einen bestimmten Wert verringern. Im Augenblick der Landung auf dem Mond darf die Rakete nur eine Geschwindigkeit von einigen 100 m pro Sekunde haben, um den Aufprall auf der Mondoberfläche auszuhalten.

Die dritte Landungsmethode schließlich, die bei der Beförderung wissenschaftlicher Ausrüstungen mit höchster Präzision zum Mond und beim Landen von Menschen auf dem Mond die wichtigste ist, ist die weiche Landung, ähnlich dem Landen eines Flugzeugs.

Für diese Landemethode ist es notwendig, beim Abflug von der Erde die Flugbahn nicht nur unter Berücksichtigung der oben formulierten Anforderungen, sondern auch unter Berücksichtigung folgender zusätzlicher Bedingung zu wählen. Beim Eintritt in die Wirkungssphäre des Mondes muß die Rakete eine möglichst geringe Geschwindigkeit haben. Sie wird ungefähr 3 km pro Sekunde betragen.

Bei der Annäherung an den Mond wird sich das Weltraumschiff automatisch mit seinen Düsen in Richtung des Mondes drehen, und dann schalten sich ein oder mehrere Bremstriebwerke ein. Die Geschwindigkeit der Rakete wird sich auf einige Dutzend Meter pro Sekunde verringern, und die Rakete wird ohne Beschädigung auf dem Mond aufsetzen. Um einen Staubwirbel oder Brand infolge unvollständiger Verbrennung des Treibstoffs zu vermeiden, hören die Raketenmotoren in ungefähr 30 m Höhe auf zu arbeiten. Der Stoß beim Aufsetzen kann durch federnde Stützen abgefangen werden.

Luna IV

Im April 1963 unternahm die Sowjetunion einen weiteren Schritt, um den Raum zwischen Erde und Mond zu erforschen. Sie startete einen kosmischen Raumflugkörper, der sich in der Zeit vom 2. April 1963 bis 6. April 1963 auf einer elliptischen Bahn zwischen Erde und Mond befand. Ziel dieser Raumfahrtforschung war es, das Gebiet zwischen Erde und Mond sowie das Gebiet des Mondes selbst im Rahmen des sowjetischen Monderforschungsprogramms näher zu untersuchen.

Bemerkenswert an diesem Versuch ist das hohe Gewicht der interplanetaren automatischen Raumstation Luna IV mit fast 1500 kp. Die Bahn war so angelegt, daß die Brennschlußgeschwindigkeit der letzten Stufe des Trägersystemsystems ungefähr 80 m/sec unter der zweiten astronautischen Geschwindigkeit von 11,2 km/sec lag. Somit wurde die nahezu geringste Geschwindigkeit gewählt, die bei einem Flug zum Mond möglich ist. Daraus resultiert auch die lange Reisedauer von 3,5 Tagen.

Der Start erfolgte aus einer Park- oder Zwischenbahn, auf die zunächst die letzte Stufe des Trägersystemsystems gebracht wurde.

Sie bewegte sich anfangs antriebslos auf ihrer Bahn, wurde dann gezündet, worauf der eigentliche Start und Flug in Richtung unseres natürlichen Erdtrabanten erfolgte.

Die Raumsonde überflog die Mondoberfläche zur festgesetzten Zeit in einer Höhe von 8500 km. Die Station passierte den Mond südlich der Mondkugel.

Durch das Gravitationsfeld des Mondes wurde die Bahn verändert. Ihr Verlauf ist vorläufig so, daß das Apogäum in 700 000 km Erdentfernung und das Perigäum in 90 000 km Erdentfernung liegen. Durch die bahnstörenden Einflüsse von Mond und Sonne wird sich diese Bahn allmählich auflösen und in eine Planetenbahn um die Sonne umformen.

Die relativ geringe Brennschlußgeschwindigkeit der letzten Träger-raketenstufe, die unterhalb von 11,2 km/sec lag, bewirkte – und das lag in der Absicht des Experiments mit Luna IV –, daß die Raumstation dem Gravitationseinfluß der Erde nicht entgehen konnte. Beim Vorüberflug an dem Mond wurde die Bahn stark verändert, und zwar nicht nur in ihrer Form, sondern auch in der Bahnebene, das heißt in ihrer Lage zur Erdbahn- und zur Mondbahnebene, ebenso zur Ebene des Erdäquators.

Es ist anzunehmen, daß Luna IV auf der ursprünglichen Ellipsenbahn um die Erde mehrere Umdrehungen ausführen wird. Da das Perigäum in der großen Entfernung von 90 000 km liegt, besteht keine Gefahr des Eindringens in die Erdatmosphäre und damit des Verglühens. Da sich die Stellungen von Sonne und Mond zur Bewegung der Raumstation dauernd ändern, unterliegt Luna IV beständig einem wechselnden Gravitationseinfluß dieser Himmelskörper. Das führt mit der Zeit dazu, daß die Raumstation von ihrer anfänglichen Bahn, in der noch die Erdschwerkraft bestimmend ist, in eine andere Bahn überwechselt, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht. Auf diese Weise wird aus Luna IV ein fester Bestandteil unseres Sonnensystems, der – wie die Erde und die anderen Planeten – die Sonne umläuft.

Ehe der Mensch den Mond betritt

In der astronomischen Monderforschung hat sich – wie wir sahen – in den vergangenen 15 Jahren manches verändert. Abgesehen von der Möglichkeit, kosmische Raumflugkörper in unmittelbare Nähe des Mondes gelangen zu lassen oder mit technischen Geräten direkt auf ihm zu landen, ist die astronomische Forschung heute nicht mehr

allein auf die früher einzig möglichen Methoden der visuellen oder fotografischen Beobachtungen angewiesen.

Seit rund 15 Jahren gibt es die Radarbeobachtung in der Astronomie, die sogar schon auf die Planeten Merkur, Venus und Mars ausgedehnt werden konnte. Die vom Mond erhaltenen Radarechos haben neue Aufschlüsse über die Struktur und Beschaffenheit seiner Oberfläche geliefert. Auf diese Beobachtungsergebnisse stützen sich Hypothesen über das Mondinnere, die unsere bisherigen Auffassungen darüber revolutionieren.

Seit etwa 1960 wurde eine völlig neue Methode der Mondbeobachtung angewandt, die auf der Laseroptik beruht. Sie erlaubt es, kurze Lichtblitze sehr hoher Energie zu erzeugen. Mit Hilfe eines Rubinlasers werden Impulse von 50 joule Energie durch riesige Teleskope auf den Mond geschickt. Mit großen Cassegrain-Spiegelteleskopen konnten die Echos dieser Blitze nach entsprechender Zeit auf der Erde empfangen werden. Bisher wurden auf diese Weise die Mondgebiete in der Umgebung der Ringgebirge Albategnius, Kopernikus und Tycho untersucht. Mit der neuen Methode ist es nunmehr gelungen, Gebiete des Mondes mit künstlichem Licht im sichtbaren Spektralbereich so anzustrahlen, daß die scheinwerferähnliche Beleuchtung von der Erde aus wahrgenommen werden kann.

Trotz all der Fortschritte ist wissenschaftlich sowohl durch Beobachtung von der Erde aus als auch durch die direkte Erforschung der Mondoberfläche mit Raumflugkörpern noch sehr viel zu tun, ehe die ersten Raumfahrer gefahrlos ihren Fuß auf den Boden unseres Nachbarn im Weltenraum setzen können.

Vor allem gilt es, sich 100prozentige Klarheit über die Struktur des Mondbodens zu verschaffen. Dazu genügt bei weitem nicht nur die Aussetzung einer automatischen Station an einer Stelle der Mondoberfläche. Sowjetische Auswertungen von Radarmessungen ergaben einen einheitlichen festen, wenn auch sehr porösen Mondboden. Aber die Astronomen der Budapester Sternwarte haben während des Aufschlags von Lunik II in der Nähe der Mondapenninen eine aufgewirbelte Staubwolke beobachtet. Es ist nicht von der Hand zu weisen, daß die Beschaffenheit des Mondbodens an verschiedenen Stellen auch verschieden sein kann. Gewißheit über diese Frage vor dem ersten bemannten Mondflug ist unerläßlich. Alle Hypothesen, die es auf diesem Gebiet heute gibt, werden erschwert, weil wir keine Anschauung davon haben, wie eine „Verwitterung“ des Gesteins ohne Existenz einer Atmosphäre erfolgt. Verwitterung und Bodenbildung sowie Erosion und Sedimentation, wie wir sie von der Erde her kennen, kann es natürlich auf dem

Mond nicht geben. Dafür dürfte es aber eine schon durch die hohen Temperaturen am Tage und den schroffen Gegensatz dazu in der Mondnacht bedingte physikalische Verwitterung auf dem Mond geben. Dabei wird der Transport bröckelnden Gesteins nicht durch Bäche oder Flüsse, sondern allein durch die an der Mondoberfläche wirkende Schwerkraft besorgt. Also selbst wenn der Mond, wie es heute scheint, von keiner Staubschicht bedeckt ist, Unebenheiten und Hindernisse, die eine weiche, unbeschädigte Landung auf dem Monde erschweren, gibt es genug.

Eine weitere Frage, die vorher zu klären ist, stellt das Problem einer restlichen Atmosphäre unmittelbar über der Mondoberfläche dar. Es kann sich um für die Astronomie unwichtige Reste von Gasen handeln, die die Behauptung, der Mond besitze keine Atmosphäre, kaum beeinträchtigen. Bei einer bemannten Landung aber kann das aus der Entfernung so unwesentlich Erscheinende unter Umständen von großer Bedeutung sein.

Der Flug von Luna IV hat die Astronautik im Hinblick auf die bahnmekanischen Probleme, die vor der Ausführung des ersten bemannten Mondflugs zu lösen sind, ein gutes Stück vorangebracht, und hierzu hat – so wenig das auch im ersten Augenblick auf der Hand zu liegen scheint – auch der Gruppenflug von Nikolajew und Popowitsch beigetragen. Denn das Problem einer bemannten Landung auf dem Mond ist nicht zuletzt ein Rendezvousproblem. Vor einer bemannten Landung auf dem Mond erscheint es wünschenswert, das Raumschiff zunächst in eine Umlaufbahn um den Mond zu bringen. In etwa 100 km über der Mondoberfläche würde eine Umkreisung zwei Stunden dauern. Dabei könnten die Kosmonauten einen geeigneten Landeort aussuchen. Dann werden die Bremsraketen gezündet, und das Raumschiff wechselt in die elliptische Landebahn über. Man könnte vor der Landung einen Kosmonauten in einem abgetrennten Kabinenteil auf der Umlaufbahn zurücklassen. Der Rückflug von der Umlaufbahn um den Mond zur Erde erfolgt in diesem Falle, nachdem der abgetrennte Raumschiffkörper von der Mondoberfläche mit eigener Kraft gestartet ist und nachdem auf der Umlaufbahn die Wiedervereinigung beider Raumschiffteile erfolgte.

Das sind zwar wissenschaftlich exakte Erwägungen; die Praxis aber wird es erst genau zeigen. Und das ist nicht mehr fern.

UNSERE GEHEIMNISVOLLE NACHBARIN --- DIE VENUS

Plötzliche Popularität

In den Tagen nach dem 12. Februar 1961 erschienen in den Zeitungen und Zeitschriften der ganzen Welt Beiträge über den Planeten Venus. In den Bibliotheken und Buchhandlungen stieg die Nachfrage nach Büchern über diesen Himmelskörper. Warum war der als Morgen- und Abendstern bekannte Planet so plötzlich in den Vordergrund des Interesses gerückt? Die Sowjetunion hatte eine Venussonde von einer Außenstation der Erde auf ihre Bahn gebracht.

Zuvor war die Popularität der Venus lange nicht so groß wie die des Mars.

Dennoch haben im Laufe der Zeit viele Wissenschaftler versucht, das bis heute undurchdringliche Geheimnis der dichten, die Oberfläche des Planeten umhüllenden Atmosphäre zu lüften.

Die Venus ist der uns nächste Planet. Da sie der Sonne nähersteht als die Erde, kann man sie immer nur in der Nachbarschaft des Zentralgestirns unseres Sonnensystems beobachten. Entweder morgens rechts vor der aufgehenden Sonne als Morgenstern oder abends am Westhimmel kurz nach Sonnenuntergang (links von der unter dem Horizont versunkenen Sonne) als Abendstern. Es hat aber ziemlich lange gedauert, bis die Menschen im Altertum erkannten, daß beide Erscheinungen (Morgen- und Abendstern), auf ein- und dasselbe Gestirn zurückzuführen sind.

Die Venus ist der hellste Stern des Himmels. Man bezeichnet in der Astronomie im allgemeinen die hellsten Sterne als Gestirne 1. Größe. Übertreffen einzelne Sterne noch ihre Helligkeit, so bezeichnet man sie als Gestirne der Größe 0 (null); und reicht auch diese Klassifikation noch nicht aus, so bezeichnet man die Sternhelligkeiten mit minus 1., 2., 3. usw. Größe.

Unser Nachbarplanet Venus erreicht bei größter Helligkeit die Größenklasse minus 4. Die Venus kann so hell werden, daß sie am Tage und selbst um die Mittagszeit mit dem bloßen Auge deutlich

zu erkennen ist. Die Geschichte weiß davon zu berichten, daß Napoleon Bonaparte, als er nach einem seiner siegreichen Feldzüge in Paris einzog, ungehalten war, weil ihm und seinen Soldaten nicht das ungeteilte Interesse der Bevölkerung galt. Sie ließ sich ablenken durch einen Stern, der am hellen Tag deutlich am blauen Himmel zu erkennen war. Dieser Stern war die Venus.

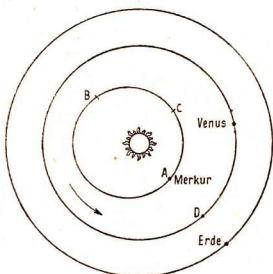
Der Planet Venus hat einen mittleren Abstand zur Sonne von 108 000 000 km. Da die Erde einen mittleren Sonnenabstand von 150 000 000 km hat, kann sich die Venus der Erde günstigstenfalls auf 42 000 000 km annähern. Wir können von der Erde aus die Bewegung der Venus um die Sonne beobachten; dabei zeigt die Venus alle Phasen wie der Mond. Der Durchmesser des Planetenscheibchens schwankt dabei beträchtlich, je nachdem, ob sich unser Nachbarplanet zwischen der Erde und der Sonne, in gleicher Entfernung mit der Sonne oder gar hinter der Sonne befindet. Die Stellungen des Planeten vor oder hinter der Sonne nennt man in der Astronomie entweder untere oder obere Konjunktion, die größten seitlichen Abweichungen von der Sonne bezeichnet man als Elongationen. Sie können bis zu 47 Grad betragen.

Mit einer Geschwindigkeit von 35,05 km/sec bewegt sich die Venus in 224,7 Tagen einmal um die Sonne herum. Die Venus hat einen Durchmesser von 12 700 km (das sind 97 Prozent des Erddurchmessers). Sie ist auch sonst bezüglich anderer Angaben, die sich auf die Pla-



Phasen und scheinbare Größe des Planeten Venus

Die Bahnen des Merkur, der Venus und der Erde



netenkugel beziehen, sehr erdähnlich. Die Venusmasse beträgt 0,815 Erdmassen. Ihre mittlere Dichte ist mit $4,95 \text{ g/cm}^3$ nur 10 Prozent kleiner als die Erde. Die Schwerkraft an der Oberfläche der Venus beträgt 86 Prozent der Anziehungskraft an der Erdoberfläche. Über die Venusoberfläche wissen wir so gut wie nichts. Sie wird von einer dichten weißen Wolkenhülle verdeckt, die 61 Prozent des auffallenden Sonnenlichts reflektiert. Lediglich die über dieser Wolken-schicht lagernden Gase der Venusatmosphäre können spektroskopisch oder spektrographisch untersucht werden. Dabei hat man festgestellt, daß diese Teile der Venusatmosphäre große Mengen Kohlendioxyd (CO_2) enthalten, aber kaum oder gar kein Sauerstoff und Wasserdampf.

Woraus die darunter lagernden dichten Wolken bestehen, ist noch sehr umstritten. Früher hielt man sie für CO_2 -Kristalle. Diese Vorstellung mußte man aufgeben. Heute neigt man zu der Ansicht, daß die Wolken entweder heller aufgewirbelter Staub sind oder daß es sich um Wasserstoff-Sauerstoff-Kohlenstoffverbindungen wie Formaldehyd handelt. In allerletzter Zeit legten aber Polarisationsbeobachtungen (Untersuchungen der Venus im polarisierten Licht) wieder den Gedanken nahe, daß die Venuswolken, wie die der Erde – aus kondensiertem Wasser bestehen. Bezüglich der Venusoberfläche sind die Astronomen darüber geteilter Meinung, ob künftige Welt-raumfahrer dort noch große Ozeane antreffen oder nicht. Aus früher gemessenen Temperaturen – auf der Tagseite etwa 80 bis 100°C , auf der Nachtseite -25°C – möchte man schlußfolgern, vorausgesetzt auf der Venus existieren große Ozeane, daß in den riesigen Wassergebieten der Venus primitives Leben heute gerade so

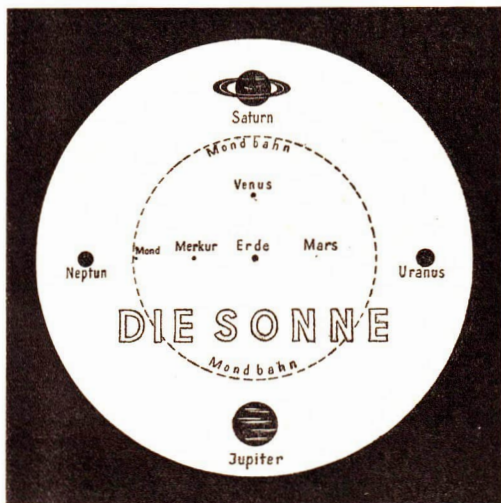
entstehe, wie das vor Millionen Jahren auf der Erde geschah. Nun haben aber jüngste Temperaturmessungen sowjetischer Astronomen eine Temperatur von 300 °C auf der Tagseite der Venus ergeben. Das würde die Existenz von Leben auf unserem Nachbarplaneten ausschließen.

Der Venustag

Messungen sowjetischer Astronomen mit Radargeräten und Radioteleskopen im Jahre 1961 haben endlich Aufklärung über die Rotationsperiode der Venus gebracht. Diese Messungen beruhen auf folgendem Prinzip:

Von der Erde ausgehende Radarstrahlen erreichen den Rand der Planetenkugel, der sich infolge der Rotation gerade auf uns zu bewegt, eher als den anderen von uns fortstrebenden Rand und werden daher von diesem auch eher reflektiert. Aus den unterschiedlichen Laufzeiten der von der Erde ausgesandten Radarstrahlen und ihrer Echos ermittelten sowjetische Astronomen eine Rotationszeit der Venus von 11 Tagen. Dabei setzen sie voraus, daß die Achse der Planetenkugel senkrecht zur Bahnebene verläuft. Unter der Annahme aber, daß die Venusachse eine ähnliche Neigung wie die Erdachse zeigt, ergibt sich eine Rotationszeit von 9 Tagen. Diese relativ langsame Rotation der Venus erklärt auch die Beobachtung, wonach die Planetenkugel der Venus keine Abplattung zeigt. Die lange Rotationszeit könnte durch eine starke Gezeitenwirkung der Sonne, vor allem auf das quasi flüssige Innere des Planeten, hervorgerufen worden sein. Vor dieser Klarstellung der Rotationsperiode der Venus durch die sowjetischen Astronomen nahm ein Teil der Wissenschaftler an, die Venus würde sich in 25 Tagen einmal um ihre Achse drehen. Andere Astronomen glaubten an eine gebundene Rotation zur Sonne, das heißt, daß sich die Venus in der gleichen Zeit, in der sie einen Umlauf um die Sonne vollführt, einmal um ihre Achse dreht.

Die Rotationsbestimmung an der Venus mit Radargeräten und Radioteleskopen ist eine hervorragende technische Leistung. Bei der großen Entfernung der Venus trifft nur ein geringer Prozentsatz der gebündelten Strahlen die Oberfläche und wird von ihr reflektiert. Daraus folgt, daß die Echos außerordentlich schwach sind und bisher ständig von geringerer Energie waren als der Rauschpegel, der sowieso durch die Radiostrahlung aus dem Weltall in den Empfängern erzeugt wird. Erstmals gelang es den sowjetischen Wissen-



Größenverhältnisse der Sonne und der Planeten

schaftlern und Technikern, die Echos zu empfangen und ihre Laufzeit zu bestimmen. Das ist eine große wissenschaftliche und technische Leistung.

Der erste Flug zur Venus

Hier soll vom Weg der ersten automatischen interplanetaren Station, die sowjetische Wissenschaftler in Richtung Venus schickten, berichtet werden. Inzwischen ist aller Welt bekannt, daß sich die Venussonde zum vorausberechneten Termin dem Nachbarplaneten auf 40 000 km genähert hatte und Ende Mai 1961 programmäßig an ihr vorbeiflog.

Der am 26. Februar 1961 – noch vor dem Vorbeiflug der Venus-

sonde – von der „Prawda“ veröffentlichte Artikel brachte uns viel Interessantes:

Am 12. Februar 1961 begann in der Sowjetunion der Flug einer automatischen interplanetaren Station auf einer Flugbahn zum Planeten Venus.

Nach dem Start künstlicher Erdtrabanten, den Flügen zum Mond und dem Flug auf einer Bahn, die den Mond umgibt – die Aufnahme seiner Rückseite leitete den Beginn für eine neue Etappe in der Erschließung des kosmischen Raums und in der Untersuchung der Planeten des Sonnensystems ein –, wurde der erste Flug eines kosmischen Apparats zum nächsten Planeten Venus unternommen. Gewaltige Triebwerke beschleunigten eine Mehrstufenrakete und erhöhten ihre Fluggeschwindigkeit und -höhe über der Erdoberfläche. Ein Steuerungssystem brachte die Rakete auf eine im voraus berechnete Flugbahn. Als die Rakete die erste kosmische Geschwindigkeit erreicht hatte, löste sich von ihr ein schwerer Sputnik, der die kosmische Rakete trug, in der sich die automatische interplanetarische Station (AIS) befand. Der Sputnik flog auf einer fast kreisförmigen Bahn mit einem Minimalabstand vom Erdzentrum von 6601 km, einem Maximalabstand vom Erdzentrum von 6658 km und einer Neigung der Bahn zum Äquator von 65 Grad.

Die kosmische Rakete startete vom Sputnik an einem im voraus berechneten Punkt der Bahn. Als die Fluggeschwindigkeit dieser Rakete in bezug auf die Erde um 661 m pro Sekunde höher war als die zweite kosmische Geschwindigkeit und die Rakete zu einem im voraus berechneten Punkt des Raums abflog, wurde das Triebwerk ausgeschaltet, und von ihr trennte sich die automatische interplanetare Station. Es begann ihr freier Flug auf einer Flugbahn zum Planeten Venus. Somit wurde zum ersten Mal der Start eines gesteuerten Apparates von Bord eines künstlichen Erdtrabanten auf eine interplanetare Strecke durchgeführt.

Der weitere Verlauf der Bahn der AIS erfolgt unter dem Einfluß der Anziehungskraft der Erde, der Sonne und der Planeten. Die Schwerkraft der Erde übt einen bedeutenden Einfluß auf die Bewegung der AIS über Entfernungen bis zu 1 000 000 km vom Erdzentrum aus. Die Sphäre mit einem Radius von 1 000 000 km, die die Erde umgibt, wird bedingt Einflußsphäre der Erde genannt. Nach dem Austritt aus der Einflußsphäre der Erde übt im wesentlichen die Schwerkraft der Sonne auf die Bewegung der AIS einen Einfluß aus, und sie bewegt sich nach denselben Gesetzen wie die natürlichen Planeten des Sonnensystems.

Innerhalb der Einflußsphäre der Erde bewegte sich die AIS auf einer

Kurve, die einer Hyperbel nahe kam. Diese Kurve befand sich in einer Ebene, die durch das Erdzentrum verlief und ständig in bezug auf die Sterne orientiert war. Diese Ebene entspricht fast der Ebene, in der sich der Sputnik bewegte, von dem aus die Venussonde gestartet wurde. Mit der Entfernung begann sich die Geschwindigkeit der AIS in bezug auf die Sterne allmählich zu verringern. Die AIS erreichte die Grenze der Einflußsphäre der Erde am 14. Februar um 23 Uhr Moskauer Zeit und hatte dabei eine Geschwindigkeit von 4 km in der Sekunde in bezug auf die Erde.

Die Geschwindigkeit der AIS in bezug auf die Sonne ergibt sich aus einer Addition des Geschwindigkeitsvektors der Erde zur Sonne und des Geschwindigkeitsvektors der AIS in bezug auf die Erde. Im Augenblick des Austritts aus der Einflußsphäre der Erde betrug die Geschwindigkeit in bezug auf die Sonne 27,7 km pro Sekunde.

Danach erfolgte die Bewegung der AIS wie die Bewegung der Planeten auf einer elliptischen Bahn, deren Brennpunkt sich nahe dem Zentrum der Sonne befindet. Diese Bahn hat:

- einen maximalen Abstand von der Sonne (Entfernung im Aphel) von 151 000 000 km;

- einen minimalen Abstand von der Sonne (Entfernung im Perihel) von 106 000 000 km;

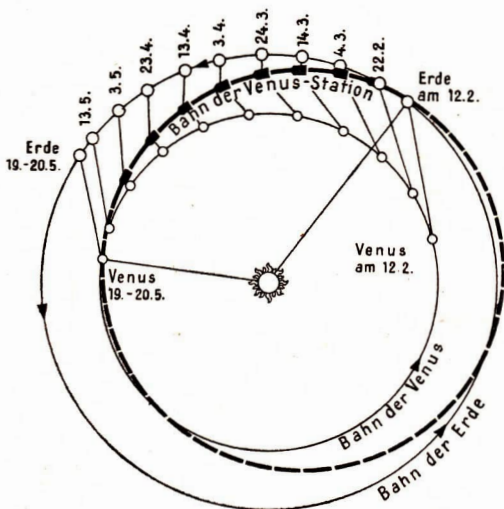
- eine Neigung zur Ebene der Ekliptik (das heißt zur Bahnebene der Erde) von 0,5 Grad.

Die Ebenen der Bewegung der Erde, der Venus und der AIS sind gering gegeneinander geneigt.

In der Abbildung ist der Lauf der AIS, der Erde und der Venus in einer Projektion auf die Ebene der Erdbahn dargestellt. Der Lauf der Erde und der Venus erfolgt auf Bahnen, die Kreisbahnen sehr nahekommen. Die gleichzeitige Lage der Erde, der Venus und der AIS ist durch Geraden verbunden. Zu Beginn des Laufs um die Sonne bleibt die Rakete hinter der Erde zurück. Kurz vor dem Frühlingsäquinoktium befinden sich Sonne, AIS und Erde ungefähr auf einer Geraden. Dann überholt die Rakete die Erde in einer Winkelbewegung um die Sonne. Die Entfernung von der Erde zur AIS wächst während des Flugs zur Venus ständig an und beträgt im Augenblick der Annäherung 70 000 000 km.

Die Flugzeit der AIS bis zur Annäherung an die Venus wird etwas mehr als 3 Monate dauern. Die größte Annäherung an die Venus wird am 19./20. Mai 1961 erfolgen.

Die Venus hat ähnlich wie die Erde eine Einflußsphäre (mit einem Radius von 600 000 km). Innerhalb dieser Sphäre ist der Einfluß der Venus auf die Bewegung der Sonde größer als der Einfluß der



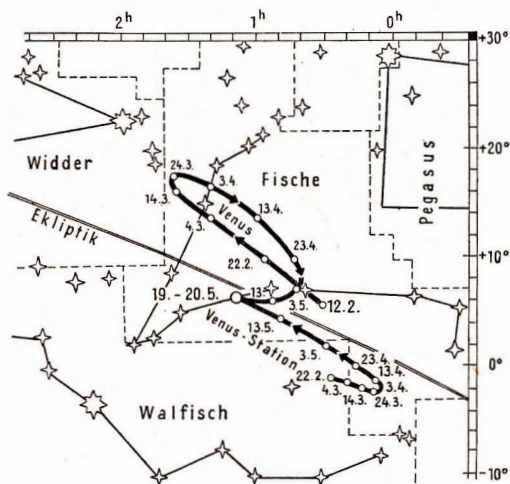
Die Bahn der Venussonde

Sonne. Die Bewegung in bezug auf die Venus innerhalb ihrer Einflußsphäre wird auf einer Flugbahn erfolgen, deren Brennpunkt im Venuszentrum liegt und die einer Hyperbel nahekommt.

Eine Berechnung der bei Bahnmessungen ermittelten Daten zeigt, daß die AIS tief in die Einflußsphäre der Venus eindringen wird. Die minimale Entfernung der AIS von der Venus bei einer Bewegung auf der Flugbahn, auf der sie sich jetzt bewegt, muß bei einer zurückgelegten Gesamtstrecke von 270 000 000 km geringer als 100 000 km sein. Das zeugt von der hohen Genauigkeit des Starts der AIS auf ihre Flugbahn.

Wenn die interplanetare Station ein heller Punkt wäre, könnte man den Lauf der Station vor dem Hintergrund unbeweglicher Sterne beobachten. Ihr Weg in der Himmelssphäre ist auf der Sternkarte abgebildet.

Zu Beginn des Laufs war die Bewegung der Station in bezug auf



Die Bewegung der Venus und der Venussonde unter den Sternen während des Fluges der Sonde

die Sterne schnell. Beim Austritt aus der Einflußsphäre der Erde befand sich die Station in einem Gebiet des Himmelsgewölbes, das an der Grenze der Sternbilder Walfisch und Fische, im Zentrum eines Dreiecks, das aus den Sternen Beta Arietis, Alpha Pegasi und Beta Ceti (es handelt sich um die Sternbilder: Widder, Pegasus und Walfisch) besteht, lag. Zu diesem Zeitpunkt waren die Winkelbewegungen der AIS vor dem Himmelsgewölbe bereits sehr langsam. Auf ihrer Strecke bewegt sich die AIS in bezug auf die Erde ungefähr längs des Radius.

Weiterhin ist die Bewegung der AIS in der Himmelssphäre, wie aus der Karte ersichtlich ist, den Bewegungen der Planeten ähnlich. Vor Anfang April wird sich die AIS im Sternbild der Fische befinden und sich rückläufig fortbewegen. Anfang April wird die AIS beginnen, sich rechtläufig in der Himmelssphäre zu bewegen. Der Punkt, an dem die rückläufige Bewegung in die rechtläufige übergeht, trägt

die Bezeichnung Stillstandspunkt. Die rechtläufige Bewegung innerhalb der Sterne wird bis zur Annäherung der Station an die Venus, die unweit des Sternes Epsilon Piscium (Fische) erfolgen wird, fortgesetzt.

Im Augenblick des Starts der AIS befand sich die Venus im Sternbild der Fische und bewegte sich innerhalb der Sternbilder rechtläufig. Die rechtläufige Bewegung verringert sich allmählich, und Ende März kommt es zum Stillstand der Venus. Nach dem Stillstand beginnt die rückläufige Bewegung der Venus, die bis Anfang Mai 1961 andauern wird. Anschließend wird sie durch die rechtläufige Bewegung ersetzt. Auf dieser Strecke der rechtläufigen Bewegung der Venus erfolgt auch die Annäherung der AIS an den Planeten.

In der folgenden Tabelle sind die vorläufigen abgerundeten Werte für die Entfernung der AIS von der Erde, der Venus und der Sonne sowie die Werte der Rektaszension und der Deklination jeweils 10 Tage nach dem Start angeführt.

	Datum (0 Uhr Weltzeit)	Entfernung in Millionen Kilometer			Rek- taszen- sion	Dekli- nation der AIS
		AIS- Erde	AIS- Venus	AIS- Sonne		
1	22. Februar	3,4	74	145	0 ^h 27	-1°,0
2	4. März	6,9	60	142	0 ^h 22	-1°,5
3	14. März	11	48	138	0 ^h 16	-2°,0
4	24. März	15	36	134	0 ^h 10	-2°,25
5	3. April	21	27	129	0 ^h 08	-2°,25
6	13. April	28	19	124	0 ^h 10	-1°,25
7	23. April	37	13	119	0 ^h 18	0°,0
8	3. Mai	47	7,5	115	0 ^h 32	2°,0
9	13. Mai	59	3,1	111	0 ^h 51	4°,5
10	19.-20. Mai	70	unter 0,1	109	1 ^h 09	6°,5

Auswahl der Flugbahn

Um den Flug zur Venus auszuführen, war es notwendig, eine Flugbahn zu wählen, die eine Reihe von Bedingungen erfüllt. Wenn das Datum für den Start der Rakete sowie für die Annäherung der AIS an die Venus berechnet ist, so wird die Bahn der AIS im Sonnen-

system außerhalb der Einflußsphäre der Erde eindeutig bestimmt. Dabei muß die AIS, die aus der Einflußsphäre der Erde austritt, eine Geschwindigkeit haben, die sowohl nach der Höhe als auch nach der Richtung vollständig bestimmt ist. Jedoch bei einer unglücklichen Wahl des Start- und Annäherungsdatums wird die Größe der verlangten Geschwindigkeit so hoch, daß eine Beschleunigung der AIS selbst bei geringem Gewicht mit Hilfe der gewaltigsten, technisch denkbaren Raketen undurchführbar wird. Deshalb werden Start- und Annäherungsdatum so gewählt, daß die notwendige Geschwindigkeit für den Austritt der AIS aus der Einflußsphäre der Erde möglichst gering ist. Dabei wird die Höhe der Geschwindigkeit, die die Trägerrakete der AIS auf der Beschleunigungsstrecke mitteilen muß, ebenfalls minimal.

Von wesentlicher Bedeutung ist die Beschleunigungsmethode der AIS durch die Trägerrakete. Bei ununterbrochener Arbeit aller Stufen der Rakete hängt das Gewicht der Nutzlast nicht nur von der Geschwindigkeitsgröße, die der AIS am Ende der Beschleunigungsstrecke mitgeteilt werden muß, sondern auch vom Neigungswinkel der Bewegung zum Horizont ab. Bei großen Neigungswinkeln der Bewegung verhindert die Schwerkraft der Erde die Beschleunigung. Deshalb ist die notwendige Geschwindigkeit leichter in horizontaler Richtung mitzuteilen. Große Neigungswinkel können zu einem überflüssigen Treibstoffverbrauch und zu großen Verlusten im Gewicht der automatischen interplanetaren Station führen. Damit die AIS mit einer Geschwindigkeit in der nötigen Richtung bei ununterbrochener Beschleunigungsstrecke in die Einflußsphäre der Erde eindringen kann, wird am Ende der Beschleunigungsstrecke eine Bewegungsrichtung eingeschlossen, die steil zum Horizont geneigt ist. Das kann vermieden werden, wenn man die Beschleunigungsmethode mit einem zeitweiligen Flug auf der Bahn eines Sputniks verwendet. Der Sputnik, der eine kosmische Rakete trägt, wird von der Trägerrakete unter minimalen Verlusten auf eine Kreisbahn gebracht. Die Beschleunigung der kosmischen Rakete, die von Bord des Sputniks startet, erfolgt in fast horizontaler Richtung. Nachdem man zur rechten Zeit die Ebene der Sputnikbahn sowie Ort und Zeit des Starts vom Sputnik gewählt hat, kann man den Flug der AIS in der Einflußsphäre der Erde mit der nötigen Bewegungsrichtung gewährleisten.

Das Vorhandensein einer mächtigen Trägerrakete und die Durchführung des Starts von Bord des Sputniks ermöglichten es, die AIS (Gewicht 643,5 kg) auf eine interplanetare Bahn zur Venus zu bringen.

Durch den Start von Bord des Sputniks kann man die Beschleunigung kosmischer Apparate nicht nur bei Starts zur Venus, sondern auch auf anderen kosmischen Strecken vorteilhaft durchführen.

Wie bereits erwähnt, werden das Datum für den Start und die Annäherung an die Venus so gewählt, daß die Höhe der Geschwindigkeit beim Austritt der AIS aus der Einflußsphäre der Erde möglichst gering ist. Das bestimmt eine Reihe von Datumsbereichen für den Start und die Annäherung, die vom Standpunkt der Raketenenergetik vorteilhaft sind. Die zulässigen Datumsintervalle für den Start betragen 1 bis 2 Monate und wiederholen sich periodisch ungefähr alle 19 Monate. Eines dieser Intervalle fällt auf Ende 1960, Anfang 1961. Das wurde auch beim Start am 12. Februar 1961 ausgenutzt.

Die AIS tritt aus der Einflußsphäre der Erde aus und beginnt eine elliptische Bahn mit periodischer Bewegung um die Sonne. Im Zusammenhang damit kann sich die Flugdauer bis zur Annäherung an die Venus für verschiedene energetisch vorteilhafte Flugbahnen stark unterscheiden. Es existieren Flugbahnen, auf denen die Begegnung der AIS mit der Venus während der ersten Hälfte des Umlaufs der AIS um die Sonne, während der zweiten Hälfte des Umlaufs usw. erfolgt.

Für den Start am 12. Februar wurde eine Flugbahn gewählt, auf der die Begegnung in der ersten Hälfte des Umlaufs erfolgt. Flugbahnen anderer Art haben im Vergleich zu dieser einige Mängel: die Flugdauer erhöht sich beträchtlich, und die Abhängigkeit des Abweichungswertes der AIS zur Venus von den Fehlern am Ende der Beschleunigungsstrecke wächst wesentlich an. Außerdem ist die Entfernung von der Erde zur Venus im Augenblick der Annäherung an den Planeten für diese Flugbahnen in der Regel bedeutend größer als in unserem Fall.

Damit die AIS in die unmittelbare Nähe des Planeten gelangt, mußte sie mit einem hohen Genauigkeitsgrad auf die berechnete Flugbahn gebracht werden. Selbst bei sehr geringen Abweichungen in der Geschwindigkeitsgröße, die der AIS am Ende der Beschleunigungsstrecke mitgeteilt wurde, fliegt sie in großer Entfernung am Planeten vorbei. Bei einer vollen Geschwindigkeit von mehr als 11 000 m pro Sekunde können Fehler in der Geschwindigkeitsgröße um 1 bis 3 m pro Sekunde sowie Fehler in der Geschwindigkeitsrichtung um 0,1 bis 0,3 Grad zu einer Veränderung des minimalen Abstands der AIS zur Venus um 100 000 km führen. Die gleiche Abweichungshöhe resultiert auch aus einem Fehler um eine Minute beim Start der Rakete.

Abweichungen in der Flugbahn der AIS von der Venus können ebenfalls dadurch erfolgen, daß die Lage der Venus nur mit begrenzter Genauigkeit bekannt ist. Dadurch können bei der Berechnung der Bahnabweichungen der AIS von der Venus Fehler auftreten, die sogar den Radius des Planeten überschreiten. Die Hauptquelle aller Fehler ist die für diese Zwecke ungenügende Genauigkeit bei der Messung der astronomischen Einheit (der durchschnittlichen Entfernung Erde-Sonne), die den Maßstab des Sonnensystems bestimmt. Eine genauere Kenntnis der astronomischen Einheit ist für kosmische Flüge äußerst wichtig.

Aus den weiter oben angeführten Gründen sind sehr genaue Messungen der Flugbahn unerlässlich, um die Annäherung der kosmischen Rakete an den Planeten zu gewährleisten, sowie die Möglichkeit einer kleinen Korrektur während des Flugs zum Planeten mittels Spezialanlagen.

Bei ausreichend genauen Flugbahnmessungen während einer großen Flugstrecke der AIS ist es möglich, eine Präzisierung der astronomischen Einheit vorzunehmen, was bei dem Flug der sowjetischen Venussonde auch gelang.

Meß- und Steuerungskomplex

Zur Sicherung der AIS, zur Bestimmung ihrer Bahn und für die doppelseitige Funkverbindung mit der AIS über eine Entfernung bis 100 000 000 km wurde ein automatischer radiotechnischer Meßkomplex geschaffen.

Die Schaffung des Komplexes stellte den sowjetischen Wissenschaftlern und Ingenieuren eine Reihe ernsthafter Probleme, die mit der Gewährleistung der Funkverbindung über gewaltige Entfernungen, mit hohen Anforderungen an die Genauigkeit der Koordinatenbestimmung und an die zuverlässige Arbeit der Apparatur während eines langen Zeitraums verbunden waren.

Die ganze Flugbahn der kosmischen Rakete kann bedingt in 3 Strecken gegliedert werden:

die Flugstrecke des schweren künstlichen Erdtrabanten;

die Startstrecke der kosmischen Rakete vom schweren Sputnik und die Laufstrecke der AIS unter dem Einfluß der Schwerkraft der Himmelskörper in Richtung zur Venus.

Die Messung der Flugbahnelemente des schweren Sputniks erfolgte durch Spezialmittel, die sich auf dem Territorium der Sowjetunion befanden. Angaben über die Arbeit der Baugruppe und Aggregate

des Sputniks wurden von radiotelemetrischen Stationen empfangen, die auf dem Territorium unseres Landes sowie auf Spezialschiffen in den Ozeanen aufgebaut waren.

Der Start der kosmischen Rakete vom schweren Sputnik wurde durch telemetrische Systeme kontrolliert.

Nach der Abtrennung der AIS arbeitete der Meßkomplex des Erdteils, der zur Durchführung telemetrischer und Bahnberechnungen bestimmt ist. An jedem Meßpunkt des Erdteils sind spezielle radio-technische Sende- und Empfangsanlagen sowie Parabolantennen und Geräte mit Programmeinstellung aufgebaut.

Die Bestimmung der tatsächlichen Bahn bei der Entfernung der AIS von der Erde um mehr als 100 000 km erfolgt durch radiotechnische Mittel des Zentrums für kosmische Fernfunkverbindung. Dieses Zentrum empfängt die telemetrischen Informationen und steuert die Apparatur der interplanetaren Station während des ganzen Flugs. Nach Kommandofunklinien werden die entsprechenden Geräte der AIS ein- und ausgeschaltet, die Übertragungsgeschwindigkeit für telemetrische Informationen geändert, die Speisungsquellen umgeschaltet und anderes mehr.

Die Arbeit aller Mittel auf der entfernten Flugstrecke der AIS erfolgt nach einem Spezialprogramm, das die Dauer der Funkverbindung, ihre Periodizität sowie die Arbeitsweise der Apparatur bestimmt.

Für den Empfang von Funksignalen über weite Entfernungen werden geräuscharme Schmalbandempfangsanlagen verwendet. Das zieht die Notwendigkeit nach sich, die Werte der empfangenen und ausgestrahlten Frequenzen unter Berücksichtigung des Dopplereffekts hinreichend genau zu berechnen. Um die ständige Frequenz am Eintritt der Schmalbandfilter der Empfänger, die sich in der interplanetaren Station und am Meßpunkt befinden, aufrechtzuerhalten, wird an der ausgestrahlten und empfangenen Frequenz eine vorgesehene Dopplerkorrektur vorgenommen.

Bei einer Entfernung der interplanetaren Station über große Weiten, die mit Dutzenden und Hunderten von Millionen Kilometern berechnet werden, ist die Stärke des Signals, das die Erde erreicht, äußerst gering. So entfallen zum Beispiel bei einer Entfernung von 70 000 000 km auf einen Quadratmeter der Erdoberfläche insgesamt nur 10^{-22} Watt. Zum Empfang derart geringer Signale selbst bei Ausnutzung höchstempfindlicher Empfänger sind Antennen mit einer großen Fläche erforderlich.

An den Orten des Zentrums für kosmische Funkverbindung wurden große Antennenanlagen errichtet, die es gestatten, Funksignale

von Quellen zu empfangen, die sehr weit von der Erde entfernt sind.

Die Antennen können auf einen beliebigen Punkt der Himmelssphäre mit einer Genauigkeit bis zu einigen Winkelminuten gerichtet werden. Die Einstellungsprogramme werden automatisch einer elektronischen Rechenmaschine übergeben, die die Antennen steuert.

Alle Meßergebnisse werden automatisch zu einem Koordinations- und Meßzentrum weitergeleitet, wo die Flugbahnberechnungen bearbeitet werden, die Vorhersage des Laufs der AIS mittels elektronischer Rechenmaschinen erfolgt und die Einstellungsprogramme der Antennen berechnet werden. Das Koordinations- und Rechenzentrum leitet alle Meßdienste auf der Erde nach einem festgelegten Programm.

Anlagen der Station

Die automatische interplanetare Station stellt einen Apparat dar, der mit einem Komplex funktechnischer und wissenschaftlicher Apparaturen, einem Ortungs- und Steuerungssystem, mit Programmanlagen, einem System zur Regulierung des Wärmehaushalts und mit Energiequellen ausgerüstet ist.

Konstruktionsmäßig ist die AIS in Form eines hermetisch abgeschlossenen Gehäuses ausgeführt, das aus einem zylindrischen Teil mit 2 Böden besteht. Innerhalb des hermetischen Teils der Station sind am Geräterahmen die Bordapparatur sowie die Blöcke der chemischen Batterien angeordnet. Außerhalb des Gehäuses befinden sich ein Teil der Geber der wissenschaftlichen Apparatur, 2 Paneele der Sonnenbatterien, Jalousien des Systems für die Wärmeregulierung sowie Elemente des Ortungssystems.

An einem der Paneele der Sonnenbatterien ist der Block der Wärmegeber befestigt, um die Veränderung der optischen Koeffizienten verschiedener Abdeckungen unter den Bedingungen eines langen Aufenthalts im interplanetarischen Raum und in unterschiedlichen Entfernungen von der Sonne zu untersuchen. Außerdem befinden sich außerhalb des Gehäuses der Station 4 Antennen. Eine dieser Antennen – eine scharfgebündelte – hat die Form eines Paraboloids mit einem Durchmesser von ungefähr 2 m und gewährleistet die Funkverbindung mit der interplanetarischen Station über große Entfernungen von der Erde sowie die Übergabe umfangreicher Informationen im Verlauf eines kurzen Zeitabschnitts.

Zwei kreuzförmige Antennen, die auf dem Paneel einer Sonnen-

batterie befestigt sind, haben ein schwachgerichtetes Diagramm und sind für Funkverbindungen über mittlere Entfernungen von der Erde bestimmt.

Eine rundstrahlende Antenne, deren Stab 2,4 m lang ist, ist für die Übergabe von Informationen und die Bestimmung der Flugbahnparameter auf dem erdnahen Teil der Bahn bestimmt.

Die größten Abmessungen der Station (ohne Berücksichtigung der Antennen und Sonnenbatterien) betragen 2,035 m in der Länge und 1,050 m im Durchmesser.

Das Gewicht der automatischen interplanetaren Station beträgt 643,5 kg.

Die Paneele der Sonnenbatterien sowie die Parabol- und die Stabantennen befinden sich vor der Loslösung der Station von der kosmischen Rakete im eingefahrenen Zustand und werden sofort, außer der Parabolantenne, nach der Loslösung ausgefahren. Die Parabolantenne wird erst bei Annäherung an die Venus ausgefahren.

Die Konstruktion der Station gewährleistet die Unterhaltung des ursprünglichen Gasdrucks von ungefähr 900 mm Quecksilbersäule innerhalb ihres hermetisch abgeschlossenen Gehäuses während der gesamten Flugdauer.

Die Jalousien des Systems der Wärmeregulierung, die am zylindrischen Teil angeordnet sind, drehen sich und öffnen beziehungsweise schließen die Radiationsfläche, wobei sie die Ableitung der bei der Arbeit der Bordapparatur auftretenden Wärme entsprechend erhöhen oder verringern. Die Steuerung der Arbeit der Jalousien sowie der Ventilatoren, die sich innerhalb des Gehäuses befinden, erfolgt mittels einer Programmanlage mit einem System von Wärmegebern, die an Stellen angebracht sind, die der größten Überhitzung oder Unterkühlung ausgesetzt sein können. Somit wird die Aufgabe gelöst, den normalen Wärmehaushalt der Bordapparatur während der ganzen Flugbahn von der Erde zur Venus bei einer Annäherung der Station an die Sonne bis auf 110 000 000 km, das heißt bei einer Erhöhung der Sonnenstrahlung um das Zweifache zu gewährleisten.

Die beiden Paneele der Sonnenbatterien, die sich ständig nach der Sonne ausrichten, gewährleisten ein kontinuierliches Aufladen der chemischen Stromquellen während der gesamten Flugbahn der AIS sowie die Versorgung aller Bordsysteme und -geräte mit Energie. Der funktechnische Komplex der AIS löst folgende Aufgaben:

Messung der Parameter bei der Bewegung der Station in bezug auf die Erde;

Übermittlung der Meßergebnisse, die von der wissenschaftlichen Apparatur an Bord durchgeführt wurden, zur Erde;

Übermittlung von Informationen über die Arbeit der Bordgeräte, den Druck und die Temperatur innerhalb des Objekts und auf seinem Gehäuse zur Erde;

Empfang von Funksignalen zur Steuerung der Apparatur an Bord der Station von der Erde;

Die Steuerung der Bordapparatur der Station erfolgt durch die Übermittlung von Signalen über Funklinien von bestimmten Punkten der Erde aus sowie durch Programmanlagen an Bord der Station. Das Ortungssystem der AIS löst während des Fluges auf der Flugbahn folgende Aufgaben:

Beseitigung der willkürlichen Drehung der Station, die nach der Loslösung von der kosmischen Rakete eintrat;

Suche der Sonne von jeder beliebigen Lage der Station aus und Orientierung der Sonnenbatterien nach der Sonne während der gesamten Flugdauer;

Gewährleistung einer beliebigen im Raum notwendigen Drehung der Station und Stabilisierung der Station;

Ausrichtung der scharfgebündelten (parabolischen) Antenne in der Nähe der Venus zur Erde, um eine höhere Leistung zur Übermittlung wissenschaftlicher Informationen und Angaben über die Arbeit der Bordapparatur zur Erde zu erlangen.

Die AIS ist mit einem Komplex wissenschaftlicher Geräte zur Durchführung physikalischer Messungen auf der Strecke Erde – Venus ausgerüstet.

Gegenwärtig erfolgen die Messungen durch Geräte, die für die Untersuchung des vom Planeten entfernten kosmischen Raums bestimmt sind. Unter diesen Geräten befinden sich:

Gerät zur Messung kosmischer Strahlen;

Gerät zur Messung von Magnetfeldern im Bereich von einigen Gamma-Einheiten bis zu einigen Dutzend Gamma-Einheiten;

Gerät zur Messung geladener Teilchen des interplanetaren Gases und der Korpuskularströme der Sonne;

Gerät zur Registrierung von Mikrometeoriten.

An Bord der AIS befindet sich ein Wimpel mit der Darstellung des Staatswappens der Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken. Der Wimpel stellt ein Modell der Erde dar und ist konstruktionsmäßig in Form einer Halbkugel aus einer Titan-Legierung mit einem Durchmesser von 70 mm ausgeführt. Auf der Außenfläche der Kugel sind die Erdteile abgebildet. Die Fläche der Meere und Ozeane hat eine blaue Farbe, während die Erdteile goldgelb sind.

Im Inneren des sphärischen Wimpels befindet sich eine Erinnerungsmedaille mit der Darstellung des Staatswappens der UdSSR. Auf der Rückseite der Medaille ist im Zentrum eine Darstellung des Sonnensystems mit den Bahnen von Merkur, Venus, Erde und Mars und auf dem Rand die Aufschrift: „Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken – 1961“ angebracht.

Die gegenseitige Stellung der Planeten entspricht dem Augenblick des Starts der AIS zum Planeten Venus.

Der sphärische Wimpel ist in einer besonderen Schutzhülle untergebracht, deren Außenfläche in fünfeckige Elemente aus rostfreiem Stahl mit der Darstellung des Staatswappens der UdSSR und der Aufschrift „Erde – Venus, 1961“ eingeteilt ist.

Der Start der automatischen interplanetaren Station zum Planeten Venus eröffnet der Wissenschaft weite Perspektiven für ein unmittelbares Studium des kosmischen Raums und der Planeten des Sonnensystems.

Die erste interplanetare Strecke wurde zurückgelegt.

Warum fiel der Sender aus?

Die Berechnung der Bahn war trotz des Ausfalls des Senders der Station einige Wochen nach dem Start möglich. Die Funkortungen zur Bestimmung des jeweiligen Standorts der Station im All, die mit Hilfe einer mitgeführten Rundstrahlantenne und später mit einer Richtantenne vorgenommen wurden, waren so zahlreich, daß sich aus diesen Werten der genaue Verlauf der ganzen Flugbahn berechnen ließ.

Außerdem war durch die Funkmessungen auch eine genaue Bestimmung der astronomischen Einheit (der mittleren Entfernung Erde – Sonne) möglich. Die astronomische Einheit ist das Grundmaß für alle Entfernungsbestimmungen in unserem Sonnensystem. Besonders für die künftigen interplanetaren Flüge hat eine immer genauere „Eichung“ dieses Grundmaßes eine große Bedeutung. Nur bei genauester Kenntnis der Entfernung eines Planeten läßt sich die Brennschlußgeschwindigkeit und Richtung, die eine Rakete oder ein Raumschiff haben muß, so genau bestimmen, daß der Flugkörper das Ziel auch wirklich erreicht. Bisher lag die Ungenauigkeit der zu 149 600 000 km bestimmten astronomischen Einheit bei einigen 10 000 km. Durch die Bestimmung mit Hilfe der sowjetischen Venussonde konnte dieser Ungenauigkeitsfaktor auf ungefähr 20 Prozent herabgemindert werden.

Für den Ausfall des Senders der Venussonde gibt es drei Möglichkeiten:

1. Eine gerade zu dieser Zeit registrierte starke Radiostrahlung der Sonne überdeckte die Signale der Venussonde.
2. Die Raumsonde erhielt einen Meteoritentreffer und stellte deswegen ihre Sendetätigkeit ein. Diese Möglichkeit wird allgemein als die wahrscheinlichste betrachtet.
3. Verstärkte solare kosmische Strahlung machte den Sender unbrauchbar.

Die amerikanische Venussonde

Nach dem ersten Mißerfolg verlief der zweite Start einer Sonde vom Typ MARINER erfolgreich.

Der Start erfolgte am 27. August 1962.

Das ursprünglich geplante Projekt MARINER sah vor, eine rund 450 kp schwere Sonde zu starten. Als Trägerrakete war die Kombination Atlas-Centaur vorgesehen. Als aber 1961 deutlich wurde, daß bis zu dem vorgesehenen Zeitpunkt des Starts, der durch die Planetenkonstellation bestimmt, in relativ engen Grenzen liegt, die Entwicklung der Trägerrakete nicht abgeschlossen sein konnte, waren die amerikanischen Wissenschaftler gezwungen, eine bedeutend leichtere Venussonde zu konstruieren. Der erste Probestart einer Atlas-Centaur erfolgte am 9. Mai 1962. Dabei explodierte die zweite Stufe der mit Wasserstoff und Sauerstoff angetriebenen Centaur 55 sec nach dem Start.

Es stand den Amerikanern also als leistungsfähigstes Trägerraketensystem nur die Kombination Atlas-Agena B zur Verfügung. Man war deshalb gezwungen, das Gewicht um über die Hälfte zu reduzieren. Die Nutzlast von MARINER II machte also nur 202 kp aus. Durch diese Gewichtsreduzierung ergab sich die Notwendigkeit, auf eine Reihe von Instrumenten zu verzichten. Darunter fiel das relativ schwere und aufwendige Ultraviolett-Spektrometer. Die Mitführung eines derartigen Instruments wäre für die Wissenschaft, vor allem für die Astronomen und Astrophysiker, von großem Interesse gewesen. Dieses Instrument hätte außerordentlich wertvolle Informationen über die Atmosphäre unseres Nachbarplaneten geliefert. Man mußte ferner auf eine bordeigene Meßwert- und Datenspeicheranlage verzichten, die ermöglicht hätte, die Messungen aller installierten Instrumente mit höherer Genauigkeit auszuführen.

Die Mariner-Sonde mit der zweiten Stufe, der Agena B, gelangte zunächst auf eine sogenannte Parkbahn. Es handelte sich hierbei um eine Satellitenbahn, die kreisähnlich war und in 160 km Höhe verlief. Schon vor der ersten Erdumkreisung, also wenige Minuten nach Erreichen der Satellitenbahn, wurde die zweite Stufe nach ihrer entsprechenden Orientierung gezündet, und sie beschleunigte die Sonde auf eine Geschwindigkeit von rund 11,5 km/sec. Infolge des ungenauen Arbeitens der Steuerungsanlage trat hierbei eine geringfügige Abweichung von der vorgesehenen Flugbahn auf. Die Venus-Sonde MARINER II hätte unseren inneren Nachbarplaneten dann in rund 1 000 000 km Abstand passiert. Da derartige Ungenauigkeiten schon von vornherein einkalkuliert waren, hatte man die Sonde mit einem kleinen Triebwerk zur Bahnkorrektur ausgerüstet. Dieser kleine Raketenmotor, der ein Gewicht von rund 19 kp hat, wird mit Hydrazin und Stickstofftetraoxyd angetrieben, wobei zur exakten Einhaltung des Brennbegins und Brennschlusses Aluminiumoxydteilchen als Katalysator Verwendung fanden. Durch diesen Motor waren Geschwindigkeitsänderungen im Bereich von 21,4 cm/sec bis 57 m/sec möglich. Die maximale Brennzeit betrug 57 sec. Die Brennzeit dieses Triebwerks konnte bis auf $\frac{5}{100}$ sec genau eingehalten werden.

Am 29. August, als sich die Sonde in einem Abstand von etwa 700 000 km von der Erde befand, wurde von der Station Johannesburg (Südafrika), nach der entsprechenden räumlichen Orientierung der Sonde, das Korrekturtriebwerk der Sonde eingeschaltet. Es gelang, eine Korrektur der Flugbahn vorzunehmen, die dazu führte, daß die Sonde nun die Venus in knapp 34 000 km Abstand passierte. Diesen Angaben liegt der bisher bekannte Wert der astronomischen Einheit zugrunde, wodurch immerhin noch Fehler von der Größenordnung 20 000 km auftreten können. Das Korrekturtriebwerk arbeitete 29 sec. Nach den Berechnungen hat MARINER II am 14. Dezember 1962 gegen 7^h 45 min MEZ den geringsten Abstand zur Venus gehabt.

Nach der Ausführung der Korrektur erfolgte wiederum die Ausrichtung der Venus-Sonde nach der Sonne und nach der Erde. Dabei wurden die beiden großen Flächen mit den Solarzellen auf die Sonne gerichtet, wobei der Körper in Rotation um die Achse, die die Verbindungslinie Sonne – Venus-Sonde bildet, versetzt wurde. Die Parabolantenne, die in der Rotationsachse am Körper montiert ist, wurde nach der Erde ausgerichtet. Das geschah vor allem deswegen, weil auch bei größeren Entfernungen die Übertragung der Signale mit den Meßwerten gesichert werden sollte. Wegen des

notwendigen Verzichts auf die Datenspeicheranlage mußten laufend von der Venus-Sonde die Meßwerte übertragen werden. Die Übertragung erfolgte mit 8,3 bits/sec.

MARINER II ist mit folgenden Meßinstrumenten ausgerüstet:

1. Infrarotradiometer, das für die Infrarotstrahlung (die von der Venus-Oberfläche ausgeht) in den Bereichen von 8 bis 9 Mikron und 10 bis 10,8 Mikron empfindlich ist. Wärmestrahlung von der Oberfläche des Planeten des zuerst genannten Bereichs vermag zwar die Atmosphäre, aber nicht die Wolkenschicht des Planeten zu durchdringen. Zeigt dieses Instrument eine Strahlung in jenem Bereich an, so heißt das, daß zumindest kleine Lücken in der Wolkenschicht der Venus vorhanden sein müssen. Die Wärmestrahlung des zweiten Bereichs erfährt durch CO_2 -Gas eine bestimmte Schwächung. Aus der gemessenen Strahlungsintensität wird man also Rückschlüsse auf den CO_2 -Gehalt der Venus-Lufthülle ziehen können.

2. Mikrowellenradiometer. Dieses Instrument ist empfindlich für die Mikrowellenstrahlung bei 13,5 und 19 mm Wellenlänge. Die thermisch bedingte Mikrowellenstrahlung von 13,5 mm Wellenlänge wird vom Wasserdampf absorbiert, wodurch es möglich ist, Auskunft über den Wasserdampfgehalt der Venus-Atmosphäre zu erhalten. Die 19 mm Strahlung wird nicht durch Atmosphäre und Wolken absorbiert. Sie gibt daher ein relativ gutes Maß für die eigentliche Oberflächentemperatur der Venus.

3. Dreiachsiges Magnetometer. Dieses Instrument dient der Untersuchung des interplanetaren Magnetfeldes und des Magnetfeldes in der Nähe der Venus. Durch den relativ nahen Vorbeiflug an unserem Nachbarplaneten war es auch möglich, festzustellen, ob im Magnetfeld der Venus (falls ein solches vorhanden ist) wie im irdischen Magnetfeld solar bedingte magnetische Stürme auftreten. Die Feststellung der Existenz eines Magnetfeldes der Venus wäre auch gleichzeitig ein Indikator dafür, ob unser Nachbarplanet der Erde analoge Strahlungsgürtel besitzt. Die untere Empfindlichkeitsgrenze dieses Magnetometers liegt bei 0,5 Gamma.

Das Instrument, das wie die anderen im folgenden zu beschreibenden Instrumente seit dem 29. August 1962 in Tätigkeit war, lieferte interessante Meßwerte aus dem interplanetaren Raum. Das festgestellte interplanetare Magnetfeld ist relativ stabil, und die Feldstärke schwankt zwischen 5 und 10 Gamma. Lediglich in einem einzigen Fall, am 12. September 1962, wurden sehr intensive Schwankungen, deren Amplitude bis zu 25 Gamma reichte, im Zusammenhang mit einer solar bedingten, auch auf der Erde beobachteten starken magnetischen Störung festgestellt. (Vergleichs-

weise betrug die mit dem Magnetometer von Pioneer V festgestellte intensivste Schwankung des interplanetaren Magnetfeldes im Zusammenhang mit solaren Eruptionen 50 Gamma.)

4. Instrumentation zur Untersuchung der solaren kosmischen Strahlung. Als Meßinstrumente wurden eine Ionisationskammer und drei Geigerzähler eingesetzt. Damit läßt sich die Zahl und die Intensität dieser energiereichen Partikelstrahlung registrieren. Die Instrumentation ist empfindlich für Protonen mit Energien größer als 10 MeV, für Elektronen größer als 0,5 MeV und für Heliumkerne (Alpha-Strahlung) größer als 40 MeV.

Bisher wurde im interplanetaren Raum ein relativ konstanter Fluß von etwa 650 Teilchen pro Kubikzentimeter und Sekunde festgestellt. Das ist etwa das Hundertfache der kosmischen Strahlung, die an der Erdoberfläche registriert wird. Bei diesem Strahlungsfluß treten nur geringfügige Veränderungen, die bei 3 bis 4 Prozent liegen, auf. Es konnte weiterhin festgestellt werden, daß der niederenergetische Anteil der Strahlung etwa das Dreifache des hochenergetischen Anteils ausmacht. Bei einem Anstieg der hochenergetischen Strahlung (bei solaren Eruptionen) geht der Anteil der niederenergetischen (entspricht etwa dem Bereich der unteren Grenze der oben angegebenen Empfindlichkeit der Meßinstrumentierung) um den Faktor 10 zurück.

5. Solarplasma-Detektor. Hier handelt es sich um Meßinstrumente, die die Dichte und Energie der kontinuierlich von der Sonne emittierten Partikel bestimmen. Die Empfindlichkeit dieser Apparatur liegt im Bereich zwischen 240 und 8400 eV. Es handelt sich hierbei um einen sogenannten elektrostatischen Tunnel, bei dem an der Meßplatte die Spannung programmäßig verändert wird. Auf dem Flug von MARINER II konnten relativ starke Veränderungen dieses kontinuierlichen Plasmastroms festgestellt werden, die sich vor allem auf die Geschwindigkeit der von der Sonne emittierten Partikel beziehen. Im allgemeinen schwankt die Geschwindigkeit dieser Teilchen zwischen 3,8 und 7 km/sec, wobei Maximalwerte von 12,5 km/sec vorkommen. Das entspricht für Protonen Energiebeträgen von 750 eV bis 2500 eV und Maximalwerten von 8000 eV.

6. Detektor zur Untersuchung des kosmischen Staubes.

Es handelt sich hierbei um Magnesiumplatten von 13×25 cm. Diese Platten sind mit kleinen Kristallmikrofolien verbunden, die die einzelnen Aufschläge und deren Energie registrieren. Alle 37 Sekunden werden diese Meßwerte übertragen.

Das interessanteste Ergebnis dieser Messungen besteht in der Feststellung, daß im interplanetaren Raum die Dichte der Staubeilchen

um den Faktor 10^4 geringer ist, als in der Nähe der Erde. Diese Messung deutet darauf hin, daß unsere Erde von einer Staubwolke umgeben ist.

Das Ergebnis

Die amerikanische Venussonde MARINER II hat am 14. Dezember 1962 unseren Nachbarplaneten Venus in einer Entfernung von 34 700 km passiert. Mit den installierten Meßgeräten wurden interessante wissenschaftliche Ergebnisse gewonnen:

1. Der Planet Venus scheint kein eigenes Magnetfeld, ähnlich dem der Erde, zu haben. In der Umgebung des Planeten wurde kein Anstieg des Magnetfeldes über die Stärke des interplanetaren Feldes hinaus festgestellt. Auf dem Flug zur Venus stellte die interplanetare automatische Station einen „Sonnenwind“ fest, ein heißes Gas, dessen Teilchen sich mit einer Geschwindigkeit von etwas weniger als 400 km pro Sekunde bewegen; das entspricht einer Temperatur von 100 000 Grad.

2. Im Zusammenhang mit dem Fehlen eines eigenen Magnetfeldes der Venus ergab sich auch die Feststellung, daß unser Nachbarplanet von keinen Strahlungsgürteln, ähnlich der Erde, umgeben ist.

3. Die Dichte der Materie wurde in dem Raum zwischen Erde und Venus auf 10 bis 20 Teilchen pro Zoll³ gemessen.

4. Die Messungen der Venussonde ergaben, daß die Intensität der Strahlung während des ganzen Fluges konstant war. Lediglich während einer Sonneneruption im Oktober 1962 war ein starker Anstieg zu verzeichnen.

5. Das wichtigste Ergebnis besteht wohl darin, daß die Messungen eine Oberflächentemperatur von 430 °C ergaben. Alle bisherigen Annahmen über Leben auf der Venus dürften damit gegenstandslos geworden sein. Auf der Südhalbkugel der Venus wurde allerdings eine rätselhafte „kalte“ Zone festgestellt, deren Zustandekommen man sich bisher nicht erklären kann, deren Temperatur aber auch noch über 400 °C liegt.

Die Funkverbindung zwischen der Erde und der interplanetaren automatischen Station MARINER II ist nach dem Passieren der Venus am 4. Januar 1963 in einer Entfernung von etwa 87 500 000 km abgerissen. Auf Grund der durchgeführten Messungen konnte auch die Masse des Planeten Venus genauer bestimmt werden. Sie beträgt 0,81 485 der Erdmasse. Der Unsicherheitsfaktor liegt bei dieser Messung bei $\pm 0,015$ Prozent.

Belebt oder unbelebt?

Wie umstritten die Frage nach der Existenz oder Nichtexistenz von Leben auf der Venus bis vor kurzem noch war, geht aus einem interessanten Meinungsstreit sowjetischer Wissenschaftler hervor.

Astronom Wladimir Prokofjew vom Astrophysikalischen Observatorium auf der Krim schloß an das große Turm-Sonnenteleskop einen neuartigen Spektrographen an. Mit Hilfe dieses Geräts entdeckte er in den oberen Schichten der Atmosphäre Sauerstoff. Im Zusammenhang mit der schon länger bekannten Tatsache, daß die Venusatmosphäre Kohlensäure enthält, folgert der Forscher auf die Existenz von vielleicht sogar höherem Leben.

Prof. Fessenkow hingegen weist darauf hin, daß man an der Oberfläche des Planeten Venus schon früher eine Temperatur von 300 °C gemessen hat. Solche Messungen wurden im Bereich der langwelligen Strahlung des Spektrums der Venus vorgenommen. Diese Methode gestattet es, den Anteil der Wärmestrahlung an der gesamten sichtbaren und unsichtbaren Strahlung, die eine Planetenoberfläche reflektiert, zu bestimmen.

Nach allen Kenntnissen über die Grenzen, in denen Leben entstehen und sich entwickeln kann, schließt eine so hohe Temperatur die Existenz von Leben aus.

Leben im Universum

Die Frage, ob es außerhalb der Erde Leben im Weltall gibt, ist nicht nur von wissenschaftlichem Interesse, sondern hat eine große weltanschauliche Bedeutung. Der dialektische Materialismus bejaht grundsätzlich diese Frage. Ohne Zweifel gibt es Nachbarn der Menschheit im All. Ob sie bereits in unserem Sonnensystem anzutreffen sind, oder erst in entfernten Winkeln unserer Galaxis, das wird die Astronomie, die heute dank der Astronautik nicht mehr an die Erde gebunden ist, zweifellos in nicht ferner Zeit klären. Professor Oparin schreibt zu diesem Problem:

Viele Jahrhunderte lang war es das Bestreben des menschlichen Geistes, die Geheimnisse des Weltalls und des Lebens zu lüften. Diese beiden Probleme sind untrennbar miteinander verknüpft.

Der heroische Flug Juri Gagarins, der ein Höhepunkt der Arbeit sowjetischer Wissenschaftler, Ingenieure, Techniker und Arbeiter war, kennzeichnete den Eintritt der Menschheit in eine neue Ära der Erforschung des Weltalls. Er öffnete den Bewohnern unseres

Planeten das Tor zum Kosmos und verlieh unseren Beziehungen zur Außenwelt einen völlig neuen Sinn.

Der Mensch träumt immer davon, daß er in den grenzenlosen Weiten des Weltalls nicht allein sei, daß es Leben – vielleicht auch in höheren Formen – irgendwo auf anderen Himmelskörpern gebe.

„Es spricht zu uns der Weisen Mund:
unzähl'ge Welten geben uns Geleit,
Millionen Sonnen brennen dort,
wo Völker leben auch im Bann der Zeit“,

schrieb unser großer Wissenschaftler und Dichter Michail Wassiljewitsch Lomonossow.

Heute wissen wir, daß unser irdisches Leben nicht zufällig entstand, sondern als eine notwendige und gesetzmäßige Etappe in der gesamten Entwicklung unseres Planeten. In den grenzenlosen Weiten des Weltalls gibt es sicher viele Himmelskörper, deren Entwicklung analog zu der auf der Erde verläuft. Deshalb besteht kein Zweifel, daß im Weltall das Leben weit verbreitet ist und keine ausschließliche Besonderheit unseres Planeten darstellt. In dieser allgemeinen Form kann die Frage nach dem Leben in anderen Welten unbedingt positiv bejaht werden. Bedeutend schwieriger ist aber die Beantwortung der Frage, ob es auf diesem oder jenem Himmelskörper, der sich in großer Entfernung befindet und den wir nur von der Erde aus beobachten können, Lebewesen gibt oder nicht.

Organismus und Umwelt

Alle diese scharfsinnigen Überlegungen sind jedoch nur mehr oder weniger wahrscheinliche Vermutungen, und bis heute (bis zum Beginn der Ära interplanetarer Flüge) können wir die Möglichkeit von Leben auf anderen nichtirdischen Himmelskörpern weder beweisen noch widerlegen. Man darf natürlich nicht vergessen, daß die Organisation der Lebewesen als Ergebnis einer spezifischen Wechselwirkung mit dem äußeren Medium entstand. Für Organismen, die auf anderen Himmelskörpern entstanden sind, können sich wiederum unsere irdischen Bedingungen als ungeeignet erweisen.

Jedoch nicht nur das Medium beeinflusst den Organismus, auch der Organismus verändert sich auf der einen oder anderen Entwick-

lungsstufe, d. h., er paßt sich seiner Umwelt an. Manchmal vollzieht sich diese Anpassung in kosmischem Maßstab – es verändert sich die gesamte Biosphäre des betreffenden Planeten, wie man durch astronomische Beobachtungen feststellen kann. In anderen Fällen wiederum besitzt die Veränderung nur lokalen Charakter. Und bei einer summarischen Beobachtung von außen kann der Eindruck entstehen, daß der Organismus hier unter Bedingungen existiert, die für das Leben ungeeignet erscheinen. Als Beispiel mögen einige Bakterienarten dienen, die sich in Medien entwickeln, deren Temperatur erheblich unter dem Nullgrad liegt. Sie können das aber nur deshalb, weil sie einige unmittelbar an sie angrenzende winzige Teile des Mediums auf Temperaturen über Null Grad erwärmen. Hierzu muß man bemerken, daß sich ein Lebewesen um so leichter von den ungünstigen äußeren Bedingungen unabhängig zu machen vermag, je höher es organisiert, je weiter es in seiner Entwicklung fortgeschritten ist. Das beweisen schon die in der Arktis lebenden Warmblütler.

Der Mensch, der eine höhere Form der Bewegung der Materie als die biologische darstellt, nämlich die soziale Form, hat in dieser Hinsicht schon große Fortschritte erzielt. Ein glänzender Beweis dafür ist Gagarins Aufenthalt im Kosmos, der glatt verlief, obwohl die Lebensbedingungen für den Menschen in diesem Raum absolut ungeeignet sind und man bei oberflächlicher Beurteilung der Dinge dieses Unternehmen als „unmöglich“ hätte bezeichnen müssen.

Das Problem des Lebens auf anderen Gestirnen läuft nicht in erster Linie auf die Lösung der Frage hinaus, ob Organismen unter diesen oder jenen Bedingungen existieren können, sondern auf die Untersuchung der Frage, in welchen Richtungen die Entwicklung der Materie auf verschiedenen Himmelskörpern verläuft. Bei uns auf der Erde ist das Leben durch einen langwierigen, einseitig gerichteten und nicht umkehrbaren Prozeß, durch die allmähliche Komplizierung organischer Substanzen entstanden. Diese Substanzen schlossen sich zu Komplexen zusammen, die dann während der Evolution die Ausgangsstoffe für die Bildung der Organismen darstellten. Wenn diese Entwicklungswege auf einem der erforschten Himmelskörper denen auf der Erde sehr ähnlich wären, dann müßte sich auf ihm unbedingt Leben bilden und entwickeln, obwohl es in seiner Entwicklung auch Formen annehmen kann, die sich von denen auf der Erde unterscheiden. Verschieden von denen unseres Planeten können auch die Etappen sein, in denen sich die Entwicklung des Lebens auf dem einen oder anderen Himmelskörper im Augenblick gerade befindet. Sie kann im Vergleich zu unserer

biologischen Entwicklung stark zurückgeblieben oder aber auch viel weiter sein. Für unsere irdischen Verhältnisse wissen wir nicht nur einigermaßen über den Ablauf der Entwicklung des Lebens Bescheid, sondern wir sind sogar in der Lage, bis zu einem gewissen Grade die einzelnen Etappen unter natürlichen oder Laboratoriumsbedingungen nachzubilden.

Die Entstehung des Lebens

In der ersten Etappe bilden sich in der sich festigenden Erdrinde Verbindungen zwischen Kohlenstoff und Wasserstoff, d. h. jene Kohlenwasserstoffe, die der Ausgangspunkt für die Entstehung all der anderen verschiedenartigen organischen Substanzen sind. Vor einiger Zeit wurde festgestellt, daß man diese Art der primären abiogenen Entstehung von Kohlenwasserstoffen auch heute noch an einigen Stellen der Erde beobachten kann.

Diese Kohlenwasserstoffe traten nun in Form von Dämpfen oder Gasen aus der Erdrinde heraus, vermischten sich mit der Atmosphäre und reagierten dort sowohl miteinander als auch mit dem Wasserdampf, Ammoniak, Schwefelwasserstoff und anderen Bestandteilen der Atmosphäre, die damals keinen freien Sauerstoff enthielt und keinen reduzierenden Charakter besaß. Als Ergebnis dieser Wechselwirkung entstanden aus den Kohlenwasserstoffen zunächst einfache, dann immer kompliziertere Verbindungen, ähnlich denen, die heute im Organismus unserer Pflanzen und Tiere vorkommen.

So ergaben vor kurzem Laboratoriumsversuche (vor allem die von Miller), bei denen die Verhältnisse der damaligen Erdatmosphäre nachgebildet wurden, daß sich in einem Gasgemisch, das aus dem einfachsten Kohlenwasserstoff (Methan), aus Ammoniak, Wasserstoff und Wasserdämpfen besteht, leicht und ziemlich schnell verschiedene Aminosäuren bilden, d. h. Verbindungen, die die Bausteine der Eiweißmoleküle darstellen. Analog müssen sich in der Uratmosphäre und in der Wasserhülle der Erde Zucker, fettähnliche Stoffe, phosphororganische Verbindungen u. a. gebildet haben.

Zunächst waren es nur relativ einfach gebaute organische Substanzen, deren Moleküle eine geringe Anzahl von Kohlenstoff-, Wasserstoff-, Sauerstoff-, Stickstoff-, Schwefel- und Phosphoratomten enthielten. Aber dann wurden sie, indem sie sich miteinander verbanden, immer komplizierter und mannigfaltiger.

Dieser Prozeß der organochemischen abiogenen Synthese ist über-

aus unvollkommen und schlecht organisiert. Er verlief auf sehr verwickelten und gewundenen Wegen, und deshalb erforderte jeder einzelne Schritt große Zeiträume. Jedoch im Laufe von vielen hundert Millionen Jahren führte er schließlich im Wasser der Urmeere zur Bildung komplizierter organischer Verbindungen vom Typ der Eiweiße, Nukleinsäuren, Porphyrine und anderen. So verwandelten sich die Gewässer noch lange vor der Entstehung des Lebens in eine Art „Nährbrühe“, in eine Lösung verschiedenartiger organischer Verbindungen. Aber sogar die einfachsten Organismen, die sich von dieser „Brühe“ hätten ernähren können, gab es noch nicht. Die Erde blieb unbelebt.

Die „Uernährung“

Die abiogene Bildung der „Urnährlösung“ kann man als zweite Etappe im Prozeß der Entstehung des Lebens auf der Erde ansehen. Die dritte, komplizierteste war die Entstehung der ersten Lebewesen. Zunächst waren eiweißähnliche Stoffe und andere komplizierte hochmolekulare Verbindungen einfach im Wasser der Erdhydrosphäre gelöst. Ihre Moleküle waren gleichmäßig im gesamten Lösungsmittel verteilt. Diese Moleküle können sich unter bestimmten, relativ einfachen Bedingungen leicht miteinander zu Molekülschwärmen oder -haufen vereinigen, die sich aus der Lösung als selbständige Systeme ausscheiden lassen. Systeme dieser Art – die sogenannten Koazervatröpfchen – kann man auch heute erhalten, wenn man im Laboratorium entsprechende Bedingungen herstellt.

Die Koazervatröpfchen treten mit der sie umgebenden Lösung in Wechselwirkung; sie können die Stoffe dieser Lösung aufnehmen, sich auf deren Kosten in Volumen und Gewicht vergrößern und sich schließlich unter dem Einfluß äußerer mechanischer Einwirkungen teilen. Der Charakter der Wechselwirkungen der in der „Urnährlösung“ entstandenen Koazervatröpfchen veränderte sich mit zunehmendem Wachstum ständig in einer bestimmten Richtung. Durch Zerstörung dynamisch instabiler Tröpfchen und durch Auslese wurden die Tröpfchen immer geeigneter für eine länger andauernde Existenz unter den gegebenen Bedingungen des äußeren Mediums. So entstanden die ersten höchst primitiven Formen des biologischen Stoffwechsels, auf dessen Grundlage sich die Uroorganismen bildeten. Die natürliche Auslese beseitigte schon bald alle Zwischenformen der biologischen Organisation von der Erdoberfläche. Man

hat Grund zu der Annahme, daß gut die Hälfte der Zeit, in der das Leben auf der Erde existiert (d. h. etwa 1 000 000 000 Jahre), für die Umwandlung der Urorganismen in diejenigen Lebewesen erforderlich war, die wir heute als die primitivsten Erdbewohner ansehen (z. B. Bakterien und Blaualgen).

Die spätere Entwicklung des Lebens können wir schon durch Auswertung paläontologischer Angaben beurteilen, also jener unmittelbar auffindbaren „Dokumente“, die in der Erdrinde seit Urzeiten erhalten geblieben sind. Aber die Anfangsperiode der Entstehung des Lebens hat keinerlei zuverlässige Spuren hinterlassen.

Heute haben wir keine Möglichkeit, unter natürlichen Bedingungen bei uns auf der Erde den Prozeß der Entstehung des Lebens zu verfolgen, weil er einseitig gerichtet und nicht umkehrbar ist. Wenn sich aus irgendeinem Grunde irgendwo organische Substanzen – „Nährbrühe“ – bildeten, würden sie sehr schnell von den heutigen Mikroorganismen beseitigt werden, die im Lebenskampf „bis an die Zähne bewaffnet“ sind und überall vorkommen, wo die Entwicklung des Lebens möglich ist.

Die Entwicklung des Lebens

Wir können uns über die zuerst entstandenen Formen des Lebens nur auf Grund von Angaben der vergleichenden Biochemie ein Bild machen. Obwohl diese Daten aufschlußreich sind, besteht dennoch der Wunsch, die Urformen des Lebens mit eigenen Augen zu sehen. Das ist nur auf zweierlei Wegen möglich: entweder durch künstliche Erzeugung dieser Formen – also Synthese des Lebens, und diesen Weg beschreiten wir – oder durch Entdeckung dieser Formen außerhalb unseres Planeten auf Himmelskörpern, wo sich die Entwicklung des Lebens in einem viel früheren Stadium befindet als bei uns. In der Tat könnten Spuren, die auf der Erde im Laufe der Zeit vollständig verwischt wurden, auf anderen Planeten erhalten geblieben sein. Außerdem kennen wir das Leben sozusagen nur „in einer einzigen Ausführung“, d. h., wir kennen nur unser irdisches Leben, das unter ganz bestimmten Bedingungen entstanden ist und sich entwickelt hat.

Andere Lebensformen

Wenn wir eine im Prinzip gleiche Form der Bewegung und Organisation der Materie fänden, die nur etwas anders entstanden wäre und sich etwas anders entwickelt hätte als bei uns, könnten wir sehr viel für das Verhältnis des Wesens des Lebens gewinnen. Wir könnten beurteilen, was bei unserem irdischen Leben zwangsläufig und was bis zu einem gewissen Grade zufällig, sekundär ist.

Es besteht kein Zweifel, daß sich die Entwicklung der Himmelskörper auf sehr unterschiedliche Weise vollzieht, und daß es in den unermeßlichen Weiten des Kosmos eine Vielzahl überaus vollkommener und komplizierter Formen der Bewegung der Materie geben kann, von denen wir heute nicht das geringste ahnen und die dem Leben und allem, was wir unter irdischen Verhältnissen kennen, überhaupt nicht ähnlich sind.

Jedoch, unter den zahllosen Himmelskörpern wird es einige geben, auf denen die Entwicklung des Lebens etwa so wie auf unserem Planeten verläuft.

Untersuchungen der letzten 10 Jahre ergaben, daß unser Sonnensystem keine seltene Ausnahme darstellt (wie man früher angenommen hatte). Viele Sterne sind ähnlich wie die Sonne von kreisenden, relativ kleinen Himmelskörpern umgeben. Deshalb sind wir im Unrecht, wenn wir unsere Erde als einzige Heimstätte des Lebens ansehen. Identische Formen der Materiebewegung müßten auch in anderen Gebieten des Weltalls entstanden sein.

Umfangreiche spektroskopische und andere Untersuchungen der verschiedensten Himmelskörper zeigen, daß die erste Etappe des Evolutionsprozesses, der bei uns auf der Erde zur Entstehung des Lebens führte, im Kosmos weit verbreitet ist. Die zunächst entstehenden Kohlenwasserstoffe wurden auf allen der Beobachtung zugänglichen Objekten nachgewiesen: auf der Oberfläche der Sterne, insbesondere auf der Oberfläche unserer Sonne, in der kalten Gas-Staub-Materie zwischen den Gestirnen, in der Atmosphäre von Planeten, in den Kernen von Kometen und in den auf die Erde niederfallenden Meteoriten.

So ist dieses erste Glied in der Kette der Umwandlung von Kohlenstoffverbindungen universell, allgemein. Bei weitem komplizierter liegen die Dinge mit der zweiten Etappe, mit der Entstehung der „Urnährlösung“, einer Lösung mehr oder weniger komplizierter organischer Verbindungen. Für deren Bildung ist vor allem Wasser erforderlich. In einigen Fällen – zum Beispiel bei der Venus – kann man mit Sicherheit auch dieses erwarten. Die Realisierung des

letzten Gliedes jedoch – die Entstehung des Lebens – bleibt unseren Untersuchungen bisher immer noch unzugänglich.

Der Flug Gagarins leitete die Ära kosmischer Flüge zwischen den Planeten ein und eröffnet uns neue, unübersehbare Perspektiven. Er verspricht uns Erkenntnisse über Lebensformen und Entwicklungswege, die von den irdischen verschieden sind. Hierbei ist es gleichermaßen wichtig, ob wir auf anderen Himmelskörpern höherentwickelte Lebewesen oder primitivere Organismen antreffen.

Dies alles wird uns gestatten, einen Blick in unsere Vergangenheit oder sogar in unsere Zukunft zu werfen. Aber wenn wir zu unserer Enttäuschung auf unseren Nachbarplaneten überhaupt kein Leben vorfinden sollten, dann wäre auch dieses negative Ergebnis wichtig für ein tieferes Verständnis des Lebens. Insbesondere könnten wir uns besser über die Frage nach seiner Entstehung klar werden und besser die abiogene Umwandlung der Kohlenstoffverbindungen studieren, die vor diesem Ereignis da waren und bis zu diesem oder jenem Grade allen Himmelskörpern gemeinsam sind.

Die sowjetischen Biologen begrüßen begeistert die großartige Heldentat des mutigen Kosmonauten Juri Gagarin und treten tiefbewegt in eine neue Epoche der Entwicklung der Wissenschaft vom Leben ein. Diesem Problem wollen wir all unsere schöpferischen Kräfte widmen.

Mars

4. Planet des Sonnensystems (von der Sonne aus gesehen)

Mittlere Entfernung von der Sonne	= 228 000 000 km = 1,524 AE
Umlaufzeit um die Sonne	= 1 Jahr 322 Tage
Bahnneigung gegen die Erdbahnebene (Ekliptik)	= 1,8°
Rotationszeit	= 24h 37 min 23 sec
Wirklicher Durchmesser des Planeten	= 6 800 km = 53 Prozent des Erddurchmessers
Scheinbarer Durchmesser des Planeten	= 3" bis 25"
Masse	= 0,107 Erdmassen
Mittlere Dichte	= 3,95 g/cm ³
Schwerkraft an der Oberfläche . . .	= 38 Prozent der Schwerkraft an der Erdoberfläche
Jahresmitteltemperatur	= -15°C

Mond

Erdmond = natürlicher Trabant (Satellit) der Erde

Mittlere Entfernung von der Erde . . .	= 384 400 km = 60,3 Erdradien
Siderische Umlaufzeit um die Erde . . .	= 27,321,66 Tage
Bahnneigung gegen die Erdbahnebene (Ekliptik)	= 5°
Rotationszeit	= 27,321,66 Tage
Wirklicher Monddurchmesser . . .	= 3 476 km = 0,27 Erddurchmesser
Scheinbarer Monddurchmesser . . .	= 31,5'
Volumen des Mondkörpers	= $2,199 \cdot 10^{25} \text{ cm}^3$ = 0,02 Erdvolumen
Masse	= $7,35 \cdot 10^{25} \text{ g}$ = $\frac{1}{81,3}$ Erdmasse
Mittlere Dichte der Mondmaterie . . .	= 3,34 g/cm ³ = 60,5 Prozent der mittleren Erddichte
Schwerkraft an der Oberfläche . . .	= 16,5 Prozent der Erdschwere, d. h., daß die Anziehungskraft an der Mondoberfläche eine 5 bis 6mal geringere Wirkung hat als die Anziehungskraft an der Oberfläche der Erde
Temperatur	= + 120 °C (Tagseite), bis - 150 °C (Nachtseite).

Venus

2. Planet im Sonnensystem (von der Sonne aus gesehen)

Mittlere Entfernung von der Sonne	= 108 000 000 km = 0,723 AE
(1 AE (Astronomische Einheit)	= 149 600 000 km)
Umlaufzeit um die Sonne	= 224,7 Tage
Rotationszeit	~ 9 bis 11 ^d
Bahnneigung gegen die Erdbahn ebene (Ekliptik)	= 3,4°
Wirklicher Durchmesser des Planeten	= 12 400 km = 97 Prozent des Erddurchmessers
Scheinbarer Durchmesser des Pla- neten	= 10" bis 60"
Masse	= 0,815 Erdmassen
Mittlere Dichte der Venusmaterie . . .	= 4,95 g/cm ³ = 10 Prozent geringer als die mittlere Dichte der Erde
Schwerkraft an der Oberfläche . . .	= 86 Prozent der Schwer- kraft an der Erdober- fläche
Temperatur	= + 430 °C.

Fremdwörterverzeichnis

Absorbieren	verschlucken
AIS	Automatische Interplanetare Station
Aktiver Abschnitt der Flugbahn	jener Teil der Flugbahn, auf dem die Triebwerke des Trägerraketensystems in Tätigkeit sind
Aphel	sonnenfernster Punkt der Bahn eines sich um die Sonne bewegendes Raumflugkörpers
Apogäum	erdfernster Punkt der Bahn eines sich um die Erde bewegendes Raumflugkörpers
Astrobotanik	Wissenschaft von dem Leben der Pflanzen auf anderen Himmelskörpern
Bahnparameter	mathematische Größen, die den Bahnverlauf einer Rakete bestimmen
Banden	verbreiterte helle oder dunkle Linien im Spektrum
Biosphäre	Sphäre, in der sich die Lebensprozesse auf einem Himmelskörper abspielen
Bit	Maßeinheit der funktechnischen Übertragung
Bogenminute	ein Kreis = 360° ein Grad = 60 Bogenminuten eine Bogenminute = 60 Bogensekunden
Deklination	Breitengrade auf dem Himmelsglobus (Parallelkreise zum Himmelsäquator)
Ekliptik	Erdbahnebene, scheinbare Sonnenbahn am Himmel
Elliptische Geschwindigkeit	kosmische Geschwindigkeit zwischen 7,9 und 11,2 km/sec
Elongation	größte östliche oder westliche Abweichung der Planeten (Merkur und Venus) von der Sonne
Emittieren	aussenden oder ausstrahlen
Exzentrizität	mathematische Größe, die die Gestalt einer Ellipse bestimmt
Fenriswolf	altgermanische Sagengestalt aus der Tierwelt
Fluoreszenz	durch Sonnenstrahlung verursachtes Eigenleuchten, (Nachleuchten)
Frühlingsäquinoktium	Frühlings-Tagundnachtgleiche
Galaxis	Milchstraßensystem, Welteninsel

Geodät	Erdvermesser
Himmelsmechanik	Gesetze der Bewegung der Himmelskörper
Hyperbel	ein aus zwei getrennten Ästen bestehender Kegelschnitt
Hyperbolische Geschwindigkeit	dritte kosmische Geschwindigkeit = 16,7 km/sec Entweich- oder Fluchtgeschwindigkeit in bezug auf die Sonne
Hypothese	wissenschaftlich begründete Annahme
Kinetische Energie	Bewegungsenergie
Konjunktion	scheinbares Zusammentreffen zweier Himmelskörper
Koordinaten	auf den Himmelshintergrund bezogene Punkte der Bahn eines Raumflugkörpers
Korpuskularströme	Ströme aus Strahlungspartikeln
Kubus	dritte Potenz einer Zahl z. B. $3^3 = 3 \times 3 \times 3$
Libration	schwankende Bewegung der Mondkugel, die dadurch zustande kommt, daß der Mond in einer exzentrischen Bahn die Erde umkreist und diese Bahn außerdem gegen die Erdbahn um etwa 5° geneigt ist
Maksutow	sowjetischer Konstrukteur eines Spiegelteleskops
Meteorit	Kleinstkörper im Weltenraum
Mikroben	Kleinstlebewesen
NASA	amerikanische Weltraumbehörde
Parabolische Geschwindigkeit	zweite kosmische Geschwindigkeit = 11,2 km/sec – Entweich- oder Fluchtgeschwindigkeit in bezug auf die Erde
Passiver Abschnitt des Fluges	antriebsloser Flug der Rakete oder des Raumschiffs
Perigäum	erdnächster Punkt der Bahn eines sich um die Erde bewegendes Raumflugkörpers
Perihel	sonnennächster Punkt der Bahn eines sich um die Sonne bewegendes Raumflugkörpers
Polarisiertes Licht	nur in einer Ebene schwingendes Licht
Ptolemäisches System	altes Weltsystem, wonach sich die Erde im Mittelpunkt des Alls befinden sollte
Radiusvektor	Leitstrahl
Reflexion	Rückstrahlung

Rektaszension	Längengrade auf dem Himmelsglobus (Vertikalkreise zum Äquator)
Selenographie	Beschreibung der Oberfläche des Mondes
Siderische Umlaufzeit	auf die Sterne bezogene Umlaufzeit des Mondes
Solar	von der Sonne kommend, mit der Sonne zusammenhängend
Solarkonstante	diejenige Strahlungsenergie der Sonne, die je Zeiteinheit die bestimmte Flächeneinheit eines Planeten erreicht
Solarerterrestrisch	Sonne-Erde-(Beziehungen)
Spektralanalyse	Auswertung der Untersuchung von Spektren
Spektralfotometrie	Lichtmeßmethode zur Untersuchung von Spektren
Spektrograph	Gerät zur Aufnahme von Sternspektren
Spektroskop	Gerät zur Untersuchung von Sternspektren
Spektrum	durch ein Prisma zerlegtes Licht eines Himmelskörpers
Subarktis	kalte Zone südlich der Arktis
Synchron	zeitgleich
Synodische Umlaufzeit	Abstand zwischen zwei gleichen Mondphasen
Tektonische Prozesse	oberflächengestaltende Vorgänge
Teleskop	Fernrohr
Theodolit	Winkelmeßgerät zur Bestimmung von Entfernungen auf der Erde
Topographie	Wissenschaft von der Oberflächengestaltung eines Himmelskörpers
Winkelgeschwindigkeit	auf das Gradnetz der Himmelskugel bezogene scheinbare Bewegung eines Körpers

Quellenverzeichnis

In den Text wurden folgende Materialien einbezogen:

Material der Sektion Astronomie des Präsidiums der Gesellschaft zur Verbreitung wissenschaftlicher Kenntnisse (Mondoberfläche).

Beitrag von W. Djomin über die maximale Sicherheit des Menschen beim Weltraumflug.

Ekonomiktscheskaja Gaseta vom 26. Februar 1962 über sowjetische Weltraumfahrt.

Artikel aus der Prawda vom 26. Februar 1961 über die sowjetische Venussonde.

Prof. Oparin über das Leben auf fernen Himmelskörpern.

Artikel aus „Leben im Universum“ von Prof. Oparin aus der Zeitschrift „Wissenschaftliche Welt“, Heft 4/1961.

Entwurf für Zeichnungen auf den Seiten 45 und 46 H. G. Urbschat.

Sonstige Quellen

B. H. Bürgel: Aus fernen Welten – Ullstein Verlag

Herbert Pfaffe: Physik des Weltalls – Kinderbuchverlag

Prof. Wattenberg: Mars – der rote Planet – Urania-Verlag

Robert Henseling: Der neuentdeckte Himmel

Debes: Kleiner Mondatlas

Sowjetische Akademie der Wissenschaften: Atlas der Mondrückseite

Inhalt

Nach Redaktionsschluß	5
---------------------------------	---

Unser roter Nachbar – der Mars

Der Bote zum Mars	11
Ist der Mars erdähnlich?	11
Liliputaner im Weltall	15
Kepler, das Oval und der Mars	16
Die drei Keplerschen Gesetze	19
Metscha und der Mars	20
Der Flug der kosmischen Rakete	22
Eine Entdeckung mit unvorhergesehenen Folgen	26
Die Flora des Mars	28
Die Kritiker	31
Ein Panzer aus Eis	33
Mars – Erde in 10 Minuten	36

An den Mond (Goethe)	37
Elektronengehirn lenkt	38

Unser Reisebegleiter im Kosmos – der Mond

Der „Mann im Mond“	39
Der kosmische Baedeker	40
Antwort von Frau Luna	47
Eine Nacht bringt es an den Tag	48
Das Kabinett unserer lieben Frau	50
Wie sind Krater entstanden?	52
250° Temperaturschwankungen	57
Hinter ihrem Rücken	58
Eine Portion Mondluft	70
Gibt es Leben auf dem Mond?	71
Die Geschwister des Mondes	73
Drei Hürden für den Mondflug	74
Der amerikanische Beitrag	77
Eis auf dem Mond?	79

Es geht um jedes Kilogramm	80
Reiseroute und Reisegeschwindigkeit	82
Drei Landemöglichkeiten	84
Luna IV	85
Ehe der Mensch den Mond betritt	86

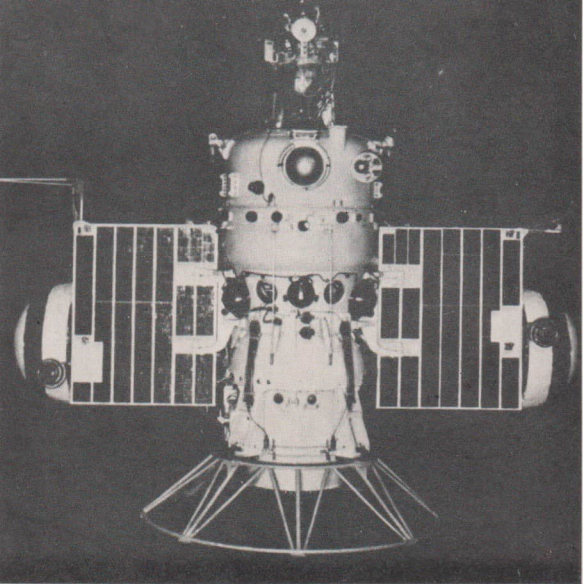
Unsere geheimnisvolle Nachbarin – die Venus

Plötzliche Popularität	89
Der Venustag	92
Der erste Flug zur Venus	93
Auswahl der Flugbahn	98
Meß- und Steuerungskomplex	101
Anlagen der Station	103
Warum fiel der Sender aus?	106
Die amerikanische Venussonde	107
Das Ergebnis	111
Belebt oder unbelebt?	112
Leben im Universum	112
Organismus und Umwelt	113
Die Entstehung des Lebens	115
Die „Uernährung“	116
Die Entwicklung des Lebens	117
Andere Lebensformen	118

Tabelle: Mars	120
Tabelle: Mond	121
Tabelle: Venus	122
Fremdwörterverzeichnis	123
Quellenverzeichnis	126
Bildteil	

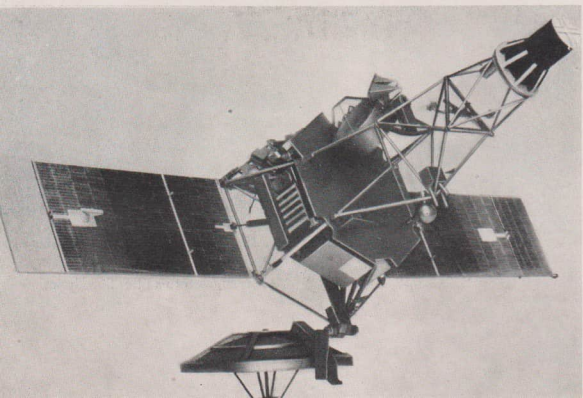


Sonnenfinsternis über Stockholm



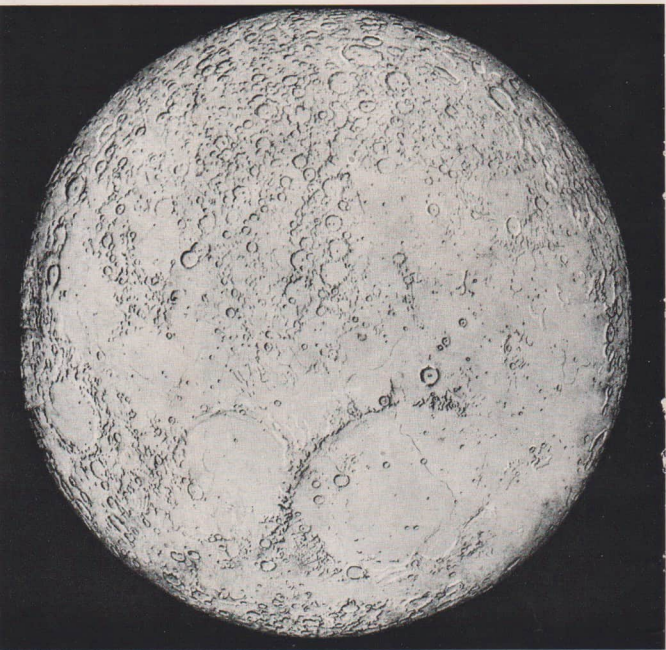
Mars 1 (sowjetische Marssonde)

Unten: Mariner II
(amerikanische Venussonde)

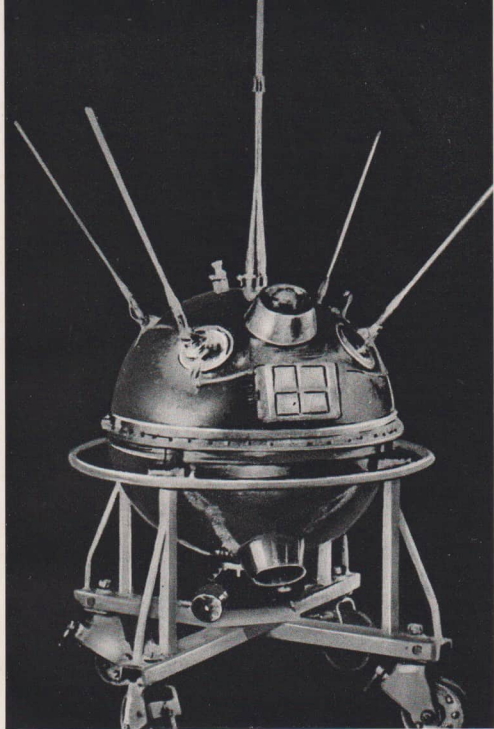




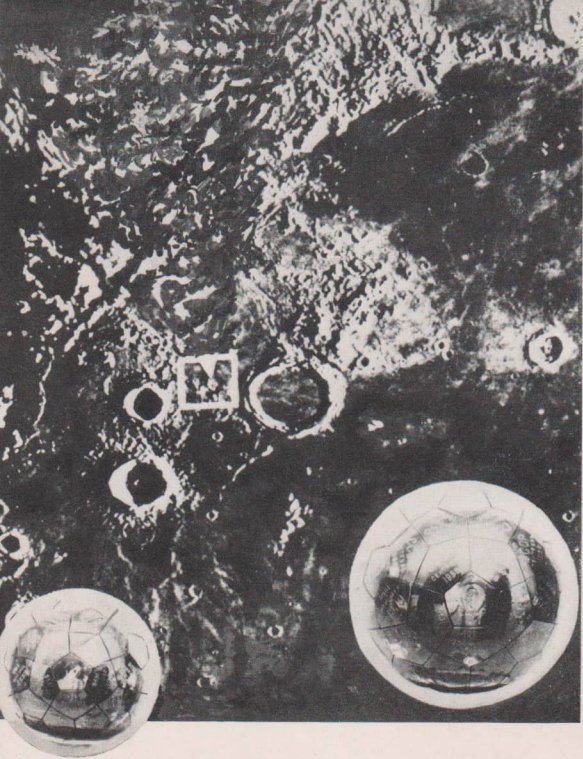
Erdglobus und Fernrohr vor Moskauer Planetarium



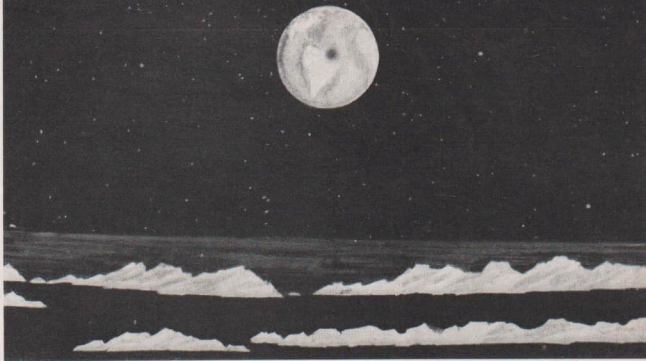
Mondoberfläche



Metscha (Lunik I) Ansicht des Instrumentenbehälters



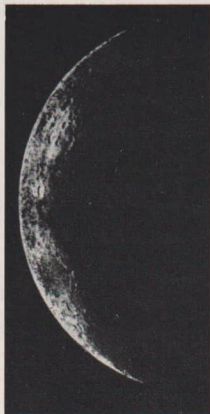
Lunik II, Ort der Landung auf der Mondoberfläche (siehe Pfeil im Quadrat)



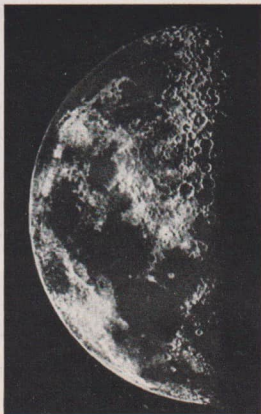
Vollerde und Erdfinsternis vom Mond aus betrachtet
(irdische totale Sonnenfinsternis). Kreisrunder Mondschaten auf der Erde



Neuerde und totale Sonnenfinsternis (vom Mond aus)



Drei Tage nach Neumond



Erstes Viertel



10 Tage nach Neumond
größte Libration links



Vollmond



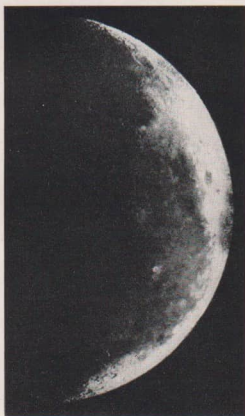
Letztes Viertel



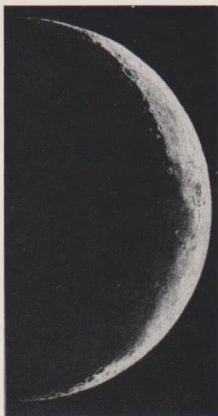
nd –
oben



10 Tage nach Neumond –
größte Libration links unten



6,5 Tage vor Neumond



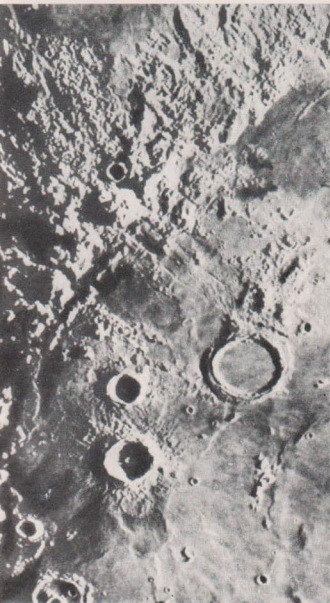
Drei Tage vor Neumond



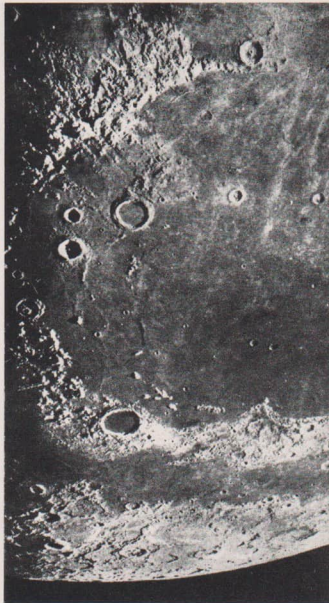
Ringgebirgslandschaft
im Südwesten des Mondes



Südteil der Mondkugel
im Licht des letzten Viertels



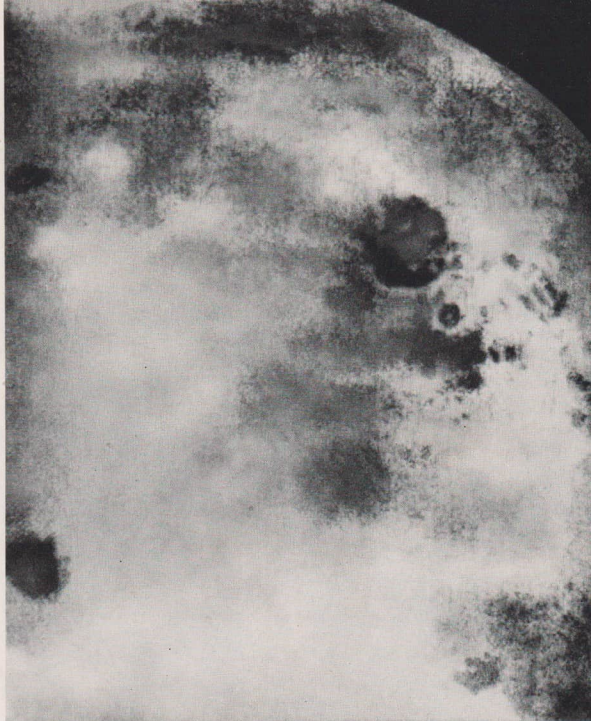
Mond-Apenninen,
Südwestteil des Mare Imbrium



Nordteil des Mondes (letztes Viertel),
Mare Imbrium mit Randgebirgen



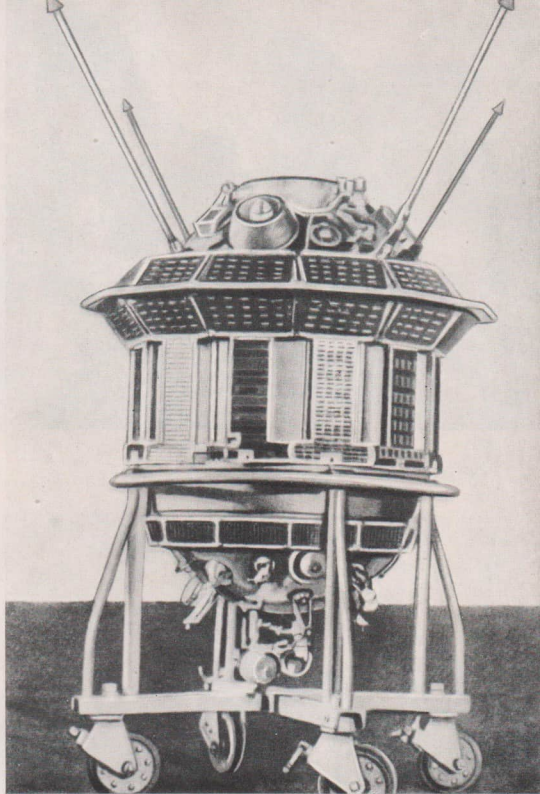
Fotografie der Rückseite des Mondes (aufgenommen von Lunik III)



Teilansicht der Mondrückseite



Grenze zwischen Vorder- und Rückseite des Mondes stellt gestrichelte Linie dar, dazu rechtwinklig verlaufende Linie: Mondäquator



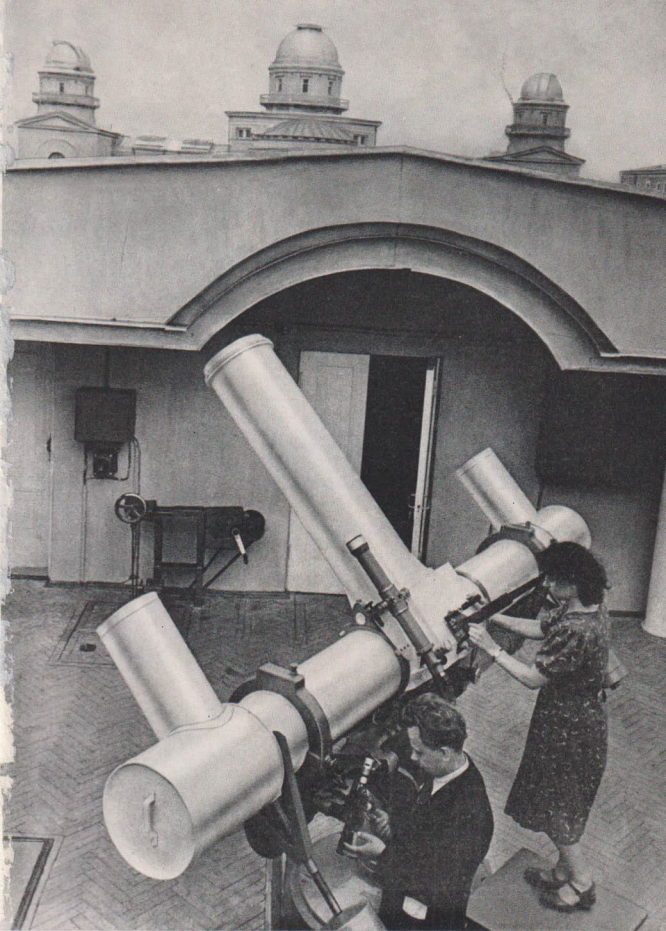
Lunik III (Gerätebehälter mit Antennen und Sonnenbatterien)



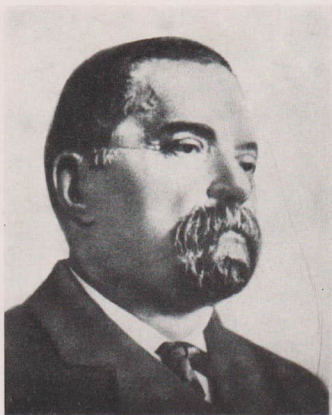
Observatorium Pulkowo (zerstört)



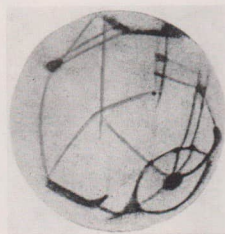
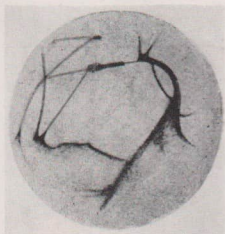
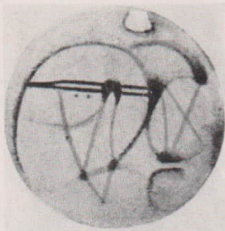
Observatorium Pulkowo (wieder aufgebaut)



Interferometer zur Bestimmung von Sterndurchmessern in Pulkowo



Der italienische Astronom Schiaparelli



Zeichnungen der Marsoberfläche von Schiaparelli

Marte Pos. della nave 22 0" 247°

$$W = 13^{\circ} 7'$$

$$\begin{array}{r} 14^{\circ} 24' \\ 17^{\circ} 12' \\ \hline 157^{\circ} 31' \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17.8 \\ 14.2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 03090 \\ 21268 \\ \hline 44358 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 011 \\ 173 \\ \hline 385 \end{array}$$

(Distanza polare 77° 59' 4" 25° 52' 22" 22° 7' Sid. 249° 31' 632 557 26552)

Niente di nuovo sul d'isa La parte superiore delle
esperin continua ad essere velata in neva hith
Suna p. Italic e Andania leggerissimo vel
Non fuori l'ellad. Bianca Scandi il solito

72.75° Pos. al mar il latte inferiore d'Esperia
265° 69'

{ Coma. 22° 30'
Jim 22° 30'

Man lion
per pagant
dell'ipabian



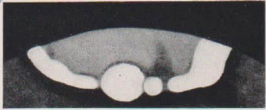
Ellade precise
mentre contornat
da ogn. barch
Italic fith lat
Torneo: Esper
D'amb. i lat

Arig. VII
na fove

La I per la zona parallela affetto insufficiente



1. Juli, 13h9, $l' = 150^\circ$



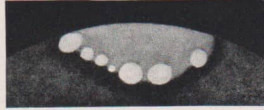
15. Juli, 14h5, $l' = 30^\circ$



20. Juli, 13h5, $l' = 330^\circ$



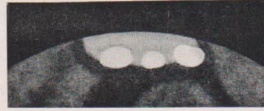
1. August, 13h6, $l' = 230^\circ$



22. August, 12h8, $l' = 35^\circ$



25. August, 12h7, $l' = 5^\circ$



28. August, 7h7, $l' = 265^\circ$



2. September, 12h1, $l' = 285^\circ$

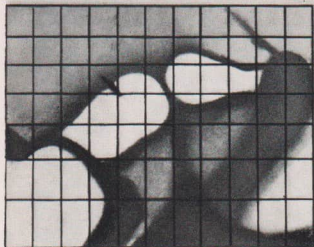
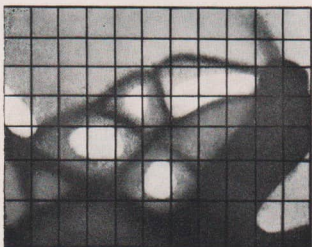


5. September, 10h1, $l' = 238^\circ$

9 Phasen der Veränderung der Polkappe des Mars



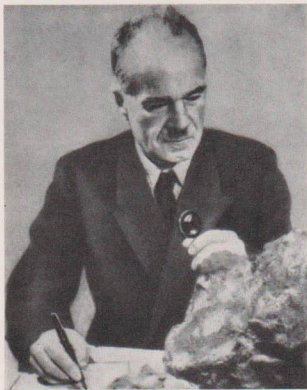
Aufnahme des Planeten Mars



2 Fotos, die die Veränderung der Marslandschaft zeigen



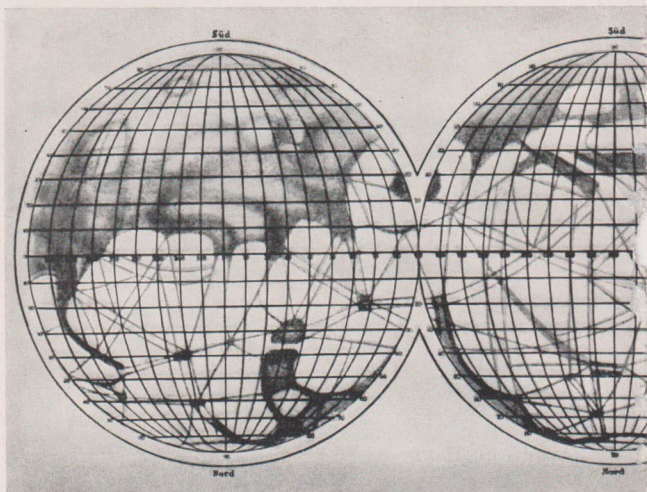
Astrobotaniker
bei der Arbeit



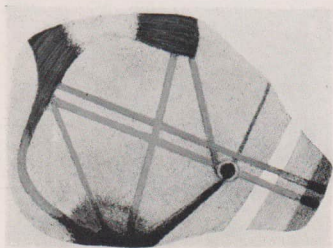
Der sowjetische
Astronom Fessenkow



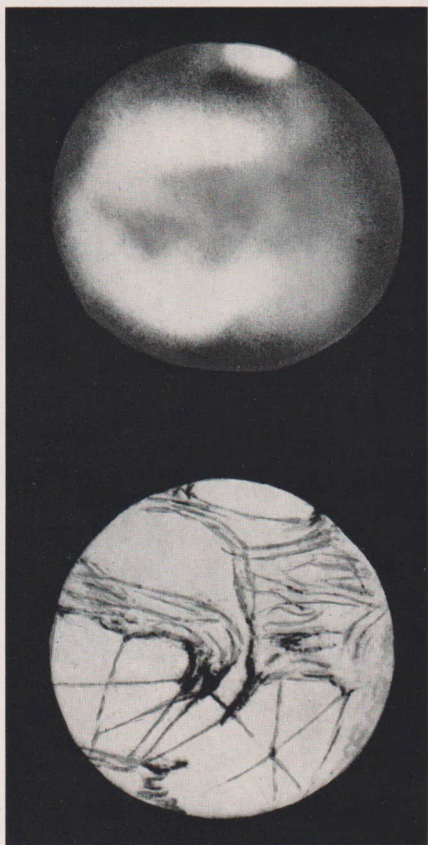
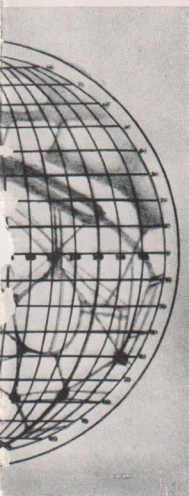
Krim-Observatorium



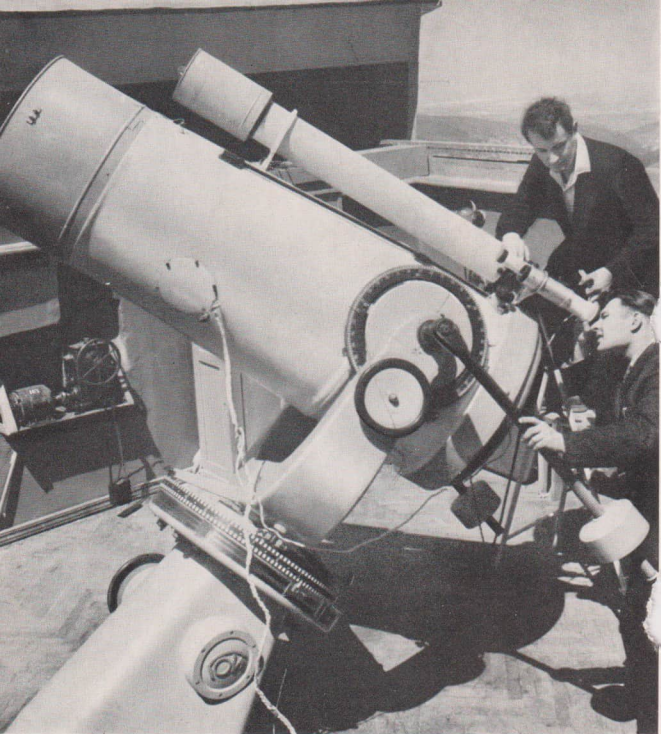
Marskanäle



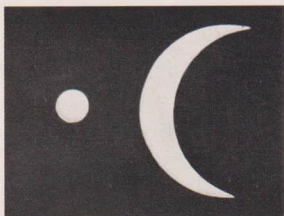
Kanalverdoppelung



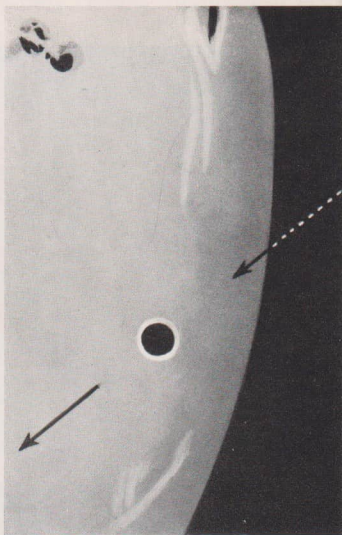
Marsfoto und Marszeichnung gegenübergestellt



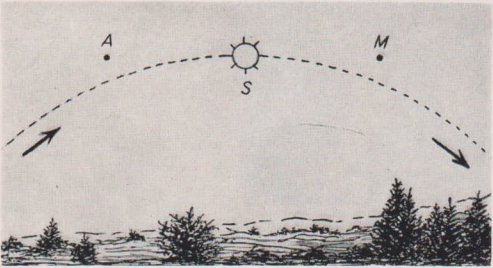
Observatorium in Alma-Ata



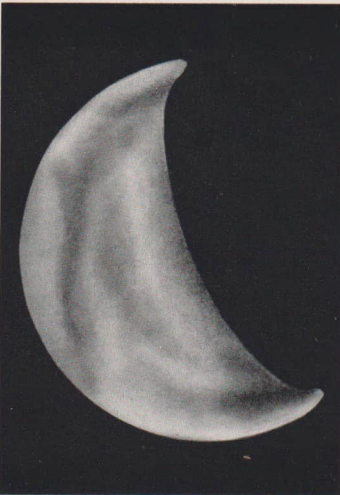
Größe der Venus als Sichel und als vollbeleuchtete Scheibe



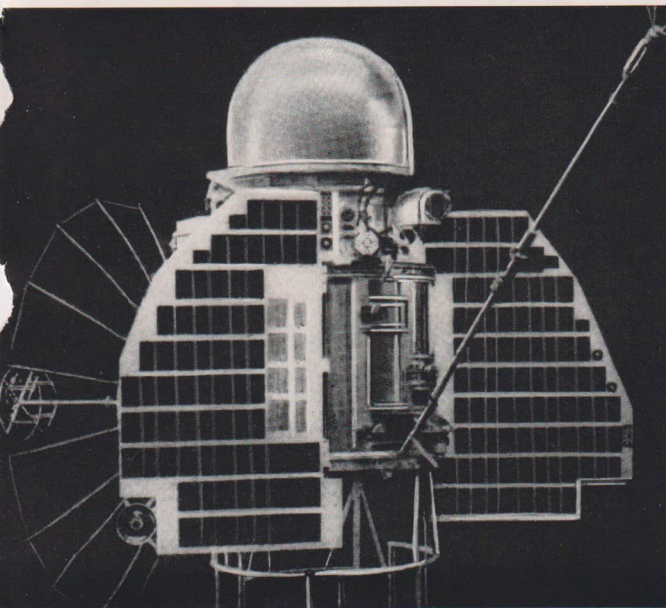
Vorübergang der Venus vor der Sonne

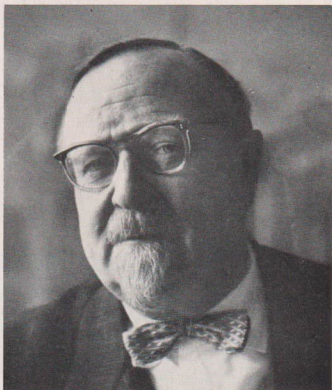


Wie die Venus Morgen- und Abendstern wird



Abendstern
Venus in einem
großen Fernrohr

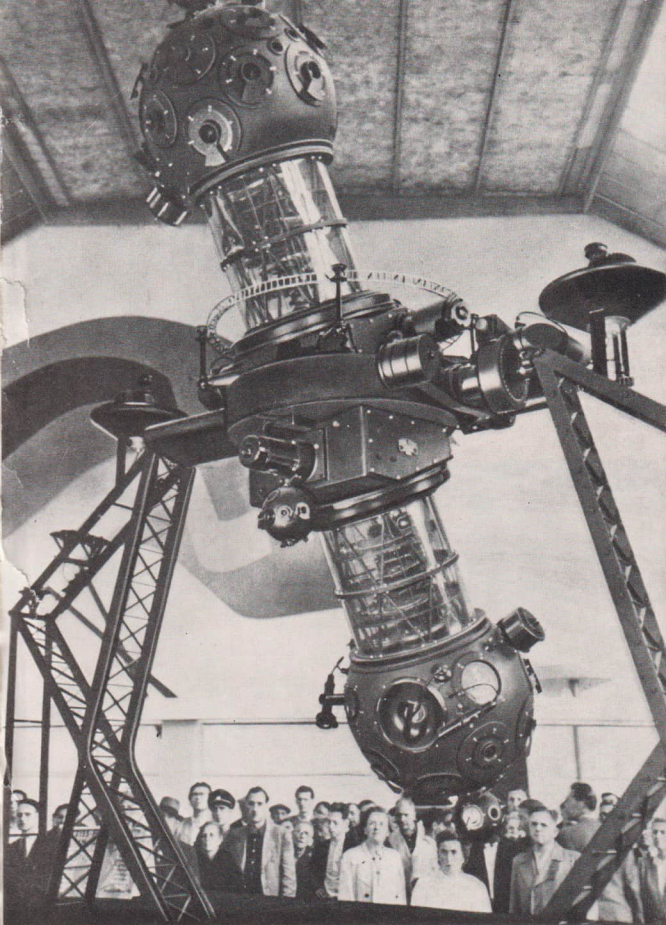




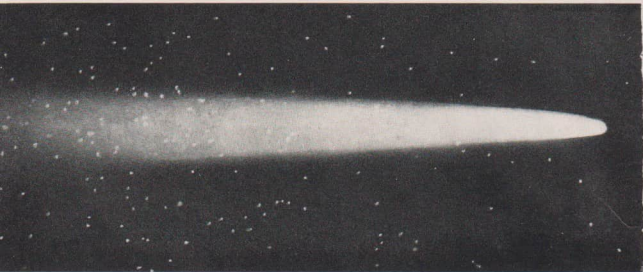
Der sowjetische Biochemiker Oparin

Sternwarte Wolgograd





Zeiss-Planetarium in Wolgograd



Ein Komet, sichtbar am 15. Mai 1910



Besucher im Moskauer Planetarium

