

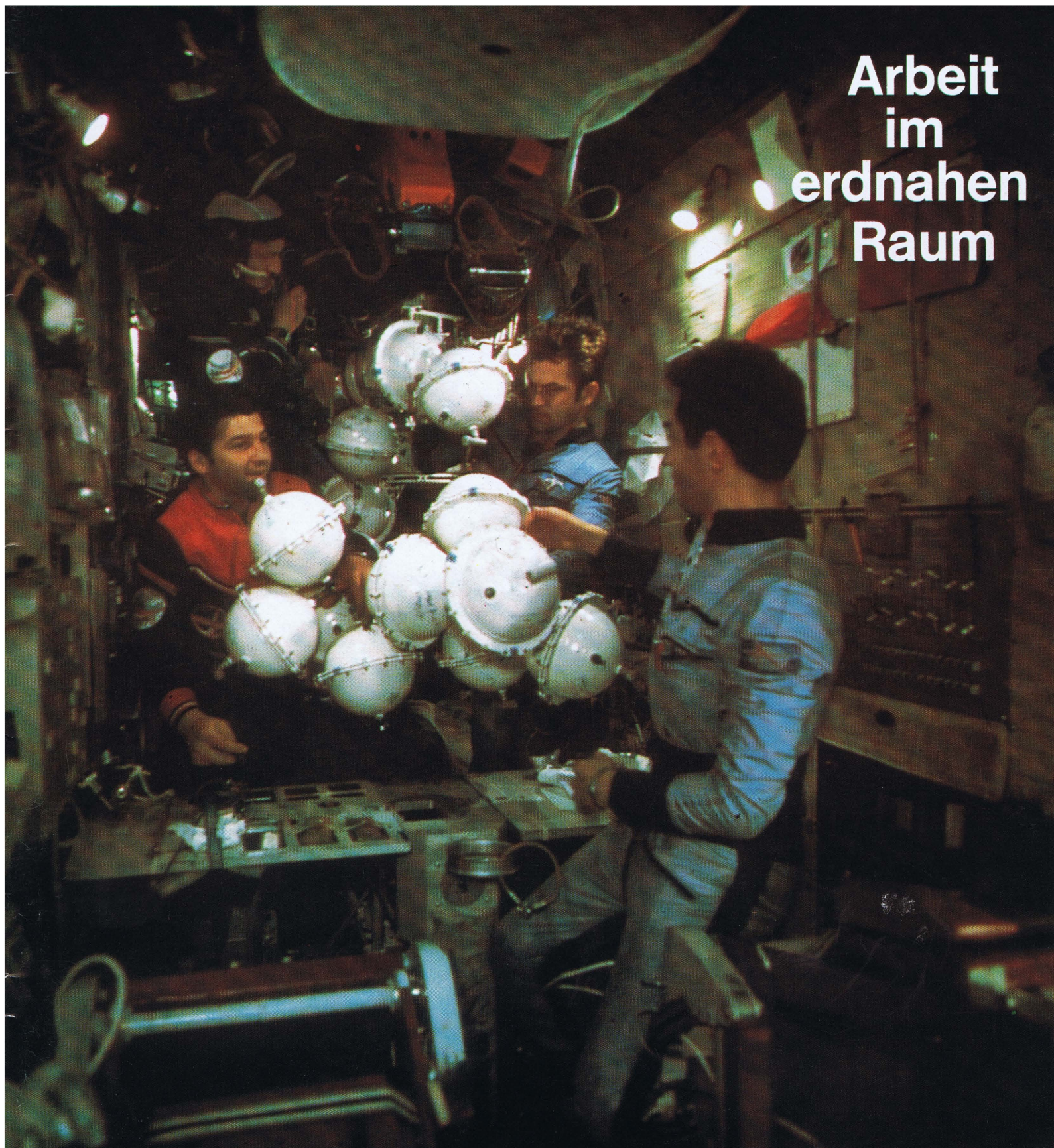
G 7711 E

# SOWJETUNION

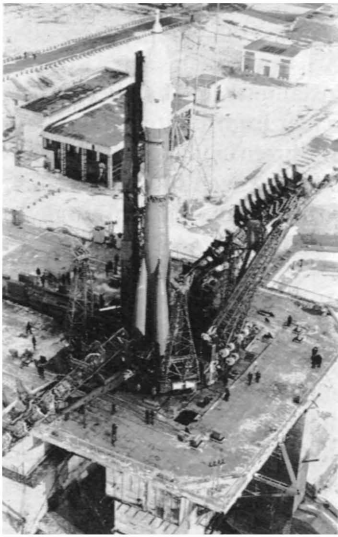
**4** 24. JAHRGANG APRIL 1979

# HEUTE

Arbeit  
im  
erdnahen  
Raum







Vorbereitungen zum Start eines Sojus-Raumschiffes auf dem Kosmodrom von Baikonur

Rechts: Alexej Jelisseejew, Flugleiter der Orbitalstation Salut 6, auf einer internationalen Pressekonferenz  
Fotos: APN

# Arbeit im erdnahen Raum



**M**it seiner ersten Frage bezog sich Igor Andrejew auf die Ansicht einiger Fachleute, wonach es beim gegenwärtigen Entwicklungsstand von Wissenschaft und Technik möglich sei, eine erste kosmische Siedlung mit etwa 10 000 Bewohnern zu errichten. „Würde es sich dabei um eine Forschungsinstitution oder um die erste außerirdische Kolonie von Menschen handeln, die sich dazu entschlossen haben, ohne eine weltweite ökologische Katastrophe abzuwarten, die Erde zu verlassen?“

*Jelisseejew:* Ich bin der Meinung, daß der Kosmos, sowohl der erdnahe als auch der erdferne Raum, nicht der richtige Platz für einen ständigen Aufenthalt ist. Arbeitseinsatz und Forschung – das ist der Zweck der Raumflüge. Meines Erachtens werden die Menschen in absehbarer Zukunft nur auf der Suche nach einer Antwort auf die noch offenen Fragen des Universums sowie zur Lösung rein irdischer Probleme die Erde verlassen.

Eine Massenumsiedlung in den Weltraum findet, wie mir scheint, aus zwei Gründen nicht statt. Erstens: Die Menschheit hat die Gefahren einer ökologischen Krise bereits erkannt und ist, da sie über ein riesiges wissenschaftliches

Menschen betrachten aus dem Weltraum ihren vertrauten Planeten und dessen Umgebung. Sie tun es heute nicht nur bei einem kurzen Ausflug in den erdnahen Raum, sondern auch bei monatelangen Flügen an Bord von Raumstationen, Flügen, die mit harter Forschungsarbeit ausgefüllt sind. Unser Korrespondent Igor Andrejew konnte mit Kosmonaut Dr.-Ing. Alexej Jelisseejew, dem Flugleiter der Orbitalstation Salut 6, ein Gespräch über die Aussichten der Raumfahrt und die Ziele der wissenschaftlichen Experimente an Bord von Orbitalstationen führen. Die Raumstation Salut 6 wurde im Herbst 1977 gestartet. Seitdem waren an Bord der Station mehrere Forschungsexpeditionen tätig, die von unbemannten Lastraumschiffen versorgt wurden.

und technisches Potential verfügt, durchaus in der Lage, die Natur vor einer weiteren, unter Umständen unumkehrbaren Verschmutzung zu schützen. Ein kleines Beispiel: Wir Moskauer erinnern uns noch sehr wohl an die total verschmutzte Moskwa. Heute, nachdem die zuständigen Stellen der Hauptstadt energisch durchgegriffen haben, kann man in der Moskwa wieder baden.

Die Raumfahrt kann und muß zum Umweltschutz beitragen. Experimente, die beim Flug der Orbitalstation Salut 5 vorge-

nommen wurden, sollten gerade die in ökologischer Hinsicht besonders gefährdeten Gebiete der Erde feststellen. Auf dem Territorium der UdSSR wurde als Testobjekt ein Industriegebiet in der Nähe von Nawoi (Usbekistan) bestimmt, in dem zahlreiche Schloten Schadstoffe auswerfen.

In einigen Ländern Afrikas sowie in den beiden Amerikas beobachteten die Kosmonauten merkbare Verschmutzungen der Atmosphäre in der Umgebung von Erdölraffinerien sowie Staubwolken über

Tagebaubetrieben. Aus der Orbitalstation waren auch graue Flecken im Ozean zu erkennen, die offensichtlich nach dem Durchspülen von Öltanks entstanden waren.

Die Bereitschaft des Menschen, sein Verhältnis zur Natur zu regeln und die Umwelt zu schützen, kann uns vor einem „ökologischen Kollaps“ bewahren.

Der zweite Grund besteht in den Besonderheiten des menschlichen Organismus, die sich im Laufe von Jahrtausenden unter der Einwirkung der Gravitation herausgebildet haben. Um in einer Welt ohne Schwerkraft dauernd leben zu können, müßten sich die Menschen beträchtlich verändern. Für eine derartige Evolution reichen aber weder zehn noch zwanzig Jahre aus. Dazu wären vielmehr viele Generationen erforderlich. Aber ich glaube nicht, daß eine Auswanderung in den Weltraum überhaupt notwendig ist.

*Andrejew:* Zielen die jetzigen biologischen Experimente mit der Taufliege (*Drosophila*), mit Bakterien und primitiven Organismen nicht etwa auf einen längeren Aufenthalt von Kosmonauten im Weltraum ab?

*Jelisseejew:* Gewiß wurden an Bord von Salut 6 derartige Experimente vorgenommen, und Taufliegen, die seit Jahrzehnten für die genetische Forschung unentbehrlich sind, waren auch schon früher im Weltraum. Versuche mit diesen Insekten gestatten uns, die Jahrhunderte und Jahrtausende währende Evolution eines Lebewesens gleichsam in den wenigen Wochen oder Monate umfassenden Zeitraum eines Fluges zusammenzupressen. Die Taufliege ist anspruchslos, sie lebt zwölf bis fünfzehn Tage und bringt dann Nachkommen hervor. In den Monaten, die ein Flug dauert, kommen auf diese Weise „Kinder, Enkel, Ur-enkel“ usw. zur Welt. Und jede Generation ist Trägerin sämtlicher genetischer Wandlungen, die unter dem Einfluß der Schwerelosigkeit, der Strahlung und sonstiger Reizerreger vor sich gegangen sind.

Noch anschaulicher ist die Evo-

lution bei einigen Bakterienarten zu erforschen, die nur wenige Minuten leben. Ein Raumflug von einmonatiger Dauer ist für sie dasselbe wie 500 000 Jahre Evolution für den Menschen. Obgleich Fliegen und Bakterien nicht als „Modelle“ komplizierter Organismen und erst recht nicht des Menschen betrachtet werden dürfen, können wir uns anhand der Experimente mit solchen Lebewesen zu grundlegenden Gesetzmäßigkeiten in der Evolution der Lebewesen unter den Bedingungen eines langdauernden Raumfluges vortasten.

Ich wiederhole jedoch, daß ich einen langdauernden Forschungs- und Arbeitsflug meine, nicht aber einen immerwährenden Aufenthalt außerhalb der Erde. Wenn heute Wissenschaftler und Besatzungen von Raumstationen Hand in Hand arbeiten, haben sie die Lösung gerade dieser scheinbar begrenzten Aufgabe im Visier.

Solange das Problem der Lebenserhaltung nicht gelöst ist, lohnt es sich kaum, über das ständige Leben von Hunderten oder gar Tausenden Menschen in kosmischen Siedlungen zu sprechen. Es wurde ausgerechnet, daß ein Kosmonaut während eines Raumfluges täglich ein Kilogramm Sauerstoff, zwei Kilogramm Nahrungsmittel und 2,5 Kilogramm Wasser verbraucht. Seine Ration wiegt somit insgesamt 5,5 Kilogramm. Eine drei Mann starke Besatzung benötigt also für einen zwei Monate langen Flug eine Tonne dieser Existenzmittel; umkreist eine Raumstation mit wechselnden Besatzungen die Erde zwei Jahre lang, so muß man sie beim Start mit mindestens zwölf Tonnen Sauerstoff, Wasser und Verpflegung beladen, wenn man diese Existenzmittel nicht mit Lastraumschiffen in den Orbit befördern will. Dazu kommt das Gewicht der Verpackung und der Einrichtungen für die längere Lagerung von Lebensmitteln. Kurz und gut, eine langarbeitende Raumstation muß entweder von der Erde aus versorgt werden, oder es gilt, sie völlig selbständig zu machen und mit Systemen zur Wiederverwer-

tung von Abfallprodukten der Lebenstätigkeit, mit eigenen „Gemüsegärten“ und „Fleischfarmen“ auszustatten.

Als Pflanzennahrungsquelle kommt eine sich rasch vermehrende Alge – die Chlorella – in Frage. Die Vermehrung der Chlorella auf künstlichem Nährboden beobachteten an Bord von Salut 6 die Kosmonauten Georgi Gretschko und Juri Romanenko.

Nun kommen Versuche mit der japanischen Wachtel an die Reihe, die den Kosmonauten möglicherweise tierisches Eiweiß liefern wird. Schon in nächster Zeit soll die Entwicklung des Embryos dieses Vogels unter Raumflugbedingungen erforscht werden.

### **Die Hauptbereiche der kosmischen Forschung heute und morgen**

*Andrejew:* Sie meinen also, der Weltraum sei für die Menschen nur eine Arbeitsstätte, während die Erde ihre Wohnstätte bleibt. Heute werden an Bord von Orbitalstationen einige Mann starke Besatzungen eingesetzt. Aber wie viele Spezialisten wird man brauchen, wenn die Wissenschaft der Raumfahrt neue Aufgaben stellt? Vielleicht wird sich auf einer Erdumlaufbahn tatsächlich Arbeit für ein tausendköpfiges Forscherteam finden?

*Jelissejew:* Die Hauptbereiche der Forschungsarbeiten in kosmischen Laboratorien stehen bereits heute fest. Auch neue Aufgaben, die die Wissenschaft der Raumfahrt in absehbarer Zukunft stellen kann, werden im großen und ganzen diesen Hauptbereichen entsprechen. Um Ihre Frage nach dem „Personalbestand“ künftiger außerirdischer Laboratorien zu beantworten, muß ich zunächst auf diese Forschungsbereiche eingehen.

Als erstes Gebiet würde ich die Erforschung der Erde vom Weltraum aus nennen. Dieses Forschungsgebiet richtet sich nach ausgesprochen irdischen Bedürfnissen. Die Effektivität der Raumfahrttechnik, die jeden beliebigen Bereich im Spektrum der sichtbaren oder

unsichtbaren Strahlen übersehen kann, ist frappierend.

Von der Umweltkontrolle habe ich bereits gesprochen. Dem wäre hinzuzufügen, daß nicht nur Geologen, die Bodenschätze entdecken wollen, sondern auch ihre Kollegen, die sich mit den grundlegenden Problemen des Ursprungs und der Evolution unseres Planeten beschäftigen, auf Erkenntnisse angewiesen sind, die bei Raumflügen gewonnen werden. Mit fotooptischen und anderen Bordgeräten lassen sich für einen auf der Erde befindlichen Geologen unsichtbare Brüche in der Erdkruste aufnehmen. In wenigen Minuten kann man von Bord einer Raumstation aus ein Gebiet fotografieren, zu dessen Luftaufnahme zwei und für dessen Vermessung durch Geodäten mehr als 80 Jahre benötigt würden.

Ein weiteres Beispiel ist das sensationelle Ergebnis, das mit Aufnahmen eines Teils der Fergana-Zwischengebirgssenne in Sowjet-Mittelasien erzielt wurde. In diesem Gebiet schürfen die Fachleute seit mehr als 50 Jahren nach Erdöl und Erdgas. In dieser Zeit stellten sie 102 lokale Strukturen fest und entdeckten zahlreiche Lagerstätten. Anhand der Aufnahmen, die im Laufe von nur drei Monaten vom Weltraum aus gemacht worden waren, konnten 84 neue Abschnitte entdeckt werden, in denen eine geologische Prospektierung erfolgversprechend erscheint.

Die Kosmonauten haben auch für die Land- und Forstwirtschaft ganze Arbeit geleistet. Dazu kommen die Forschungen, die den Fernmeldeverkehr sowie die Rundfunk- und Fernsehsendungen mittels Nachrichtensatelliten betreffen. Ich meine also, daß sich die Sensoren und Objektive unbemannter Satelliten sowie von Orbitalstationen noch sehr lange Zeit, möglicherweise sogar dauernd, auf unseren Planeten richten werden. Das ist ein immerwährender Auftrag für die heutige und die künftige Raumfahrt.

Andererseits wird die Aufmerksamkeit der Forscher stets auch der Sonne, den Planeten und den anderen Himmelskörpern

gelten. Seitdem Fernrohre und Geräte, die Strahlungen aller Art auffangen, im Kosmos installiert sind, hat die Wissenschaft Informationen erhalten, die ihrem Umfang und ihrer Bedeutung nach alles übertreffen, was im Laufe der Jahrhunderte die optische Astronomie von der Erde aus entdecken konnte. Wenn die Wissenschaft Prozesse beobachtet, die etliche Milliarden Kilometer von der Erde entfernt verlaufen, sucht sie nicht nur Antwort auf noch ungelöste Fragen des Universums, sondern auch auf praktische Fragen, mit denen sich die Menschheit schon heute konfrontiert sieht. Welche Prozesse verlaufen beispielsweise im Inneren der Sonne? Ist es möglich, nachdem wir uns in der Physik dieses „Heizkessels“ zurechtgefunden haben, etwas Ähnliches auf der Erde zu bauen, um damit das Energieproblem für alle Zeiten zu lösen?

Den dritten Bereich, die medizinisch-biologischen Versuche, habe ich bereits erwähnt. Diese Arbeit dürfte nicht nur Jahrzehnte, sondern Jahrhunderte in Anspruch nehmen.

### **Einzigartige Legierungen und superreine Kristalle**

Schließlich lassen sich im Weltraum Werkstoffe und Erzeugnisse herstellen, die auf der Erde wegen der Gravitation nicht hergestellt werden können, beispielsweise Legierungen aus Metallen mit unterschiedlichem spezifischen Gewicht. Versuchen wir auf der Erde, solche Metalle zu legieren, so gelangt das eine Metall an die Oberfläche, während das andere zu Boden sinkt: Eine gleichmäßige Mischung kann so nie entstehen. Unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit, wo sich die Bestandteile sehr gleichmäßig vermischen, lassen sich dagegen Legierungen mit beliebigen neuen Eigenschaften herstellen, wie sie in vielen Zweigen der Technik dringend gebraucht werden.

Die Schwerelosigkeit wirkt sich auch auf das Wachstum künstlicher Kristalle, ihre Größe, Form und ihre Eigenschaften,

günstig aus. Die ersten Erzeugnisse der kosmischen Technologie werden vermutlich gerade Kristalle bilden, die in der Halbleiter- und in der Lasertechnik Verwendung finden. Einige solche im Orbit gezüchtete Kristalle werden bereits in Versuchsanlagen getestet.

Und jetzt, nachdem ich die Hauptbereiche der wissenschaftlichen Forschung im Weltraum umrissen habe, will ich mich bemühen, Ihre Frage zu beantworten, ob sich für Raumstationen mit tausendköpfigen Forscherteams Arbeit finden wird.

Ich bin überzeugt, daß sich die Forschung auch in Zukunft im großen und ganzen auf die von mir erwähnten Bereiche beschränken wird. Davon ausgehend, sehe ich in absehbarer Zukunft keine Aufgabe, die den Aufenthalt von einigen hundert Wissenschaftlern an Bord einer Raumstation erfordern würde. Optimal ist meines Erachtens ein Forscherteam von wenigen oder höchstens einigen Dutzend Spezialisten.

*Andrejew:* Sie meinen also, daß sich Forscher-Kosmonauten auch in Zukunft während eines Fluges sowohl mit astrophysikalischen und geophysikalischen als auch mit technologischen und medizinisch-biologischen Experimenten beschäftigen? Und das in unserer Zeit, wo ein Fachmann nur in einem engen Bereich der Wissenschaft oder Technik erfolgreich sein kann.

*Jelissejew:* Man kann durchaus geteilter Meinung sein über den Nutzen einer Spezialisierung auf einen engen Wissensbereich. Viele wichtige Entdeckungen wurden von entsprechend vorgebildeten Wissenschaftlern gerade an der Nahtstelle recht verschiedener Fachgebiete gemacht. Experimente im Weltraum erfordern manchmal eine umfassende Betrachtungsweise. Um die Anstrengungen auf die aussichtsreichsten Gebiete zu konzentrieren, muß man ja zunächst diese Gebiete bestimmen. Nicht umsonst heißt es, wer es versteht, eine Frage richtig zu stellen, hat sie bereits zur

Hälfte beantwortet. Bis zu einem gewissen Zeitpunkt sind wir gezwungen, die Fragen sozusagen blind zu stellen; werden dann von uns die richtigen Antworten gefunden, können die folgenden Fragen schon genauer und zielstrebtiger gestellt werden. Auf diese Weise sammeln sich Informationen an, und die Forscher können im Lauf der Zeit Hypothesen aufstellen, die durch Untersuchungen in einem engen Bereich bestätigt oder widerlegt werden.

Gehen wir aber davon aus, die Wissenschaftler hätten bereits konkrete Fragen, zu deren Beantwortung Bordgeräte, gut ausgebildete Forscher-Kosmonauten und natürlich Zeit erforderlich sind, etwa auf dem Gebiet der Astrophysik. Astrophysikalische Geräte – Fernrohre und Radioteleskope – sind schwer und brauchen viel Platz. Unter diesen Umständen lohnt es sich wahrscheinlich nicht, eine Raumstation auf eine Umlaufbahn zu bringen, die mehreren wissenschaftlichen Zwecken dient. Vermutlich wäre es da zweckmäßiger, in Erdnähe ein astrophysikalisches Spezialobservatorium zu installieren.

#### **Vorläufig nur Mehrzweck-Raumstationen**

Die Frage der Spezialisierung von Raumstationen ist bisher nicht eindeutig geklärt. Erstens ist der Einsatz derartiger Raumflugkörper sehr kostspielig, und wir sind auch nicht bereit, die Forschungsarbeiten auf irgendein einzelnes Gebiet zu konzentrieren und diesem Forschungsgebiet allein einen ganzen Flug zu widmen.

Zweitens sind Forschungsarbeiten an bestimmte Voraussetzungen gebunden. Sterne kann man beispielsweise nur dann beobachten, wenn sie sich über dem Horizont befinden. Sollen die Kosmonauten, wenn die Sterne unsichtbar geworden sind, ihre Hände in den Schoß legen und die kostbare Flugzeit vergeuden? Oder nehmen wir an, ein kompliziertes Gerät sei ausgefallen. Müssen wir in einem solchen Fall die Raumstation landen lassen,

dieses Gerät reparieren und dann erneut starten? Das wäre zu kostspielig. Dazu kommt, daß viele Experimente parallel laufen müssen: Wenn wir beispielsweise einen Stern durch das Fernrohr beobachten, müssen wir gleichzeitig seine Röntgenstrahlung und seine sonstigen Ausstrahlungen aufzeichnen können.

Spezialstationen haben also ihre Vor- und Nachteile. Deshalb sind heute und in absehbarer Zukunft Mehrzweck-Raumstationen mit vielseitig ausgebildeten Besatzungen zweckmäßiger. Mit ihnen haben wir bisher beachtliche Ergebnisse erzielt, und wir werden, so hoffe ich, auch weiterhin gute Resultate erzielen.

#### **Arbeitsteilung zwischen Mensch und Automat in der Raumstation**

*Andrejew:* Im Endergebnis hängt der Erfolg jeder Expedition mit einer lange Zeit arbeitenden Orbitalstation nicht nur von dem exakt ausgearbeiteten Versuchsprogramm ab, sondern auch vom exakten Funktionieren der Stations selbst, von den Forschungsgeräten und schließlich von der Zuverlässigkeit des Menschen als des wesentlichsten „Bestandteils“ des Systems „Mensch-Maschine“, wie die Fachleute für Ingenieurpsychologie sich ausdrücken. Ist in diesem System auf den Menschen Verlaß? Wie wird an Bord eines Raumflugkörpers die Arbeit zwischen Besatzungsmitgliedern und Automaten geteilt?

*Jelissejew:* Bei der Lösung einer beliebigen in Formeln gekleideten, das heißt mathematisch beschreibbaren Aufgabe ist ein Automat zuverlässiger als der Mensch. Steht der Steuerungsalgorithmus des ganzen Raumschiffes oder einzelner Vorrichtungen desselben fest, wird sogar der kleinste Computer die Steuerung genauer und sicherer als ein Kosmonaut bewältigen. Ein Elektronenrechner wird nichts vergessen, nichts verwechseln, nicht ermüden und alles genau nach dem gespeicherten Programm erledigen.

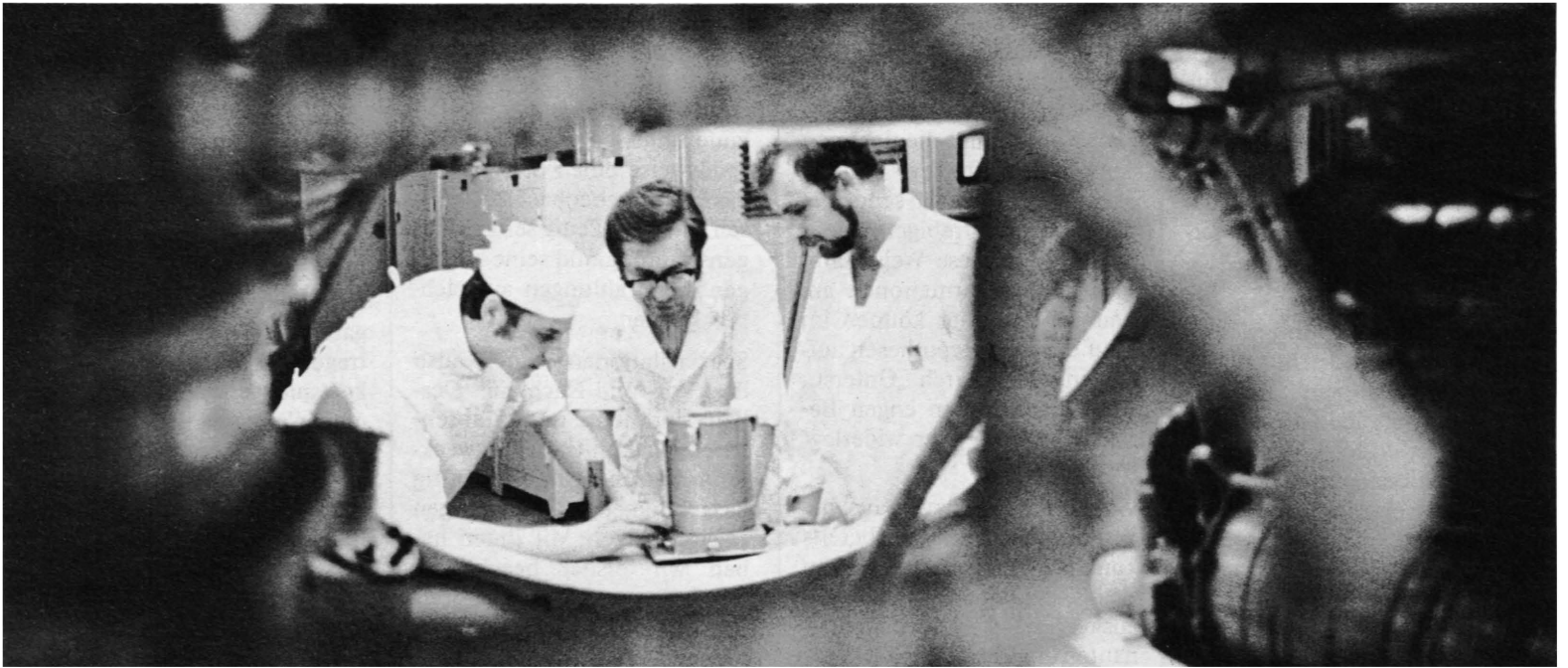
Und was kann der Computer

nicht? Er kann nicht denken. Er kann keine Aufgaben lösen, die nicht als Formeln fixiert sind und für die noch kein Algorithmus gefunden ist.

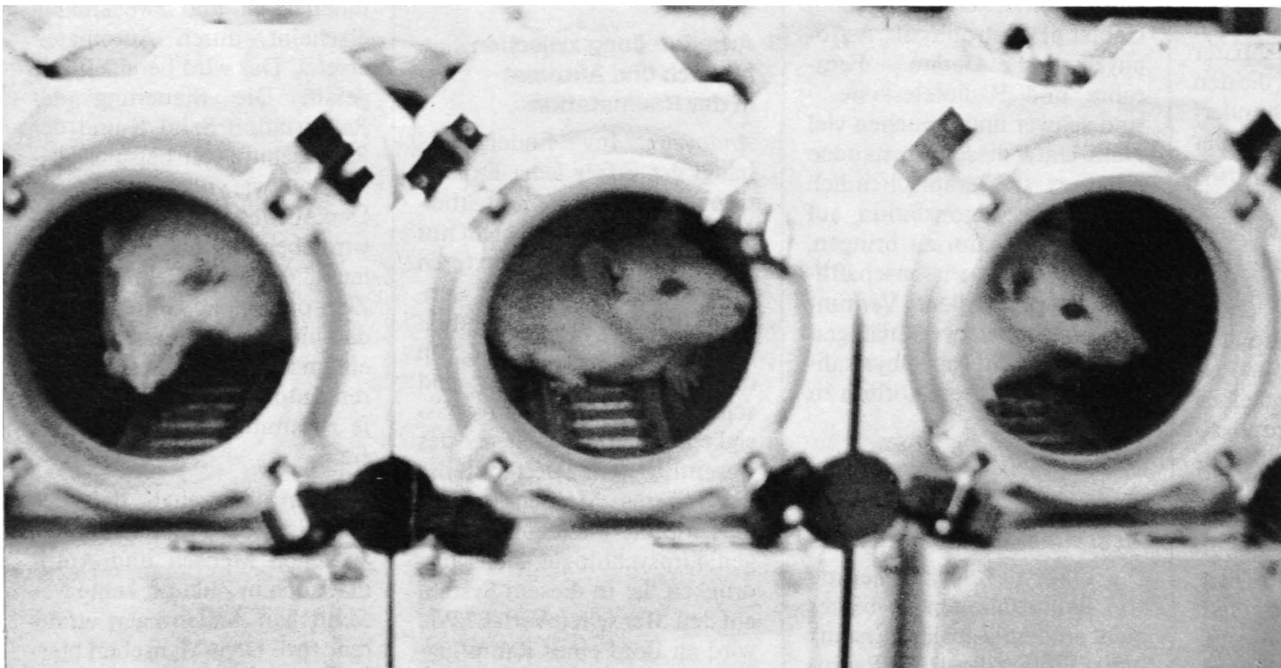
Es kommt vor, daß eine Aufgabe im Prinzip lösbar, der Algorithmus aber derart kompliziert ist, daß es einfacher und auch billiger ist, mit dieser Aufgabe einen Menschen zu beauftragen, als einen schweren und kostspieligen Roboter zu entwickeln und in den Orbit zu bringen. Überdies muß ein Automat abgesichert werden, damit es zu keinen Pannen kommt. Bei Störungen spielt meistens der Mensch die Rolle des Überwachers und Ablösers. Im allgemeinen aber wird der Mensch überall dort, wo dies möglich ist und zweckmäßig erscheint, durch Automaten ersetzt. Das wird bereits heute getan. Die Steuerung der Raumstation Salut 6 und der Raumschiffe war beispielsweise so gut wie vollautomatisiert. Der Abstieg von der Flugbahn wird ebenfalls automatisch gelenkt, denn ein Fehler in der Zeit- oder in der Höhenangabe darf hier nicht vorkommen. Bei einem Kopplungsmanöver führen Automaten die Raumschiffe zusammen und verkoppeln sie.

Ich bin überzeugt, daß der Grundsatz der „Arbeitsteilung“ zwischen Mensch und Automat auch in Zukunft keine wesentlichen Änderungen erfahren wird. Dem Menschen bleiben kreative Prozesse vorbehalten, die unvorhergesehene und nicht in Formeln gekleidete Schlußfolgerungen verlangen. Automaten werden dagegen Routinearbeiten wie beispielsweise die Steuerung von Apparaten und wissenschaftlichen Geräten oder das Sammeln und Speichern vielfältiger Informationen erledigen.

Bei einer anderen Einteilung könnten die Erfolge der modernen Raumfahrt, die einen wochen- und monatelangen Einsatz von auswechselbaren Besatzungen ermöglicht, kaum derart wertvolle wissenschaftliche Ergebnisse zeitigen. Der Mensch ist schließlich zum Arbeiten in den Weltraum vorgestoßen.



Oben: Letzte Überprüfung der Geräte vor ihrem Einbau in den Biosputnik



Links: Die Ratten, deren Reaktionen während eines Weltraumfluges erforscht werden, haben in ihren Kammern automatisch gesteuerte Beleuchtungs-, Fütterungs- und Tränkvorrichtungen sowie eine geregelte Luftzufuhr; ein elektronisches Gerät kontrolliert ihre Bewegungsaktivität während des Fluges

Rechts: Mit jedem neuen Start erfolgt ein weiterer Schritt in bislang unerforschte Bereiche

**D**ie Resultate der medizinischen Forschungen, die während aller bisherigen Raumfahrtunternehmen, darunter auch während des 140-Tage-Flugs von Wladimir Kowalenko und Alexander Iwantschenkow, durchgeführt wurden, lassen erkennen, daß sich hauptsächlich die Schwerelosigkeit negativ auf den Organismus des Menschen auswirkt.

Was geht mit dem Menschen in der Schwerelosigkeit vor?

Um sich den neuen Bedingungen anzupassen, muß sich der menschliche Organismus zum Teil umstellen. Bei dieser Anpassung an das neue Milieu sind viele physiologische Systeme

beteiligt, so die Stütz- und Bewegungsnerven und -muskeln, das Herz-Kreislauf-System. Das führt vor allem zu einem Rückgang der „mechanischen Immunität“, weshalb bei längeren bemannten Raumflügen Vorbeugungsmaßnahmen ergriffen werden müssen. Raumfahrtmediziner führen deshalb erst Tierversuche mittels Biosputniks der Kosmos-Serie durch, bevor sie ein bis ins Letzte durchdachtes Programm für einen neuen bemannten Raumflug vorlegen.

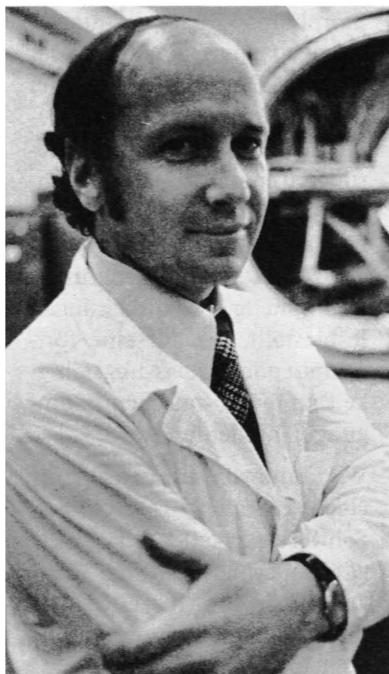
Dank dieser Experimente kann die Medizin die Besonderheiten der Anpassung an den Weltraum bei Gewebe und Zellen sowie auf der Molekularebene

studieren. Außerdem können mit diesen zahlreichen und unterschiedlichen Tierversuchen statistisch glaubwürdigere Resultate erzielt werden. Bei einigen Spezialforschungen werden den Tieren Meßgeber implantiert und verschiedenartige Pharmaka verabreicht. Bei Tierversuchen sind auch chirurgische Eingriffe nicht ausgeschlossen. Experimente mit Tieren finden auch gleichzeitig bei bemannten Raumexpeditionen statt.

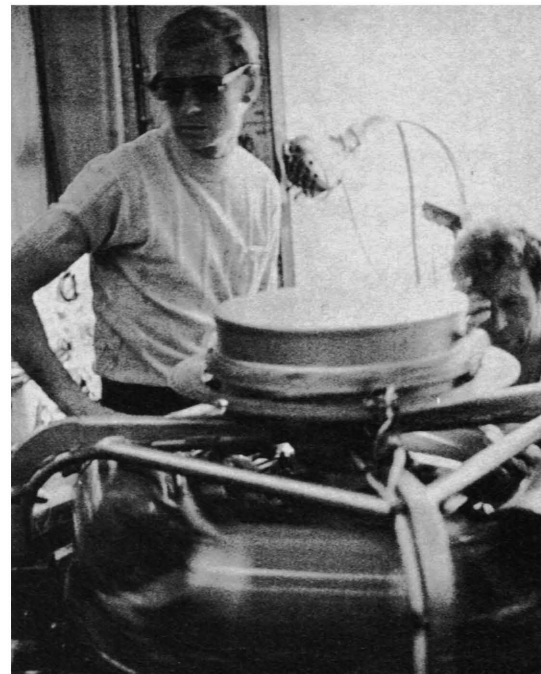
Nach einem Vergleich der Ergebnisse dieser Parallelforschungen können dann die Empfehlungen für bemannte Raumflüge besser und exakter ausgearbeitet werden.

Seit 1973 wurden in der UdSSR vier spezielle biologische Sputniks der Kosmos-Serie auf eine erdnahe Umlaufbahn gebracht. Den Wissenschaftlern ging es dabei in erster Linie darum, die unterschiedlichen Auswirkungen der Schwerelosigkeit auf Lebewesen und den kombinierten Einfluß der Schwerelosigkeit und der ionisierenden Strahlung zu erforschen. Außerdem wollten sie feststellen, welche biologischen Erscheinungen durch eine künstliche Gravitation hervorgerufen werden. Nicht zuletzt wurde auch Material zu den Problemen des Strahlenschutzes bei Raumflügen gesammelt.

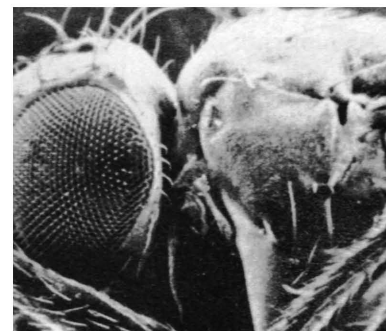
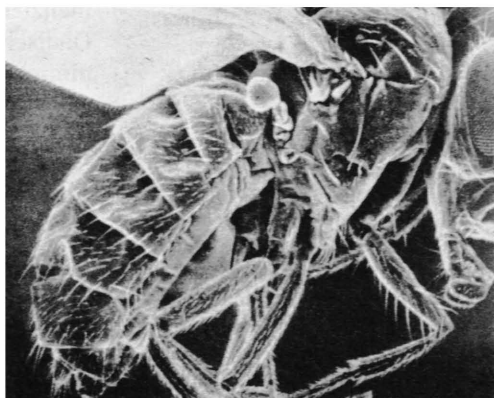
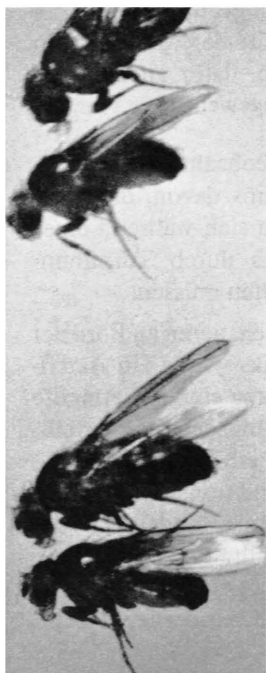
# Biosputniks im Dienste der Raumfahrt



Links: Dr. Jewgeni Iljin, der Verfasser unseres Beitrages, ist einer der Leiter des mit den Biosputniks betriebenen Forschungsprogramms und Kovorsitzender des Komitees für Bioastronautik der Internationalen Astronautenföderation

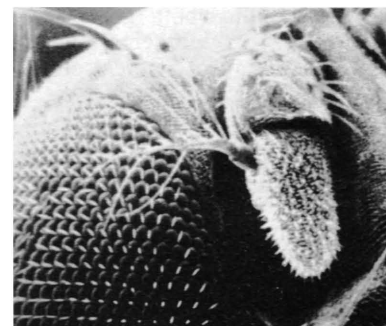


Rechts: Mit Hilfe dieser Zentrifuge, die in den 1977 gestarteten Biosputnik Kosmos 936 installiert wurde, konnte über 18 Tage lang eine künstliche Gravitation aufrechterhalten werden, die sich als ein wirksames Mittel zur Verminderung des ungünstigen Einflusses der Schwerelosigkeit auf den Organismus erwies



Zu den Bioobjekten an Bord von Kosmos 782 und 936 gehörten auch Exemplare der Taufliege (*Drosophila*). Unsere Bilder zeigen sie im Zustand der Schwerelosigkeit (links) sowie unter einem Elektronenmikroskop (oben und rechts). Die Aufnahmen dienten Fachleuten der amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA, die sich an einigen Experimenten in den Biosputniks beteiligten, zur Untersuchung der Frage, ob sich bei den Fliegen unter der Bedingung eines längeren Raumfluges äußerliche Veränderungen nachweisen lassen

Fotos: APN



An diesen wissenschaftlichen Unternehmen sind zwanzig Forschungseinrichtungen der Sowjetunion sowie Spezialisten aus 32 Institutionen anderer Länder, darunter Bulgariens, Ungarns, der Deutschen Demokratischen Republik, Polens, Rumäniens, der Tschechoslowakei, der USA und Frankreichs beteiligt. Die Vorbereitungen zu den Experimenten mit den Biosputniks und die Versuche selbst wurden vom Institut für medizinisch-biologische Probleme des Ministeriums für Gesundheitswesen der UdSSR geleitet.

Sowjetische Ingenieure und Biologen entwickelten für diese Versuchsreihe einmalige Gerä-

te, darunter eine Zentrifuge, mit der die Schwerkraft simuliert wird, unter anderem ein Gerät zur dosierten Bestrahlung biologischer Objekte mit künstlichen Gammastrahlen, Vorrichtungen für die Züchtung und Fixierung (Konservierung) pflanzlicher Organismen, Wärmeregler sowie Container für verschiedene biologische Objekte. Die Biosputniks *Kosmos 782* und *Kosmos 936* führten auch Apparaturen und Bioobjekte aus der Tschechoslowakei, aus den USA und Frankreich mit.

Die Ergebnisse? Bei Raumflügen mit einer Dauer von 22 Tagen wurde keinerlei negative Auswirkung der Schwerelosig-

keit auf die inneren Prozesse in den Zellen ermittelt, auch nicht bei jenen Prozessen, die mit der Weitergabe der Erbinformation und der nachfolgenden Zellteilung verknüpft sind.

Gerade diese Erkenntnisse sind unserer Ansicht nach für die Theorie und Praxis der Raumfahrt von prinzipieller Bedeutung. Sie zeigen, daß man auch noch längere bemannte Raumflüge vorsehen kann, ohne befürchten zu müssen, daß ein langdauernder Zustand der Schwerelosigkeit bei dem Kosmonauten eine Störung der Zellfunktionen herbeiführen kann, zum Beispiel eine Störung der Blutbildung.

Bei den biochemischen und



## Neue Besatzung an Bord von Salut 6

Am 25. Februar wurde in der Sowjetunion das Raumschiff Sojus 32 mit den Kosmonauten Wladimir Ljachow (im Bild oben links) und Waleri Rjumin an Bord gestartet. Einen Tag später koppelte das Raumschiff am Bug der Orbitalstation Salut 6 an. Anschließend nahmen Wladimir Ljachow und Waleri Rjumin ihre Arbeit im Orbitalkomplex Salut 6/Sojus 32 auf.

Der 37-jährige Bordkommandant Wladimir Ljachow hat die Militärhochschule für Luftfahrt in Charkow besucht und ist heute Oberstleutnant der Luftstreitkräfte. Der Kosmonautenmannschaft gehört er seit 1967 an. Mit seinem jetzigen Start absolviert er seinen ersten Weltraumflug.

Der 39-jährige Bordingenieur Waleri Rjumin ist Fliegerkosmonaut der UdSSR. Er absolvierte das Moskauer Forsttechnische Institut und arbeitete danach als Ingenieur in einem Konstruktionsbüro. Er wurde 1973 in die Kosmonautenmannschaft aufgenommen. Waleri Rjumin war bereits im Oktober 1977 (ebenfalls als Bordingenieur) mit Sojus 25 zu seinem ersten Weltraumflug gestartet.

Von den 16 Monaten, die sich die Orbitalstation Salut 6 bereits vor dem jetzigen neuen Raumfahrtunternehmen im All befand, war sie acht Monate lang mit Kosmonauten besetzt. An Bord von Salut 6 arbeiteten in dieser Zeit außer zwei Stammbesatzungen noch vier Gastbesatzungen, darunter drei im Rahmen des Interkosmosprogramms sozialistischer Länder mit Kosmonauten aus der CSSR, aus Polen und der DDR.

In dieser Zeit legten ferner vier automatische Raumtransporter vom Typ Progress an Salut 6 an. Das fünfte Transportraum-

schiff erreichte den Orbitalkomplex am 14. März.

Zu den ersten Aufgaben der beiden Kosmonauten gehörten zunächst die Wiederinbetriebnahme von Salut 6 und die Überprüfung aller Apparaturen und Instrumente auf einwandfreie Funktion. Dabei ergab sich die Notwendigkeit, bestimmte Reparaturen an der Erdaußenstation auszuführen.

So mußte zum Beispiel einer der drei Treibstofftanks von Salut 6 für den weiteren Betrieb stillgelegt werden, weil in ihm eine bewegliche Membrane beschädigt war, die den flüssigen Treibstoff von dem Stickstoffgas im Tank trennt. Der noch im Tank befindliche Treibstoff mußte dabei in die beiden intakten Tanks umgefüllt werden.

Anläßlich des vor einem Jahr erfolgten Starts von Alexej Gubarew (UdSSR) und Wladimir Remek (CSSR), mit dem der bemannte Raumflug im Rahmen des Interkosmosprogramms der beteiligten sozialistischen Staaten seinen Anfang nahm, verwies der Vorsitzende des Interkosmosrates bei der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Akademiemitglied Boris Petrow, in einem Interview gegenüber TASS auf den enormen Umfang der dabei gewonnenen wissenschaftlichen Informationen. Auch die künftigen Programme gemeinsamer Expeditionen würden von Experimenten bestimmt, die das eine oder andere Land vorschlägt und die dann gemeinsam mit sowjetischen Forschern ausgearbeitet werden. Der sowjetische Wissenschaftler äußerte die Überzeugung, daß die bevorstehenden internationalen Weltraumunternehmen unter Beteiligung von Kosmonauten Bulgariens, Ungarns, Kubas, der Mongolei und Rumäniens ihre Aufgaben ebenso erfolgreich lösen werden, wie dies im vergangenen Jahr bei den Starts mit den Kosmonauten aus der CSSR, Polen und der DDR der Fall war.

morphologischen Untersuchungen des Organismus der Versuchstiere wurden keinerlei durch Schwerelosigkeit bedingte pathologische Veränderungen entdeckt. Aber gleichzeitig wurden bei einigen Organen und Gewebeteilen reversible (umkehrbare) strukturell-funktionelle Veränderungen festgestellt, die auf eine fortschreitende Anpassungsfähigkeit an die kosmischen Bedingungen hindeuten.

Wie kommt das zum Ausdruck? Nach einer 22 Tage langen Schwerelosigkeit tritt eine Atrophie (Schwund) der Muskulatur ein, die Muskeln verlieren ihre Spannkraft und Elastizität, ihre Kontraktion (Zusammenziehung) nimmt zu, der Querschnitt der Muskelfasern nimmt ab, dafür aber wächst das Bindegewebe.

Diese Beobachtungen überzeugten uns davon, daß Kosmonauten sich während eines Raumflugs durch Turnübungen fit halten müssen.

Bei Versuchstieren an Bord der Biosputniks wurde ein Aktivitätsrückgang einiger Fermente des Herzmuskels festgestellt, was auf eine Verminderung der Kontraktionsfähigkeit des Herzmuskels hindeutet. Alle diese Resultate werden heute mit berücksichtigt, wenn eine bestimmte körperliche Belastung der Kosmonauten eingeplant wird.

Die erwähnten Veränderungen im Organismus gehen auf das Schwinden des Körpergewichts zurück. Die Spannung der Muskulatur läßt nach, die Natürlichkeit der Haltung geht verloren, die Gliedmaßen werden von der gewohnten Last befreit, und der Arbeitsrhythmus des Herzens verändert sich.

Gleichzeitig wurde aber auch entdeckt, daß während der Anpassung an die Schwerelosigkeit im Organismus völlig untypische neuro-endokrine Reaktionen auftreten. Das spricht für einen mäßig zunehmenden Streß, das heißt für eine verstärkte Wirkung solcher

Faktoren, von denen die Anpassungs- und Überlebensfähigkeit des Organismus unter ungewohnten Bedingungen abhängt.

Die Tiere in einem Biosputnik wurden künstlichen Gammastrahlen ausgesetzt. Dadurch erhielten die Wissenschaftler eine Vorstellung von dem Zusammenwirken der Schwerelosigkeit mit ionisierender Strahlung. Die Schwerelosigkeit während eines Raumflugs verstärkt die Strahlenwirkung auf den Organismus nicht und beeinträchtigt auch nicht den Regenerierungsprozeß. In der Praxis bedeutet dies, daß man bei der Bestimmung der zulässigen und kritischen Strahlungs-dosis während eines bemannten Raumflugs ohne weiteres von den Angaben ausgehen kann, die man bei den auf der Erde durchgeführten Experimenten gewonnen hat.

Kann man den negativen Veränderungen, die im menschlichen Organismus durch Schwerelosigkeit hervorgerufen werden, vorbeugen? In diesem Zusammenhang schenken die Wissenschaftler dem Studium der biologischen Resultate einer künstlichen variablen Schwerkraft große Beachtung. Mit Hilfe der Zentrifugen, die an Bord der Biosputniks *Kosmos 782* und *Kosmos 936* installiert waren, konnte ermittelt werden, daß die künstliche Gravitation die negativen Auswirkungen, besonders im Stütz- und Bewegungsapparat, im Herzmuskel und im innersekretorischen System der Versuchstiere, wesentlich gedrosselt hat. Bekanntlich treten beim Menschen im Zustand der Schwerelosigkeit gerade in diesen Systemen beträchtliche Funktionsänderungen ein. Aber natürlich muß man erst Versuche mit Menschen durchführen, um den Grad einer künstlichen Gravitation während eines bemannten Raumflugs bestimmen zu können.

Dr. Jewgeni Iljin  
Institut für medizinisch-  
biologische Probleme