

# Orbitalstation mit internationaler Besatzung

Am 2. März wurde in der Sowjetunion das Raumschiff Sojus 28 gestartet. An Bord des Raumschiffes befanden sich Alexej Gubarew als Kommandant und der Forschungskosmonaut Vladimir Remek aus der CSSR. Der Start von Sojus 28 mit dieser internationalen Besatzung war zugleich der erste bemannte Raumflug im Rahmen des Interkosmos-Programms der beteiligten sozialistischen Staaten.

Der 46jährige Oberst Alexej Gubarew unternahm seinen ersten Raumflug, der 30 Tage dauerte, vor drei Jahren als Kommandant des Raumschiffs Sojus 17 und der Orbitalstation Salut 4. Der Gruppe der sowjetischen Kosmonauten gehört er seit 1963 an.

Der 29jährige Hauptmann der tschechoslowakischen Volksarmee Vladimir Remek wurde 1976 als Kandidat für einen Weltraumflug nach dem Interkosmos-Programm ausgewählt und anschließend im sowjetischen Kosmonautenausbildungszentrum auf seinen Start vorbereitet.

Am 3. März koppelte Sojus 28 an Salut 6/Sojus 27 an, wodurch erneut ein Forschungskomplex aus einer Orbitalstation und zwei Raumschiffen gebildet wurde. In den folgenden sieben Tagen absolvierten die beiden Kosmonauten gemeinsam mit der Stammbesatzung der Orbitalstation, Juri Romanenko und Georgi Gretschno, ein intensives Forschungsprogramm.

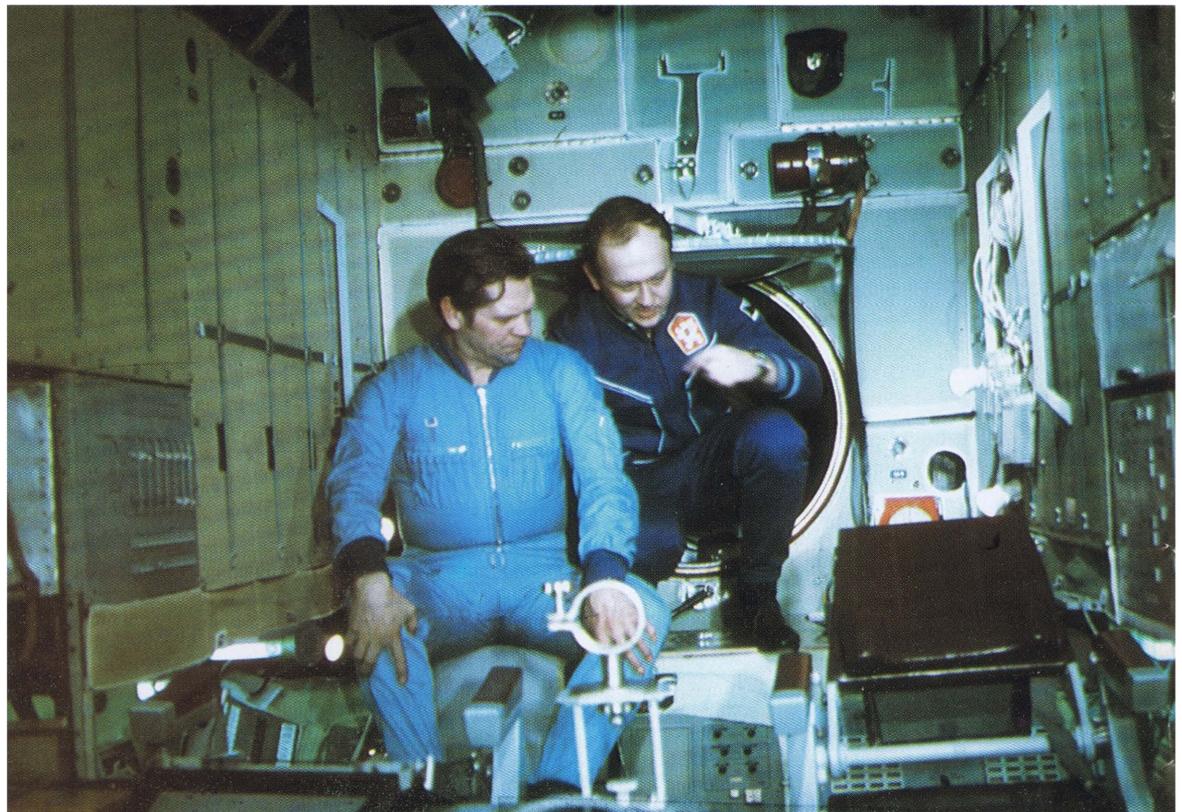
Besonders interessant war für die seit Dezember in der Orbitalstation tätigen Kosmonauten Romanenko und Gretschno der Umstand, daß sie als erste Kosmonauten einen großen Teil ihrer Filmaufnahmen nach dessen Bearbeitung auf der Erde noch während ihres Fluges selbst begutachten konnten: Es handelte sich um Filmmaterial, das von der ersten Besuchsexpedition (Wladimir

Dschanibekow und Oleg Makarow) im Januar zur Erde gebracht und jetzt mit Sojus 28 zur Orbitalstation zurückgeschickt wurde, wo die Kosmonauten die Aufnahmen mit den realen Objekten vergleichen sollten.

Das auf sieben Tage berechnete Forschungsprogramm der Interkosmosbesatzung war von sowjetischen und tschechoslowakischen Wissenschaftlern

gemeinsam ausgearbeitet worden.

Die Kosmonauten führten technologische Experimente unter der Bezeichnung *Morava* durch. Sie schmolzen von der Erde mitgebrachte Stoffe in Kapseln tschechoslowakischer Produktion in einem sowjetischen Elektroofen. Diese Experimente sollen die Gesetzmäßigkeiten der Verfestigung



Oben: Alexej Gubarew und Vladimir Remek während des gemeinsamen Trainings im sowjetischen Kosmonautenausbildungszentrum

Links: Obwohl bisher alle sowjetischen Raumschiffe bei der Rückkehr zur Erde in der UdSSR auf festem Boden niedergingen, werden im Trainingsprogramm auch Wasserlandungen geübt

und der Kristallisation der Schmelzen unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit klären. Beim biologischen Experiment *Chlorella* wurde die Entwicklung von Einzellerorganismen verschiedener Art untersucht. Zudem fotografierten die Kosmonauten die Erdoberfläche und das Weltmeer und erforschten mit einem tschechoslowakischen Oxymeter die Sauerstoffaufnahme im Gewebe des Menschen und die Kühlfähigkeit der Atmosphäre bemannter Sektionen.

Anders als das westeuropäische Raumfahrtprogramm mit seinem gemeinsamen Finan-

Links: Bordkommandant Alexej Gubarew (rechts) und Forschungskosmonaut Vladimir Remek vor dem Start  
Fotos: A. Moklezow , APN

zierungsfonds basiert das Interkosmos-Programm finanziell aufgrundsätzlich anderen Prinzipien. Bei Interkosmos gibt es keine gemeinsamen Fonds und keine zusätzliche Finanzierung; jedes Land trägt nur die Ausgaben zur Entwicklung von Geräten und Anlagen für die Experimente, an denen es interessiert ist. Dabei stehen den sozialistischen Ländern die sowjetischen Trägerraketen, Startanlagen usw. unentgeltlich zur Verfügung. Jedes Land finanziert nur sein wissenschaftliches Programm.

Das Interkosmos-Programm der sozialistischen Länder für bemannte Flüge ist auf mehrere Jahre berechnet. Der ersten Gruppe von Kosmonauten, die die Ausbildung bereits abgeschlossen hat, gehören Kandidaten aus der Tschechoslowakei, der DDR und Polen an. Diese Länder haben bislang den größten Beitrag für die Forschungsvorhaben geleistet. Irgend jemand mußte nun den Anfang machen. Die Wahl fiel diesmal auf Vladimir Remek. Aber noch in diesem Jahr werden ein Kosmonaut aus Polen und aus der DDR in den Weltraum fliegen. Schon bald wird die Ausbildung einer neuen Kosmonautengruppe mit Vertretern Bulgariens, Kubas, der Mongolei, Rumäniens und Ungarns beginnen. In diese Gruppe werden bereits Kandidaten aufgenommen, die ihre Flüge in den Jahren bis 1983 absolvieren werden.

Nach Erfüllung ihrer Aufgaben koppelten Alexej Gubarew und Vladimir Remek ihr Raumschiff von der Orbitalstation Salut 6/Sojus 27 ab und landeten am 10. März in der Kasachischen SSR. Wenig später schlossen auch Juri Romanenko und Georgi Gretschko ihre Experimente ab und begannen mit der Konservierung der Orbitalstation Salut 6. Am 16. März kehrten sie mit Sojus 27 nach dem mit 96 Tagen bisher längsten Aufenthalt von Raumfliegern im Kosmos wohlbehalten auf die Erde zurück.

# Sowjetische Raumfahrt im dritten Jahrzehnt

Die politische, ökonomische, soziale, wissenschaftlich-technische und kulturelle Bedeutung der Raumfahrt und ihrer Entwicklung kann nicht hoch genug eingeschätzt werden. Im Grunde genommen kann man die Raumfahrt als integrale Kennziffer der Stärke der Produktivkräfte und des wissenschaftlich-technischen

Beim Eintritt in ihr drittes Jahrzehnt hat die sowjetische Raumfahrt neue bedeutende Erfolge erzielt. Am 11. Januar wurden zum ersten Mal drei Raumflugkörper miteinander auf einer Erdumlaufbahn zu einem einheitlichen Forschungssystem verbunden. Am 22. Januar stellte die UdSSR die erste Transportbrücke zwischen Erde und Orbit her, indem der automatische Raumtransporter Progress 1 an den Orbitalkomplex Salut 6/Sojus 27 ankoppelte. In nachstehendem Beitrag gibt Kosmonaut Georgi Beregowoi, Generalleutnant der sowjetischen Luftstreitkräfte, einen Überblick über die Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt.

Potentials eines Landes, der Entwicklungsstufe seiner Volkswirtschaft sowie des allgemeinen Bildungs- und Kulturniveaus seines Volkes ansehen. Steht doch hinter jedem Flug eines Raumkörpers die Lösung vielfältiger theoretischer und praktischer Konstruktions- und Forschungsfragen, von technologischen und organisatorischen Leitungsproblemen, wozu große materielle und personelle Reserven benötigt werden. Früher wurden sie manchmal als zu groß angesehen und angesichts der vielen höchst irdischen Probleme sogar als überflüssiger Luxus betrachtet. Die Erfahrungen bestätigen jedoch nicht nur die

hohe technische Bedeutung der Raumfahrt, sondern auch ihre ökonomische Zweckmäßigkeit und Rentabilität. Darüber hinaus zeigte sich ihre Notwendigkeit für die Lösung der Aufgaben im Nachrichtenwesen, in der Navigation, für die Aufstellung von Prognosen zum Ablauf verschiedenartiger natürlicher Prozesse auf der Erde (in erster Linie der meteorologischen), für die allseitige Erforschung der geographischen Hülle des Planeten zum Zwecke ihrer Erschließung sowie für die Optimierung ihrer Wechselwirkung mit der Industrie.

In den vergangenen 20 Jahren wurde von der Sowjetunion Enormes in der Erforschung und Erschließung des Weltraumes geleistet: der erste Flug Juri Gagarins, der Ausstieg eines Menschen in den freien Weltraum, die Erforschung der Erde und des Weltraums mit bemannten Raumschiffen, Orbitalstationen und Satelliten, die Flüge automatischer Stationen zum Mond und zu den Planeten des Sonnensystems.

Der interplanetare Raum, die Magnetosphäre und die Ionosphäre der Erde wurden ein einzigartiges Weltraumlaboratorium zur Erforschung der grundlegenden Naturgesetze. Die Erfolge der Raumfahrt führten faktisch zur Entdeckung des erdnahen Raums. Vorher wußten wir im Grunde genommen nichts über die Struktur und die Prozesse dieses eng an uns grenzenden Teils des Kosmos und konnten

Die Besatzung von Salut 6/Sojus 27, Juri Romanenko (links) und Georgi Gretschnko, die bei dem am 16. März beendeten Experiment 96 Tage im Weltraum blieben. Das Foto zeigt die Kosmonauten vor einem Modell der Orbitalstation Salut 6 im Juri-Gagarin-Ausbildungszentrum

Foto: A. Moglezow, APN





Die Besatzung von Sojus 28, Alexej Gubarjew (links) und Vladimir Remek, während ihres Trainings im Juri-Gagarin-Ausbildungszentrum  
Foto: A. Puschkarjew, TASS

natürlich für einige irdische Erscheinungen – beispielsweise für die durch die Sonnenaktivität hervorgerufenen Zyklen in der Biosphäre – keine wissenschaftliche Erklärung geben. Die Raumfahrttechnik führte Meßinstrumente aus der Erdatmosphäre hinaus und befreite dadurch die Forscher von Beschränkungen, die die Luft-hülle dem Bereich der zu registrierenden Strahlungen auferlegte. Sie sicherte zugleich die umfassende Einbeziehung der Prozesse und Erscheinungen sowohl auf der Erde als auch in ihrer Umgebung in die Forschung. Weiterhin wurden Meßgeräte für aktive Experimente auch auf andere Himmelskörper gebracht, man begann erstmals für die Beobachtung unzugängliche Teile des Sonnensystems zu erschließen.

Das Vordringen des Menschen in den Weltraum übt nicht nur einen großen Einfluß darauf aus, die Erkenntnis und die praktischen Möglichkeiten zu erweitern, sondern fördert auch den Fortschritt des gesellschaftlichen Bewußtseins und die positive Veränderung der Weltanschauung des heutigen Menschen. Wir sind nicht mehr durch die Grenzen unserer Erde eingengt, es ist nunmehr

möglich, die Wiege des Lebens objektiv zu betrachten. Der Bereich unseres Denkens hat sich erweitert – die Erkenntnis der unbegrenzten wissenschaftlichen und technischen Möglichkeiten in Wechselwirkung mit der Natur hat das Verantwortungsgefühl für die natürliche Umwelt verstärkt. Schließlich setzen die Erfolge

bei der Erschließung des Welt-raums, die durch das Zusammenwirken vieler wissenschaftlicher Disziplinen erreicht worden sind, zahlreiche Fragen und sozial-philosophische Probleme auf die Tagesordnung.

Blickt man auf den von der Raumfahrt zurückgelegten Weg und ordnet die Ereignisse ein, die ihren festen Platz in der Geschichte des wissenschaftlich-technischen Fortschritts eingenommen haben, möchte man das Allgemeine der äußerst wichtigen Entwicklungslinie hervorheben, die die objektive Gesetzmäßigkeit der Bewegung vom ersten Beginn bis zu den heutigen Leistungen ausdrückt. Diese Bewegung beruht auf dem hohen Entwicklungsniveau der sowjetischen Schwerindustrie, des Präzisionsmaschinenbaus und des Gerätebaus, der Elektronik, der Elektrotechnik, der Chemie, des Hüttenwesens und anderer Industriezweige. Zur Zeit ist die Erforschung des erdnahen Raumes für wissenschaftliche und volkswirtschaftliche Zwecke das Hauptanwendungsgebiet der bemannten Raumflugkörper. Die

Hauptform sind Orbitalstationen und Transportraumschiffe.

Jetzt, da Flüge solcher Stationen regelmäßig stattfinden und ihr wissenschaftlicher und volkswirtschaftlicher Nutzen real festzustellen sind, können wir die Bedeutung des Zeitraums, der ihnen vorausging, gebührend würdigen. Faktisch war das die Periode der Vorbereitung und stufenweisen praktischen Ausarbeitung des künftigen Programms der Orbitalstationen. Schon ein flüchtiger rückschauender Blick auf die Ereignisse des ersten Jahrzehnts der bemannten Flüge zeigt, daß bei jedem bemannten Raumflug perspektivische Aufgaben gelöst wurden. Wir gewannen wertvolles Material, mit dessen Hilfe wir die Auswirkungen eines Raumfluges auf den menschlichen Organismus klären konnten. Die Wissenschaftler überzeugten sich davon, daß die Raumfahrer während des Fluges experimentelle Arbeiten ausführen, den Funkverkehr vornehmen und die Steuerung eines Raumschiffes übernehmen können. Man stellte fest, daß die psychologischen und physiologischen Möglichkeiten des Menschen ihm die Ausübung komplizierter und langdauernder Arbeiten im Weltraum gestatten. Auch so wichtige Aufgaben wie die Steuerung zweier Raumschiffe auf nahe beieinanderliegenden Umlaufbahnen und die Herstellung der Funkverbindung zwischen ihnen wurden gelöst.

Einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung künftiger Orbitalstationen leisteten die Experimente, die in den mehrsitzigen Woßchod-Raumschiffen vorgenommen wurden. Bei diesen Flügen war die Tätigkeit einer zwei- oder dreiköpfigen Besatzung Gegenstand der Untersuchungen, hier erfolgte auch erstmals der Ausstieg eines Menschen aus einem Raumschiff in den freien Weltraum.

Die Intensität der Arbeiten zur Vorbereitung des Starts einer Orbitalstation, die Möglichkeiten, zu diesem Zwecke Experimente durchzuführen, nahmen mit dem Einsatz der Sojus-Raumschiffe erheblich



Sojus 28 kurz vor dem Start auf dem Kosmodrom  
Foto: A. Genzow, TASS

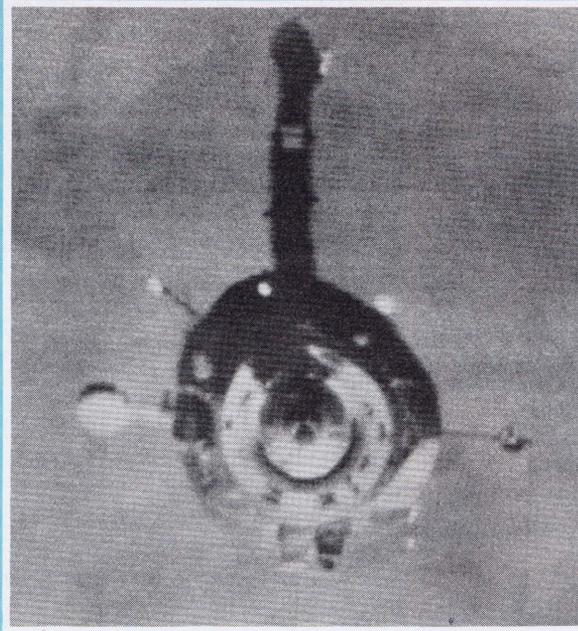
zu. Mit ihnen wurden eine Versuchsserie zur Ausführung von Steuerungsmanövern bei Einzel- und Gruppenflügen für Annäherungsprozesse eingeleitet und neue Navigations- und Steuerungssysteme erprobt. Experimentell wurden außerdem die Prinzipien zur Entwicklung von Montagebahnen im Weltraum überprüft.

Ein prinzipiell neues Moment bei der Vorbereitung von Orbitalstationen war die Kopplung zweier Sojus-Raumschiffe am 16. Januar 1969. Das Ergebnis war faktisch die Schaffung der ersten erdnahen bemannten Versuchsstation mit einer vierköpfigen Besatzung.

Die Orbitalstationen waren für einen langen Betrieb ausgelegt. Deshalb mußte, nachdem die technischen Prinzipien für den Bau von Orbitalstationen ausgearbeitet und die Mittel und Verfahren zur Vornahme von Weltraumexperimenten und -forschungen erprobt waren, die Frage der Verträglichkeit eines langdauernden Fluges für die Kosmonauten geklärt werden.

Deshalb erfolgte ein Flug mit einer Dauer von 18 Tagen, der wertvolles Material zu den Fragen der Anpassung des Menschen an die Schwerelosigkeit und seiner nachfolgenden Readaption, des langen Bewegungsmangels und der psychologischen Verträglichkeit der Besatzungsmitglieder lieferte.

Da in dem Jahrzehnt nach dem ersten Flug eines Menschen in den Weltraum bei allen folgenden Flügen sehr wichtige Aufgaben, die mit der Schaffung von Orbitalstationen verknüpft waren, gelöst wurden, konnten bereits 1971 die Arbeiten zum Start der ersten bemannten Orbitalstation des Typs Salut abgeschlossen werden. Bei der Würdigung ihres erfolgreichen Arbeitsbeginns sagte Leonid Breschnjew, daß dies nicht nur ein neuer großer Schritt in der Erforschung und Erschließung des Weltraums, sondern auch eine sehr wichtige Etappe für das künftige Vorgehen in dieser für die Menschheit wichtigen Angelegenheit sei.



Der automatische Raumtransporter Progress 1 kurz vor dem Andocken an das Orbitalsystem Salut 6/Sojus 27. Das Foto wurde aus dem Weltraum gefunkt. Transportschiffe des Typs Progress unterscheiden sich äußerlich nicht von Sojus-Raumschiffen. Sie besitzen Kopplungsaggregate, Annäherungs- und Anlegesysteme, sind jedoch mit zusätzlichen automatischen Einrichtungen versehen, so daß sie ohne Besatzung fliegen können. Progress 1 brachte Treibstoff und eine Vielzahl von Gütern mit beachtlichem Gesamtgewicht in die Erdumlaufbahn. Der Verbrauch auf einer Orbitalstation erreicht pro Tag etwa 20 bis 30 Kilogramm verschiedener Materialien und Ausrüstungsgegenstände, die ergänzt werden müssen. Im Gegensatz zu den Sojus-Raumschiffen sind Frachter lediglich für den Flug von der Erde zum Orbit bestimmt. Nachdem sie ihre Fracht abgeliefert haben, kehren sie nicht zur Erde zurück, sondern verglühen, sobald sie in die dichten Atmosphäreschichten eindringen. Auf dem Foto rechts ist ein Raum des Flugleitzentrums während des Starts von Progress 1 zu sehen

Welche Aufgaben wurden hier gelöst?

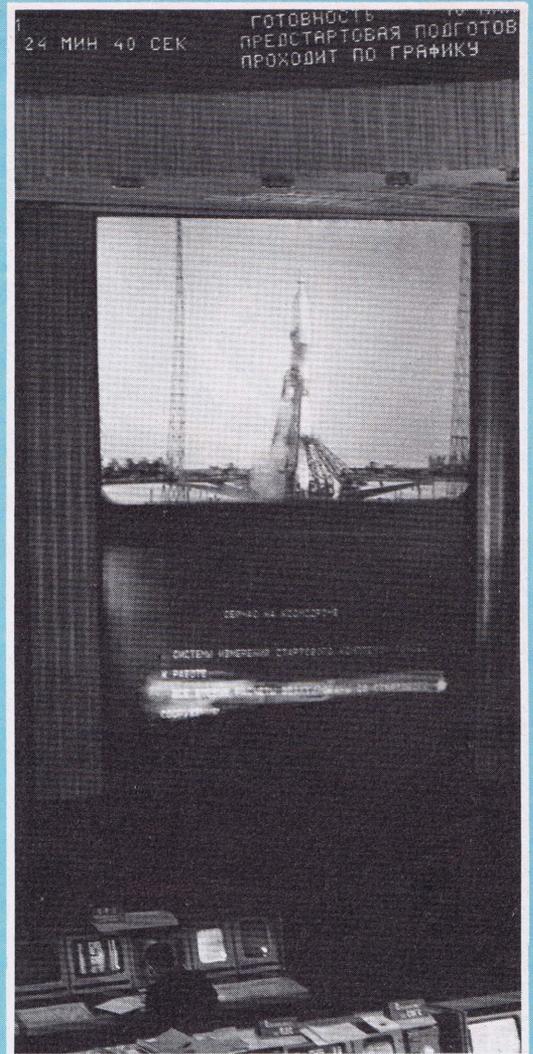
Allseitig überprüfte man die Konstruktion der Station, ihre einzelnen Elemente und Bordsysteme. Ihr Start hatte den Zweck, eine lange Funktionsdauer sowie Kopplungsmöglichkeiten mit Transportraumschiffen zu erproben. Zahlreiche medizinisch-biologische Experimente zur Klärung der Möglichkeiten des menschlichen Organismus bei lang andauernden Flügen wurden vorgenommen, ebenso einige wissenschaftliche, angewandte und technische Experimente. Während eines 23tägigen Fluges nahm die Besatzung der ersten Station, die Kosmonauten Dobrowolski, Wolkow und Pazajew, umfangreiche Erprobungsarbeiten und Experimente vor. Diese Orbitalstation eröffnete große Aussichten für die unmittelbare Nutzung der bemannten Raumflugtechnik für viele Wissenschafts- und Volkswirtschaftszweige.

Seit dieser Zeit wird im Weltraum systematisch mit Salut-Stationen gearbeitet.

Die Arbeitsprogramme sind sehr vielfältig. Nach wie vor nehmen Experimente zur weiteren Verbesserung der Raumflugtechnik einen bedeutenden Platz ein.

Medizinisch-biologische Forschungen, die nicht nur auf aktuelle Aufgaben, sondern auch auf die Vorbereitung künftiger langdauernder Flüge gerichtet sind, wurden vorgenommen. Der Einfluß der Raumflugfaktoren auf den menschlichen Organismus wird untersucht.

Die Wirksamkeit besonderer prophylaktischer Mittel und Maßnahmen, die die Wirkung extremer Flugfaktoren auf den Menschen verringern, wurde geprüft. Man erforscht die psycho-physiologischen Möglichkeiten der Kosmonauten zur Erfüllung von Steuerungsaufgaben. Fragen der Optimierung des Arbeits- und Erho-



lungssystems der Besatzungsmitglieder an Bord der Station werden untersucht. Ferner erfolgen medizinisch-biologische Experimente zur Weltraumökologie (Ausarbeitung von Prinzipien zur Entwicklung eines geschlossenen Systems für die Verwertung der Abfallprodukte der Lebens-tätigkeit).

Ein Kriterium der praktischen Raumfahrt ist die Erzielung eines maximalen Nutzens bei jedem Flug. Den Hauptumfang in den Programmen der Weltraumexpeditionen nehmen Forschungen für die Grundlagen- und angewandten Wissenschaften sowie für die Volkswirtschaft ein. Die Liste der sich im weitesten Sinne auf die Erde beziehenden Wissenschaftszweige, für die Orbitalstationen unmittelbar genutzt werden, ist sehr umfangreich. Dazu gehören die Meteorologie und die Physik der Atmosphäre, die physikalische Geographie, die Geomorphologie,

die Geologie und die Erforschung von Bodenschätzen, die Ozeanologie und die Untersuchung der Meeresressourcen, die Hydrologie des Festlandes, die Glaziologie, die Geobotanik, die Land- und Forstwirtschaft, die Bodenkunde und die Bodennutzung, die Erforschung antropogener Landschaften (Untersuchung des veränderten geographischen Milieus durch die Wirtschaftstätigkeit des Menschen), die Ökologie, der Schutz der Natur u. a.

Bei der Erfüllung ihres Programms fotografieren die Besatzungen der Orbitalstationen die Erde und nehmen mit stationären und handbedienten Geräten fotometrische Messungen der Erdoberfläche in verschiedenen Spektralbereichen vor. Millionen Quadratkilometer des Territoriums der Sowjetunion unter Winter- und Sommerbedingungen wurden bereits fotografiert. Die Nutzung der Informationen in den verschiedenen Volkswirtschaftszweigen ermöglicht die Lösung umfassender Aufgaben mit großem ökonomischem Nutzen. Allein die Erforschung von Naturschätzen der Erde spricht für die Rentabilität der Raumfahrt.

Die intensive Entwicklung der Raumfahrt trägt zum Wachstum des gesamten industriellen Niveaus eines Landes bei. Die wertvollsten wissenschaftlichen und technischen Lösungen, die während der Forschungen im Weltraum gefunden wurden, werden in die Produktion Eingang finden, in neuen Werkstoffen, Technologien und Erzeugnissen Gestalt annehmen.

Interessant ist ein Vergleich der Kosten für die Kartographie bei Aufnahmen vom Flugzeug und von Raumflugkörpern aus. Die zweite Besatzung von Salut 4, Klimuk und Sewastjanow, nahm an Bord der Station 5,5 Millionen Quadratkilometer des Territoriums der Sowjetunion auf. Der wirtschaftliche Nutzen allein dieser Arbeit betrug mehr als 50 Millionen Rubel. Große Dienste erwiesen die Raumfahrer den Geologen. Wird die Erkundung von Bodenschätzen um nur ein Pro-

zent beschleunigt, erzielt der Staat dadurch einen jährlichen wirtschaftlichen Nutzen von Hunderten Millionen Rubel.

Aus den Weltraumaufnahmen erarbeitete das Staatliche Forschungs- und Produktionszentrum *Priroda* Luftbildkarten großer Gebiete der Sowjetunion. So wurde die Luftbildkarte einer südlichen Region mit einer Fläche von rund 2,3 Millionen Quadratkilometer aus nur 30 Weltraumaufnahmen zusammengesetzt. Für die Ausarbeitung einer derartigen Karte mittels Luftbildaufnahmen würden hingegen mindestens 60 000 bis 70 000 Aufnahmen vom Flugzeug aus benötigt. Auf der Grundlage von Weltraumbildkarten lassen sich die Besonderheiten geologischer Strukturen beurteilen und die wechselseitige Verbindung der natürlichen Gebilde eines riesigen Gebietes feststellen.

Die Weltraumaufnahmen der erwähnten Region wurden bereits für die Entdeckung neuer erdöl- und erzhaltiger Schichten, für die Ermittlung von Grundwasservorräten und von fruchtbaren Böden in Wüstengebieten sowie für andere

Zwecke genutzt. Das Ergebnis dieser Arbeiten ist von großer Bedeutung.

Die Weltraumbildaufnahme wird in immer größerem Maße in den Aufbau der Volkswirtschaft einbezogen. Besonders wertvoll ist sie für die Projektierung, Errichtung und Entwicklung von territorialen Produktionskomplexen. Dafür werden insbesondere seismische Karten sowie Karten von Vorkommen an Bodenschätzen und Wasservorräten angefertigt, das heißt, es erfolgt eine komplexe Erforschung der Naturreichtümer der betreffenden Gebiete. Die richtige Beurteilung von Rohstoffvorkommen bei der Projektierung neuer territorialer Produktionskomplexe erlaubt die Einsparung enormer Mittel.

Auf der Grundlage von Weltraumaufnahmen werden Entwicklungsprogramme für die an die BAM angrenzenden Gebiete sowie für die Produktionskomplexe im Süden Ostsibiriens ausgearbeitet. Ferner werden Pläne zur Umleitung nördlicher Flüsse für die Deckung des Wasserdefizits in der südlichen, zentralen und Ural-Wolga-Zone des europäi-

schen Teils der UdSSR, in Kasachstan und Mittelasien aufgestellt.

Ein weiteres Beispiel ist die Landwirtschaft. Jährlich werden große Summen für die Feststellung von plötzlich auftretenden bestimmten Erkrankungen landwirtschaftlicher Kulturen und für die Ermittlung von Schädlingsbefall aufgewendet. Dieselbe Arbeit läßt sich mit den Methoden der Fernerkundung vom Weltraum aus vornehmen, und zwar viel rascher und viel billiger. Für die Sowjetunion mit einem Ernteertrag von über zweihundert Millionen Tonnen Getreide im Jahre beläuft sich dieser Nutzen auf eine enorme Summe.

International wurde anerkannt, daß die Erforschung des Weltraums mit Orbitalstationen im Interesse des Friedens und des Fortschritts Zukunft hat. Bekanntlich erfolgt gegenwärtig die Ausbildung von Bürgern aus sozialistischen Ländern für gemeinsame Weltraumexpeditionen. Ein tschechischer Kosmonaut hat inzwischen seinen ersten Raumflug absolviert.

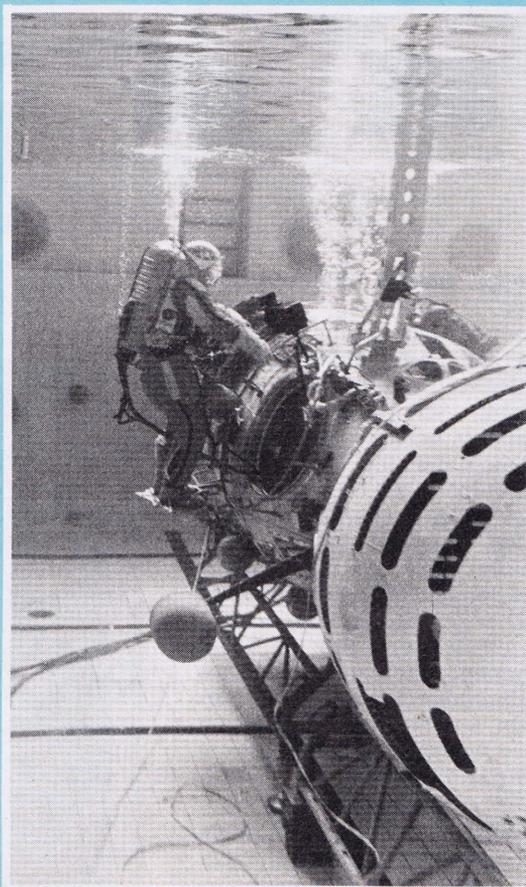
Verhandlungen zwischen der Akademie der Wissenschaften der UdSSR und der amerikanischen Raumfahrtorganisation NASA zur Ausführung gemeinsamer Arbeiten im Weltraum mit einer sowjetischen Orbitalstation vom Typ Salut und einem amerikanischen Raumtransporter des Typs Space Shuttle finden statt.

Im dritten Jahrzehnt der Raumfahrt werden mehrmonatige Orbitalflüge zur Realität. Sie schaffen die notwendigen Voraussetzungen für interplanetare Flüge.

Die Raumfahrt ist ein Produkt der wissenschaftlich-technischen Revolution und gleichzeitig ihr Katalysator. Im Sozialismus hat sie die richtige, den Interessen des Menschen und der Gesellschaft entsprechende Richtung eingeschlagen. Ihre Ergebnisse sind ein Beitrag zur Lösung der Aufgaben des gesellschaftlichen Fortschritts und der Aufgaben beim Aufbau der kommunistischen Gesellschaft.

Kosmonauten beim Training im Juri-Gagarin-Ausbildungszentrum. Hier üben sie in einem Schwimmbecken, das die Bedingungen der Schwerelosigkeit simuliert. Jede Raumschiffsbesatzung absolviert in diesem Schwimmbecken unabhängig von ihrem konkreten Flugprogramm einen Kurs für einen eventuellen Ausstieg in den Weltraum, um die Geräte und Systeme einer Orbitalstation von außen inspezieren und warten zu können

Foto: A. Moklezow, APN



# Energieanlagen für den Raumflug

In den ersten Jahren der Raumforschung wurde der Energiebedarf von Raumflugkörpern durch schwache Chemiebatterien und Sonnenelemente gedeckt. Doch bereits heute – von der Zukunft ganz zu

Wie bekannt, verglühte am 24. Januar der Satellit Kosmos 954 beim Eintritt in die dichten Schichten der Atmosphäre über Nordkanada. Der Satellit hatte eine kleine Kernenergieanlage an Bord. Obwohl die Installierung solcher Anlagen in Satelliten völkerrechtlich zulässig ist und das Verglühen von Kosmos 954 keine Gefahren für die Bevölkerung im Raum seines Absturzes mit sich brachte, versuchten westliche Presseorgane, diesen Satelliten als eine Gefahr für die Menschheit hinzustellen. In dem folgenden Artikel, den wir der Zeitschrift „Nowoje Wremja“ (Neue Zeit) entnahmen, beschreibt Jelena Knorre verschiedene Kernenergieanlagen, die für Zwecke der Raumfahrt entwickelt wurden.

schweigen – benötigen sie Energieanlagen mit einer Leistungsfähigkeit von Hunderten und Tausenden Kilowatt, die ein Jahr und länger, manchmal weit entfernt von der Sonne, funktionieren müssen.

Die Energie wird zu unterschiedlichen Zwecken gebraucht: um den Satelliten auf seiner Umlaufbahn zu halten, um seine Orientierung im Raum zu gewährleisten, seine Umlaufbahn zu korrigieren und zu verändern und um ihn auf den vorgegebenen Punkt im Weltraum zu bringen. Das alles läßt sich nur mit einer hinreichend leistungsstarken Energiequelle bewerkstelligen, die leicht und kompakt ist. Diese Eigenschaften haben Kernenergieanlagen. Sie besitzen noch zwei weitere für kosmische Bedingungen wichtige Vorzüge: Das Gewicht des Kernbrennstoffs, der zur Erzeugung einer Energieeinheit benötigt wird, liegt um das Zehntausendfache unter dem Gewicht von organischem oder chemischem Brennstoff, und die Kernanlagen sind unabhängig.

Selbstverständlich werden in

Ländern mit Raumfahrtprogrammen – in der UdSSR und in den USA – derartige Energiequellen entwickelt. Nach Expertenmeinung sind die in der Sowjetunion gebauten Anlagen für unmittelbare – nicht maschinelle – Umwandlung von Kernenergie in Elektroenergie besonders interessant. Da sie keine beweglichen Teile besitzen, konnte die Temperatur des Arbeitskörpers wesentlich erhöht werden, das heißt, man erhielt mehr Energie bei konstantem Gewicht und Volumen.

Der erste, auf solchen Prinzipien basierende Reaktor der Welt, der den Namen *Romaschka* erhielt, wurde im Kurtschatow-Atomenergieinstitut in Moskau entwickelt. Dieser Hochtemperaturreaktor-Wandler ist ein sogenannter Schnellreaktor und wird mit Brennstoff aus hoch angereichertem Uran beschickt. Die beim Zerfall der Urkerne entstehende Wärme wird durch an der Außenfläche angebrachte thermoelektrische Wandler aus einer Silizium-Germaniumlegierung in Strom umgewandelt. *Romaschka* wurde auf eine nominelle Kapazität von 500 Watt gebracht und war ununterbrochen 15 000 Stunden in Betrieb. Die Untersuchung aller Elemente des Reaktors nach seiner Demontage bestätigte die hohe Zuverlässigkeit der wichtigsten Baugruppen und zeigte, daß Kapazität und Funktionsdauer durch Verbesserungen noch wesentlich erhöht werden können.

In den USA wurden etwa zur gleichen Zeit die Kernenergieanlagen zur Versorgung der SNAP-Serie entwickelt. SNAP 9 und SNAP 10 wurden im Kosmos getestet.

Bei späteren Arbeiten an thermokernaren Systemen konnte die Stromkapazität auf 5000 bis 10 000 Watt erhöht werden. Dabei konnte der thermoelektrische Wandler auch mit Isotopen-Energiequellen arbeiten, ohne Reaktor – oder mit einem Reaktor gekoppelt wie bei der Anlage *Romaschka*. Im Moskauer Atomenergieinstitut wurde auf der Basis von *Romaschka* eine Kernstromanlage mit einer Kapazität von 1000 Watt und einer Funktions-

reserve von mehr als einem Jahr entwickelt.

Inzwischen nahm die Raumfahrttechnik einen enormen Aufschwung. Im Kosmos wurde elektrisch geschweißt, wurden Pflanzen gezogen, Teleskope benutzt und komplizierte Aufnahmen übertragen. Das alles erfordert eine erhöhte Kapazität der Energieanlagen von 5000 bis 10000 Watt und mehr, wobei ihre geringe Masse und ihre lange Funktionstüchtigkeit beibehalten werden mußten. Eine strenge Prüfung ergab, daß von diesem Standpunkt Kernenergieanlagen mit einem Thermoemissionsreaktor-Wandler am aussichtsreichsten sind.

Zum erstenmal in der Welt wurde eine Anlage dieser Klasse in der Sowjetunion im Physikalisch-Energetischen Institut entwickelt und erprobt. Die Anlage bekam die Bezeichnung *TOPAS*, obwohl der Edelstein in keiner Beziehung dazu steht. Die romantische Benennung ergab sich aus dem Anfangswort „Thermoemission“. Das für Laien schwer verständliche Wort drückt einen ziemlich einfachen Vorgang aus, den wir uns alle schon mehr als 100 Jahre zunutze machen. Nach dem Prinzip der Thermoemission funktionieren gewöhnliche Glühlampen und arbeiten – bis zur Entwicklung der Halbleiter – auch Radioröhren. Ein Glühfaden, ständig erhitzt, strahlt ununterbrochen Teilchen ab – das ist die Emission, die wir als Licht und Wärme empfinden. In Rundfunkröhren fließen Elektronen von der Kathode – dem negativ geladenen Faden – zur positiv geladenen Anode. Auf etwa gleiche Weise funktioniert auch der Thermoemissionsreaktor: Das von der Kernwärme erhitzte Metall strahlt Elektronen ab.

Drei *TOPAS*-Anlagen wurden getestet. Sie zeigten, daß es möglich ist, eine stabile Stromkapazität von 7000 bis 10000 Watt zu erhalten.

Äußerlich und von der Konstruktion her unterscheiden sich die *TOPAS*-Anlagen nicht von gewöhnlichen Kernreaktoren. Sie arbeiten mit Kernbrennstoff – Urandioxid mit 90prozentiger Anreicherung seines Isotops Uran 235.

Die gesamte aktive Zone des Reaktors mit einem Satz von 79 Elementen erinnert an einen Zylinder von 280 Millimeter Durchmesser und 360 Millimeter Höhe. Vorgesehen ist eine Kapazität bis zu 220 000

Watt. Energiequellen wie *TOPAS*-Anlagen sind unersetzlich für die Stromversorgung von Funk- und Fernsehsatelliten, automatischen meteorologischen Stationen u. a.

Zur Energieversorgung des Orientierungs- und Korrektionsystems von Satelliten müssen Kernenergieanlagen zusammen mit elektroreaktiven Antrieben verwendet werden. Die ersten Modelle solcher Antriebe wurden bereits 1929 in der Sowjetunion unter Leitung von Akademiemitglied Gluscho entwickelt. Selbstverständlich wurden sie in den vergangenen Jahrzehnten grundlegend verbessert. 1964 halfen sie, die automatische Station *Sond 2* auf die Sonne zu orientieren. Später waren elektroreaktive Antriebe eines anderen Modells in den Satelliten der Serie *Meteor* installiert (sie hatten Ionen- und Plasmatriebwerke).

Nicht weniger wertvoll für Raumflugkörper sind auch die sogenannten Radioisotopen-Energiequellen. Sie erhalten den Wärmehaushalt aufrecht und speisen die Bordgeräte. Diese Anlagen sind von der Konstruktion her einfach und zuverlässig, sie besitzen eine relativ hohe Kapazität bei kleinen Abmessungen. Sie sind dadurch interessant, daß sich ihre Arbeitsdauer von einigen Minuten oder Stunden bis zu Hunderten von Jahren variieren läßt, ebenso wie ihre Kapazität von wenigen Einheiten bis zu einigen hundert Watt. Alles hängt von der Lebensdauer des gewählten Isotops ab, eines radioaktiven Elements, das in eine Kapsel eingelötet wird, an deren Oberfläche ein thermoelektrischer Wandler befestigt ist. Derartige Anlagen werden übrigens in der UdSSR wie in den USA auch auf der Erde genutzt. Sie haben Leuchtturmwärter, Meteorologen und viele andere Mitarbeiter an Orten abgelöst, wo schwierige Lebensbedingungen herrschen oder die für Menschen nur schwer zugänglich sind.

Die Radioisotopen-Energiequelle *Orion 1* hat ihre Aufgaben in Kosmos 84 und Kosmos 90 hervorragend erfüllt, indem sie die Bordgeräte mit Strom speiste. Radioisotopen-Wärmeblöcke haben die Geräte der Lunochod-Forschungslaboretorien zuverlässig mit Wärme versorgt, und zwar während der Mondnacht, in der die Temperatur an der Mondoberfläche minus 130 Grad Celsius

erreicht. Mit Isotopenanlagen sind auch amerikanische Satelliten unterschiedlicher Bestimmung ausgerüstet.

Es ist kein Geheimnis, daß die Anwendung dieser Reaktoren, Triebwerke, Geräte und Anlagen sowohl auf der Erde als natürlich auch im Kosmos zu einem außerordentlich wichtigen Problem führt: der Gewährleistung des Strahlenschutzes. Wir haben es hier mit einer ungeheuren Kraft zu tun, und der Umgang mit ihr verlangt Vorsicht und Aufmerksamkeit. In der UdSSR wurde seit Beginn der Experimente zur Herstellung von Kern- und Radioisotopen-Energiequellen für den Kosmos eine spezielle Konzeption ausgearbeitet, um den Strahlenschutz zu gewährleisten. Ohne uns in technologische Einzelheiten zu verlieren, wollen wir uns auf den Sinn dieser Konzeption beschränken, der darin besteht, unter keinen Umständen einen Austritt von radioaktivem Material in die Umwelt zuzulassen, selbst dann nicht, wenn ein Raumflugkörper infolge einer Havarie in die Atmosphäre zurückkehren muß oder auf der Erdoberfläche aufprallt. Wenn ein Raumflugkörper schließlich doch in den oberen Schichten der Atmosphäre verglüht, so muß die ein radioaktives Präparat enthaltende Apparatur unzerstörbar sein. Das wird hauptsächlich durch konstruktive Maßnahmen erzielt: durch den Einschluß radioaktiver Stoffe in hermetische und sehr feste Ampullen, die hohen Temperaturen, mechanischen Belastungen und Korrosionsinflüssen standhalten. Die Ampullen bestehen aus einem besonders wärmefesten Material, das sie bei rascher Bewegung in den dichten Schichten der Atmosphäre vor Überhitzung bewahrt. Selbstverständlich gehen die Forschungen zur besseren Gewährleistung des Strahlenschutzes wie auch zur Vervollkommnung der mit Kernbrennstoff betriebenen Anlagen weiter. Es werden auch andere Garantiemaßnahmen erprobt, unter anderem das vollständige Verbrennen eines Reaktors in den dichten Schichten der Atmosphäre und Vorrichtungen zum Katapultieren eines Reaktors in weiter entfernt liegende Räume des Kosmos nach Ablauf seiner Funktionszeit. Solche Vorsichtsmaßnahmen gestatten den Einsatz praktikabler und zuverlässiger Anlagen überall dort, wo sie gebraucht werden.

# Kosmische Aufnahmen von der Erdoberfläche

Nach einem bildhaften Ausdruck von Akademiemitglied Roald Sagdejew kann man die Beobachtung der Erde vom Weltraum aus als „umgekehrte Astronomie“ bezeichnen. Nachstehende Zahlen charakterisieren die wirtschaftliche Bedeutung von Fotoaufnahmen der Erde, die aus dem erdnahen Raum „geschossen“

werden: Im Laufe von fünf Minuten erfaßten die Kameras des Raumschiffes Sojus 22 ein Gebiet, das mit Luftbildaufnahmen nur innerhalb von zwei Jahren auf den Film zu bannen wäre. Ein geodätischer Bodentrupp würde für die Vermessung eines solchen Gebietes gar achtzig Jahre brauchen...

Während des Fluges von Sojus 22 testeten Waleri Bykowski und ich gemeinsam das neue Fotosystem MKF 6, das von Fachleuten der UdSSR und der DDR entwickelt und im VEB Carl Zeiss Jena hergestellt wurde. Die Testergebnisse zeigten, wie ausgezeichnet die gewählten technischen Lösungen waren. Für regelmäßige Aufnahmen der Erdoberfläche vom Weltraum aus war dieses Fotosystem sehr vielversprechend. Inzwischen sind diese Perspektiven Realität geworden. Juri Romanenko und Georgi Gretschko haben von der Orbitalstation Salut 6 aus zahlreiche Aufnahmen mit der verbesserten Multispektralkamera MKF 6 M gefertigt.

Im Interesse sowohl der Bewässerung und der Verbesserung von Ackerland als auch der

Landwirtschaft im allgemeinen, der Forstwirtschaft und der Meteorologie können wir heute auf den „Blick aus der Höhe“ nicht mehr verzichten. Herkömmliche Methoden zur Erforschung unseres Planeten sind im Vergleich zu Fotoaufnahmen vom Weltraum aus nicht so effektiv und in vielen Fällen sogar unwirtschaftlich.



Die Besatzung von Sojus 22, die 1976 die Multispektralkamera testete: Kommandant Waleri Bykowski (links) und Bordingenieur Wladimir Axjonow, der Verfasser unseres Beitrags  
Foto: A. Moklezow, APN

Zum technischen Arsenal der „umgekehrten Astronomie“ gehören Raumflugkörper (künstliche Erdtrabanten, bemannte Raumschiffe, Orbitalstationen) und natürlich die an Bord dieser Flugkörper installierten Geräte sowie die Bodenanlagen für den Empfang und die Auswertung der gesammelten Informationen. Unter diesen Anlagen spielen Schnellrechner eine besonders wichtige Rolle.

Mit Hilfe der Multispektralkamera des Raumschiffes Sojus 22 und gemeinsam mit den Bo-

dendiensten und der Luftfahrt wurde das Experiment *Raduga* durchgeführt, dessen Ziel es war, die Aufnahmetechnik zu prüfen. Die Leistung der Kamera wurde den Erwartungen gerecht.

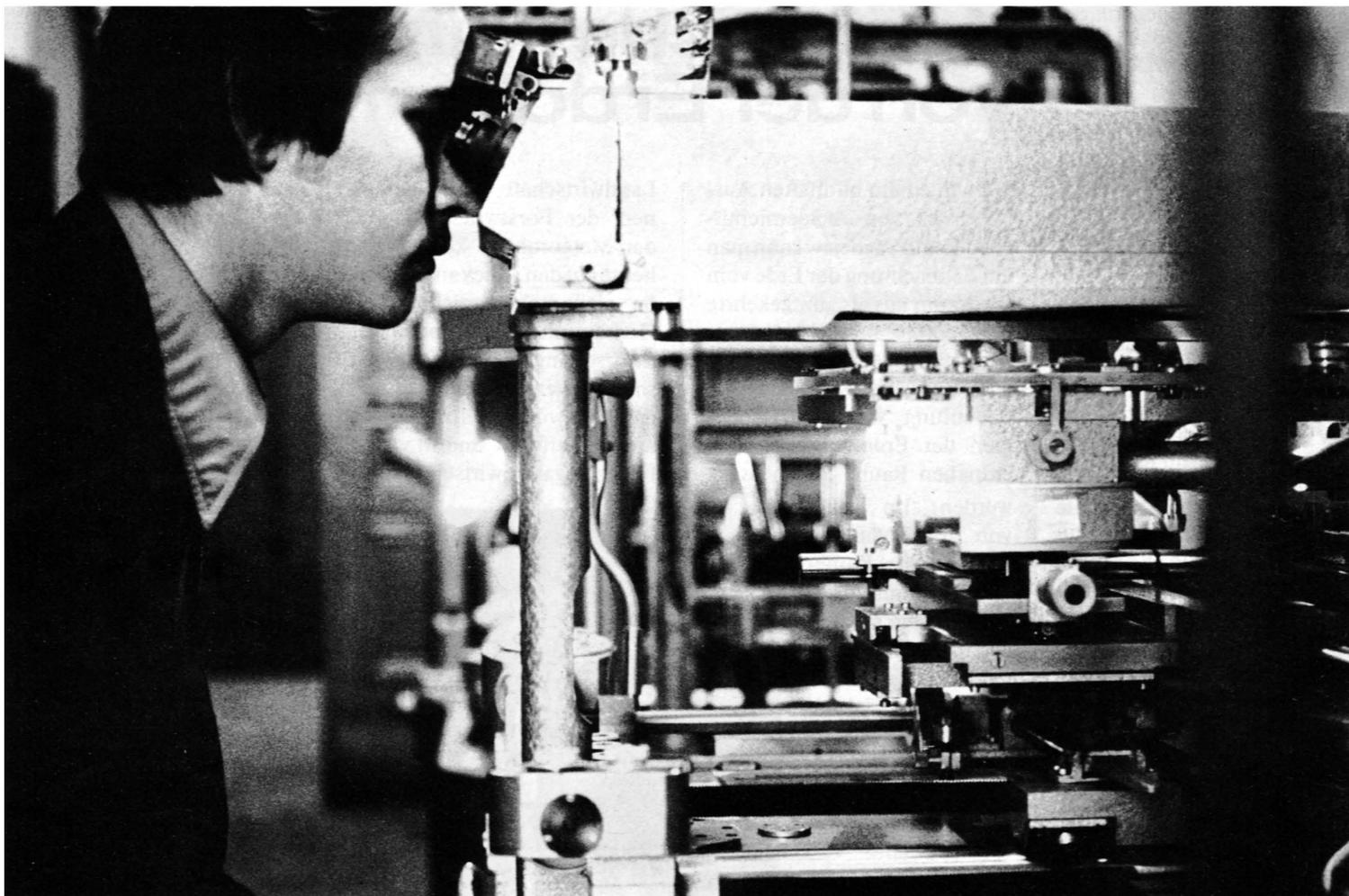
Worin besteht die Spezifik eines kosmischen Fotosystems? Da ein Raumschiff mit enormer Geschwindigkeit fliegt, muß ei-

ne kosmische Aufnahme der Erdoberfläche zwangsläufig unscharf werden, wenn man nicht besondere Vorkehrungen trifft. Um die erforderliche Qualität der Aufnahme zu garantieren, wird die Belichtungszeit auf wenige Hundertstel einer Sekunde verringert und das Objektiv im Augenblick der Aufnahme in die dem Flug entgegengesetzte Richtung bewegt. Dieser Ausgleich gestattet das Fotografieren aus Höhen von 200 bis 400 Kilometer mit minimalen Unschärfen.

Das kosmische Fotosystem erinnert wenig an den jedermann bekannten,

herkömmlichen Fotoapparat. Ähnlichkeit besteht nur bei so klassischen Komponenten wie dem Objektiv und dem Film, auf dem die Abbildung festgehalten wird. Das System setzt sich aus sechs Fotokameras zusammen, deren optische Achsen mit hoher Präzision exakt parallel verlaufen. Die Verschlüsse arbeiten synchron, die Aufnahmen werden elektronisch gesteuert.

Die Spezialisten der UdSSR und der DDR konnten ein hohes Auflösungsvermögen der Apparatur erreichen: Sie „un-



Die kosmischen Aufnahmen der Erdoberfläche werden von zahlreichen Forschungsinstitutionen der UdSSR ausgewertet. Die gewonnenen Informationen gehen allen an einer praktischen Verwertung interessierten sowjetischen Stellen zu

Foto: B. Uschmaikin, APN

terscheidet“ auf der Erdoberfläche Details von zehn bis zwanzig Meter Größe. Bei einer derartigen Qualität der Fotoaufnahmen kann man auf einem 55 mal 80 Millimeter großen Bild einen Oberflächenabschnitt von etwa 19 000 Quadratkilometer unterbringen.

Fotoaufnahmen im gewöhnlichen Strahlenspektrum lassen jedoch viele Einzelheiten der Erdoberfläche undefiniert. Wenn man aber das ganze sichtbare Spektrum in mehrere enge Farbbereiche aufspaltet und gleichzeitig in jedem von ihnen Aufnahmen macht, ergibt sich ein vollständigeres Bild. So lassen sich zum Beispiel nicht nur einzelne landwirtschaftliche Kulturen, sondern auch deren Reifegrad unterscheiden. Infrarote Wärmestrahlen machen Pflanzen sichtbar, die eine höhere Temperatur als üblich haben, also von einer Krankheit befallen sind.

Mit der MKF 6 M kann man Aufnahmen mit sechs Objektiven in sechs Spektralbereichen, das heißt gewissermaßen in sechs Farben machen. In jeder der sechs Kassetten wird dasselbe Bild auf den Film gebannt, aber in der „eigenen Farbe“. Für die Auswertung der kosmischen Aufnahmen hat der VEB Carl Zeiss Jena einen besonderen Projektionsapparat entwickelt, der mehrere Aufnahmen des gleichen Abschnitts der Erdoberfläche gleichzeitig und in beliebiger Auswahl durch ein blaues, grünes oder rotes Farbfilter auf einen Bildschirm wirft. Diese Abbildungen werden auf das Fünffache vergrößert und lassen relativ kleine Details mit großer Genauigkeit erkennen. Sie werden so aufeinander projiziert, daß sie sich decken. Dabei kann man das Objekt sowohl in absoluten (natürlichen) als auch in relativen (mit Filtern gemisch-

ten) Farben sehen. Bei der Auswertung werden verschiedene Farbzusammensetzungen genutzt, um die nötige Information zu erhalten. Gerade in relativen Farben kann man Baumarten, Winterweizensaaten, Schelfzonen, von Schädlingen befallene Waldreviere oder Felder mit reifem Korn aussondern.

Aufnahmen in verschiedenen Spektralbereichen tragen dazu bei, zusätzliche Informationen über die optischen Eigenschaften der Atmosphäre und ihre Verschmutzung zu gewinnen. Da die registrierbare reflektierte Sonnenstrahlung in unterschiedliche Wassertiefen eindringt, erlaubt diese Art der Aufnahme auch eine spezifische „Tiefensicht“.

Nach ihrem Test an Bord von Sojus 22 wurde die Multispektalkamera verbessert und für den Einsatz in langlebigen Orbitalstationen ausgebaut. Sie wurde funktionstüchtiger und erhielt zwei zusätzliche Kassetten. Jede Aufnahme von

Salut 6 aus erfaßt einen Bereich von 165 mal 220 Kilometer. Der Filmvorrat in jeder Kassette ermöglicht es, mehr als zehn Millionen Quadratkilometer Erdoberfläche zu fotografieren. Das fotografische Verfahren zum Studium der Erdoberfläche gestattet die Lösung vieler wichtiger Aufgaben. In Zukunft wird das Arsenal kosmischer Mittel auch Geräte enthalten, mit denen Aufnahmen sofort aus dem Kosmos zur Erde gesendet werden können. Mit dieser Methode kann der Verlauf vieler Naturprozesse innerhalb kürzester Zeit kontrolliert werden.

**Wladimir Axjonow**

Das Foto rechts zeigt den Baikalsee und seine Umgebung, aufgenommen aus einer Höhe von 200 bis 400 Kilometer. Zu sehen ist der mittlere Teil des Baikalsees. Dort, wo die Selenga in den See mündet, ist das Wasser getrübt. Die Auswertung wird ergeben, ob der Fluß Schlamm, Sand oder Produkte einer künstlichen Verschmutzung in den See trägt. Im oberen Teil des Fotos sind anhand der Farben Anbaugelände verschiedener landwirtschaftlicher Kulturen erkennbar.

