

Dritter Arbeitstag von Lunochod 2

Wieder einmal verdrängten die Sonnenstrahlen die Finsternis über dem Mondfahrzeug und beleuchteten die abgeplatteten Gipfel der Hügel im Vorgebirge, und wieder begannen die Antennen des Zentrums für kosmische Fernverbindungen sich zu drehen, erfaßten die Sichel des Mondes und standen still. Am Samstagabend, dem 10. März, öffnete sich auf ein Funkkommando von der Erde der Deckel des Mondmobils, der dritte Arbeitstag von Lunochod 2 begann.

Während der Mondnacht, als auf dem Mond praktisch nicht gearbeitet wurde, konnte eine Art Rekord registriert werden: An der Stange, an der sich die Meßwertfühler des Magnetometers befinden, wurden 186 Grad unter Null gemessen. Im Innern des Mondmobils blieb das Mikroklima durchaus irdisch. Die bei einem ersten Funkkontakt während der Mondnacht eingeschalteten Fernmeldesysteme und wissenschaftlichen Apparaturen bestätigten, daß die Übernachtung gut verlief. Die Fahrt konnte fortgesetzt werden. In welche Richtung, darüber beriet die technische Leitung. In den zwei Wochen vor dieser Sitzung hatte man die Daten,

genmagnetstörungen des Fahrzeugs sind dazu noch sehr unregelmäßig, genauso unregelmäßig wie das Oberflächenrelief des Mondes. Also müssen die Wissenschaftler alle möglichen Kunstgriffe anwenden, um gewissermaßen eine „Nadel im Heuhaufen“ zu finden. Bei der Untersuchung eines interessanten Kraters fuhr das Mondmobil vom Krater in vier zueinander genau entgegengesetzte Richtungen, wobei es auf den gleichen Strecken des „Kreuzes“ eine Hin- und eine Rückfahrt unternahm. Das geschah vor allem auf Bitte der Magnetologen, die auf diese Weise die Magnetstörungen des Fahrzeugs ausschalten wollten. In der Fachwelt gilt es als sicher, daß der Mond kein dem irdischen ähnliches Magnetfeld besitzt. Wie sich jedoch herausgestellt hat, besitzen die Mondmeere und das Festland „lokale Magnetfelder“, deren Ursprung bis heute ungeklärt ist. Schon der erste untersuchte Krater zeigte bedeutende Veränderungen der Horizontalkomponente des lokalen Magnetfeldes nach Größe und Richtung. In der Nähe des Kontinents verstärkte sich dieser Effekt noch. Die Spannung des Feldes erreichte höchste Werte an den Wällen der Krater in der Meereszone; niedrigste Werte wurden in den Bergen registriert.

Interessant sind die beim Halten durchgeführten Messungen. Diese Forschungen ermöglichen es, eine „elektromagnetische Sondierung“ des Mondes vorzunehmen, was — gemeinsam mit den Ergebnissen der gleichzeitigen Messungen des Satelliten Prognose 3, der Mitte Februar gestartet worden war — ermöglicht, das Innere des Mondes und dessen Aufbau zu studieren.

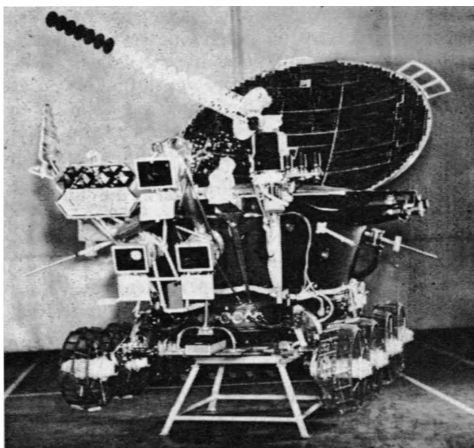
Am zweiten Montag legte Lunochod 2 rund zehn Kilometer zurück. Der Weg verlief in der Übergangzone vom Meer zum Kontinent ins Gebirge. Auf diesem verhältnismäßig langen Abschnitt wurden nicht nur unterschiedliche Magnetfelder festgestellt. Das im Mondmobil installierte Gerät zur Bestimmung der chemischen Zusammensetzung der Mondoberfläche registrierte zum Beispiel, daß sich der Gehalt an Eisen auf diesem Abschnitt um fast 40 Prozent verringerte, dagegen an Aluminium um 20 Prozent zunahm. Die Basalte des Meeres gingen nach und nach in das Kontinentalgestein Anorthosit über. Das bestätigten auch die Untersuchungen der optischen Eigenschaften der Oberfläche. Der Boden wurde heller. Die Zahl der „frischen“ Krater nahm in der Nähe der Küstenlinie des Kontinentalmassivs beträchtlich ab.

Fachleute, die die physikalisch-mechanischen Eigenschaften des Bodens untersuchten, stellten fest, daß dessen Tragfähigkeit hier enorm gestiegen war. Das Gerät zur Beurteilung der Geländebeschaffenheit stieß jedoch einmal auf Betonhärte und ein andermal auf lockere Stellen, die vermuten lassen, daß unter der Oberflächenschicht Höhlungen vorhanden sind. Es wurde daher beschlossen, zum Meer zurückzukehren. Das Mondmobil wird zunächst in den Nordosten und sodann in den Osten fahren.

Wiederholte Magnetmessungen in der Meereszone sind auch deshalb interessant, weil das interplanetare Magnetfeld instabil ist. Außerdem befindet sich der Mond im Einflußbereich des Magnetschweifs der Erde. Es ist wichtig zu ermitteln, wie das äußere Magnetfeld die zu messenden Charakteristiken der Restmagnetisierung des Mondes beeinflusst.

Außerdem ändert sich die Phase des Magnetschweifs der Erde, und das Magnetometer wird neue aufschlußreiche Daten übermitteln.

Wadim Lewski



Das selbstfahrende Laboratorium Lunochod 2 während einer Überprüfung im Herstellerwerk
Foto: APN

die am zweiten Montag gesammelt worden waren, ausgewertet.

Die Bearbeitung der riesigen Menge wissenschaftlicher Informationen, die zum Beispiel allein das Magnetometer liefert, das ständig, sowohl während der Fahrt als auch beim Halten eingeschaltet ist, ist sogar mit Hilfe von Computern ungemein kompliziert: diese Arbeit kommt der Untersuchung jedes einzelnen Körnchens einer Waggonladung Reis gleich. Die Messung der Spannung des Magnetfeldes in drei senkrecht zueinander verlaufenden Richtungen ist noch mit einer weiteren Schwierigkeit verbunden. Wie sich herausstellte, ist das von den Elektromotoren der Räder erzeugte Magnetfeld um ein Vielfaches stärker als das zu messende Magnetfeld des Mondes. Die Ei-

Weltraumfahrt: Probleme und Perspektiven

Am 12. April 1961 unterbrachen alle Rundfunkstationen der Erde ihre Sendungen, um eine atemberaubende Meldung durchzugeben: „Ein Mensch im Weltraum!“ Es war Juri Gagarin, der damals mit dem Raumschiff Wostok 1 die Erde in einem epochemachenden Flug 108 Minuten lang umkreiste. Seit diesem Tag ist in der Sowjetunion der 12. April der Weltraumfahrt gewidmet. Den nebenstehenden Beitrag stellte uns Akademiemitglied Georgi Petrow, Direktor des Instituts für Weltraumforschung, zur Verfügung.

Kosmonautendenkmal in Moskau. Der silberglänzende, fast hundert Meter hohe Obelisk ist mit poliertem Titan verkleidet. Das Monument, das die Leistungen des Sowjetvolkes bei der Erschließung des Weltraums symbolisiert, wurde 1964 eingeweiht

Foto: S. Solowjow, APN

kosmische Nachrichtenübermittlung und andere Bereiche, in denen die Weltraumtechnik angewandt wird, machen sich heute schon bezahlt.

In raschem Tempo kommt auch die Lösung wissenschaftlicher Fundamentalprobleme voran. Forschungen, die noch vor wenigen Jahren höchst ungewöhnlich schienen, werden nun nach und nach zu ganz gewöhnlichen wissenschaftlichen Experimenten.

Die Flüge von Satelliten, Raumsonden und Raumflugkörpern zum Mond, zur Venus und zum Mars haben unsere Kenntnisse über die Erde und den Weltraum ungemein bereichert.

Seit kurzem kann die Wissenschaft ein präzises Bild entwerfen, wie die Magnetosphäre unseres Planeten vom sogenannten Sonnenwind — der Korpuskularstrahlung der Sonne — umströmt wird; es handelt sich um einen Strom von Protonen und Elektronen, die von der Sonne her mit einer Geschwindigkeit von mehreren hundert Kilometern pro Sekunde fliegen. In einer Entfernung von unserem Planeten, die etwa dem Zehn- bis Zwölffachen seines Halbmessers gleichkommt, befindet sich eine gigantische Stoßwelle. Zwischen der Stoßwelle und der Erde sind Bereiche erhöhter Teilchendichte, die sogenannten Strahlungsgürtel der Erde, entdeckt worden. Unter der Einwirkung von Sonnenwindstößen verschiebt sich die Grenze der Magnetosphäre, ändern sich die Teilchendichte in den Strahlungsgürteln, die Zusammensetzung und die Dichte der Hochatmosphäre, und als Folge dieser Veränderungen entstehen Polarlichter und magnetische Stürme.

Die Flüge sowjetischer automatischer Stationen zum Mond und die weiche Landung auf der Oberfläche unseres natürlichen Satelliten charakterisieren eine neue Etappe in der Erforschung von Himmelskörpern unseres Sonnensystems. Wir haben nun Gelegenheit, unseren Planeten mit anderen, vermutlich viel einfacheren kosmischen Objekten zu vergleichen.

Anhand uralter Gesteinsarten und Ablagerungen an der Mondoberfläche wird man, so nehmen Wissenschaftler an, zu einer Zeittafel gelangen können, die Aufschluß über die Entstehung und die frühen Entwicklungsetappen der erdähnlichen Planeten gibt. Wir verfügen infolge der Erosion auf der Erde über keinerlei irgendwie wahrnehmbare „Überreste“ der ursprünglichen Erdstruktur. Auf dem Mond aber verlaufen die seine Oberfläche verändernden Prozesse bedeutend langsamer, so daß die Mondgesteinsarten Informationen über die Frühgeschichte des Sonnensystems geben müssen.

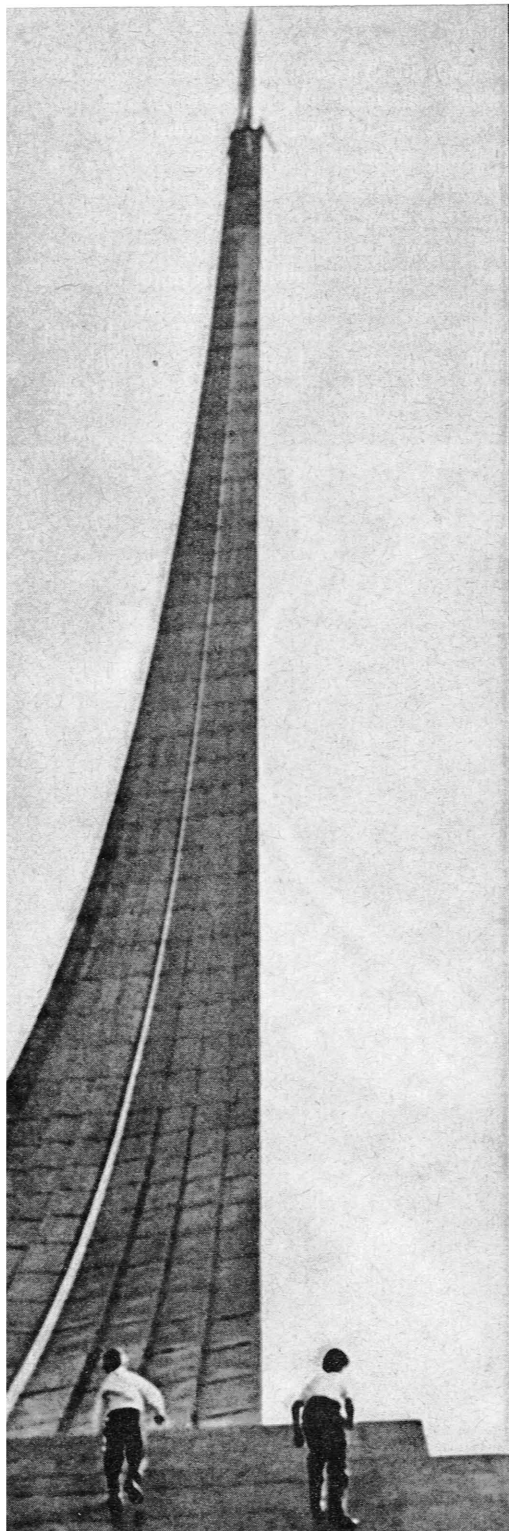
Die meisten Mondforscher meinen, der Mond müsse vor etwa 4,6 Milliarden Jahren entstanden sein, das heißt zu der Zeit, als das Sonnensystem entstand. Allerdings ist bis jetzt auf dem Mond keine einzige derart alte Gesteinsart entdeckt worden, das höchste Gesteinsalter reicht an die vier Milliarden Jahre heran. Die auf der Erde gefundenen ältesten Gesteinsarten sind jedoch höchstens 3,2 Milliarden Jahre alt. Somit ist die Frage nach dem Ursprung des Mondes und der Art seiner Entstehung immer noch eine Schlüsselfrage.

Die Flüge sowjetischer automatischer Stationen, die die Oberfläche der Venus und des Mars erreichten, haben uns um so viele Erkenntnisse bereichert, daß die intensive Erforschung von Planeten des Sonnensystems neuerdings einen immer größeren Raum in der Weltraumforschung einnimmt. Ebenso wie bei der Mondforschung stellt sich auch hier die Frage nach dem Ursprung dieser Himmelskörper, nach der Entstehung und Evolution des Sonnensystems als Ganzes und insbesondere der Erde.

Aus den während des letzten Jahrzehnts über den Mars gewonnenen Informationen ergibt sich, daß der Evolutionsprozeß dieses Planeten eine große Ähnlichkeit mit demjenigen der Erde aufweist. Die aufgenommenen Marsbilder legen die Annahme nahe, daß dieser Planet sich dauernd verändert und daß seine geologische Geschichte derjenigen der Erde ähnlich ist. Auf dem Mars gehen heftige Erosionsprozesse vor sich, die, was ihre Intensität anbelangt, den irdischen vergleichbar sind. Es wird angenommen, daß sie mit den Veränderungen in der Atmosphäre in Zusammenhang stehen. Eben darum ist die Erforschung der Natur und der Dynamik der Marsatmosphäre äußerst wichtig für das Begreifen der Zirkulationsprozesse in der Erdatmosphäre. Äußerst interessant sind die von den Sonden Mars 2 und Mars 3 gelieferten Informationen bezüglich der Wechselwirkung zwischen diesem Planeten und dem ihn umströmenden Sonnenwind.

Nicht minder wichtig für die Klärung der Frage nach der Evolution des Sonnensystems sind die Informationen, die über die Venus gesammelt worden sind. Auf diesen Planeten trifft — wenn man die Möglichkeit einer Entwicklung von organischem Leben im Auge hat — in größerem Maße als auf irgendeinen anderen Himmelskörper der Ausdruck „verlorene Illusionen“ zu. Es wurden verschiedene Hypothesen aufgestellt, um die Ergebnisse der astronomischen Beobachtungen der Venus anders als bisher interpretieren zu können, und es wurden Kompromisse eingegangen: die Venus sei die verkörperte Vergangenheit der Erde, sie befinde sich gerade im Karbon und ihre dichte Atmosphäre verhülle zahlreiche stürmisch eruptierende Vulkane, weshalb sie auch eine Kohlendioxidatmosphäre von der Art besitze, wie sie einst auch die Erde hatte.

Die Weltraumforschung hat diese Illusionen gründlich zerstört. Heute wissen wir über



Die Erschließung des Weltraums blickt auf eine knapp fünfzehn Jahre währende Geschichte zurück. Aber die Raketen- und Weltraumtechnik entwickelt sich so rasch und die Weltraumforschung macht so große Fortschritte, daß im Leben der Menschheit — in der Industrie, in der Wissenschaft und Politik — alles, was auf den Kosmos Bezug hat, einen enormen Einfluß auf die Umgestaltung der Gesellschaft ausübt.

Mit der Weltraumtechnik erhielt die Menschheit nicht nur ein neues Mittel, die sie umgebende Welt zu erforschen und zu erkennen, sondern auch ein mächtiges Instrument zur Befriedigung praktischer Bedürfnisse. Die Satelliten-Meteorologie, die

die Hochatmosphäre der Venus mehr als wir noch vor fünfzehn Jahren über die Hochatmosphäre der Erde wußten: Die sowjetischen automatischen Stationen Venus 4, Venus 5, Venus 6 und Venus 7 lieferten die ersten exakten Daten über die physikalisch-chemische Beschaffenheit der Venusatmosphäre. Die Sonde Venus 8 arbeitete während 50 Minuten unmittelbar auf der Venusoberfläche. Von ihr sind neue Daten über die Venusatmosphäre geliefert worden, darunter auch über deren optische Eigenschaften an den Abschnitten, an denen die Sonde niederging, sowie Angaben über den Venusboden am Landeplatz. Seine obere Schicht erwies sich als ziemlich locker, die Bodendichte betrug weniger als 1,5 Gramm je Kubikzentimeter.

Einen wichtigen Beitrag zur Erforschung der Struktur der Venus stellte die Messung von Spektren der Gammastrahlung der Venusoberfläche dar. Wie sich herausstellte, sind sie für Gesteinsarten charakteristisch, in denen sich nach ihrem Hervordringen aus dem Planeteninnern unter dem Einfluß verschiedener Umweltfaktoren sekundäre Änderungen vollzogen haben. Diese Daten sind nur über einen relativ kleinen Abschnitt gewonnen worden, so daß man bei weiteren

Forschungen andere Abschnitte untersuchen muß, um Klarheit über die Prozesse in der festen Venushülle und über die Evolution der Venus zu gewinnen.

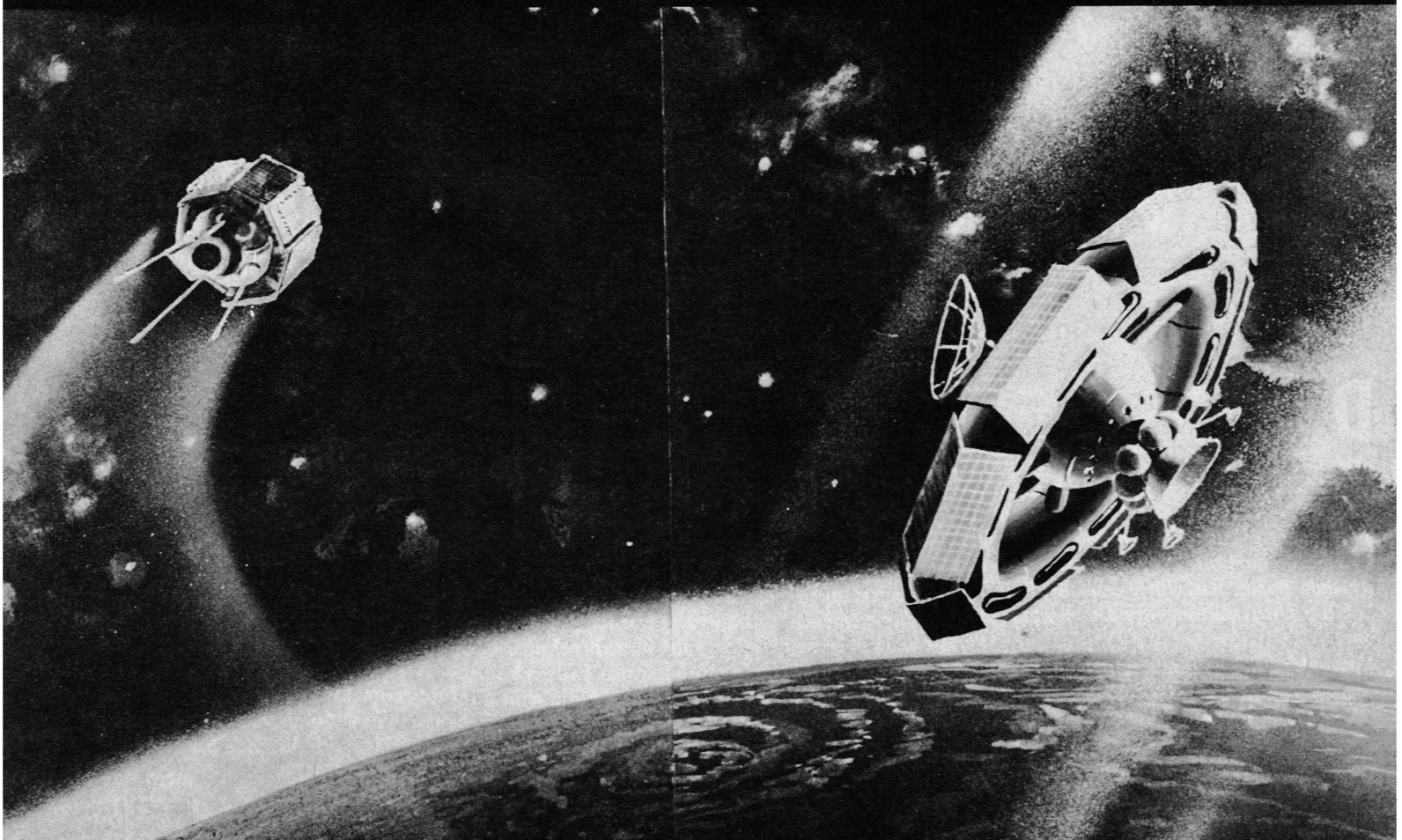
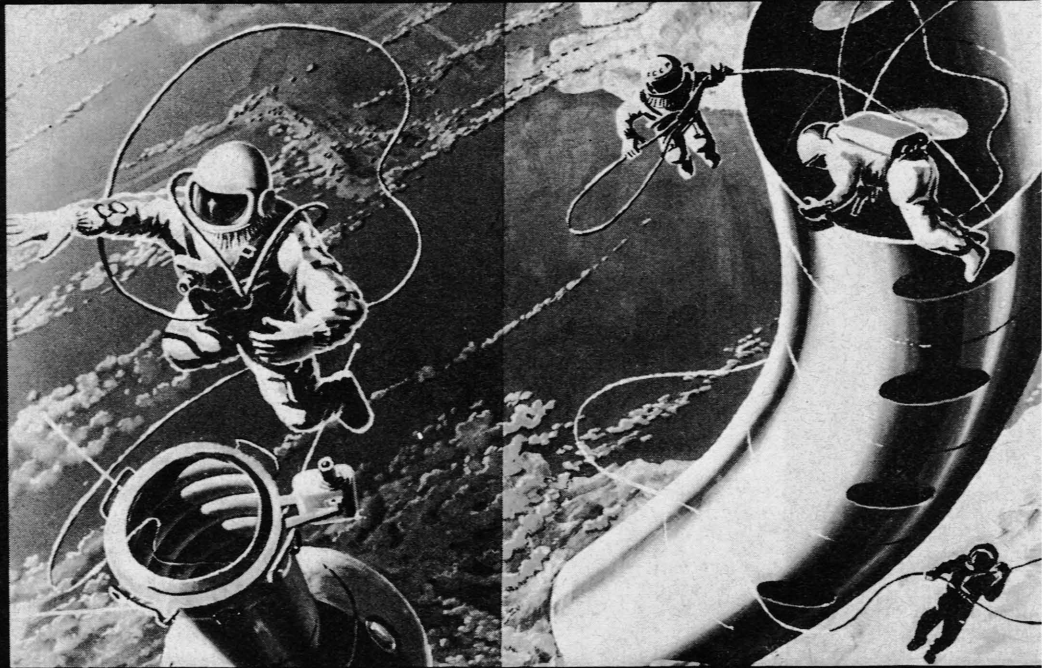
Heute erlebt die Astronomie gleichsam eine zweite Geburt. Die Entwicklung der Weltraumtechnik trug zur Entstehung völlig neuer Teilgebiete dieser uralten Wissenschaft, etwa der Röntgenastronomie und der Gammastreptroskopie, bei. Mit Hilfe von astronomischen und radioastronomischen Observatorien außerhalb der Erdatmosphäre

werden die Astronomen zu neuen Erkenntnissen gelangen und Informationen über Prozesse in den weit entfernten Teilen des Weltalls erhalten können. Ein Anfang auf diesem Gebiet ist bereits gemacht worden.

Den Prozessen in den fernen Teilen des Kosmos liegen Fundamentalgesetze der Materie- und Energieumwandlung zugrunde, die zu erforschen die generelle Aufgabe der Wissenschaft darstellt. Sie lassen sich an den die Erde erreichenden kosmischen Strahlen erkennen, die neben den Sternen und der gas-

Rechts: Über dem Planeten. Zeichnung des Kosmonauten A. Leonow — Montage einer Orbitalstation. Zeichnung von A. Sokolow

Unten: Satellit der Interkosmos-Serie beim Flug — Internationale Orbitalstation. Zeichnungen von A. Sokolow



förmigen interstellaren Materie zu den wichtigsten Bestandteilen des Universums gehören und maßgeblich an der Energiebilanz des interstellaren Raumes beteiligt sind.

Über längere Zeit hinweg erforschte man die kosmischen Strahlen von der Erdoberfläche aus anhand ihrer Wechselwirkung mit den Atomen der Atmosphäre. Die Sowjetunion ist das erste Land, das die kosmische Strahlung mit Hilfe künstlicher Erdsatelliten zu erforschen begann. Mit dem Start automatischer Apparate der Proton-Serie begann die Erforschung von Ultrastrahlungsteilchen sehr hoher Energien — bis zu 2×10^{14} Elektronenvolt; solche Energien können in den heutigen Teilchenbeschleunigern nicht erreicht werden. In dem größten Beschleuniger, dem von Serpuchow, läßt sich eine Teilchenenergie von etwa 7×10^{10} Elektronenvolt erreichen. Schwere Orbitalstationen mit komplizierten Anlagen an Bord bieten beim Studium der kosmischen Ultrastrahlung enorme Möglichkeiten.

Auch einige Teilgebiete der angewandten Kosmonautik machen rasche Fortschritte. Das erste experimentelle meteorologische Weltraumsystem wurde in der Sowjetunion 1967 geschaffen. Im Laufe von sechs Monaten haben seine Satelliten 500 Zyklonen (Tiefdruckgebiete) entdeckt und Hunderte Schiffe über den Ozean gelotst. In Zukunft wird man mit Hilfe von meteorologischen Satellitensystemen die Wirkung des komplizierten Mechanismus der klimabildenden Faktoren besser begreifen und folglich auch das Klima beeinflussen können.

Wahrhaft unbegrenzte Möglichkeiten bietet die Kosmonautik für die Erforschung der natürlichen Ressourcen der Erde. Ein Anfang wurde auf diesem Gebiet mit den Flügen bemannter Weltraumschiffe gemacht. Heute ist bereits klar, daß einzelne Probleme voll und ganz mit Hilfe von automatischen Stationen gelöst werden können. Die Zeit ist nicht mehr fern, da man Satellitensysteme aufbauen wird, um mit ihrer Hilfe einen großen Kreis von Problemen zu lösen, die mit der Steuerung der wirtschaftlichen Tätigkeit des Menschen und der Erforschung der Erde zusammenhängen.

Aufgrund eines im Mai 1972 in Moskau unterzeichneten Abkommens zwischen den Regierungen der UdSSR und der USA wurde eine Vereinbarung erzielt, 1975 einen gemeinsamen Flug mit Raumschiffen des Typs Sojus und des Typs Apollo zu unternehmen. Der erste Testflug mit Kopplung eines sowjetischen und eines amerikanischen Raumschiffs im Kosmos, wobei Kosmonauten von einem zum anderen hinüberwechseln sollen, sieht die Erprobung gemeinsamer Annäherungssysteme und Kopplungsvorrichtungen von Raumschiffen vor. Mit Flügen dieser und ähnlicher Art werden in erster Linie humane Zwecke verfolgt: Erhöhung der Flugsicherheit für den Menschen im Weltraum und Gewährleistung der Möglichkeit, später gemeinsame wissenschaftliche Experimente vornehmen zu können.