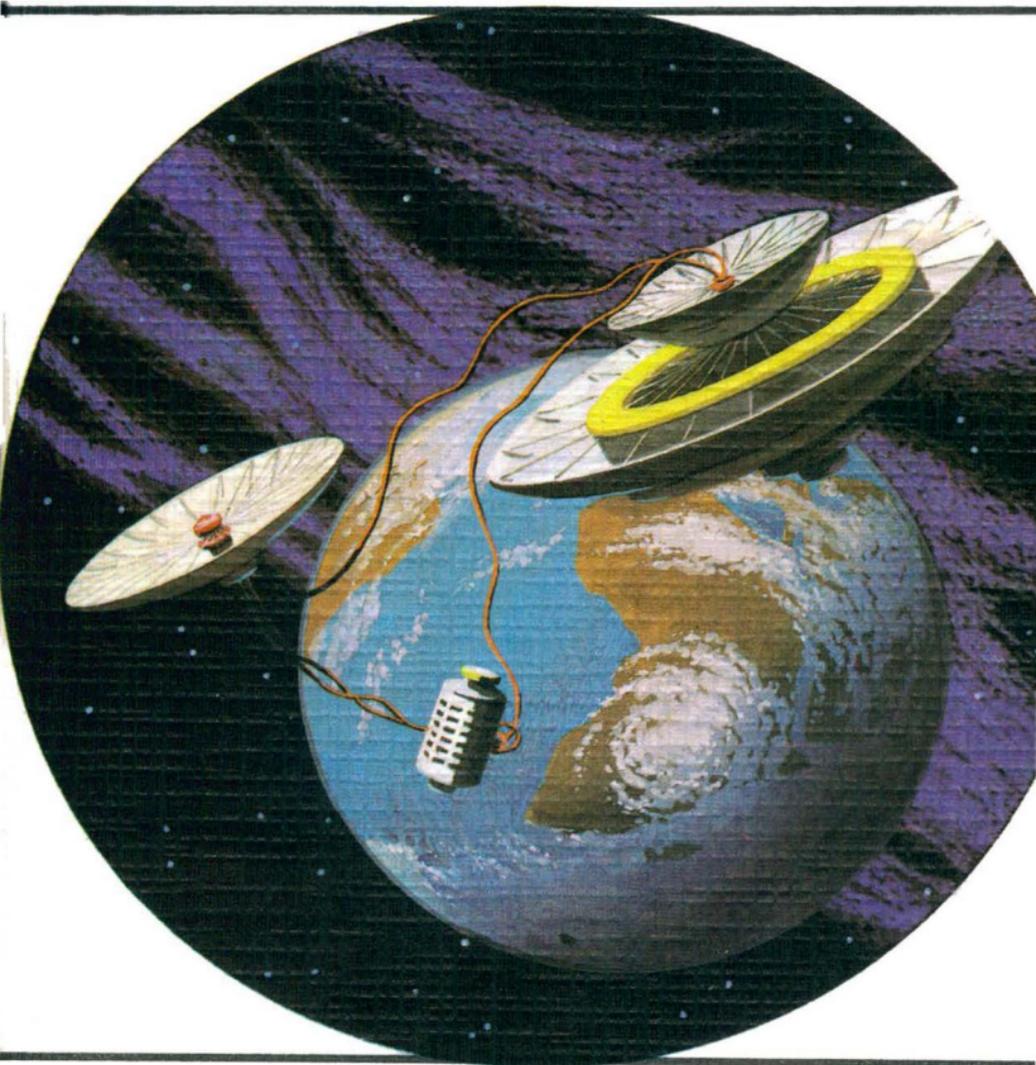


akzent

Klaus Marquart

# Raum- stationen







# Die bemannte erdnahe Raumfahrt und ihre Zukunft

---

Klaus Marquart

# Raumstationen

---

Urania-Verlag Leipzig Jena Berlin

Autor: Dipl.-Gewi. Klaus Marquart, Sekretär der Sektion  
Raumfahrt beim Präsidium der URANIA, Gesellschaft zur  
Verbreitung wissenschaftlicher Kenntnisse, Berlin  
Illustrationen: Klaus Thieme, Leipzig

*1. Auflage 1981*

*1.–20. Tausend. Alle Rechte vorbehalten.*

*© Urania-Verlag Leipzig Jena Berlin*

*Verlag für populärwissenschaftliche Literatur, Leipzig 1981*

*VLN 212-475/33/81. LSV: 3879*

*Lektor: Ewald Oetzel*

*Einbandreihenentwurf: Helmut Selle*

*Typografie: Julia Walch*

*Fotos: ADN/Zentralbild (23, 25); Akademie der Wissenschaften  
der DDR, Zentralinstitut für Physik der Erde (18, 26, 27); APN (15,  
16, 24); Dr. med. Hans Haase (17), NASA (13, 29, 30, 31)*

*Printed in the German Democratic Republic*

*Gesamtherstellung: INTERDRUCK Graphischer Großbetrieb*

*Leipzig – III/18/97*

*Best.-Nr.: 6536417*

*DDR 4,50 M*



---

# Inhalt

---

## Eine notwendige Erklärung 7

## Wie es begann 9

Raumstationen am literarischen Horizont 10

Die ersten guten Ideen 12

Ein Wohnrad gegen die Schwerelosigkeit 17

Wer bringt das Baumaterial in den Weltraum? 19

Raumstationen als Kernwaffenträger? 20

## Projekte nehmen Gestalt an 24

Kann man im Weltraum leben? 25

Die ersten im Weltraum 26

Ein Plan, der schon Geschichte ist 27

Meilensteine auf dem Wege zu Salut 28

Die erste experimentelle Raumstation 30

Salut wird gestartet 32

Harte Arbeit in »Salut 1« 33

Der amerikanische Weg zum Himmelslabor 36

Skylab 39

Weitere Stationen im All 43

Man spricht von Orbitalkomplexen 46

## Das Leben in einer Raumstation 51

Zum Leben gehört eine ganze Menge 52

Mahlzeiten aus der Tube? 56

Das Bad auf der Umlaufbahn 58

Freizeit im Weltraum 61

Probleme mit der Schwerelosigkeit 63

Zusätzliche Gefahren 65  
Ist Schwerkrafteinsatz möglich? 67

## **Sturmwarnungen aus dem All 69**

Exotische Umwelt 72  
»Aladins Wunderlampe« 74  
Die Forschung kommt nicht zu kurz 79  
»Made in Kosmos« 86

## **Pendler zwischen Erde und Weltraum 91**

Die bisherigen Zubringer 92  
Die »Wegwerf«-Rakete ist überholt! 94  
»Space shuttle« 97

## **Fabriken und Krankenhäuser im All? 103**

Industrieanlagen zwischen Erde und Mond 104  
Sonnenkraftwerke über dem Äquator 106  
Raumfahrt und Profit 110  
Kosmos-Krankenhäuser und Weltraumtouristen? 112  
Siedelt die Menschheit ins Weltall um? 116

## **Raumfahrt-Ausblicke 121**

**Bisherige Raumstationen und Zubringer-  
Raumfahrzeuge 125**

---

# Eine notwendige Erklärung

---

Das vorliegende Buch bin ich all den vielen Hörern schuldig, denen ich in meinen URANIA-Vorträgen manche Illusionen vom Raumflug zu fernen Planeten- und Sternsystemen genommen habe, ohne ihnen dafür aus Zeitgründen neue und echte Raumfahrtziele im notwendigen Umfang anbieten zu können.

Im Widerspruch zur utopischen Literatur und auch im Gegensatz zu manchen Auffassungen der »Väter der Raumfahrt« liegen diese Ziele vorerst, zumindest die der bemannten Raumfahrt, keinesfalls an den Grenzen unseres Sonnensystems und schon gar nicht jenseits dieses Bereichs. Sie dienen in den nächsten Jahrzehnten fast ausschließlich der Erschließung und Nutzung unseres Heimatplaneten.

Raumsonden werden nur in dem Maße in Richtung Mond und Planeten entsandt werden, wie sich die dabei zu erwartenden Forschungsergebnisse für einen weiteren Erkenntnisgewinn als notwendig erweisen.

Allerdings wird auf den folgenden Seiten nicht der Versuch unternommen, die sich aus dem eben Gesagten andeutende Beschränkung der bemannten Raumfahrt zu begründen, sondern es soll der Nachweis erbracht werden, daß vorerst vor allem eine »Raumfahrt für die Erde« notwendig und geeignet ist, manches Problem auf diesem Planeten einer Lösung zuzuführen.

Mit einem vollständigeren Wissen um Aufgaben und Möglichkeiten der Raumstationen, so glaube ich, könnte auch die Enttäuschung etwas gemildert werden, die manchen ob der noch ausbleibenden Besiedlung ferner Himmelskörper und der nicht auf der Tagesordnung ste-

henden interplanetaren oder gar interstellaren Weltraumfahrten ergriffen hat.

Freundlichen Dank sage ich all denen, die durch Rat und Tat am Zustandekommen dieses Buches beteiligt waren. Mein spezieller Dank gilt in dieser Hinsicht den Mitgliedern der Sektion Raumfahrt beim Präsidium der URANIA in Berlin, aus deren Mitte in den vergangenen Jahren viele Anregungen kamen, und Herrn Dr. E. Hantzsch, Zentralinstitut für Elektronenphysik der Akademie der Wissenschaften der DDR, sowie Herrn Dr. D. B. Herrmann, Direktor der Archenhold-Sternwarte, Berlin-Treptow, für die sehr gründliche Durchsicht des Manuskripts und ihre wertvollen Hinweise zu seiner Verbesserung.

---

# Wie es begann

---

Spannung lag auf den Gesichtern der drei Kosmonauten. In immer kürzeren Abständen mußten sie sich abwechseln, da das konzentrierte Ausschauhalten ihre Augen außergewöhnlich anstrengte. Jeden Augenblick mußte »Salut 1« sichtbar werden.

Von der Bodenleitstelle hatten sie kurz zuvor erfahren, daß der Abstand zwischen ihrem Raumschiff und der Station nur noch 6 km betrage.

Der Start ihrer Trägerrakete lag bereits 24 Stunden zurück. In der Zwischenzeit hatte Georgi Dobrowolski, der Kommandant der Besatzung, in Zusammenarbeit mit den Bodenstationen die Entfernung zwischen ihrer Kapsel und der noch unbemannten Raumstation von 3000 km auf 6000 m verringert.

Da, endlich! Wladislaw Wolkow deutete auf einen winzigen Punkt, der etwas links von ihnen flog.

Knapp 30 Minuten später war »Sojus 11« durch automatische Steuerung bis auf 10 m an »Salut 1« herangekommen. Jede Sekunde reduzierte sich der Abstand um weitere 27 cm. Das eigentliche Kopplungsmanöver begann: über zwei Stunden äußerster Konzentration für die letzten Meter. Um 12.44 Uhr war das Andocken vollzogen. Aber noch war ein Umstieg nicht möglich. Erst mußten beide Flugkörper fest miteinander verriegelt und der Druckausgleich vorgenommen werden.

Nachdem Viktor Pazajew die Durchstiegs Luke geöffnet und die Kopplungseinrichtung zur Seite geräumt hatte, war der Weg für ihn und seine beiden Kameraden frei. Die drei sowjetischen Raumfahrer betraten die erste Raumstation unserer Erde. Man schrieb den 7. Juni 1971.

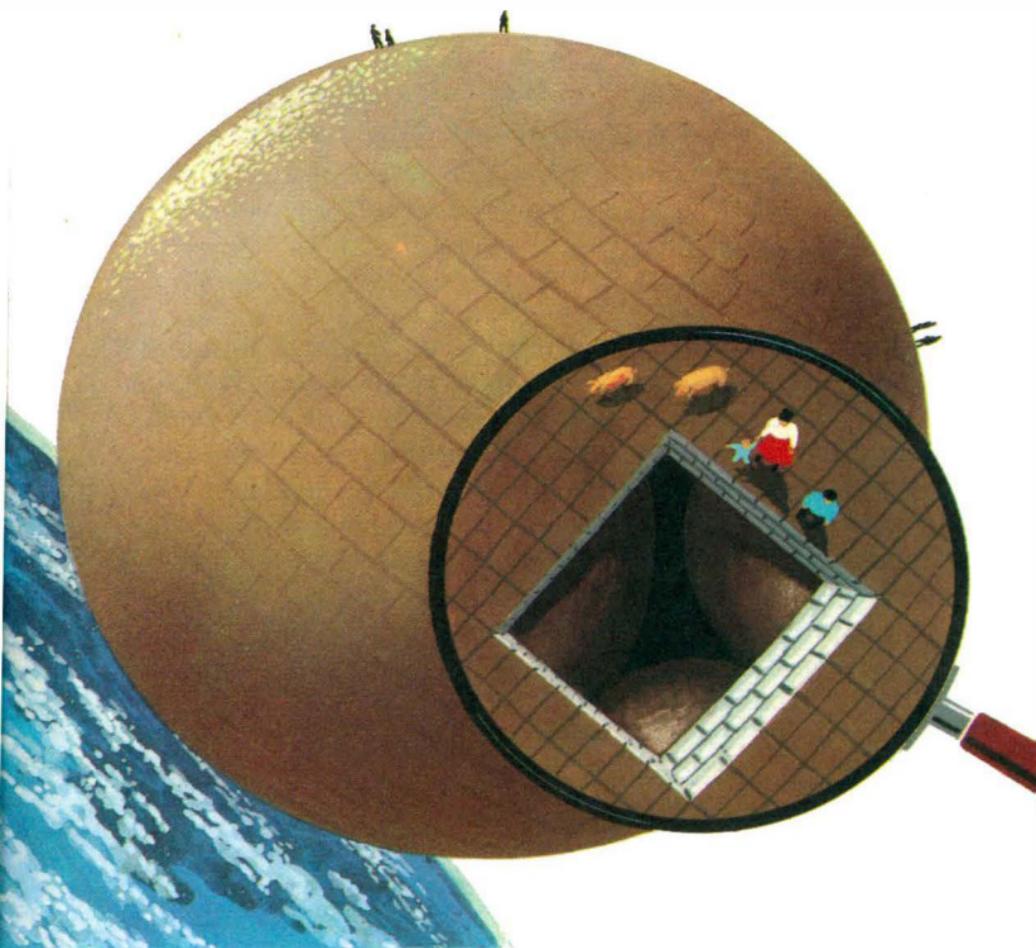
## Raumstationen am literarischen Horizont

Schriftsteller befaßten sich weitaus eher mit Behausungen im Weltraum als mit eigentlichen Raumstationen. Als geistiger Vater einer der ersten recht originellen, aber technisch absurden Geschichten auf diesem Gebiet wird ein Pfarrer namens Hale genannt. In seiner vor mehr als 100 Jahren veröffentlichten Erzählung umkreist eine Hohlkugel mit einem Durchmesser von 60m die Erde. Sie besteht aus Ziegelsteinen. Auf ungewöhnliche Art war sie gestartet worden: Gewaltige Schwungräder hatten sie in den Kosmos geschleudert. Die ersten Insassen dieser Weltraumstation, so kann man nachlesen, waren drei Dutzend Männer, Frauen und Kinder sowie eine stattliche Anzahl von Hühnern und Schweinen. Das Problem der Nachrichtenübermittlung zwischen seinem Kunstmond und der Erde löste der Autor kurzerhand so: Kurze oder lange Sprünge seiner Bewohner dienten als Morsezeichen.

Heute entlocken uns derartige Vorstellungen ein Lächeln, jedoch spiegelt sich in Hales Erzählung, wie übrigens in vielen Romanen und Geschichten anderer Autoren zur gleichen Zeit, etwas Neues wider. Angeregt durch großartige Erfindungen und Entdeckungen, war damals für viele Autoren in Wissenschaft und Technik so gut wie alles vorstellbar und machbar geworden. Jedoch konnte man von Schriftstellern, die statt technischer Kenntnisse lediglich über Phantasie und Begeisterung verfügten, unmöglich eine brauchbare Schilderung von Wegen und Methoden erwarten, mit denen man z. B. hätte durch die Luft fliegen oder zum Mond gelangen können.

Günstigere Voraussetzungen, Raumfahrtprojekte zu beschreiben, hatten – zumindest von ihrer Ausbildung her – Jules Verne, der sich allerdings zum Problem einer Raumstation nicht geäußert hat, und der deutsche Mathematikprofessor Kurt Laßwitz.

Die große Annäherung des Mars an die Erde im Jahre 1877, die Entdeckung der beiden Marsmonde und der Mars-»Kanäle« werden sicherlich wesentlich mit dazu beigetragen haben, daß Kurt Laßwitz in seinem 1897 erschienenen Roman »Auf zwei Planeten« einen Konflikt



*Hales Kunstmond: Wohnräume im Inneren, Freizeit auf der Oberfläche*

zwischen Erd- und Marsbewohnern schildert, den diese auf Grund ihrer überlegenen Technik für sich entscheiden, ohne dabei die Menschheit zu vernichten. Laßwitz erfand – deshalb erscheint er uns im Rahmen dieses Buches erwähnenswert – auch Raumstationen, die den Marswesen als Stützpunkte sowie als Start- und Landeplätze für ihre Flüge zwischen ihrem Planeten und der Erde dienten. Der Autor wollte allerdings seinen Roman nicht als technische Prophezeiung, sondern nur als phantasievolle Erzählung verstanden wissen. Eine solche Bemerkung erscheint angesichts der vielen raumfahrttechnischen Ungereimtheiten, die Laßwitz erdachte, auch notwendig. So konnten

z. B. die hoch über den Erdpolen schwebenden Raumstationen der Martianer nur dadurch ihre festen Positionen beibehalten, daß ihre Insassen die Gravitation auszuschalten verstanden.

## Die ersten guten Ideen

Wirklich brauchbare Aussagen über den Sinn, die Aufgaben und Formen von Raumstationen waren nur von denen zu erwarten, in deren Überlegungen eine solche Station nicht den Anfang der Raumfahrt, sondern schon ein erstes Ziel darstellte. Nur, wer die technischen Voraussetzungen, den Weltraum zu erreichen, deutlich vor Augen sah und intensive theoretische Untersuchungen vorgenommen hatte – nur der konnte es für unbedingt erforderlich halten, eine Raumstation zu schaffen.

Zwei Mathematiker erlangten nacheinander und unabhängig voneinander auf die eben beschriebene Art und Weise die notwendigen Erkenntnisse: der Russe Konstantin Ziolkowski (1857–1935) und der Deutsche Hermann Oberth (geb. 1894).

»Am Anfang stehen unweigerlich Gedanken, Phantasien und Märchen. Darauf folgt die wissenschaftliche Berechnung. Zuletzt jedoch wird die Verwirklichung den Gedanken krönen. Meine Arbeiten über kosmische Reisen gehören zur mittleren Phase dieser Entwicklung.«

Mit diesen Worten schätzte Ziolkowski sein Lebenswerk ein; in ihrer knappen und bescheiden wirkenden Form werden sie jedoch in keiner Weise der Bedeutung gerecht, die dieses Werk für die Entwicklung der Raumfahrt erlangen sollte. Er ging bei seinen wissenschaftlichen Berechnungen so gründlich und folgerichtig vor, daß heute, nach über zwei Jahrzehnten aktiver Raumfahrt, kaum ein wesentliches Problem unbemannter oder bemannter Raumflugkörper existiert, zu dem Ziolkowski nicht Lösungswege vorgeschlagen oder sich zumindest in brauchbaren Andeutungen geäußert hätte.

Das folgende außergewöhnliche Eingeständnis setzten die wissenschaftlichen Herausgeber der »Luftfahrtnachrichten« 1911 als Vorwort vor eine Arbeit Ziolkowskis, in

der er den ersten Raumflug einer Gruppe von Menschen beschreibt: »Die mathematischen Berechnungen, auf denen der Autor seine Schlußfolgerungen aufbaut, beweisen die theoretische Durchführbarkeit seiner Ideen. Aber die unausbleiblichen und gewaltigen Schwierigkeiten in dem uns ungewohnten und unbekanntem Raum, den der Autor mit seinen Forschungen zu durchdringen sucht, lassen uns dem Gedankengang des Autors kaum geistig folgen.«

Ziolkowski schildert ein verlockendes Abenteuer, den ersten Weltraumflug von Menschen. Da die Schwerelosig-



*Modell eines Raumschiffs  
nach den Plänen Ziolkowskis*

keit in diesem Bericht den Fluggästen alles andere als Vergnügen bereitete, ließ der große russische Raketenpionier seinen Flugkörper um die Längsachse rotieren. Durch die dadurch bewirkte Zentrifugalkraft wurde eine Schwerkraft simuliert, so daß sich bei seinen Passagieren das Wohlbefinden wieder einstellte.

Ziolkowski hatte die verantwortlichen Wissenschaftler, die diese Raumreise vorbereiteten, die Erdanziehungskraft und den Widerstand der Atmosphäre untersuchen lassen. Er ließ sie auch darüber diskutieren, wie Forscher längere Zeit im Kosmos leben können. Und noch eines ist bemerkenswert: Der Kommandant berücksichtigte die Erhitzung der Rakete bei ihrem Flug durch die Lufthülle und stellte Berechnungen über gekrümmte Bahnen an.

Ähnlich den hier erwähnten findet sich in Ziolkowskis Tagebüchern eine Fülle von Problemstellungen zur Weltraumfahrt, die für die damalige Zeit außergewöhnlich sind. Auf die meisten Fragen fand der russische Gelehrte, vor allem durch seine vielen Experimente, selbst eine Antwort – zuerst in dem Rahmen, der einem Kleinstadtlehrer im zaristischen Rußland gegeben war, später dann mit voller Unterstützung durch die junge Sowjetmacht, die seinen Forschungen von Anfang an große Bedeutung beimaß.

Ohne Überraschung nimmt man daher zur Kenntnis, daß sich Ziolkowski auch als erster mit den Problemen einer Station im Weltraum befaßt hat. Er äußerte den Gedanken, daß sie als Weltraumbahnhof für Flüge zu anderen Planeten dienen könnte und daß nur in den ersten Jahren die Versorgung einer derartigen kosmischen Insel von der Erde aus notwendig sei. Später werde man Sauerstoff und Lebensmittel durch die Nutzung von Treibhäusern in der Erdumlaufbahn selber produzieren können. Man werde die intensive Sonnenstrahlung im erdnahen Weltraum nutzen, sie schließlich überhaupt in eine für die Menschen besser verwertbare Energieform umwandeln, als das auf der Erdoberfläche geschehen könnte.

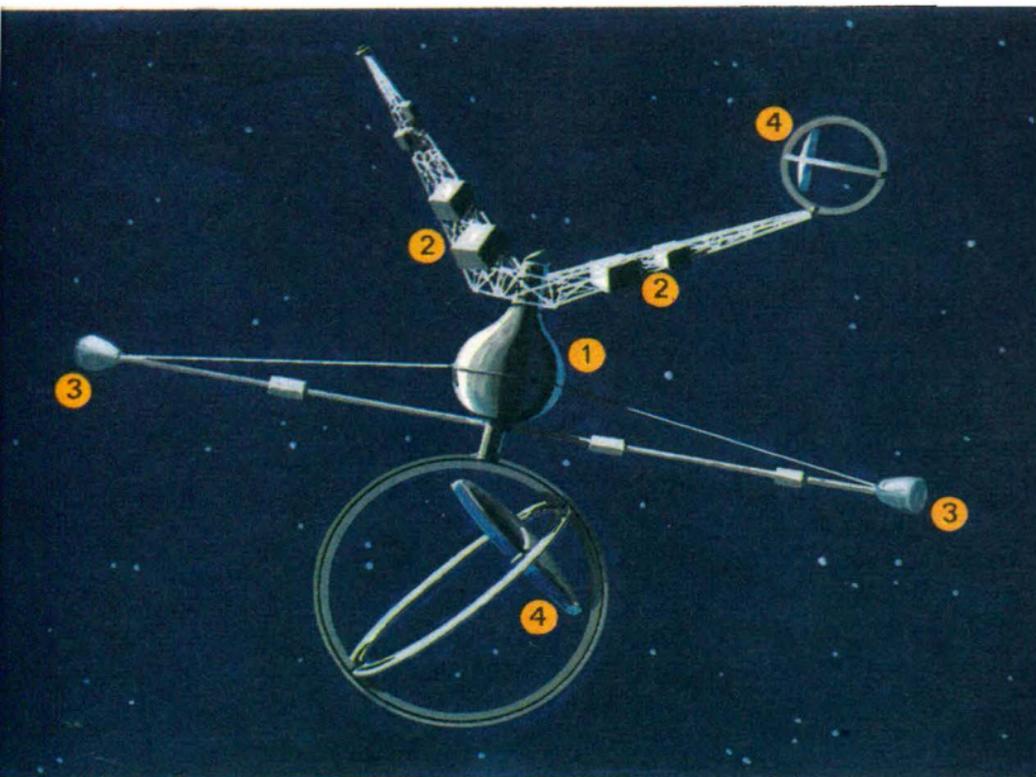
Über ein halbes Jahrhundert ist seit der Veröffentlichung dieser ersten Hinweise und Vorschläge vergangen. Ziolkowskis Raumstation-Entwürfe regen noch heute Wissenschaftler und Techniker zu Diskussionen an.

Geht man der Geschichte mancher großen Erfindung und Entdeckung nach, so stellt man häufig fest, daß viele von ihnen zweimal, nicht selten sogar drei- bis viermal ans Licht der Welt gefördert wurden.

Den theoretischen Grundlagen der Raumfahrt erging es nicht anders. So erschien 1923 in Deutschland Hermann Oberths Buch »Die Rakete zu den Planetenräumen« mit Berechnungen, Aussagen und Problemdarstellungen, deren Grundlagen Ziolkowski bereits 20 Jahre zuvor behandelt und bearbeitet hatte. Oberth hatte jedoch nicht auf diesen Arbeiten aufbauen können – er kannte sie überhaupt nicht.

»Ich wäre sicher mit meinen eigenen Arbeiten heute sehr viel weiter und hätte mir viel Mühe erspart, wenn ich Ihre ausgezeichneten Arbeiten gekannt hätte«, schrieb er später an Ziolkowski.

*Raumstation nach H. Oberth. 1 – Montagerraum; 2 – Lagerräume; 3 – Wohnräume, zu denen man in Fahrkabinen gelangt, die auf Verbindungsrohren laufen; 4 – Spiegel*



Auch Oberth gelangte bei seinen Überlegungen folgerichtig zu Stationen im Weltraum und widmete diesem Thema in seinem Buch bereits 21 Seiten. Verständlicherweise waren Oberths Vorstellungen schon wesentlich präziser; er beschrieb technische Details, gab Konstruktionshinweise und stellte erste Kostenberechnungen auf. Darüber hinaus hielt er den Einsatz kleinerer Raketen für den Verkehr zwischen der Station und der Erde für real. Er erwog ebenfalls die Rotation der Station als Schwerkraftersatz. Oberth schrieb von telegrafischen Verbindungen zwischen verschiedenen Orten der Erde mit Hilfe der Raumstation und hielt Wettervorhersagen und Eisbergwarnungen aus der Umlaufbahn für möglich.

Vor allem die Realisierung eines Projektes sah Oberth geradezu als Lebenserfüllung an. Es findet sich bereits in den ersten Veröffentlichungen der zwanziger Jahre und füllt noch manche Druckseite seiner letzten Bücher: der Weltraumspiegel. Monteure in Raumanzügen sollen ihn in fünfzehnjähriger Bauzeit aus Drahtseilen als ein gewaltiges Netz mit einem Durchmesser von 100 km knüpfen. Seine freien Räume werden anschließend mit dünnen Metallfolien ausgefüllt, so daß sich eine reflektierende Fläche von ungefähr 70 000 km<sup>2</sup> ergibt.

Blieben Größe und Form der spiegelnden Fläche und die Methoden ihres Baues über die Jahrzehnte hinweg annähernd gleich, so änderten sich dagegen die Hinweise über den Zweck und den zu erwartenden Nutzen des Weltraumspiegels in Abhängigkeit von den politischen Gegebenheiten bei Oberth recht häufig. Deutete er 1929 noch bedauernd an, daß der Spiegel neben vielen sehr nützlichen Eigenschaften leider auch bei kriegerischen Auseinandersetzungen einen hohen strategischen Wert besitzen könne, so verzichtete er 1954, in der Zeit des »kalten Krieges«, auf jeden bedauernden Ton. Er warb in der BRD und den anderen »westlichen Ländern« für seinen Superreflektor mit den Worten, daß man mit ihm Munitionsfabriken in die Luft sprengen und marschierende Truppen schmoren könnte. Er schreibt: »Das bekannte alte Versprechen – denen werden wir mal ordentlich einheizen – würde also durch den Weltraumspiegel erst einen Sinn bekommen.«

Abgesehen vom Zynismus gerade dieses Ausspruchs, löste sich Oberth niemals so recht von der Vorstellung, daß vor allem Hinweise auf ihre kriegerische Verwendbarkeit die Realisierung seiner Raumfahrtprojekte beschleunigen würden. Entwarf er einen »Weltraumhafen«, also eine Startbasis für interplanetare Unternehmungen, so mußte sie zum Schutze gegen feindliche Gäste mit einem Netz von »Wächterbomben« umgeben sein, und als Verwendungszweck seiner großen, metallischen Stationsausleger erwähnte Oberth neben dem Andocken von Raumschiffen auch gleich die Möglichkeit zum Aufhängen von Raketenbomben, die vom Weltraum aus sehr genau in irdische Ziele gelenkt werden könnten.

Nicht verschwiegen werden soll, daß Oberth bei aller Naivität in gesellschaftlichen Fragen, die zu den dargestellten negativen Auswirkungen führte, sich offensichtlich unter dem Eindruck der Notwendigkeit verstärkter Friedensbemühungen auch zu Bemerkungen veranlaßt sah, mit denen er sich schließlich eindeutig zugunsten friedlicher Zielstellungen für die Raumfahrt äußerte. Die wachsenden Rüstungsausgaben mißbilligte er.

## Ein Wohnrad gegen die Schwerelosigkeit

Im Jahre 1929 erschien in Berlin ein Buch von rund 70 Seiten mit dem Titel »Das Problem der Befahrung des Weltraums«. Nur das etwas antiquierte Schriftbild und die Aufmachung des Buches lassen heute sein Alter ahnen — der Inhalt dagegen könnte in unseren Tagen zu Papier gebracht worden sein. Der Autor Hermann Noordung (eigentlicher Name: Hermann Potočnik) schreibt über eine »Raumwarte« so überzeugend, daß bis heute noch keine wesentlichen Ergänzungen notwendig erscheinen.

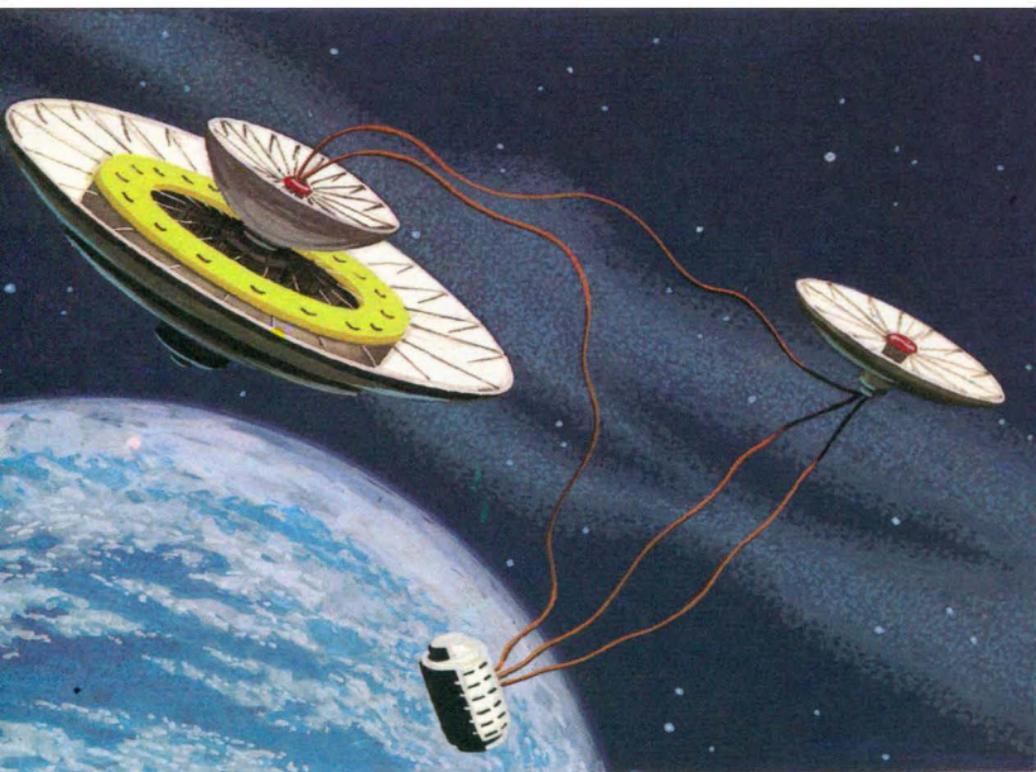
Auch bei Noordung finden sich zuerst Lösungsvorschläge zu den grundsätzlichen Problemen der Raumfahrt, wobei seine Erkenntnisse noch nicht wesentlich über die Ziolkowskis und Oberths hinausgehen. In seinem Buch erscheinen jedoch das erste Mal Konstruktionszeichnungen und exakte Hinweise zur technischen Realisierung einer Station im Weltraum. Bei ihm finden sich genaue



*Noordungs »Wohnrad«, in dem durch Rotation ein ständiger Schwerkraftersatz wirken soll*

Beschreibungen der Wasserversorgung und der Fernverständigung im Raum, Darstellungen einer Luft- und Wärmeversorgung in den bewohnbaren Räumen, Schnittzeichnungen der Luftschleuse sowie Hinweise, wie ein Verkehr zwischen der Erde und der aus drei Objekten bestehenden Raumwarte zustande kommen könnte.

Für das wichtigste Objekt hielt Noordung sein einem Autoreifen ähnliches »Wohnrad«. In ihm konnte durch Rotation ständig eine künstliche Schwerkraft aufrechterhalten werden. Danach folgten das »Maschinenhaus« – man würde es heute als Sonnenkraftwerk bezeichnen – und ein Observatorium, in dem er alle zur Erforschung des Weltraums und zur Erkundung der Erde notwendigen Einrichtungen unterzubringen gedachte. Darüber hinaus sah er ein Labor für Untersuchungen im schwerelosen Zustand vor.



*Blick aus einem Raketenfenster auf Noordungs »Raumwarte«*

Von den vielen technischen Lösungen Noordungs wurde bis heute eigentlich nur die Bahnhöhe seines Projektes verworfen. Die 36 000 km Erdabstand, die er empfahl, erweisen sich für eine brauchbare Beobachtung der Oberfläche unseres Planeten als zu groß. In dieser Höhe stimmen aber über dem Äquator die Umlaufzeit eines Raumflugkörpers und die Rotationszeit der Erde überein, so daß sich eine Station ständig über dem gleichen Punkt unseres Planeten befinden würde.

## Wer bringt das Baumaterial in den Weltraum?

Bis in die Mitte der dreißiger Jahre waren viele Raumfahrtprobleme theoretisch durchgearbeitet und manche

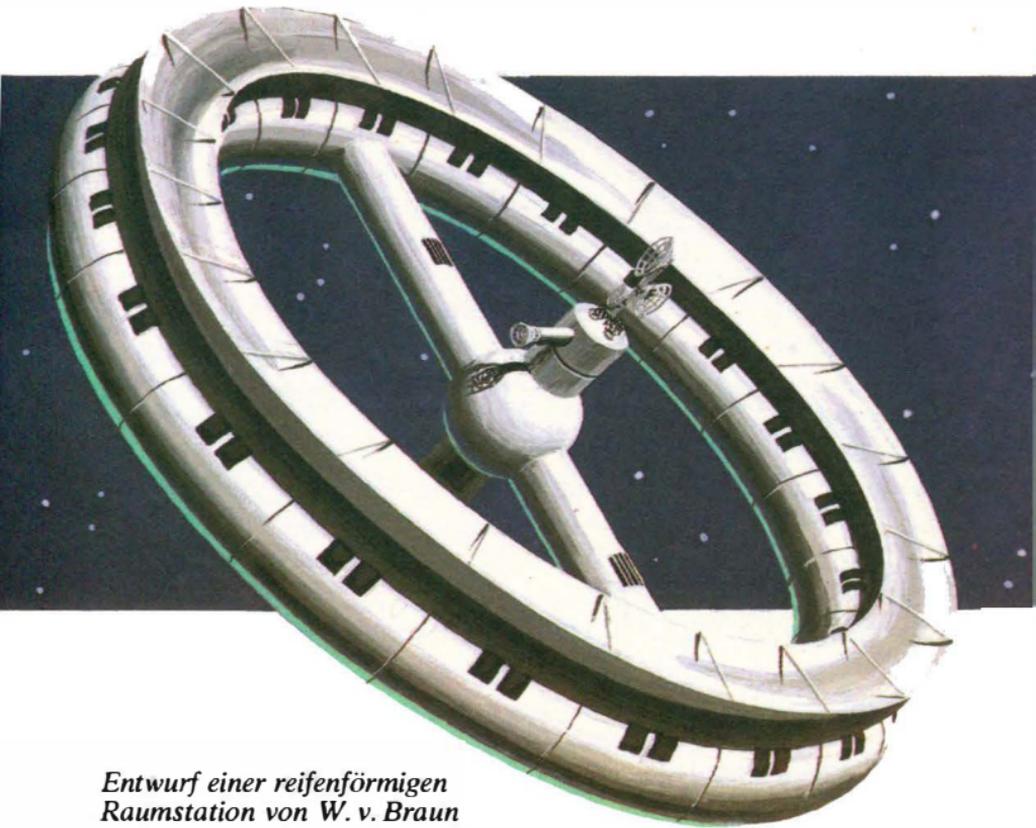
Vorstellungen zu Papier gebracht worden. Auch lagen die Ergebnisse einer größeren Anzahl von Experimenten mit Triebwerken, Raketen und Steuerungssystemen vor, zumeist in kleinen Werkstätten und Labors von Ingenieuren neben ihrer eigentlichen Tätigkeit betrieben. Aber ob sich Treib- und Werkstoffe in der Raumfahrtpraxis so, wie erwartet, verhalten würden, welche technischen Voraussetzungen überhaupt erst einmal geschaffen werden mußten, damit die erforderlichen Massen den Weg in den Weltraum antreten konnten, das war bis zu diesem Zeitpunkt noch so gut wie unbekannt.

Diese Tatsache sollte allerdings keine Verwunderung hervorrufen, hatten sich doch bis zur Herausgabe der bedeutenden Arbeiten Ziolkowskis, Oberths und Noordungs – im Vergleich zu dem für eine Weltraumfahrt notwendigen technischen Aufwand – nur winzige Raketen einige Dutzend Meter über die Erdoberfläche erhoben.

Erst nach dem zweiten Weltkrieg verfügten die Sowjetunion und die USA über ausreichende Erfahrungen, um Projekte zumindest von der raketentechnischen Seite her realistischer einschätzen zu können. Forschergruppen wiesen nach, daß der Zusammenbau einer Station in der Erdumlaufbahn aus mehreren auf der Erde vorgefertigten Teilen wesentlich erfolgversprechender und vor allem auch billiger sein würde als der Start einer gewaltigen Rakete, die eine Station als Ganzes in den Weltraum zu befördern hätte. Es tauchten Berechnungen über die günstigste Bahnlage und Bahnhöhe bemannter Stationen auf, erste Kostenabschätzungen wurden diskutiert und Untersuchungen über die Probleme der Versorgung und des Nachschubs veröffentlicht.

## Raumstationen als Kernwaffenträger?

Im Jahre 1952 stellte Wernher von Braun (1912–1977), damals technischer Direktor der Heeresraketenentwicklungsgruppe der USA, der Öffentlichkeit den für die damalige Zeit bedeutendsten Entwurf einer Raumstation im Rahmen einer wissenschaftlichen Artikelserie vor. Aufbauend auf grundlegenden Arbeiten seiner Vorgänger und



*Entwurf einer reifenförmigen  
Raumstation von W. v. Braun*

die raketentechnischen Erfahrungen nutzend, die die Entwicklung der V-Waffen im faschistischen Deutschland – an der er entscheidend beteiligt gewesen war – mit sich gebracht hatte, gab er seinem Projekt folgendes Profil: Reifenförmig, mit einem Durchmesser von 75 m, sollte die Station 80 Mann Besatzung aufnehmen und in 1750 km Höhe den Planeten in zwei Stunden umkreisen. Die auf der Erdoberfläche vorgefabrizierten Teile der Station sollten Stück für Stück in die Umlaufbahn befördert und dort zusammengebaut werden.

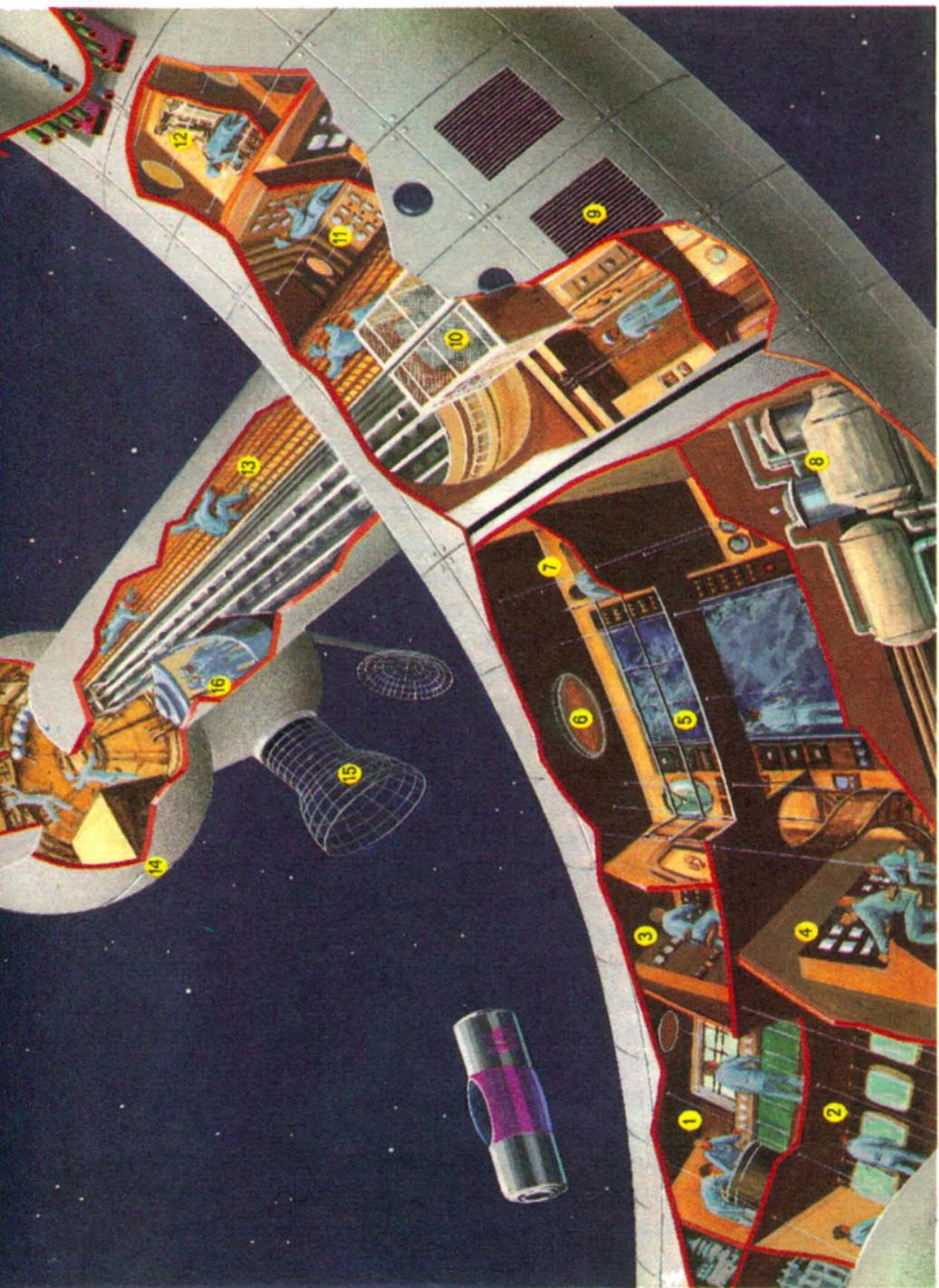
Zur Zeit der Veröffentlichung dieser Artikelserie mißbrauchte der USA-Imperialismus die ihm nach dem zweiten Weltkrieg zur Verfügung stehenden militärischen, ökonomischen und politischen Potenzen für seine Versuche, den Vormarsch des Sozialismus auf der Welt mit allen Mitteln zu stoppen. Von Braun, so läßt sich heute feststellen, nutzte die »Gunst« einer solchen Stunde, und legte neben genauen, bis ins Detail gehenden technischen Beschreibungen und Berechnungen bei der Aufzählung der

Verwendungsmöglichkeiten seiner Station allein auf 17 Seiten die militärische Bedeutung eines solchen Objektes dar. Die kapitalistische Gesellschaft real einschätzend, sah er erfahrungsgemäß in der Kriegsvorbereitung den besten Stimulator für ein Projekt dieses Ausmaßes. Die Station, so schreibt er, »kann in einen wirksamen Atombombenträger verwandelt werden. Kleine, geflügelte Raketengeschosse mit Atomsprenköpfen könnten von der Station so abgefeuert werden, daß sie ihre Ziele mit Überschallgeschwindigkeit erreichen«.

Daß es keine derartigen Atombombenabwürfe gab und heute – nach fast drei Jahrzehnten – auch keinerlei Terminvorstellungen für eine Realisierung dieses Braunschen Projektes in den USA vorhanden sind, hängt mit der Veränderung des Kräfteverhältnisses auf unserem Planeten zugunsten der Kräfte des Friedens und des Fortschritts zusammen.

Und nicht zuletzt sei auch festgestellt, daß die von Wernher von Braun erhoffte »Attraktivität« seiner Raumbasis für militärische Verwendungen auch auf der irrigen Annahme beruhte, die USA könnten eine Art Raumfahrtmonopol erreichen. Angesichts der tatsächlichen Entwicklung seit 1957 wurde klar, daß ein Kernwaffenträger, der die Erde auf einer Umlaufbahn umkreist, viel zu verwundbar ist, als daß er noch militärisch interessant sein könnte.

*Schnitt durch W. v. Brauns Raumstation. 1 – Beobachtungsraum; 2 – Fernsehstation; 3 – Rechenstation; 4 – Schaltpult für Erdaufnahmen; 5 – Beobachtungsstation; 6 – Klimaanlage; 7 – Schaltpult für das Teleskop; 8 – Anlage für den Wasserkreislauf; 9 – Temperaturregler; 10 – Aufzug; 11 – Elektrozentrale; 12 – Klimaanlage; 13 – Treppe; 14 – Ladeluke; 15 – Anlegestelle; 16 – Luftschleuse*



---

# Projekte nehmen Gestalt an

---

Heute wundert sich beim Studium der Arbeiten Hermann Oberths oder Hermann Noordungs kein Leser mehr über viele unrealistische Vorstellungen, die die finanziellen Mittel und technischen Voraussetzungen und die Termine für die Realisierung ihrer Projekte betreffen. Eigentlich bis in die vierziger Jahre hinein erahnte keiner der Theoretiker die ganze Vielfalt und Kompliziertheit der Probleme, die riesige Anzahl von Wissenschaftlern und Ingenieuren oder den gewaltigen Umfang an Forschungen und Versuchen, die nötig sein würden, bevor man ernsthaft darangehen konnte, in den Weltraum vorzudringen und ihn sinnvoll zu nutzen. All das schien noch unerreichbar weit zu sein.

Erst der Aufschwung der Produktivkräfte seit den fünfziger Jahren ließ die dazu notwendigen Schritte überschaubarer und abschätzbarer werden. Damals entwickelten sich in Wissenschaft und Technik die Grundlagen, die eine Weiterentwicklung der Raketentechnik ermöglichen sollten und schließlich auch zu einer eigentlichen Raumflugtechnik führten.

Der hohe gesellschaftliche Charakter der Produktion, der sich auch auf dem Gebiet der Raumfahrt in immer stärkerer Abhängigkeit der einen Forschergruppe von den Ergebnissen vieler anderer ausdrückt, verlangt ein genaues Planen und Koordinieren ganzer Versuchsserien und Industriezweige, erfordert die Aufstellung von Fernzielen und die diesen untergeordneten Zwischenabrechnungen. Zufallsentdeckungen oder technische Lösungen, zu denen man sozusagen nebenbei gelangt, sind in der Raumfahrtforschung überaus selten.

## Kann man im Weltraum leben?

Am 4. Oktober 1957 war »Sputnik 1« gestartet worden. Mit diesem ersten Satelliten und den zuvor in den Weltraum gebrachten Raketen war die Richtigkeit der theoretischen Erkenntnisse auf dem Gebiet der Raketen- und Raumfahrttechnik eindeutig nachgewiesen worden. War aber damit auch bestätigt, daß es einmal bemannte Stationen in der Erdumlaufbahn geben würde?

Diese Frage muß selbst bei größter Wertschätzung des ersten von Menschenhand geschaffenen Satelliten verneint werden. Wie würden sich Lebewesen, vor allem Menschen, während der enormen Belastung beim Start und bei der Landung verhalten? – Welche Folgen hätte der plötzliche Wechsel zwischen dem gewaltigen Andruck und der nachfolgenden Schwerelosigkeit? – Kann man die fehlende Gravitation ersetzen? – Darf man sämtliche Steuerungsfunktionen der Besatzung übertragen, oder sollte das Raumschiff von der Erdoberfläche aus gelenkt und geleitet werden? – Welcher Anteil am Flug müßte automatischen Systemen übertragen werden? – Wie wirkt sich die im Weltraum existierende Strahlung auf den Menschen aus? – Müssen genetische Spätschäden befürchtet werden? – Gibt es im Kosmos bestimmte Zeiten oder Räume, die den Aufenthalt von Lebewesen beeinträchtigen oder sogar unmöglich machen?

Zwar waren diese Fragen nicht neu – ein großer Teil von ihnen war bekanntlich bereits vor Jahrzehnten auch von den Klassikern der Raumfahrtprojekte erörtert worden. Brauchbare Antworten darauf waren jedoch nur in mühevoller und langwieriger Kleinarbeit zu erhalten und auch nur dann, wenn diese planmäßig, zielstrebig und mit hoher Kontinuität vorangebracht wurde.

Die sowjetische Raumfahrt versuchte von Anfang an, diesen Forderungen gerecht zu werden. Eine Unsumme von Experimenten, Berechnungen und Testreihen war notwendig, um Frage für Frage zu beantworten. Für die bereits gelösten Probleme kamen ins Detail gehende oder sogar grundsätzlich neue Fragen auf: Wie verhalten sich auf der Erde bewährte Materialien im Weltraum? Sind die hier verwendeten Werkzeuge für Arbeiten im Kosmos ge-

eignet? Unter welchen neuen Bedingungen verbinden sich Metalle im freien Raum?

Alle Fragen wären allerdings so gut wie gegenstandslos geworden, wenn das erste in den Weltraum gesandte Lebewesen den Aufenthalt dort nicht oder nur mit nachhaltigen Schäden überstanden hätte. Daher wird verständlich, daß die beiden für die Entwicklung der bemannten Raumfahrt so überaus wichtigen Flüge von »Sputnik 2« mit dem ersten Lebewesen und »Wostok 1« mit dem ersten Menschen an Bord genau wie die dazu notwendigen Vorversuche von den sowjetischen Fachleuten mit größter Sorgfalt, großem Verantwortungsbewußtsein und hoher Erwartung vorbereitet und durchgeführt wurden.

## Die ersten im Weltraum

Einunddreißig Tage, nachdem der erste künstliche Satellit aus der UdSSR die Raumfahrtära eröffnet hatte, erschien ein weiterer – und man möchte fast sagen, noch wichtiger – Vertreter der sowjetischen Wissenschaft am Satellitenhimmel: »Sputnik 2« mit dem ersten Weltraumpassagier, der Eskimohündin Laika, an Bord. Durch diesen Versuch erfuhr die Wissenschaft, daß ein Aufenthalt hochentwickelter Lebewesen im kosmischen Raum möglich war, wenn auch diese Feststellung erst einmal nur für die Zeit eines kurzen Weltraumaufenthaltes getroffen werden konnte. Ob und welche Schäden später im Organismus auftreten können, vermochte das Experiment mit Laika noch nicht zu klären, da eine Rückführung des Tieres mit der 1957 zur Verfügung stehenden Raumflugtechnik noch nicht möglich war.

Zielstrebig und sich ihrer hohen Verantwortung bewußt, gingen nun die sowjetischen Wissenschaftler unter Leitung von Sergei Koroljow daran, die Frage nach der Lebensfähigkeit des Menschen im Weltraum zu beantworten. Wenn auch nach den Ergebnissen des Tierversuches bestimmte Vergleiche möglich waren – dreieinhalb Jahre lang waren neue umfangreiche Experimente notwendig, bevor Juri Gagarin (1934–1968) am 12. April 1961 seine Reise um die Erde in 108 Minuten antreten konnte. Sein erfolgreicher

Flug beantwortete die alles entscheidende Frage, ob der Weltraum dem Forschungsdrang des Menschen eine unüberwindliche Schranke entgegengesetzt oder ob ihm mit dem Kosmos ein grandioses Forschungsfeld zur Verfügung steht.

Durch Juri Gagarins gelungene Erdumkreisung konnten neue Ziele für die kommenden Jahre festgelegt werden. Daß der Weg lang sein würde und nicht immer in Übereinstimmung mit den ursprünglichen Zeitvorstellungen durchlaufen werden konnte, daß es Rückschläge und Enttäuschungen geben würde und daher neue Lösungen und neue Wege gesucht werden mußten, war den sowjetischen Experten von vornherein klar.

## Ein Plan, der schon Geschichte ist

Etwa gegen Ende des Jahres 1961, German Titow hatte sich als zweiter Kosmonaut über 24 Stunden im Weltraum befunden, veröffentlichte die Akademie der Wissenschaften der UdSSR einen Zeitplan zur Erschließung des erdnahen Weltraums, der zugleich auch als Plan der Schaffung sowjetischer Raumstationen bezeichnet werden kann.

### *1. Etappe (1961–1970)*

Studium der wissenschaftlichen und technischen Voraussetzungen zum Bau einer Raumstation

#### *Abschnitt 1 (1961–1965)*

- Durchführung mehrtägiger Flüge
- Bau mehrsitziger Raumfahrzeuge
- Tätigkeit im freien Weltraum

#### *Abschnitt 2 (1965–1970)*

- Studium der Probleme der Annäherung, der Kopplung und des Verbandsfluges
- mehrwöchige Einsätze

### *2. Etappe (1971–1980)*

Schaffung einer Raumstation und Studium der dabei auftretenden Grundprobleme

- Zubringersysteme
- monatelange Flüge
- binationale Flüge

### 3. Etappe (1981–1990)

Schaffung modularer Raumstationen mit einer Lebensdauer von anfangs einem, später bis zu 10 Jahren und einer Besatzung zwischen 12 bis 24 Mann.

Mit diesem Programm waren zwar Ziel und Methoden des Weges in den Weltraum vorgegeben, ob sie jedoch richtig waren, welche und wieviel Versuche notwendig werden würden, war in vollem Umfange damals von den Fachleuten noch nicht zu überschauen. Mosaikähnlich mußte Stück um Stück an Erkenntnis zusammengetragen werden. Zu diesem Zwecke eröffnete die Sowjetunion am 16. Juli 1962 mit dem Start des ersten »Kosmos«-Satelliten eine Serie wissenschaftlich-technischer Experimente, die bis heute in ihrer Komplexität einmalig ist. Durch sie erhielt man neben vielen Antworten auf wissenschaftliche Fragen alle Informationen über den erdnahen Raum, die für die Verwirklichung der Raumstationspläne erforderlich waren. Fast jeder Weg und jede mögliche Lösung wurden erst einmal als »Kosmos«-Schritt erprobt. Und wenn im Laufe der Jahre Kosmonaut um Kosmonaut, Raumschiff um Raumschiff die sowjetische Raumfahrt den gestellten Zielen näher brachten, dann war das nur möglich, weil für jeden Wostok-, Sojus- oder Salutflug mehrere Versuchsvarianten aus der »Kosmos«-Serie viele aufgetretene Fragen vorher beantworten halfen.

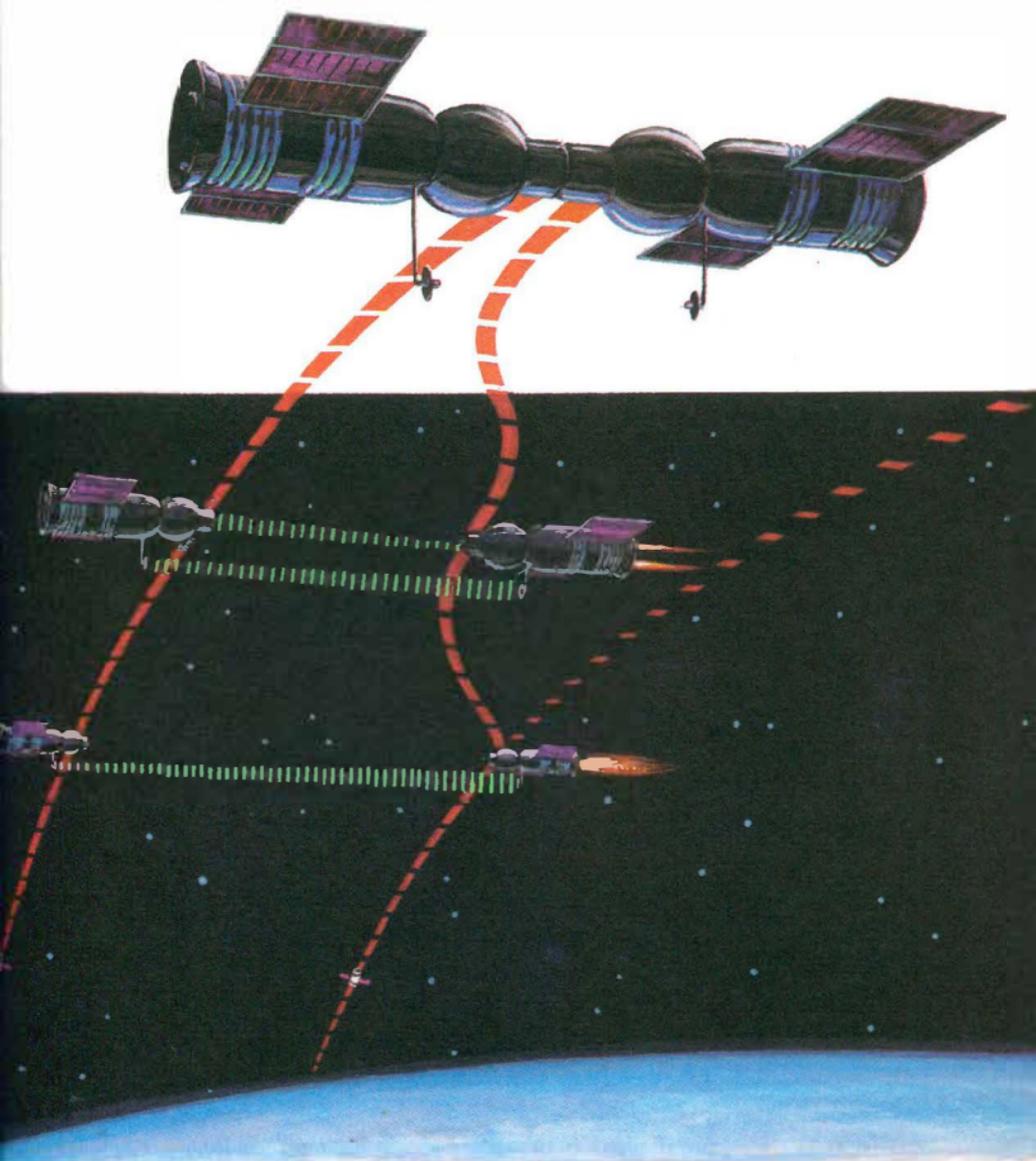
## Meilensteine auf dem Wege zu Salut

Mit der Landung von »Sojus 9«, dessen Besatzung fast 18 Tage in der Erdumlaufbahn verbracht hatte, ging im Juni 1970 termingerecht die erste Etappe der Vorbereitung zum Bau einer sowjetischen Raumstation zu Ende. Bei einem Rückblick auf die mit beeindruckender Zielstrebigkeit realisierten beiden Abschnitte 1961/65 und 1965/70 fallen in der Summe raumfahrttechnischer Aktivitäten einige Ereignisse besonders auf. Man kann sie als die für den Fortgang der Arbeiten bedeutungsvollsten bezeichnen.

Ob z. B. eine Kosmonautenmannschaft ihren Fuß in eine Station setzen kann, ob Nachschub für langandauernde

Flüge in die Kreisbahn befördert oder später eine große Raumstation Teil für Teil nach oben gebracht werden muß – das Zusammenführen der nacheinander gestarteten und getrennt fliegenden Objekte zählt zu den elementarsten Raumflugmanövern, die »im Schlaf« beherrscht werden müssen. Ein solches Koppeln darf weder einen

*Automatisches Annäherungsmanöver zweier »Kosmos«-Satelliten*



hohen Zeit- noch Treibstoffaufwand erfordern, da das sonst zum Abbruch des Experimentes führen könnte. Vieles hängt daher von den Bahnen ab, auf die die Flugkörper gleich nach dem Start gelangen. Je genauer die vorher berechneten Kenngrößen beim Start, beim Antrieb und bei der Steuerung eingehalten werden, um so näher kommen sich bereits die betreffenden Raumflugkörper zu Beginn ihrer Erdumkreisung.

Aus diesem Grunde erprobten im August 1962 die sowjetischen Bodenstationen mit den Raumschiffen »Wostok 3« und »Wostok 4« und 10 Monate später mit »Wostok 5« und »Wostok 6« das Erreichen sich möglichst nahe kommender Umlaufbahnen. Mit einem Minimalabstand von nur 6,5 bzw. 5 km gelang das bereits gut. Im Herbst 1963 und im Frühjahr 1964 erreichten mit »Poljot 1« und »Poljot 2« zwei Satelliten ihre Umlaufbahnen, die durch neue Steuerungs- und Orientierungssysteme manövrierfähig waren und somit markante Bahnänderungen auszuführen vermochten.

Nachdem u. a. auch Alexei Leonows Ausstieg aus »Woščod 2« in den freien Weltraum 1965 bewiesen hatte, daß sich der Mensch gegen die Strahlung ausreichend zu schützen vermag, war die Zeit für automatische Kopplungen in Erdumlaufbahnen gekommen. Daher bildeten jeweils zwei unbemannte Raumschiffe, nämlich »Kosmos 186« und »Kosmos 188«, im Jahre 1967 und »Kosmos 212« mit »Kosmos 213« ein Jahr darauf, für einige Stunden eine räumliche Einheit, bevor sie wieder einzeln zur Erde zurückgeführt wurden.

## Die erste experimentelle Raumstation

Auf Grund der vielen erfolgreichen Experimente, aber auch durch Rückschläge verfügte die sowjetische Raumfahrtforschung im Jahre 1968 über eine große Summe von Erfahrungen, so daß Kopplungen bemannter dreisitziger Raumschiffe des Typs »Sojus«, Verbandsflüge und mehrwöchige Einsätze möglich wurden.

Im Oktober 1968 erprobte Georgi Beregowoi mit »Sojus 3« und dem unbemannten Raumschiff »Sojus 2«



*Sowjetisches Forschungsschiff zur Bahnverfolgung künstlicher Raumflugkörper. Da diese sich während ihres Fluges nur eine relativ kurze Zeit vom eigenen Territorium aus verfolgen lassen, garantieren bewegliche Stationen rund um die Erde einen erfolgreichen Ablauf der Unternehmen.*

sowohl automatische als auch handgesteuerte Annäherungsverfahren so erfolgreich, daß die Weltpresse bereits drei Monate später nach dem Andocken von »Sojus 4« an »Sojus 5« die Existenz der ersten experimentellen Raumstation melden konnte.

Die Verbindung beider Raumschiffe bestand rund 4 Stunden. Zwei Besatzungsmitglieder verrichteten Außenbordarbeiten, stiegen danach in den anderen Raumflugkörper um und landeten mit diesem.

Mit den Starts und der Flugführung der Raumschiffe »Sojus 6«, »Sojus 7« und »Sojus 8«, die gemeinsam im Herbst 1969 einen fast einwöchigen Formationsflug absolvierten, stellten vor allem auch die Bodenstationen ihre

großen Fähigkeiten unter Beweis. Darüber hinaus waren mit diesem Dreierflug das erste Mal umfangreiche wissenschaftliche Arbeiten sowie technologische Experimente verbunden. So wurde erstmalig das Verschweißen verschiedener Metalle unter Weltraumbedingungen erfolgreich ausgeführt.

Inzwischen waren auch die Raumfahrtphysiologen, -psychologen und -mediziner nicht untätig gewesen. Ihr Hauptproblem war nach wie vor die Schwerelosigkeit. Daher wurde 1970 der achtzehntägige Flug von Andrijan Nikolajew und Witali Sewastjanow in »Sojus 9« als Langzeittest mit besonderer Aufmerksamkeit bedacht. Beide Kosmonauten gewöhnten sich schnell an den Zustand fehlender Erdschwere und arbeiteten sehr erfolgreich. Nach ihrer Rückkehr zur Erde bereitete es ihnen jedoch große Mühe, ihren Gesundheitszustand und ihre Arbeitsfähigkeit wiederherzustellen. Dieser Flug bestätigte einmal mehr die Erkenntnis, daß ein längerer Aufenthalt im Weltraum nur dann möglich war, wenn neue, noch zu erprobende Geräte, Ausrüstungen und Trainingsmethoden angewandt werden würden, Mittel, die den Raumfahrern während des Fluges helfen, ihren Gesundheitszustand und ihre Kondition zu erhalten. Dazu gehören Laufband, Expander, spezielle Raumanzüge, die alle Muskeln der Kosmonauten belasten, sowie pharmazeutische Präparate.

Das Jahr 1970 bot ausreichend Gelegenheit, die Innenausrüstung der geplanten ersten Raumstation anhand der mit »Sojus 9« gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen noch einmal auf ihre Zweckmäßigkeit hin zu überprüfen und zu ergänzen.

## Salut wird gestartet

Planmäßig konnten im Frühjahr 1971 alle Vorbereitungsarbeiten als abgeschlossen angesehen werden. Auf der Startrampe stand »Salut 1«, Ergebnis jahrelanger umfangreicher Forschungstätigkeit Tausender von Menschen.

Die Triebwerke der Trägerrakete brachten die erste

Raumstation, noch unbemannt, am 19. April 1971 innerhalb weniger Minuten auf eine Umlaufbahn in über 200 km Höhe. »Salut 1« besaß eine Länge von reichlich 13 m, eine Masse von 18 900 kg und benötigte 88 Minuten, um einmal unseren Planeten zu umkreisen.

Vier Tage später – die aus der Station erhaltenen Informationen bestätigten das Funktionieren aller Systeme – wurde »Sojus 10« mit drei Kosmonauten an Bord gestartet und nach zwölf Erdumkreisungen mit Salut fest verbunden. Fünfeinhalb Stunden später – inzwischen hatte der Kopplungsmechanismus seine Generalprobe bestanden – trennten sich die beiden Flugkörper wieder, ohne daß die Kosmonauten in die Station hinübergestiegen waren. »Sojus 10« landete im vorgesehenen Raum, und »Salut 1« setzte den Flug automatisch gesteuert fort.

Sechs Wochen später koppelte das Raumschiff »Sojus 11« an. Durch den Verbindungstunnel zwischen beiden Raumflugkörpern gelangten als erste Besatzungsmitglieder Georgi Dobrowolski, Viktor Pazajew und Wladislaw Wolkow an Bord der Station. Man schrieb den 7. Juni 1971.

## Harte Arbeit in »Salut 1«

In 23 Flugtagen, der Langzeitrekord stand 1971 bei 17 Tagen und 17 Stunden, führten die drei Fliegerkosmonauten außerordentlich umfangreiche Forschungsarbeiten durch. Sie leisteten einen beachtlichen Beitrag zur Lösung eines ganzen Komplexes fundamentaler wissenschaftlicher Probleme im Bereich der Raumfahrtmedizin, der Biologie, der Astrophysik, der Erforschung der Erde und der Technik des bemannten Raumfluges.

Zweifellos lag das Schwergewicht dabei auf zwei Gebieten: der Erprobung eines neuen Lebenserhaltungssystems, wie es für einen Langzeitaufenthalt im Weltraum unumgänglich ist, und der intensiven Erforschung des Verhaltens des Menschen bei längerem Verweilen im Kosmos.

Vor allem die Untersuchungen im letztgenannten Bereich besaßen im Hinblick auf die Folgen des »Sojus 9«-



*An einem »Salut«-Modell bereiten sich Kosmonauten im sowjetischen Trainingszentrum auf ihren Einsatz im Weltraum vor.*

Fluges für die Raumfahrtmediziner große Bedeutung. Die Mannschaft dieses Raumschiffes hatte ihre Kapsel nur mit Hilfe des Bergungskommandos verlassen können und durch eine in diesem Ausmaß nicht erwartete Atrophie der Beinmuskulatur noch tagelang beträchtliche Schwierigkeiten beim Gehen. Da man nur durch Raumflüge von immer größerer Dauer erfahren kann, ob der Mensch die Fähigkeit besitzt, sich völlig an die Schwerelosigkeit anzupassen, oder ob er zum längeren Aufenthalt im Weltraum einer künstlichen Schwerkraft bedarf, war man auf die Ergebnisse in »Salut 1« äußerst gespannt. Zugleich war jedoch auch das Trainingsprogramm der Besatzung gegenüber dem der beiden Kosmonauten von »Sojus 9« wesentlich erweitert und intensiviert worden. Das größere Volumen der Station kam dabei natürlich den Raumfahrtmedizinern entgegen.

Volle vier Stunden pro Tag führten G. Dobrowolski, W. Wolkow und V. Pazajew sportliche Übungen aus. Sie

hoben federspannende Massen, vollführten Klimmzüge, nachdem sie die Füße in federgespannte Halterungen gesteckt hatten, schlüpfen in den neuentwickelten Raumanzug »Pinguin«, der mit Hilfe eingearbeiteter Spannvorrichtungen die Muskeln vor allem der unteren Körperhälfte beanspruchte. Jeder von ihnen lief täglich eine halbe Stunde auf einem automatischen Laufband.

Der Biologie ermöglichte der Langzeitflug von »Salut 1« die Beobachtung von Organismen vom Zeitpunkt der Geburt bis zum geschlechtsreifen Zustand. Für diese Experimente waren Amphibienlaich, Samen höherer Pflanzen und Insekten mitgenommen worden.

Bei den technischen Vorhaben stand die Untersuchung verschiedener Antennenformen, die sich außen an der Station befanden, im Mittelpunkt, um bis dahin noch nicht restlos bekannte Prozesse, die zur Störung, manchmal sogar zur Unterbrechung des Funkverkehrs führen konnten, zu erkennen und unwirksam zu machen.

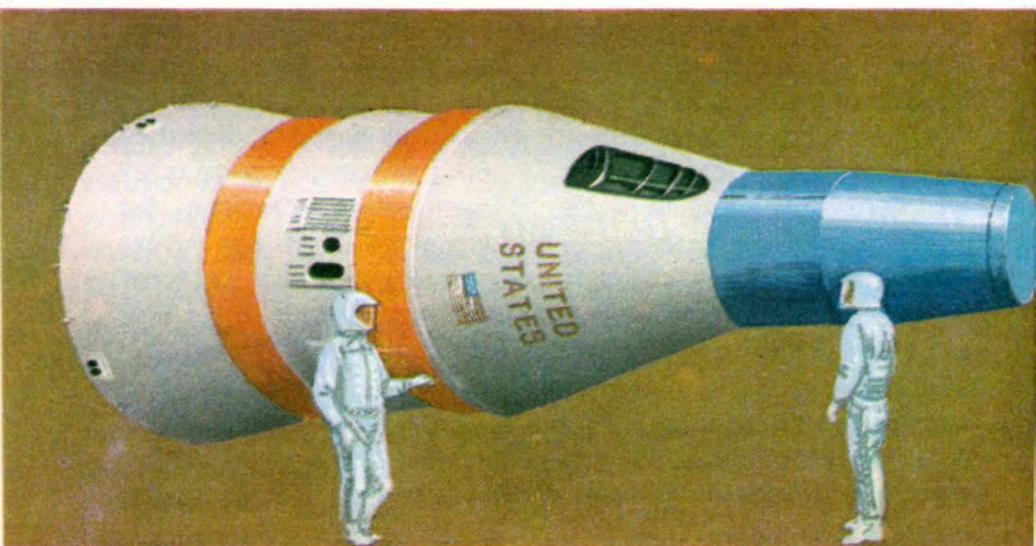
Am 27. Juni 1971 beendeten die drei Kosmonauten an Bord von »Salut 1« ihre Arbeiten und bereiteten sich auf die Landung vor, die am 29. Juni mit dem Trennen der beiden Flugkörper eingeleitet wurde.

Wie bei den meisten anderen sowjetischen Raumschiffen wurden auch diesmal die Bremstriebwerke von »Sojus 11« über dem Atlantik gezündet. Nach dem Überfliegen von Spanien, Südfrankreich, Italien, Rumänien, der Ukraine und des Kaspischen Meeres erfolgte die Landung in der Kasachischen Steppe. Während des Landemanövers waren programmgemäß die Orbital- und die Gerätesektion von der Kommandokabine abgesprengt worden. Bei diesem Vorgang muß an »Sojus 11« ein Leck entstanden oder wirksam geworden sein. Die Bergungsmannschaften, die das automatisch gesteuerte Niedergehen der Kapsel verfolgt hatten, konnten die drei Kosmonauten nur noch tot aus ihrem Raumfahrzeug herausheben. Durch das Leck muß die Atemluft schlagartig aus dem Flugkörper entwichen sein. Dieser Umstand hatte fast sofort zur Bewußtlosigkeit und nach 10 bis 15 Sekunden zum Tod der drei Besatzungsmitglieder geführt, die wir als Pioniere der ersten Raumstation unserer Erde für immer in Erinnerung behalten werden.

## Der amerikanische Weg zum Himmelslabor

Verständlicherweise führten in den USA gleiche oder zumindest ähnliche Wege zu Raumfahrtkenntnissen wie in der Sowjetunion. Mit dem Projekt »Mercury« verfolgte man in den Jahren von 1961 bis 1963 das Ziel, die ersten Transportmöglichkeiten für Menschen in erdnahe Umlaufbahnen zu schaffen und zu beweisen, daß der Mensch im Kosmos leben und arbeiten könne. Dieses Programm entsprach in etwa den Flügen der sowjetischen »Wostok«-Serie. Die ersten Annäherungs- und Kopplungsversuche mit einem unbemannten Zielkörper, den ersten Gruppenflug zweier bemannter Raumschiffe und den Aufenthalt im freien Weltraum führten die Amerikaner 1965/66 im Rahmen ihres 10 Flüge umfassenden »Gemini«-Programms durch. Da die doppelsitzigen Raumflugkörper dieses Typs nach amerikanischen Aussagen technologisch keine Zukunft besaßen und im wesentlichen nur den bemannten Mondflug vorbereiten halfen, finden sich Gemeinsamkeiten zwischen ihnen und den »Sojus«-Raumschiffen weniger in den Flugprogrammen als vielmehr in den verschiedenen wissenschaftlichen Arbeiten in Erdumlaufbahnen.

*Zweisitziges US-amerikanisches Raumschiff »Gemini« für maximal 14tägige Flüge in der Umlaufbahn*



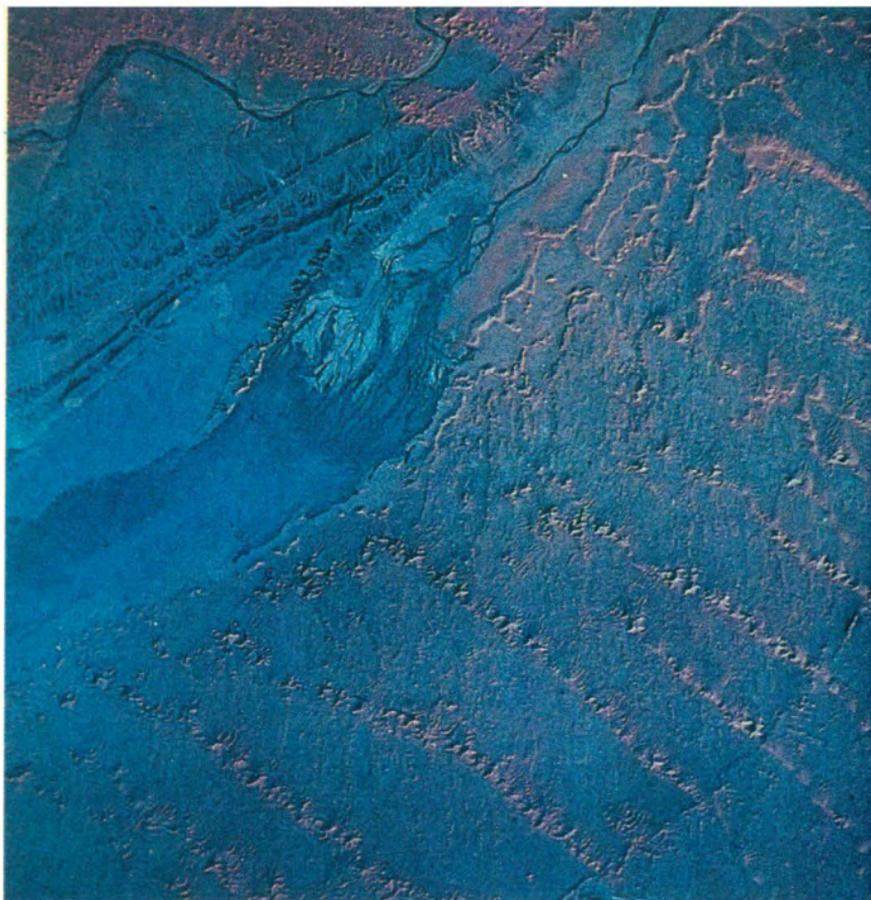
Der weitere Weg der NASA führte aus Prestige Gründen zum Mond, enthielt daher zwar ebenfalls Annäherungs- und Kopplungsmanöver, die jedoch durch die völlig andere Zielstellung auch andere technische Lösungsschritte als etwa für den Bau einer Raumstation erforderlich machten.

Von diesem amerikanischen Weg in den Weltraum ist bekannt, daß er in der amerikanischen Öffentlichkeit vor, während und auch noch nach seiner Realisierung äußerst umstritten war. Nicht genug, daß selbst Frank Borman – einer der Astronauten, die Weihnachten 1968 mit »Apollo 8« den Mond umflogen – eine Raumstation für weitaus nützlicher als die Reise zum Erdtrabanten hielt, auch die Mehrzahl der befragten USA-Wissenschaftler sah in einem bis 1970 zu realisierenden bemannten Mondflug keinen Sinn.

Ebenso aufschlußreich ist auch die Feststellung Werner von Brauns, daß in den USA »bei dem Bemühen um die bemannte Raumfahrt in den sechziger Jahren nicht allein technische Gesichtspunkte, sondern weitaus mehr politische, prestigemäßige und wirtschaftliche Faktoren den Kurs bestimmten«. So wagten die USA nach dem bekannten »Sputnikschock« ausgangs der fünfziger Jahre alles für ein zweifellos großes Ziel. Die Motivation dafür ist ausführlich in der westlichen Presse diskutiert worden. So schrieb »Der Spiegel« am 28. Juli 1969: »Für viele Amerikaner ist der gelungene Mondschuß zweifellos ein lang entbehrter Grund, die Flagge nicht nur zu zeigen, sondern mächtig zu schwingen. Er verschafft ihnen wieder Zutrauen zu dem schwer geschädigten American Way of Life – d. h., er läßt sie wieder glauben, dies sei immer noch das Land der unbegrenzten Möglichkeiten . . .«

Gewiß – jede Landung auf dem Mond ist eine hervorragende Leistung, durch die der Mensch bei der Eroberung und Aneignung des Weltraumes, seinen schöpferischen Geist bestätigend, seinem Entdeckerdrang folgend und seinen Wagemut beweisend, wieder ein beträchtliches Stück vorankommt.

Als aber die Begeisterung über die ersten beiden Mondflüge abgeklungen war, westliche Journalisten ihr Interesse an weiteren Apollo-Missionen ganz offen mit der Möglich-



*Sanddünen von 150 bis 250m Länge, 10 bis 15km voneinander entfernt, sind auf dieser »Gemini-7«-Aufnahme über dem Gebiet der Sahara im Westteil Algeriens deutlich sichtbar. Im oberen Bildteil erkennt man – von links nach rechts oben verlaufend – wallartige Erhebungen sedimentären Charakters am Rande eines Wadis, das gerade Wasser führt. Seine Abflüsse verlaufen in Richtung auf ein großes Salzbecken. Die Einzelheiten sind gut auszumachen, weil kurz vorher nach langer Trockenheit heftige Regengüsse niedergegangen waren.*

keit von Katastrophen begründeten und Wernher von Braun einen »Rücksturz zur Erde« – sprich: eine Raumfahrt zum Nutzen der Erde – empfahl, mehrten sich in den Vereinigten Staaten die Stimmen, die ein sinnvolles Nachfolgeprogramm der Apollo-Flüge forderten. Auf der Tagesordnung stand die Frage, ob es möglich sei, durch eine weitgehende Verwendung von Bauelementen der Saturn-

Trägerrakete und des Apollo-Raumschiffes eine bemannte Forschungsstation in der Erdumlaufbahn zu schaffen, eine Station, die »... das investierte Kapital möglichst sinnvoll zu verzinsen und zu amortisieren ...« gestattete.

## Skylab

Als Trägerrakete des Himmelslabors Skylab sollten die beiden ersten Stufen der »Saturn V« fungieren. Da deren Schub zum Erreichen einer Erdumlaufbahn genügen würde, konnte die dritte Stufe der Mondrakete zu einer Nutzlaststufe mit einer Länge von 36 m, einer Masse von 83 t und einem Innennutzraum von 295 m<sup>3</sup> ausgebaut werden.

In diesen Nutzlastraum verstaute man das Skylab, das aus einer Raumwerkstatt, einem Kopplungsadapter, einer Luftschleuse, einer Geräteeinheit und einem Sonnenteleskop bestand, und schickte es auf eine Umlaufbahn zwischen 435 und 440 km.

Auch die Skylab-Mannschaft näherte sich mit dem Apollo-Raumschiff – genau wie eine Salut-Mannschaft in Sojus – ihrer vorher auf eine Erdumlaufbahn gebrachten Station. Nach dem Andocken an den Kopplungsadapter – an diesem befand sich, seitlich angebracht, das Sonnenforschungslabor – gelangten die drei Astronauten durch diesen hindurch in die Luftschleuse und von dort in die Raumwerkstatt. Die 18 m lange Raumwerkstatt (mit einem Durchmesser von 6,70 m) war aus einem ehemaligen Wasserstoffbehälter der bereits erwähnten Mondraketenstufe entwickelt worden und durch Einziehen eines Gitterbodens in zwei Stockwerke unterteilt.

Das untere Deck enthielt Schlafkabinen, einen Gemeinschaftsraum, Nahrungszubereitungs- und Eßmöglichkeiten, hygienische Einrichtungen, eine Müllschleuse und mehrere biologisch-medizinische Geräte.

Der Gitterboden des darüber befindlichen zweiten Decks stellte zugleich die obere Begrenzung des Unterdecks dar. Besondere Schuhe mit dreieckigen Spezialstollen an den Sohlen, die genau in die entsprechenden Löcher des Gitterbodens paßten, gestatteten es den Astronauten,

sich durch eine geringe Drehung der Füße festzuhaken und dadurch frei zu hantieren. Außerdem waren auf beiden Decks Geländer und Haltegriffe vorhanden.

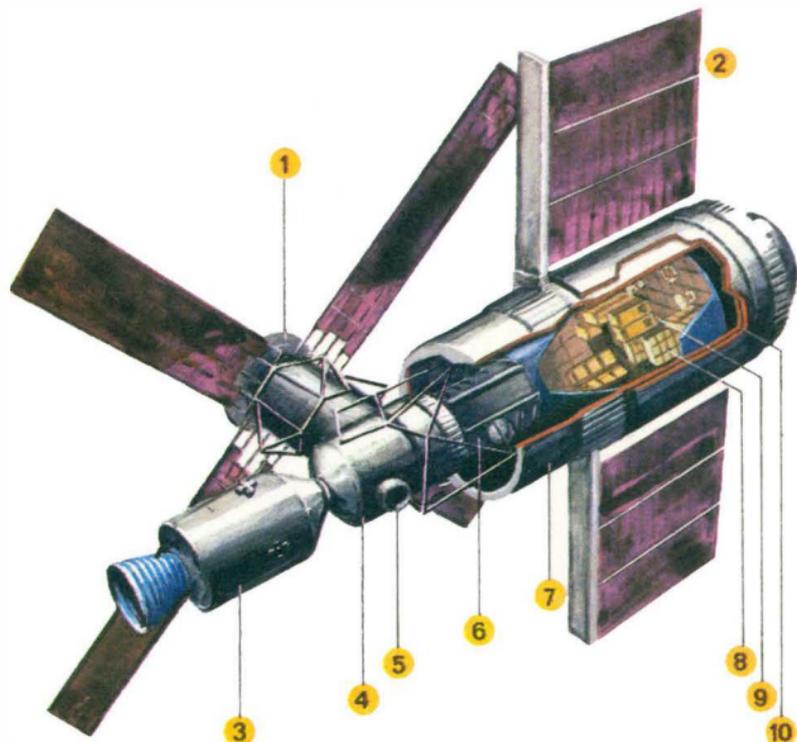
Bei der Ausstattung, insbesondere des Wohndecks, ging man davon aus, den Astronauten den Aufenthalt an Bord so angenehm wie möglich zu machen. Ähnlich wie bei Salut zog man bei der Farbgebung der Wände und des Mobiliars sowie für die Anordnung der Einrichtungsgegenstände Psychologen und Innenarchitekten zu Rate. Anlaß dazu gaben umweltpsychologische Studien, die gezeigt hatten, daß extreme Nüchternheit und Monotonie selbst bei stark motivierten Besatzungen in verhältnismäßig kurzer Zeit zu geistiger und körperlicher Ermüdung, zu Langeweile und Unlustgefühlen führen. Bekannt geworden sind auch Beispiele aus Skylab und Salut, in denen Mannschaftsmitglieder sich erst nach sehr energischen Worten aus dem Flugleitzentrum bereit zeigten, wieder an die Arbeit zu gehen.

Der Gemeinschaftsraum im Skylab verfügte über ein Fenster zum Weltraum, das den Astronauten die Möglichkeit des Beobachtens, Messens und Photographierens bot. Bei einem Durchmesser von 48 cm bestand es aus zwei Spezialscheiben von zusammen 7 cm Dicke.

Drei Besatzungen, aus jeweils drei Astronauten bestehend, flogen diese Station im Jahre 1973 nacheinander mit »Apollo«-Raumschiffen als Zubringerfahrzeugen an und bewältigten trotz des nicht voll funktionstüchtigen Himmelslabors bei ihren 28, 59 und 84 Tage dauernden Missionen ein umfangreiches Arbeitsprogramm.

Die Funktionstüchtigkeit hatte bereits in der Startphase dadurch eine Einschränkung erfahren, daß sich ein Meteoritenschild gelöst und den Entfaltungsmechanismus der beiden großen Solarzellenflügel schwer beschädigt hatte. Mehr als die Hälfte der geplanten Energiemenge fehlte nun; die Temperaturen im Innern der Station stiegen infolge der Sonnenbestrahlung und der ausgefallenen Kühlsysteme auf 54 Grad Celsius an.

Eine recht risikvolle Reparatur war erforderlich. Ein 7 m × 8 m großer Schutzschirm aus Mylar und Nylon mußte von der ersten Skylab-Mannschaft im Weltraum aufgespannt werden. Auf diese Weise gelang es schließlich,



*Im Mai 1973 wurde »Skylab« auf eine 440 km hohe Umlaufbahn gebracht und ermöglichte drei Mannschaften Aufenthalte von 28, 59 und 84 Tagen. 1–Teleskop; 2–Sonnenzellen; 3–Apollo-Zubringerraumschiff; 4–Kopplungsadapter; 5–Anlegeluke; 6–Luftschleuse; 7–Raumwerkstatt; 8–Gemeinschaftsraum; 9–Schlafkabinen; 10–Mikrometeoritenschild*

die Arbeitsfähigkeit der Station soweit wiederherzustellen, daß alle drei Astronauten-Crews den größten Teil ihrer Aufgaben erfüllen konnten.

53 Experimente auf den Gebieten Raumfahrtmedizin und Biologie, Sonnenphysik, Erderkundung, Material- und Verfahrensforschung wurden ausgeführt. Den Hauptteil nahmen dabei die medizinischen Untersuchungen an Bord in Anspruch. So wurden u. a. der menschliche Mineralhaushalt, die Körperflüssigkeiten, der Stoffwechsel, die Körpermasse, das räumliche Wahrnehmen, die Qualität und Quantität des Schlafs, die Aufnahmefähigkeit der Blutgefäße und der Bewegungsablauf bei speziellen Arbeiten untersucht. Die Experimente, die der Materialverarbeitung und -herstellung im Himmelslabor dienen, bestanden aus Versuchen auf dem Gebiet des Elektro-



*Das Rote Meer, die Halbinsel Sinai, der Suezkanal mit dem Großen Bittersee und die Mündung des Nils ins Mittelmeer, aufgenommen von »Apollo 7« aus 315km Höhe.*

nenstrahlschweißens, des Hartlötens, der Kristallzüchtung und des Metallschmelzens. Außerdem wurden Entflammbarkeitsuntersuchungen von Material in reinem Sauerstoff bei Schwerelosigkeit vorgenommen.

Die Bedeutung der Erderkundungsexperimente läßt sich allein schon daran messen, daß neun Universitäten der USA, mehrere Regierungsbehörden sowie die Armee Wünsche angemeldet hatten. Es ging, unter vielen anderen Aufgabenstellungen, in der Land- und Forstwirtschaft um Ernteprognosen und Schädlingsbefall, in der Meeresforschung um die Feststellung von Kaltwassergebieten und Fischfangzonen, in der Hydrologie um Wasserhaushaltsfragen und in der Geologie um Minerallagerstätten.

Allein die hier nur in Auszügen dargelegten Aktivitäten der drei Skylabbesatzungen lieferten auch von amerikanischer Seite den überzeugenden Beweis für den hohen Nutzen wissenschaftlicher Raumstationen.

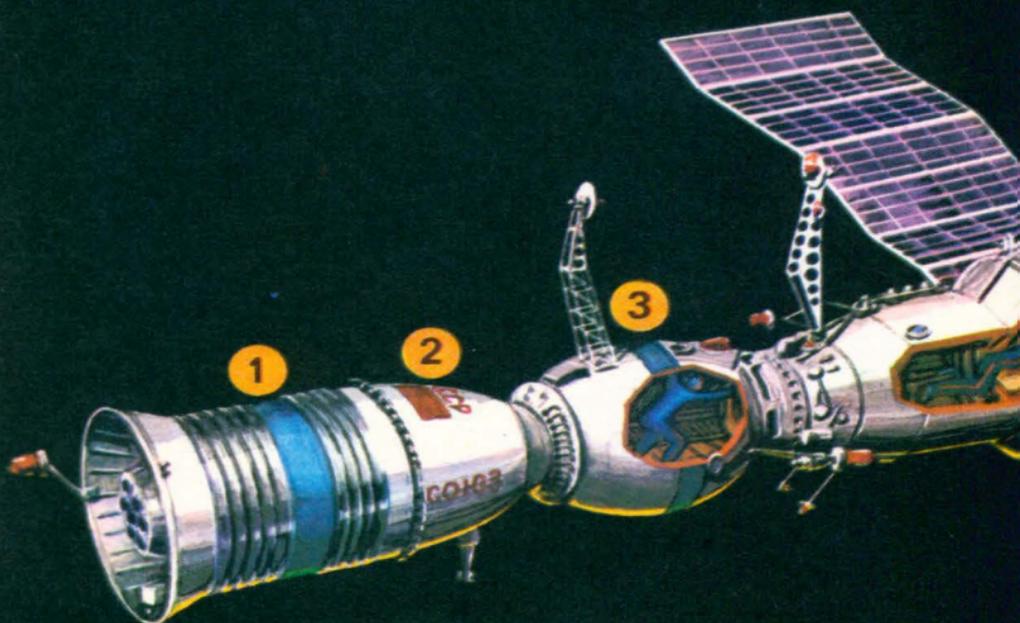
Skylab sollte, da es sich auf einer recht hohen Umlaufbahn befand, mindestens so lange die Erde umkreisen, bis mit Hilfe des wiederverwendbaren »Space shuttle« weitere Untersuchungen möglich waren bzw. ein kontrollierter Abstieg hätte vorgenommen werden können. Da die erhöhte Sonnenaktivität der letzten Jahre jedoch die Erdatmosphäre stärker als erwartet beeinflusste, dadurch die Bremsverzögerung bei Skylab wesentlich höher als zulässig anstieg, sich darüber hinaus die Fertigstellung des Space Shuttle wesentlich verzögerte, konnte die Station nicht wieder auf eine höhere Umlaufbahn gebracht werden. Sie stürzte am 12. Juli 1979 über Westaustralien ab.

## Weitere Stationen im All

Entsprechend dem sowjetischen Programm zur Erforschung des erdnahen Raumes wurde, nachdem im April 1973 die Station »Salut 2« im automatischen Betrieb vier Wochen lang die Erde umflogen hatte, am 25. Juni 1974 »Salut 3« gestartet.

Ausgelegt für ein Arbeiten mit und ohne Besatzung, besaß sie ein neues Steuerungssystem, und sie bezog einen großen Teil ihrer elektrischen Energie aus Solarzellen, die zur Erhöhung der Effektivität beweglich an der Station angebracht waren und sich ständig auf die Sonne ausrichteten. Durch neuartige technische Lösungen gelang es auch, die Temperatur im Innern von »Salut 3« gänzlich unabhängig davon zu machen, welche Seite der Station der Sonnenstrahlung ausgesetzt war.

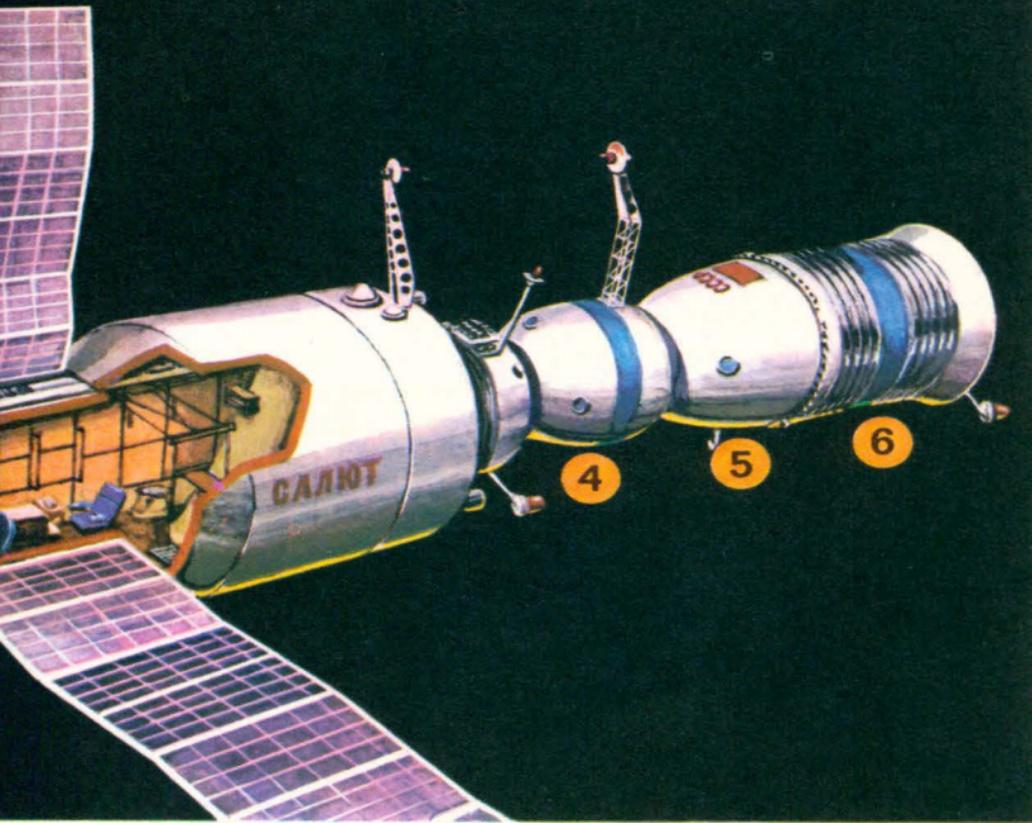
Die Mediziner und Techniker, ständig besorgt um das Wohlbefinden der Mannschaft, führten noch eine weitere Neuheit ein. In den einzelnen Sektionen der Raumstation wurde sowohl hinsichtlich der Zusammenstellung der Ausrüstung und des Mobiliars als auch in der Farbgebung exakt zwischen Fußboden, Decke und Wänden unterschieden. In der Schwerelosigkeit haben die Insassen dadurch das Gefühl, sich weitaus besser orientieren zu können. Darüber hinaus war ein verbessertes Trainingsgerät eingebaut worden, das den Kosmonauten ein Laufen, Gehen und Auf-der-Stelle-Springen gestattet.



*»Salut 6« mit zwei andockten Raumflugkörpern. Vorn ein bemanntes Sojus-Raumschiff und am Heck ein Transportraumschiff Progress.*

Alle diese Neuerungen besaßen auch die beiden im Dezember 1974 bzw. Juni 1976 gestarteten Stationen »Salut 4« und »Salut 5«. Während sich jedoch in »Salut 3« lediglich eine Mannschaft für zwei Wochen aufhielt, gestatteten weitere Vervollkommnungen an den beiden letztgenannten Stationen jeweils zwei Arbeitsperioden. »Salut 4« beherbergte dabei Mannschaften für 30 und das zweite Mal sogar für 63 Tage – was jedes Mal Langzeitrekord bedeutete –, während »Salut 5« einmal 48 und danach 18 Tage bemannt die Erde umkreiste.

Die Experimente innerhalb und außerhalb der Stationen nahmen an Anzahl und Qualität beachtlich zu, wesentliche



1—Gerätesektion mit Antrieben; 2—Kommandokapsel; 3—Orbitalsektion des Sojus-Raumschiffes; 4—Frachtsektion; 5—Sektion für Treibstofftransport; 6—Gerätesektion des Progress-Raumschiffes

Bahnkorrekturen und komplizierte Flugmanöver gehörten bereits zum Weltraum-Alltag.

Im November 1975 legte — während der automatischen Arbeitsphase der Station — das unbemannte Raumschiff »Sojus 20« an »Salut 4« an. Drei Monate blieb es fest mit der Station verbunden. Dann beendete es seinen erfolgreichen Flug mit einer weichen Landung im Februar 1976. Es bestand kein Zweifel daran, daß es sich bei diesem erstmals durchgeführten Alleinflug und der automatischen Kopplung einer Sojus-Kapsel um den Test eines neuen Transportraumschiffes handelte, das die getrennte Rückkehr von Besatzung und Nutzlast ermöglichen sollte. Ein

Experiment in dieser Richtung war auch die Rückkehr eines automatischen Landeapparates, der Materialien und Forschungsergebnisse von »Salut 5« zur Erde beförderte.

Mit dem planmäßigen Eindringen in die dichteren Schichten der Atmosphäre war dann im August 1977 für »Salut 5« das Flugprogramm abgeschlossen. Zugleich ging damit die Ära der ersten sowjetischen Raumstationengeneration zu Ende. In ihr wurde der Nachweis erbracht, daß ein Arbeiten und Forschen im erdnahen Weltraum für die Volkswirtschaft, für Wissenschaft und Technik ungeahnte Perspektiven eröffnet und daß es sich lohnt, den Kosmos zu einem bedeutenden Wirkungsfeld menschlicher Aktivitäten werden zu lassen.

## Man spricht von Orbitalkomplexen

Bereits einen reichlichen Monat später, am 29. September 1977, stieg »Salut 6« an der Spitze einer Trägerrakete von Baikonur aus in den Himmel. Im Vergleich mit ihren Vorgängerinnen stellte »Salut 6« etwas Neues dar. Im Raumfahrtprogramm der UdSSR leitete sie die zweite Raumstationengeneration ein.

Da die Effektivität eines so wertvollen kosmischen Labors um so größer ist, je kürzer der automatische Abschnitt seiner Einsatzzeit gehalten wird, verläuft die Entwicklung dieser zweiten Generation in Richtung auf eine wesentliche Erhöhung der Dauer der bemannten Flüge. Dieses Ziel kann man auf zweierlei Weise erreichen: einmal, indem man häufig die Besatzungen wechselt, zum anderen, indem man wenige Besatzungen für längere Zeit einsetzt. Der zweite Weg ist vorzuziehen, spart er doch Raumschiffe und Trägerraketen. Außerdem verringert sich dadurch die Gesamtanpassungszeit der Kosmonauten an die Schwerelosigkeit, also die Zeit, in der das Wohlbefinden und damit auch die Arbeitsfähigkeit beeinträchtigt sind.

»Salut 6« weist gegenüber den vorhergehenden Stationen wesentliche Neuerungen auf. Die Station besitzt 2 Kopplungsaggregate, die das gleichzeitige Koppeln zweier Raumschiffe ermöglichen. Einzelne Geräteblöcke

können nach Ablauf ihrer Lebensdauer gegen neue ausgetauscht werden. Die sanitär-hygienischen Bedingungen für die Besatzung sind verbessert.

Ohne Übertreibung läßt sich sagen, daß die sowjetischen Konstrukteure aus den rund einhundert Kubikmetern Lebensraum, die die Station »Salut 6« besitzt, das Beste gemacht haben.

Zusammen mit dem angekoppelten Sojus-Raumschiff verfügen die beiden Besatzungsmitglieder über fünf Kabinenräume. Sind Gäste eingetroffen, stehen den Kosmonauten sogar sieben Räume zur Verfügung. Hat eine Mannschaft, von der Erde kommend, mit ihrem Raumschiff an Salut angelegt, so gelangt sie aus der Kommandokapsel von Sojus über deren Orbitalsektion in die Umstiegssektion der Station, die zugleich als Schleusenkabine für Weltraumausstiege dient und in der sich auch die Raumanzüge befinden. Über eine hermetisch verschließbare Luke ist die Umstiegssektion mit der Arbeitssektion verbunden. Diese ist mehr als 9 m lang und besteht aus zwei Zylindern von unterschiedlichem Durchmesser. In dem kleineren Teil der Arbeitssektion befindet sich die zentrale Steuerungsanlage mit dem Hauptarbeitsplatz des Kommandeurs und des Bordingenieurs, während der größere Teil eine Vielzahl wissenschaftlicher Geräte und Apparaturen, eine Art medizinisches Labor und an den Seiten zwei Klappbetten enthält.

Am Ende der Arbeitssektion liegt der Sanitärtrakt. Er ist vom übrigen Teil getrennt und besitzt eine Zwangsventilation. Daneben befinden sich ein Staubsauger und die Wasser- und Wäschevorräte.

An diesen hinteren Teil der Arbeitssektion schließt sich eine Übergangskammer an, von der aus eine Durchstiegs Luke zum zweiten Kopplungsstutzen der Station führt, den »Salut 1« bis »Salut 5« noch nicht besaßen. In ihr befinden sich Filmapparaturen, Beleuchtungsquellen, das Wärmeregulierungssystem und andere Geräte. Den Abschluß der Station bildet eine nichthermetische Gerätesektion, die Triebwerksanlagen, Behälter mit Treibstoff und Druckgas sowie Ventile und Rohrleitungen enthält.

Die 24 Kabinenfenster von Salut – an einem von ihnen wurde die Multispektralkamera MKF-6M installiert –

bestehen aus je zwei Quarzglasscheiben, deren Zwischenraum mit Trockenluft ausgefüllt ist.

»Salut 6« war in den ersten drei Jahren ihrer Raumflugmission insgesamt rund 580 Tage Aufenthaltsort von vier Stammbesatzungen sowie sieben Gastmannschaften, davon fünf internationalen.

Ein Vergleich der – zusammengerechnet – sechsjährigen Funktionsdauer der ersten fünf Raumstationen mit der bisher dreijährigen von »Salut 6« macht die Erhöhung der Wirtschaftlichkeit deutlich. Bereits nach einem Drittel der Einsatzzeit von »Salut 6« konnte die Aufenthaltsdauer von Kosmonauten an Bord gegenüber allen vorherigen Raumstationen verdoppelt werden, wobei die Gesamtstartmasse der beteiligten Raumflugkörper (Hin- und Rücktransport, Versorgungsflüge) sogar noch um 10% sank.

Noch niemals zuvor in der Geschichte der bemannten Raumfahrt gab es einen so intensiven Betrieb im erdnahen Raum wie in der Zeit, in der sich »Salut 6« auf einer Umlaufbahn bewegte. Bis September 1980 waren es 23 Raumflugkörper, die sich mit dieser Station vereinigt hatten: elf Sojus-Passagierraumschiffe, zwei unbemannte Sojus-Schiffe und zehn Progress-Transportraumschiffe.

Allein die letztgenannten brachten rund 9 t Tankgut dreier verschiedener Komponenten und annähernd 12 t Stückgut, aus 400 Positionen bestehend, von der Erde zur Station. Während die erste Stammbesatzung ein Progress-Versorgungsschiff abfertigen mußte, standen auf dem Arbeitsprogramm der zweiten und dritten Stammbesatzung bereits das Ent- und Beladen von je drei Frachtern.

Durch die lange Einsatzzeit, die ursprünglich auf ein Jahr begrenzt war, wurde es notwendig, viele Reparaturarbeiten an Bord der Station auszuführen. So wurden z. B. ein defekter Kraftstofftank abgeschaltet, mehrere Signalanlagen ausgewechselt, eine der beiden Schleusenkammern sowie das Lebenserhaltungssystem und die Raumanzüge überprüft, ein neues Steuerpult installiert, eine Funkanlage ausgebessert sowie das Fahrrad-Ergometer und die Fernsehanlage repariert.

*Pawel Bykowski und Sigmund Jähn vor dem Start des Raumschiffes »Sojus 31« am 26. August 1978*



Vor allem raumfahrttechnisch stellten die Orbitalkomplexe, wie die Dreiersysteme »Sojus – Salut – Sojus« und »Sojus – Salut – Progress« auch genannt werden, wesentlich höhere Anforderungen an Technik und Menschen.

Allein die im Juni 1978 durchgeführten Flugmanöver verdienen höchste Anerkennung. Damals umrundete der Orbitalkomplex »Sojus 32 – Salut 6 – Progress 6« die Erde. Das Raumschiff war am Bug, der Transporter am Heck der Station angekoppelt. Als das unbemannte Raumschiff »Sojus 34« gestartet wurde, hatte der mit Verschleißteilen beladene Raumtransporter noch einmal die Funktion einer Schubrakete zu erfüllen. Zwei Bahnkorrekturen wurden vorgenommen und brachten den Orbitalkomplex auf eine höhere, nahezu kreisförmige Umlaufbahn. Als »Progress 6« abgekoppelt wurde, war »Sojus 34« bereits im Anflug. Ausgerüstet mit einem vervollkommenen Annäherungssystem und verbesserten Triebwerken für die Flugbahnkorrektur, gelang dem unbemannten Raumschiff das Ankoppeln an den Orbitalkomplex.

Am 13. Juni wurde »Sojus 32« abgekoppelt und nach 109tägigem Aufenthalt im All automatisch zur Erde zurückgeführt.

Nachdem eine Überprüfung von »Sojus 34« ergeben hatte, daß alle Bordsysteme einwandfrei funktionierten, wurde zum zweiten Mal in der Geschichte der Weltraumfahrt eine Umkopplung in der Erdumlaufbahn vorgenommen. Die erste war mit »Sojus 31« im Oktober 1978 erfolgt. Die Mannschaft stieg in das Raumschiff um, legte von der Station ab und entfernte sich etwa 100 m von ihr. Dann wurde »Salut 6« automatisch um 180 Grad um ihren Masseschwerpunkt gedreht und »Sojus 34« an die Umstiegssektion der Station angekoppelt. Dieses Manöver war notwendig, weil nur der »Heckstutzen« von »Salut 6« über Anschlüsse für das Umpumpen von Treibstoff aus einem Progress-Transporter verfügte.

Das Auswechseln von »Sojus 32« gegen »Sojus 34« war – außer der Erprobung neuer Systeme – notwendig geworden, weil die auf etwa 90 Tage ausgelegte »Lebensdauer« dieses Raumschiffstyps schon überschritten war. Die dritte Stammbesatzung konnte dadurch einen Weltraumaufenthalt von 175 Tagen realisieren.

---

# Das Leben in einer Raumstation

---

Gewiß wird später allein der Verwendungszweck die Form und die Größe einer Station bestimmen; bis heute entscheidet darüber im wesentlichen noch die Schubkraft der zur Verfügung stehenden Trägerraketen. Von ihr hängen die Anzahl der Besatzungsmitglieder ab, deren Bewegungsfreiheit in der Station, die Ausstattung ihrer Lebens- und Arbeitsräume und, wenn keine Transport- bzw. Zubringerraumschiffe zur Verfügung stehen, auch der Umfang der wissenschaftlich-technischen Arbeiten im Weltraum.

Die Kenngrößen der Salut-Stationen sind seit 1971 bei ständig verbesserter Ausstattung und Nutzungsmöglichkeit annähernd gleich geblieben. Mit zwei angekoppelten Sojus-Raumschiffen besitzt die Weltraumstation Salut eine Länge von 29 m, eine Masse von 32,5 t und ein Volumen von 120 m<sup>3</sup>.

Skylab, die bekanntlich zur Raumstation umgebaute dritte Stufe der amerikanischen Mondrakete »Saturn V«, besaß, zusammen mit dem Apollo-Zubringerfahrzeug, eine Länge von 36 m, eine Masse von 90 t und umschloß ein Nutzvolumen von 295 m<sup>3</sup>.

Durch den Einsatz von Sojus- und von Progress-Zubringerraumschiffen konnten in Salut, trotz der im Vergleich zum Skylab wesentlich kleineren Ausmaße, Arbeiten verrichtet und Ergebnisse erreicht werden, die von Umfang und Inhalt her beträchtlich über das im amerikanischen Weltraumlabor Mögliche und Erreichte hinausgingen. Das hat die Effektivität der sowjetischen Raumstation in bisher nicht gekanntem Maße erhöht. Der volkswirtschaftliche Nutzen wuchs beträchtlich.

## Zum Leben gehört eine ganze Menge

Fragt man einen unter normalen irdischen Bedingungen existierenden Mitbürger, was er zum Leben alles braucht, so nennt er auf Anhieb meist nur die Nahrung. Auf Luft, Wasser und Energie – sie erschienen ihm zu selbstverständlich – kommt er erst nach einigem Überlegen bzw. nach gezielten Hinweisen des Fragestellers. Im Weltraum dagegen fehlt von dem Genannten alles. Das heißt, Energie in Form von Strahlung steht eigentlich ausreichend zur Verfügung, in den meisten Fällen jedoch in einer Form und Menge, die vom Menschen wiederum nicht genutzt, häufig auch absolut nicht vertragen werden kann.

Um also eine Raumstation betreiben oder andere Aktivitäten im Weltraum entwickeln zu können, geht es keineswegs um Energie schlechthin, sondern um verwertbare Energie.

Den Hauptteil ihres Energiebedarfs deckten bzw. decken Skylab und Salut durch die Nutzung der Sonnenstrahlung. Infolge der Erdumkreisung wechseln sich in einer Raumstation Tag und Nacht in wesentlich schnellerer Folge ab, als das an einem Ort auf der Erdoberfläche geschieht. So verbrachte z. B. Skylab bei jedem Umlauf rund 60 Minuten im Licht unserer Sonne und rund 30 Minuten im Schatten der Erde.

Zur Aufrechterhaltung sämtlicher Funktionen und zur Durchführung der Experimente werden in einer Raumstation mehrere Kilowatt elektrischer Energie gebraucht. Beispielsweise benötigte Skylab in der »Spitzenzeit« eine Leistung von 10,5 Kilowatt. Selbst die besten elektrochemischen Stromquellen hätten einen solchen Energiebedarf über einen längeren Zeitraum nicht decken können. Batterien für einen Dauerbetrieb von einem Monat und bei einem Bedarf der Station von nur 1,6 Kilowatt müßten bereits eine Masse von fast 9 t ausweisen. Deshalb finden in der Raumfahrt seit Jahren Solarzellen Verwendung, die flächenförmig zusammengeschaltet und auf Auslegern, die sich im Weltraum entfalten, angebracht werden. Einer der größten Ausleger dieser Art besaß eine Fläche von 65 m<sup>2</sup> und war mit 136 320 Photozellen von je 2 × 2 cm bestückt.

Da Solarzellen im Erdschatten keine Spannung zu erzeugen vermögen, gehören zum System der Energieversorgung eines Raumflugkörpers zusätzlich Speicherbatterien. Diese – häufig verwendet man Nickel-Kadmium-Akkumulatoren – werden in der Zeit der Sonnenbestrahlung aufgeladen und speisen die Geräte und Systeme dann, wenn sich der Flugkörper im Erdschatten befindet.

Über Solarzellen und Speicherbatterien hinaus werden außerdem auch Brennstoffzellen verwendet. Solche Geräte erzeugen elektrische Energie durch elektrochemische Oxydation des Brennstoffs und zeichnen sich durch einen hohen Wirkungsgrad aus. Um den ständig steigenden Energieanforderungen gewachsen zu sein, werden Raumstationen späterer Jahre sicherlich mehr und mehr auch mit Kernenergie-Erzeugungsanlagen ausgestattet sein.

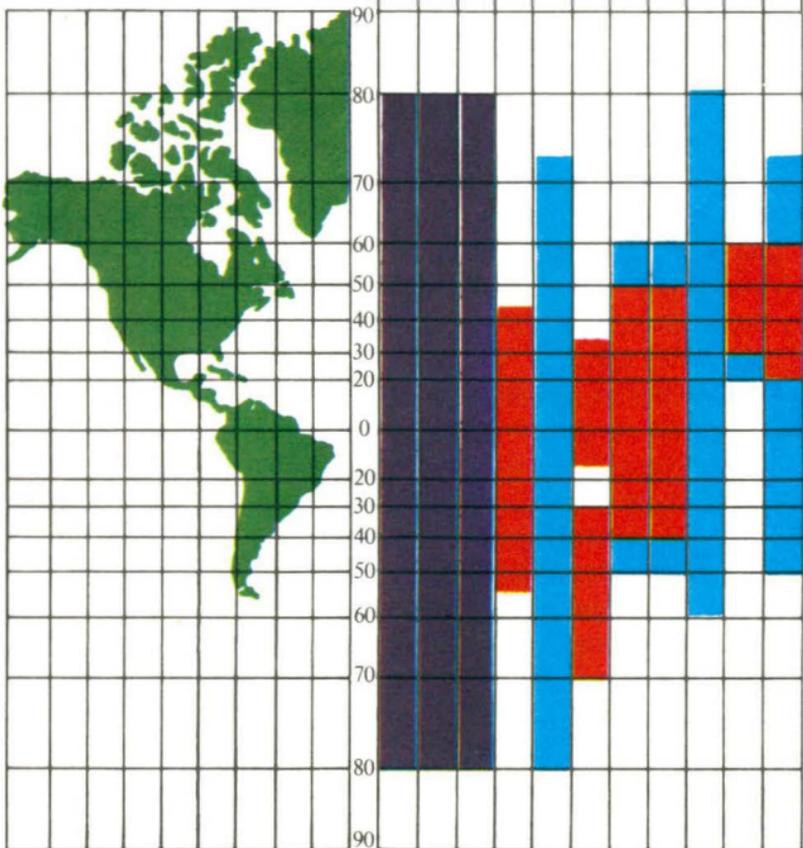
Zu einem Energie-Großabnehmer an Bord muß ohne Zweifel das Lebenserhaltungssystem gerechnet werden. Dazu zählen alle Geräte und Anlagen, die in einer Salut-Station folgendes garantieren:

- einen normalen Luftdruck
- eine Luftzusammensetzung von 21% Sauerstoff und 79% Stickstoff
- eine Raumtemperatur von 20°C
- eine Nahrungsaufnahme von 0,9 kg pro Mann und Tag
- eine Wasseraufnahme von 3 kg pro Mann und Tag
- einen Sauerstoffverbrauch von 0,9 kg pro Mann und Tag
- 5 kg Waschwasser pro Mann und Tag.

Sie haben außerdem die Aufgabe, *unschädlich zu machen* bzw. *zu regenerieren*:

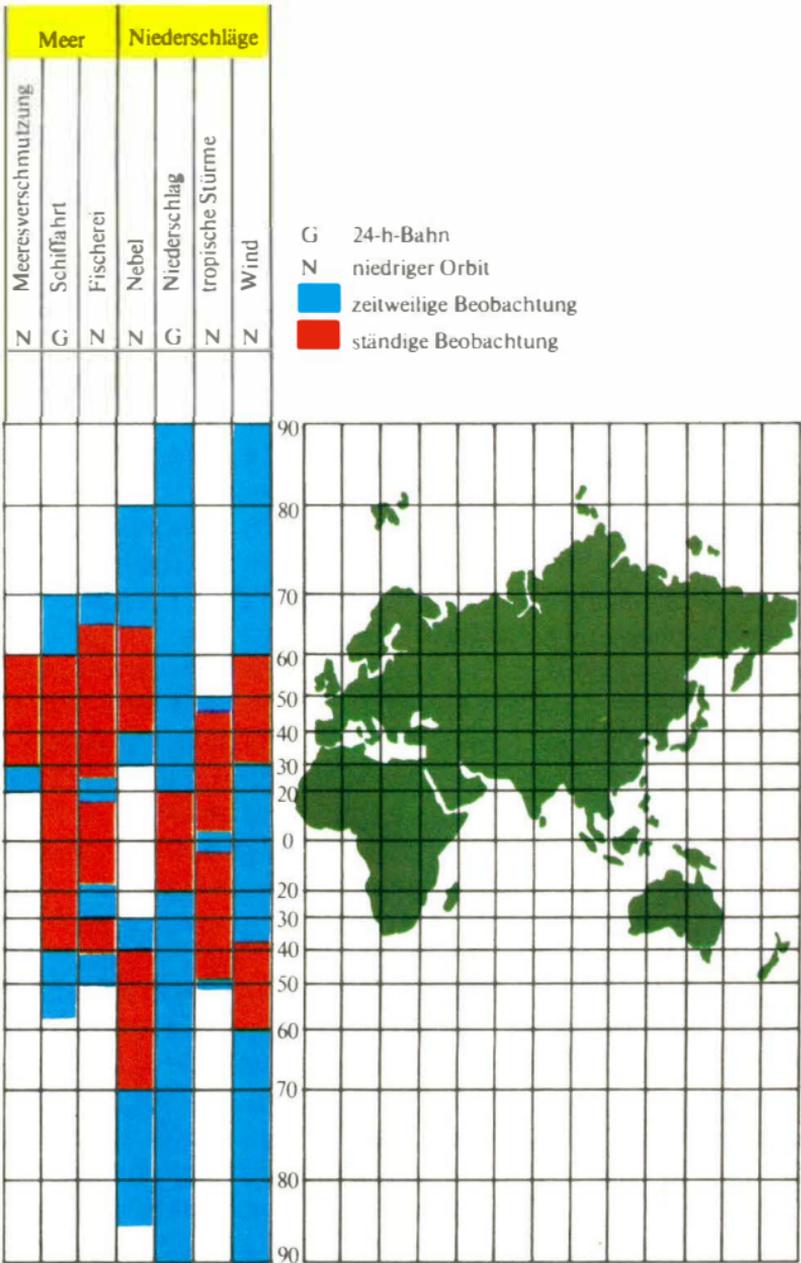
- eine CO<sub>2</sub>-Abgabe von 1 kg pro Mann und Tag
- 4,1 kg feste und flüssige Körperausscheidungen pro Mann und Tag.

Bis in die jüngste Zeit hinein bestritt man die Luft-, Wasser- und Nahrungsmittelversorgung der Raumstationen ausschließlich aus mitgeführten Vorräten. Die meisten der festen, flüssigen und gasförmigen Abfälle und Ausscheidungen wurden in den freien Weltraum ausgestoßen. Beispielsweise brachte Skylab in zehn großen Tanks 2700 Liter Trink- und Brauchwasser mit in die Umlaufbahn; und bei Salut beförderte eine Abfall-Beseitigungsanlage als »Mülleimer« fungierende Behälter in den



*Übersicht über erdbezogene Aufgaben, die von einer Raumstation aus gelöst werden können*

Kosmos hinaus, die eine Zeitlang der Station auf einer ähnlichen Bahn folgten, bis sie schließlich in die Atmosphäre gelangten und verglühten.



Diesem *offenen* Lebenserhaltungssystem sind jedoch Grenzen gesetzt. Da sechs Raumfahrer im Jahr allein 2,5 t Sauerstoff und 12 t Wasser zum Leben benötigen, wäre an lange Weltraumaufenthalte nicht zu denken, wenn es nicht noch andere Systeme gäbe. Deshalb werden viele Ex-

perimente auf der Erde und in den Raumstationen durchgeführt, um halbgeschlossene und geschlossene Lebenserhaltungssysteme zu schaffen.

In *halbgeschlossenen* Systemen erfolgt die Regenerierung der verbrauchten Luft- und Wasservorräte in der Art, daß Sauerstoff aus dem ausgeatmeten CO<sub>2</sub> und Trinkwasser ebenfalls aus der Atemluft und den anderen flüssigen Körperausscheidungen der Besatzung zurückgewonnen werden. Selbst Schmutzwasser und Urin können zu Trinkwasser mit einem Reinheitsgrad regeneriert werden, der höher einzuschätzen ist als der des normalen irdischen Leitungswassers.

Ziel aller Bemühungen ist jedoch ein *geschlossenes* System, das über die Wiedergewinnung der bereits genannten Stoffe hinaus die Raumfahrer auch noch über Jahre hinweg ernähren soll. Im Gespräch sind dabei Algen, Bakterien, Pilze und Kleinsttiere sowie die Synthese von Kohlehydraten, Fetten und Aminosäuren.

Allerdings werden in dieser Richtung noch manche Versuchsreihen ablaufen müssen, da bei den bisherigen Verfahren zwar eine Nahrung entsteht, die alle notwendigen Bestandteile enthält, bis heute jedoch von Aussehen und Geschmack her kaum akzeptabel erscheint.

## Mahlzeiten aus der Tube?

Raumfahrer, die zur Begrüßung oder anlässlich eines anderen besonderen Ereignisses mit Tuben wie mit Trinkgläsern anstießen und »Prosit« riefen, sahen wir in Fernsehübertragungen aus dem All. Sollte jedoch die Besatzung einmal versuchen, die gleiche Zeremonie mit gefüllten Gläsern zu wiederholen, würde ihnen die Schwerelosigkeit dabei einen Streich spielen. Bestenfalls schwebte die Flüssigkeit, die ohnehin nur schwer aus dem Gefäß zu holen ist, als Kugel in der Kabine und müßte möglichst schnell mit einem Strohhalm aufgesogen werden, bevor sie als großer, nasser Fleck an einer Kabinenwand Schaden anrichten könnte.

Die Versorgung der Raumfahrer mit Nahrungsmitteln und Wasser während des Fluges war von Beginn der

Raumfahrt an eines der Hauptprobleme der verantwortlichen Wissenschaftler. So sollen z. B. die Rationen vom Körper maximal aufgenommen werden und während des gesamten Fluges schmackhaft und bekömmlich sein. Außerdem müssen sie in der Schwerelosigkeit bequem verzehrt werden können.

Nach den Erfahrungen bei den ersten Raumflügen waren Rezepturen für Tagesrationen ausgearbeitet worden, die eine abwechslungsreichere Nahrung vorsahen. Ohne Kühlung waren diese Nahrungsmittel jedoch nach fünf bis sechs Tagen nicht mehr genießbar.

Für Flüge mit den Sojus-Raumschiffen wurden später neue Tagesrationen entwickelt, die bei Zimmertemperatur längere Zeit haltbar sind. Die Rationen bestehen aus Flüssigkeiten und Breien, Suppen und Säften in der Tube. Auch das Brotsortiment wurde erweitert, so daß die Kosmonauten unter Schwarzbrot, Weißbrot und Borodiner Brot auswählen können. Die Brotrationen werden in Form kleiner Brötchen gebacken, die man mit einem Biß verzehren kann; dadurch entstehen keine Krümel.

Nahrungsmittel aus Fleisch werden entweder in Form von Konserven in Metalldosen oder als Fertiggericht in Plastfolie mitgeführt. Viermal täglich nehmen die Kosmonauten Nahrung zu sich.

Nachdem Salat geschaffen worden war, gestalteten sich die Verpflegungsbedingungen für die Besatzung noch bequemer. An Bord der Raumstation befinden sich ein Büfett mit Hausrat und eine Anlage zum Erwärmen der Nahrungsmittel. Außerdem besteht die Möglichkeit, die Küchengeräte zu reinigen.

Da die Besatzung der Raumstation aktives Körpertraining betreibt, wurde der Kalorienverbrauch auf 12 570 J (3 000 cal) festgelegt.

Beim Flug von »Salut 3« führten die Kosmonauten erstmals Nahrungsmittel mit sich, denen die Feuchtigkeit entzogen worden war. Dadurch hatte das Gewicht bedeutend verringert und die Haltbarkeit erhöht werden können. Auch die Qualität war besser, da sich diese Nahrung im Geschmack kaum von der irdischen unterscheidet. Die Flüssigkeit wurde den Nahrungsmitteln in Form regenerierten Wassers wieder zugesetzt.

Zur Zeit machen derartige Nahrungsmittel 30 bis 40% der Rationen aus. Meist können die gefriergetrockneten Nahrungsmittel nur mit Hilfe der Etiketts unterschieden werden. Erst wenn das Ganze mit heißem oder kaltem Wasser übergossen ist, wird ein schmackhaftes Menü erkennbar: eine Vorspeise, ein Hauptgericht, Nachtisch und etwas zu trinken.

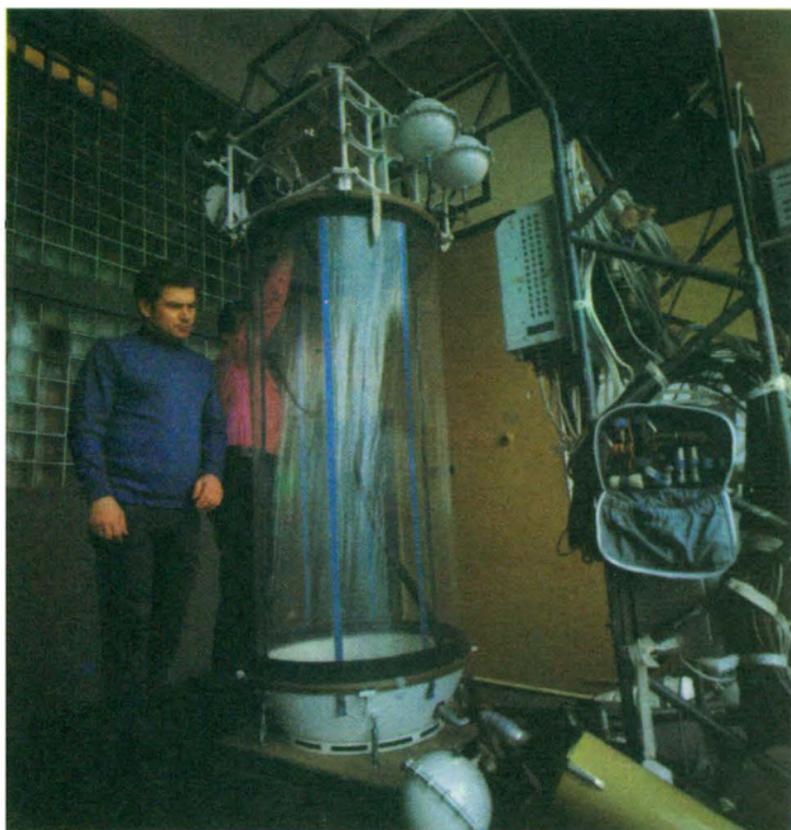
Die Mannschaften von »Salut 6« konnten sich ganz nach dem persönlichen Geschmack das tägliche Menü zusammenstellen. Ihnen standen in der Raumstation ein Kühlschrank, ein Miniherd zum Erwärmen der Speisen sowie ein Müllschlucker zur Verfügung. Damit die Gefäße trotz der Schwerelosigkeit an den vorgegebenen Plätzen verblieben, wurden sie entweder in Halterungen verschraubt oder mittels Magneten festgehalten.

Auch die Amerikaner verabreichten am Anfang in ihren Mercury-Raumschiffen den Astronauten sterile, halb feste Speisen in Püree- oder Pastenform, die aus Aluminiumtuben herausgedrückt werden mußten. Später, bei den Gemini- und Apollo-Missionen, gingen sie zu vorgekochten und gefriergetrockneten Speisen über.

Für ihren Aufenthalt in Skylab verfügten die jeweiligen Mannschaften dagegen über einen Proviant, der in Kühl- und Gefrierschränken aufbewahrt wurde. Er bestand sowohl aus dehydrierten Speisen wie auch aus feuchten und eingefrorenen Gerichten. Ein Mikrowellenofen und Wärmepplatten ermöglichten das Erhitzen und Warmhalten der Speisen, so daß die Besatzung ihre Mahlzeiten selbst zubereiten konnte und nicht etwa auf kalte Imbisse angewiesen war.

## Das Bad auf der Umlaufbahn

Wochen- bzw. monatelange Flüge stellen weitaus höhere Forderungen an die Körperpflege der Raumfahrer und demzufolge an die sanitäre Ausstattung einer Raumstation als Kurzzeitmissionen. Feuchte Tücher zur Körperreinigung, Windel- und Plastikbeutel für die Exkreme waren für Expeditionen von einigen Tagen gerade noch ausreichend. Bei einem halben Jahr Weltraumaufenthalt



*Die Dusche für Salut-Raumstationen während eines Tests auf der Erde*

würden derartige einfache Mittel die Arbeitsfähigkeit und das Wohlbefinden der Mannschaft merklich beeinträchtigen. Deshalb befanden sich sowohl in Salut als auch in Skylab eine Toilette und eine Dusche. Wichtigstes Teil der Duschanlage in der sowjetischen Station, für deren Inbetriebnahme 136 verschiedene Handgriffe nötig sind, ist ein an der Decke zu befestigender und mit einem Reißverschluß versehener Plastesack. Am Boden, der aus einer extrem leichten Aluminiumschüssel besteht, sind Gummipantoffeln befestigt, in denen der Kosmonaut einen Halt findet. Da sich herausgestellt hat, daß Seifenlösungen im Kosmos zur Entzündung der Schleimhäute führen können, setzt man, noch ehe die Dusche in Betrieb genommen wird, eine Schutzbrille auf. Man befestigt an der Nase eine Klemme und nimmt ein Mundstück, wie es auch Taucher



benutzen, zwischen die Lippen. Der Badende hat ein Handtuch und einen Schwamm bei sich, der mit einer Seifenemulsion getränkt ist.

Nach dem Drehen an der Mischbatterie – dieser Vorgang wird von außen durch den Partner vollzogen – sprüht ein einem Staubsauger ähnliches Gebläse 5 Liter Wasser in nadelfeinen Strahlen aus. Nach kurzer Zeit befindet sich der Raumfahrer in einem ihn von allen Seiten umgebenden Wasser- und Seifen-aerosol, aus dem er sich, wegen der Schwerelosigkeit, selbst nicht befreien könnte. Daher saugt nach dem Duschen ein Spezialsystem den »Nebel« nach unten und danach weiter in den Abfallcontainer.

Die Restflüssigkeit muß von dem Kosmonauten – vorher darf er den Plastesack nicht verlassen – Tropfen für Tropfen von der Decke, vom Fußboden und von den durchsichtigen Wänden der Kabine entfernt werden. Versäumt er diese Prozedur, verteilt sich das Wasser in der gesamten Station und verkürzt somit auf drastische Weise deren Lebensdauer.

## Freizeit im Weltraum

Als äußerst sinnvoll und nützlich hat sich bei den vielen Raumfahrtmissionen ein genau festgelegter Tagesablauf mit einer geplanten Folge von Arbeit – Freizeit – Training – Körperpflege und Schlaf erwiesen, wobei der Bordplan stets eine Zeiteinteilung vorsieht, die auf einem 24-Stunden-Tag beruht.

Geschlafen wird in den Stationen grundsätzlich in Schlafsäcken, die sich entweder, wie bei Salut, in waagerechter Lage unter der Kabinendecke oder, wie bei Skylab, hängend in kleinen, schrankähnlichen Kojen befinden. Ein festes Verschließen des Schlafsackes oder zusätzliches Anschnallen sollen einem durch die Schwerelosigkeit unbemerkten, gefährlichen Ortswechsel während des Schlafens vorbeugen. Netze vor dem Gesicht verhindern, daß eventuell umherschwebende Fremdkörper eingeatmet werden.

*Freizeit an Bord von »Salut 6«*

Mehrere Raumfahrer äußerten übereinstimmend, daß sie im Kosmos selbst bei sehr großer Müdigkeit nicht sofort hätten einschlafen können. Nach dem Hineinschweben in den Schlafsack hätten sie noch zwei bis drei Stunden gegen die Schlaflosigkeit anzukämpfen gehabt, bevor sie vollständig von Träumen überwältigt wurden. Daß dabei eventuell die Länge des Fluges auch eine Rolle zu spielen beginnt, konnte aus den am 166. Tag ihres Weltraumfluges geäußerten Worten der dritten Stammbesatzung von »Salut 6« entnommen werden. Beide Kosmonauten hatten, nach Aussage des Kommandanten, einen ausgezeichneten Schlaf ohne jeden Traum.

Eine große Bedeutung besitzt bei Langzeitflügen die Freizeitgestaltung der Mannschaftsmitglieder. Sie kann wesentlich dazu beitragen, die durch die Monotonie und Enge des künstlichen Wohnumfelds bedingten und auch erwarteten nervlich emotionalen Anspannungen und Ermüdungszustände abzuschwächen.

So sprach die Mannschaft Gretschnko – Romanenko, die 96 Tage in »Salut 6« arbeitete, nach ihrer Rückkehr von kritischen Situationen, einer erhöhten Reizbarkeit, Heimweh und einem manchmal schwer zu bezähmenden Drang, das Raumschiff während des Fluges zu verlassen.

Die bei den Missionen häufig anfallenden Probleme zu erkennen und in ihren Auswirkungen abzuschwächen gehört gegenwärtig zu den vorrangigen Arbeitsgebieten der Raumfahrtpsychologen, Konstrukteure und für den Flug Verantwortlichen.

So werden zur Ablenkung der Kosmonauten Gespräche mit Künstlern und Sportlern vermittelt. Häufig wird auch eine Verbindung zu den Familienangehörigen hergestellt. Mittels Videotelephon können die Männer dann mit ihren Frauen und Kindern, Freunden und Bekannten sprechen. Besondere Höhepunkte während der monatelangen Raumreisen sind die Aufenthalte von Gastmannschaften an Bord und der Empfang von Post und Geschenken.

Ein Tonbandkassettengerät, Mikrofilme und die Bordbibliothek sorgen auf andere Weise für Abwechslung. Die mit einem Videorecorder ausgestattete Filmtheke ermöglicht die Vorführung auf der Erde ausgewählter Streifen.

## Probleme mit der Schwerelosigkeit

Das Kapitel, in dem in utopischen Büchern vergangener Jahre die Schwerelosigkeit beschrieben wurde, zählte zumeist zu den spaßigsten. Die Autoren erfanden manche ungewöhnliche Situation für die Mannschaft, so daß der Eindruck entstehen mußte, die fehlende Schwerkraft zähle zu den größten Annehmlichkeiten eines Weltraumaufenthaltes.

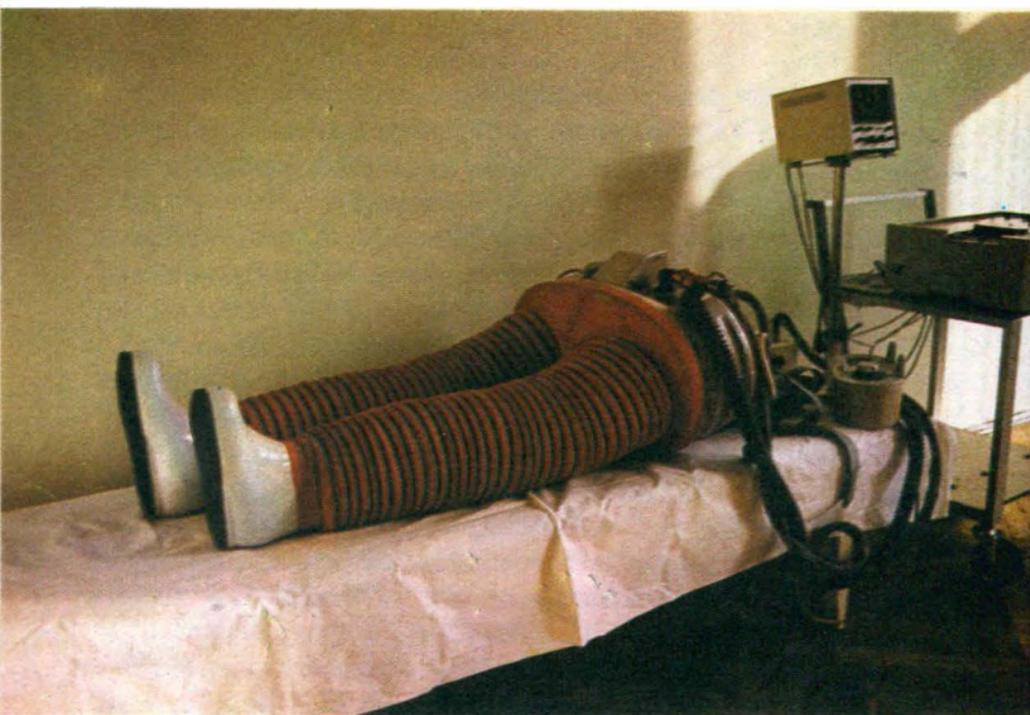
Die Realität sieht anders aus. So kommt es bei den Raumfahrern nach dem Übergang zur Schwerelosigkeit häufig zu vegetativen Störungen (z. B. Schwindelgefühl, Einschränkung des Appetits, Übelkeit und Erbrechen).

Als Folge der fehlenden Gewichtsbelastung tritt eine Demineralisierung der Knochen auf. Verstärkt werden Kalzium und Phosphat mit dem Urin ausgeschieden. Die Knochen- und Muskelmasse verringert sich, ebenso die Anzahl der roten Blutkörperchen.

Wie alles Irdische hat auch Blut sein Gewicht. Nach Einbuße des Gewichtes verteilt es sich gleichmäßig innerhalb des Organismus. Infolgedessen erhält der große Blutkreislauf weniger Blut als gewöhnlich und der kleine mehr. Die Blutgefäße des Gehirns sind an so schroffe Änderungen nicht gewöhnt, was zu Illusionen führt, zu falschen Sinneswahrnehmungen der Lage und der Bewegung im Raum.

Die genannte Umverteilung des Blutes von den unteren in die oberen Körperpartien führt zu einer Blutfüllung der Schleimhäute des Gesichts und zu Schwellungen im Nasen-Rachen-Raum. Raumfahrer vergleichen diesen Zustand, der insbesondere während des ersten Flugtages auftritt, mit dem Befinden bei einer Grippeerkrankung.

Von dem Kosmonauten P. Klimuk, der bei seinem Kosmosaufenthalt insgesamt 80 Tage Schwerelosigkeit durchlebte, stammt folgende Schilderung: »Meine Eingeweide strebten aufwärts. Nicht in die Brust, sondern noch wesentlich höher. Ein Gefühl, das Passagiere kennen, wenn ihr Flugzeug in ein Luftloch geraten ist. Im Flugzeug vergeht das rasch, aber hier blieb mir der Klumpen in der Kehle stecken und wollte nicht verschwinden. Obwohl ich theoretisch über die Schwerelosigkeit Bescheid wußte und



*Unterdruckhose »Tschibis« zur Abwendung gesundheitlicher Schäden nach einem längeren Aufenthalt in der Schwerelosigkeit*

mich unzählige Male beim Training darauf vorbereitet hatte, konnte ich den Gedanken nicht loswerden, daß hier dennoch etwas nicht stimmt. Ich sah meinen Körper, spürte ihn aber absolut nicht. Ich schnallte mit schwerelosen Fingern die Riemen los und erhob mich ein wenig im Sessel, doch fast wäre ich mit meinem bleischweren Kopf gegen den Bordingenieur gestoßen.

So begann meine praktische Bekanntschaft mit der Schwerelosigkeit, dem für den Menschen schwierigsten Problem beim Raumflug. Jeder Raumflieger macht damit auf seine Weise Bekanntschaft, doch jedesmal ist das mit unangenehmen illusorischen Empfindungen verbunden. German Titow schien es, man habe ihn auf den Kopf gestellt. Georgi Beregowoi brauchte nur die Augen zu schließen, um sich scheinbar in endlosen Rückwärtssaltos zu drehen.

Ich hatte bei meinem ersten Raumflug die höchst un-

angenehme Empfindung, mich in Nichts aufzulösen. Im Sessel, in dem ich saß, schien niemand zu sein. Übriggeblieben war nur die Vernunft, die von der Seite her das plumpe Benehmen des Raumfliegers Klimuk beobachtete. Er suchte krampfhaft nach festem Halt unter den Füßen.«

Allerdings zeigen die Erfahrungen, daß die hier beschriebenen Schwierigkeiten nach einer individuell verschieden langen Zeit – sie schwankt zwischen Stunden und mehreren Tagen – bei allen Raumfahrern überwunden sind.

Die größte Hilfe stellt dabei, neben einer zielgerichteten medizinischen Auswahl und Vorbereitung der Mannschaft auf der Erde, das tägliche Körpertraining in der Station dar.

In Salut findet man deshalb neben vielen anderen »Sportgeräten« ein Laufband mit Hilfsmitteln für Körperübungen, ein Fahrrad-Ergometer und einen Vakuumanzug zur Schaffung eines niedrigen Druckes in den unteren Körperpartien des Kosmonauten. Zehn bis zwölf Stunden am Tage tragen die Mannschaftsmitglieder Belastungsanzüge, um den verringerten Kraftaufwand durch Belastung des Stütz- und Bewegungsapparates des Körpers auszugleichen.

Verständlicherweise nahm bei den Langzeitflügen der Salut-Stationen mit einer Dauer von 140 und 175 Tagen das täglich zu absolvierende Training zur Erhaltung von Kondition und Gesundheit wesentlich mehr Zeit in Anspruch als bei den vorherigen kürzeren Flügen. Zirka 10 Tage vor der Rückkehr zur Erde wurden diese Übungen auf täglich vier bis sechs Stunden ausgedehnt.

## Zusätzliche Gefahren

Über alle Nachteile und Beschränkungen hinaus, die die Männer an Bord einer Raumstation durch die fehlende Schwerkraft zu spüren bekommen, beschwört die Schwerelosigkeit noch auf gänzlich andere Art und Weise für das Leben der Mannschaft, überhaupt für die Existenz einer Raumstation ernste Gefahren herauf.

Als eine solche ernste Gefahr erweist sich der Wärmestau an zahlreichen Geräten des Raumlabor. Infolge der Schwerelosigkeit steigen sowohl erhitzte Gase als auch die erwärmte Kabinenluft nicht in die Höhe, und das bedeutet, daß die Konvektion als wesentliches Mittel der Wärmeabführung entfällt. Es erweist sich daher als zwingend notwendig, alle Energie umsetzenden Elemente ständig durch Ventilatoren kühlen zu lassen. Das wiederum hat zur Folge, daß immerfort Staub durch die Station gewirbelt wird und der Einsatz spezieller Apparaturen notwendig wurde, um die optischen Geräte und andere empfindliche Oberflächen staubfrei zu halten und nicht durch eine Verschmutzung merkliche Qualitätseinbußen zu erleiden.

Darüber hinaus erweist sich eine genaue Kenntnis der aufgestauten Wärme für den Brandschutz in einer Station, deren Atemluft häufig einen erhöhten Sauerstoffanteil besitzt, als überaus wichtig. Überhitzungsverdächtige Stellen müssen daher elektronisch gesichert und so konstruiert sein, daß kein offenes Feuer ausbrechen kann. Alle Materialien müssen in bezug auf Entflammbarkeit und Brennbarkeit den erhöhten Anforderungen des Brandschutzes in einer Raumstation entsprechen.

Ein weiteres Problem besteht darin, daß einige Werkstoffe dauernd, wenn auch in kleinen Mengen, für den Menschen schädliche Stoffe ausscheiden. Da aber eine Raumstation über einen langen Zeitraum funktionsfähig bleiben soll, muß eine Verunreinigung des Luftvorrates, selbst durch geringste Spuren von Schadstoffen, ausgeschlossen werden.

Besondere Sorgfalt mußte auch bei der elektronischen Ausrüstung der Stationen aufgewendet werden. Da auf engstem Raum eine große Anzahl von Steuerungs-, Regelungs-, Empfangs- und Sendeapparaturen arbeitet, bedeutet jede elektronische Einrichtung sowohl eine Störquelle als auch einen Empfänger für fremde Störimpulse. Und nicht zuletzt muß bei allen Geräten, bei denen Glas als Ausstattungsmaterial verwendet wird, darauf geachtet werden, daß beim Gebrauch kein Splitterglas entstehen kann, das dann über den Zwangsumlauf auch in die Atemluft der Raumfahrer gelangen könnte.

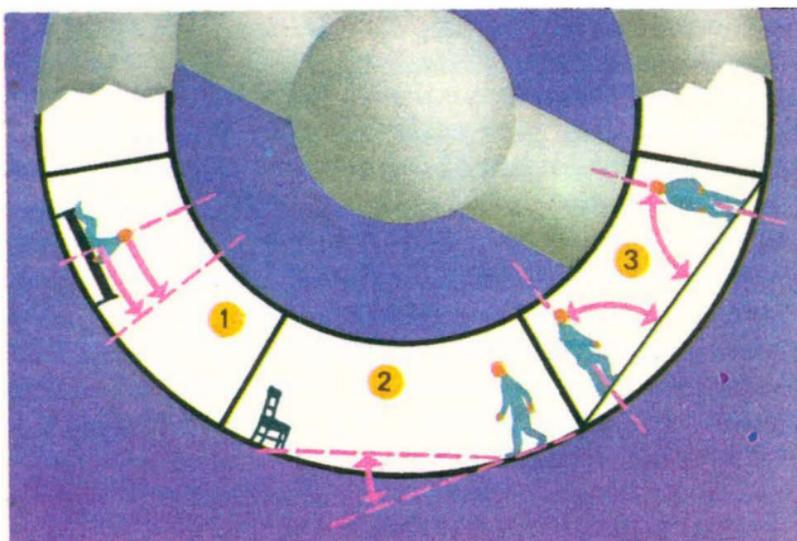
## Ist Schwerkraftersatz möglich?

Seit Jahren gehören zu den Raumfahrtexperimenten sowohl der USA als auch vor allem der UdSSR mannigfaltige Untersuchungen zur Erzeugung einer »künstlichen Schwerkraft«. Genannt seien hier unter anderem nur »Gemini 11« und »Agena 11«, die, durch eine Leine miteinander verbunden, eine Rotationsbewegung um den gemeinsamen Masseschwerpunkt vollführten, sowie »Kosmos 936« und die Salut-Stationen, die Zentrifugen an Bord hatten, mit deren Hilfe die Auswirkungen eines Schwerkraftersatzes an Tieren und Pflanzen erprobt werden konnten.

Inzwischen ist bekannt, daß »künstliche Schwerkraft« in Raumstationen heute üblicher Größe beim Menschen leider zu ernststen Komplikationen führen muß.

In der Tat verspüren die Insassen einer Raumstation, die bei einem Durchmesser von 60 m mit fünf Umdrehungen

*Effekte, die bei einer Rotation in kleinen Raumstationen auftreten können: 1 – Da der Kopf bei der Rotation sich langsamer als der Unterteil des Körpers bewegt, treten äußerst unangenehme Störungen der Gleichgewichtsorgane (Übelkeit – Erbrechen) auf. 2 – Die Besatzungsmitglieder müssen zu entfernten Gegenständen optisch »hochsteigen«. 3 – Da die Verlängerung aller Senkrechten ständig zum Rotationsmittelpunkt zeigt, stehen Personen auf eingezogenen ebenen Fußböden häufig schräg.*



pro Minute rotiert, fast ihr normales irdisches Gewicht. Die dem Mittelpunkt fernsten Stationsteile bewegen sich dabei immerhin mit rund 15 m/s. Vor allem ist die Außenwelt der ständigen Bewegung wegen sehr schwer zu beobachten, und die Besatzung leidet ohne Ausnahme mehr oder weniger unter starken Störungen der Gleichgewichtsorgane. Bereits in Räumen, die nur mit zwei Umdrehungen pro Minute rotierten, war bei Experimenten die Hälfte der Versuchspersonen zu normaler Arbeit nicht in der Lage.

Läuft der Kosmonaut z. B. entgegen der Drehrichtung der Station, verringert sich sein Gewicht. Wendet er sich und wandert er in Rotationsrichtung, wird er schwerer. Allein unwillkürliche Kopfwendungen führen zu ernststen Sinneskonflikten und können Erbrechen zur Folge haben. Da die künstliche Schwerkraft mit wachsendem Radius zunimmt, werden Gegenstände, die man in einer rotierenden Station in Richtung Mittelpunkt transportiert, leichter. So wirkt auf den Kopf eines Besatzungsmitgliedes eine geringere »Schwerkraft« als auf seine Füße. Bei einem normal großen Menschen kann diese Gewichtsveränderung immerhin 10% ausmachen.

Mediziner weisen daher darauf hin, daß sich durch notwendige Ortsveränderungen innerhalb der Station die absolute Belastung des Herzens außerordentlich erhöht. Beim Aufrichten aus einer liegenden Stellung, in der die Schwerkraftdifferenz recht gering ist, ändert sich wiederum die relative Belastung der Herzkammern, da nun ein Unterschied der Drucksäulen Kopf/Herz und Herz/Fuß spürbar sein wird.

Gegenstände fallen in der Station nicht senkrecht zu Boden, sondern beschreiben für die Insassen Kurven. Gleicht man die gekrümmte Bodenfläche durch ebene Fußböden aus, so kann ein Mensch nur in deren Mitte lotrecht stehen, abseits davon erscheint er vorn- oder hintenübergeneigt. Wählt man dagegen gekrümmte Fußböden, so sieht ein in der Mitte des Raumes stehender Kosmonaut die Fußbodenränder immer höher als seinen augenblicklichen Standpunkt.

Aus heutiger Sicht scheint es sinnvoll zu sein, die künstliche Schwerkraft erst bei Raumstationen mit Durchmesser über 70 m anzuwenden.

---

# Sturmwarnungen aus dem All

---

Bekanntlich mißt man die finanziellen Mittel, die für die Raumfahrt in Ost und West bisher ausgegeben wurden und auch in Zukunft benötigt werden, nicht nach Millionen – sie gehen in die Milliarden! Davon wird wiederum der weitaus größte Teil für die Projekte und Vorhaben verwendet, an deren Verwirklichung auch die übergroße Anzahl der in der Luft- und Raumfahrtindustrie Tätigen direkt oder indirekt arbeitet. Es sind die Raumstationen und Zubringerfahrzeuge für die erdnahe Raumfahrt. Jedoch würden alle in diese Richtung gehenden Aktivitäten und Anstrengungen kaum mit einer so hohen Intensität und in so großem Umfang vorangetrieben werden, wenn es sich bei den bemannten und unbemannten Langzeitflügen in Erdumlaufbahnen nicht um Unternehmungen handeln würde, die zweifellos die Zukunft der menschlichen Gesellschaft in hohem Maße mit beeinflussen. Dazu kommt die Erkenntnis, daß viele nutzbringende Aktivitäten innerhalb und außerhalb von Raumstationen gegenwärtig nicht einmal in vollem Umfang bekannt sind und sich erfahrungsgemäß erst mit den fortschreitenden Arbeiten deutlicher abzeichnen werden.

Allerdings erhoben sich bereits bei den Einsätzen der ersten Stationen zahlreiche Stimmen, die die Relationen zwischen dem hohen Aufwand und dem unmittelbaren praktischen Nutzen zu recht großen negativen Diskrepanzen anwachsen sahen.

An Wetterbeobachtungen von dort »oben« hatte man sich schnell gewöhnt, und auch die Ortung großer Eisberge und Gletscher aus 350km Höhe hielt man für möglich, jedoch Ernteprososen zu stellen und bei Schädlingsbefall

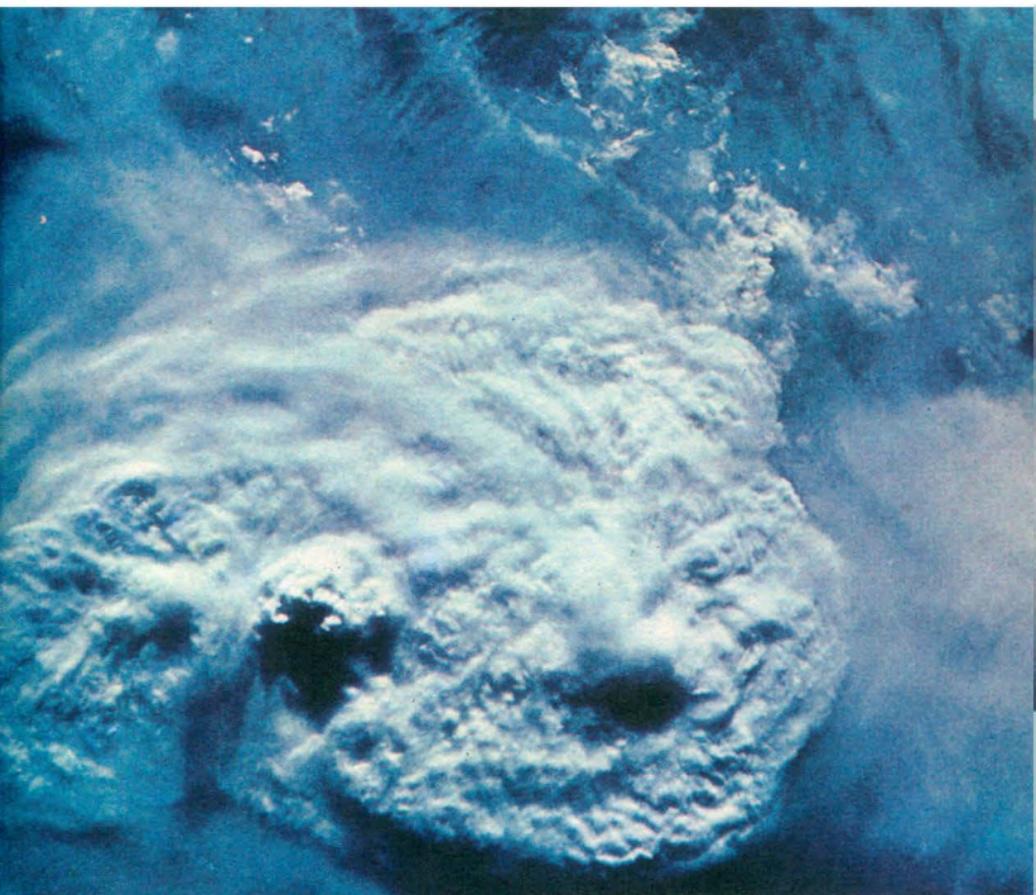
aus dem Weltraum warnen zu können, sahen viele als bloße Übertreibung der Möglichkeiten an. Sie nahmen solche Meldungen mit großer Skepsis auf. Das sollte allerdings nicht verwundern, denn selbst heute noch ist die Tatsache, Bodenschätze aus der Umlaufbahn lokalisieren oder Fischfangflotten vom Kosmos aus in ergiebige Fanggebiete dirigieren zu können, für die meisten Menschen schwer vorstellbar. Vor allem wohl deshalb, weil die technischen Verfahren und Auswertungsmethoden einer solchen Erkundung unseres Planeten heute fast genau so unbegreiflich erscheinen wie am Anfang. Auf diese Art ist z. B. für viele die Multispektralkamera zum Synonym einer modernen »Wunderlampe Aladins« geworden.

In der hinter uns liegenden Zeit ist viel über erfolgreiche Experimente und Tätigkeiten in den Raumstationen der Gegenwart bekannt geworden. Die Erwartungen und Vorstellungen der Fachleute fast aller beteiligten Disziplinen und der Techniker gehen aber – wie kann es anders sein! – inzwischen häufig schon weit darüber hinaus.

Manchmal gewinnt man allerdings den Eindruck, daß bei der beispiellosen Vielfalt des Machbaren und Nützlichen die Zeitangaben für eine Realisierung dieser Vorhaben unter der Bevölkerung und auch bei manchem Journalisten keine Beachtung mehr finden oder übersehen werden, so daß noch vorrangig von der Phantasie bestimmte Projekte der fernen Zukunft plötzlich als Aufgaben von morgen dargestellt werden.

Ein charakteristisches Beispiel dafür scheint das »Fleisch aus kosmischen Viehställen« zu sein. Ein Entwurf sieht z. B. den Bau von Weltraumställen vor, in denen Haustiere gezüchtet werden, die auf Grund fehlender Schwerkraft kaum noch Knochen, dafür aber ausreichend Fleisch besitzen. Ganz gewiß wären solche Tierfabriken erst möglich, wenn in der Erdumlaufbahn genügend Futtermittel zur Verfügung stünden, also gewaltige Treibhauseanlagen vorhanden wären. Doch selbst dann trieben die erforderlichen Transportmittel den Preis eines Kilogramms im Weltraum produzierten Fleisches in astronomische Höhen.

Allerdings – um beim Thema Tierzucht zu bleiben – könnten in der Schwerelosigkeit die X- von den



*Schwere Gewitterwolken über dem Amazonasgebiet*

Y-Chromosomen getrennt werden, die im Samen über das Geschlecht des zu zeugenden Lebewesens entscheiden. Damit wird es eventuell später möglich sein, in Weltraumstationen tatsächlich die Grundlage für eine – je nach Bedarf – milch- oder fleischintensive Tierzucht auf der Erde zu legen.

Beide Projekte wurden von einigen Journalisten gleichermaßen als bald realisierbar dargestellt. Doch das war unrealistisch. Lediglich die Chromosomentrennung wird möglicherweise bereits in den nächsten 10 Jahren verwirklicht werden. Eine kosmische Tierzucht wird – wenn überhaupt – erst frühestens in vier bis fünf Jahrzehnten ernsthaft erwogen werden können.

## Exotische Umwelt

Unabhängig davon, wann das eine oder das andere Projekt in einer die Erde umkreisenden Station in Angriff genommen wird, muß zunächst noch eine Frage beantwortet werden, die zum Verständnis der gesamten Problematik entscheidend beiträgt: Welche Ursachen bedingen den hohen Nutzen einer Raumstation für Wissenschaft, Technik, Wirtschaft und Industrie? Oder anders ausgedrückt: Wodurch erlangen Raumstationen eine so große Bedeutung?

Entscheidend ist vor allem, daß im Kosmos, als dem Wirkungsfeld der Raumstationen, Bedingungen existieren, die sich auf der Erde oder in deren Lufthülle gar nicht oder nur mit einem unvertretbar hohen Aufwand herstellen lassen.

Nur im Weltraum findet man ein hohes Vakuum beliebigen Volumens, im Schatten der Station Temperaturen, die der der kosmischen Hintergrundstrahlung von 3 K nahekommen, einen durch nichts abgeschwächten Energiestrom hoher Intensität von der Sonne, eine sterile Umwelt und eine permanente Schwerelosigkeit.

Nur vom Weltraum aus lassen sich Erde und Kosmos in allen Wellenlängenbereichen der elektromagnetischen Strahlung untersuchen.

Die Nutzung dieser Gegebenheiten gestattet dem Menschen verständlicherweise tiefe Einblicke in Naturerscheinungen und Prozesse, über die man sich bisher von der Erde aus keine umfassenden und richtigen Vorstellungen machen konnte. Auch zahlreiche technische Probleme werden früher oder später nur dank der Erschließung des Weltraums erfolgreich bearbeitet werden können.

Die mit Hilfe der Raumfahrttechnik gegenwärtig und in naher Zukunft lösbaren Aufgaben faßt man in vier großen Bereichen zusammen:

- Erdbezogene Datenermittlung (Fernerkundung der Erde) und Überwachungen
- Forschungen auf den Gebieten Astronomie, Medizin, Biologie, Werkstoffwissenschaften, Physik, Chemie und Psychologie



*Das Maricopabecken (Arizona/USA), flankiert von teils vegetationslosen Bergen. Im Falschfarbenbild zeigen sich als tiefroter Flächen die bewässerten Getreide- und Luzernefelder und blaßrot bis bläulichrot die Baumwoll- und Zitrusfrüchteanpflanzungen.*

- Produktion im Weltraum (Energie, spezielle Materialien, chemische Substanzen)
- Stationen als Basen raumfahrttechnischer Aktivitäten (Weltraumhafen, Treibstoffversorgung, Zusammenbau, Wartung und Reparatur von Raumfahrzeugen).

Verständlicherweise gelangten bis heute die einzelnen Gebiete zu einer recht unterschiedlichen Bedeutung. So konnte man weder bei Salut noch bei Skylab von Welt-raumbasen sprechen, von denen eine Vielzahl neuer Raum-fahrtaktivitäten ausgegangen wären. In allen anderen

Bereichen dagegen wurden an Bord dieser Stationen bereits beachtliche Ergebnisse und Erkenntnisse erzielt.

In der Tat umfaßt gerade dieser Bereich viele Aktivitäten, die unser Leben bereits seit Jahren bereichert und positiv beeinflußt haben.

Genannt seien hier nur:

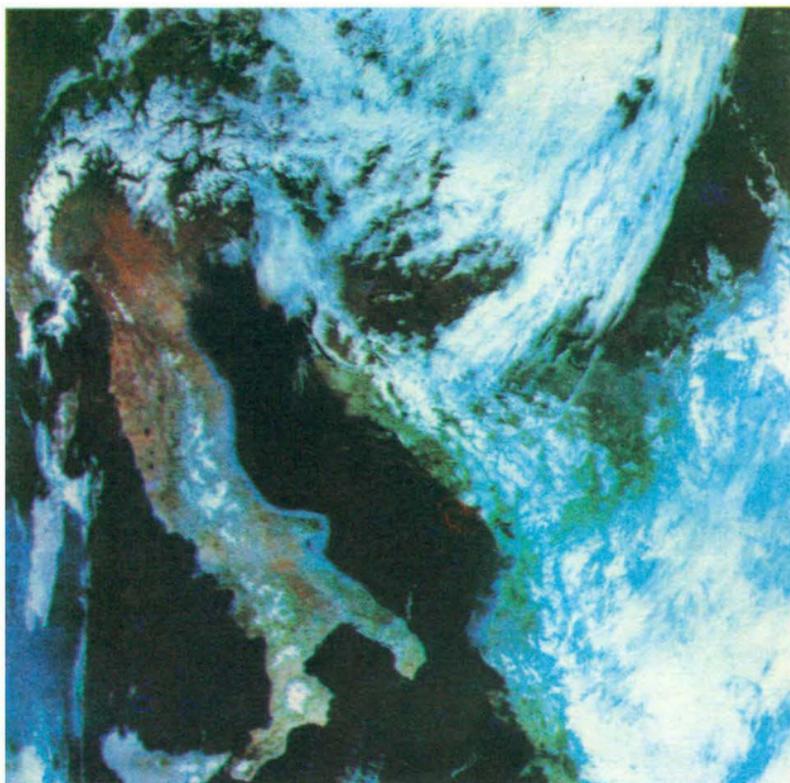
- die Wettervorhersage
- die satellitengebundene Nachrichtenübermittlung mittels Radio, Fernsehen und Telefon
- der Katastrophenwarndienst, der sowohl die Atmosphäre als auch die gewaltigen Wasserflächen unseres Planeten einbezieht
- die Suche nach Bodenschätzen, nach Wasser und ergiebigen Fischfanggebieten
- eine Kontrolle des Pflanzenwuchses und das Feststellen eines eventuellen Schädlingsbefalls oder von Flächenbränden
- die Einschätzung der Verschmutzung von Meeren, Flüssen und bestimmten Atmosphärenschichten sowie
- der Ausbau der Überwachung und Lenkung des Luft- und Seeverkehrs.

## »Aladins Wunderlampe«

In der Geschichte der erfolgreichsten Warnungen aus dem Weltraum steht die Rettung von mehr als 10000 Bewohnern der Fidschi-Inseln mit an erster Stelle. Ein Satellit hatte den Taifun bereits entdeckt, als er noch mehr als 800 km von bewohnten Gebieten entfernt war. Eine Evakuierung der Menschen war dadurch noch möglich.

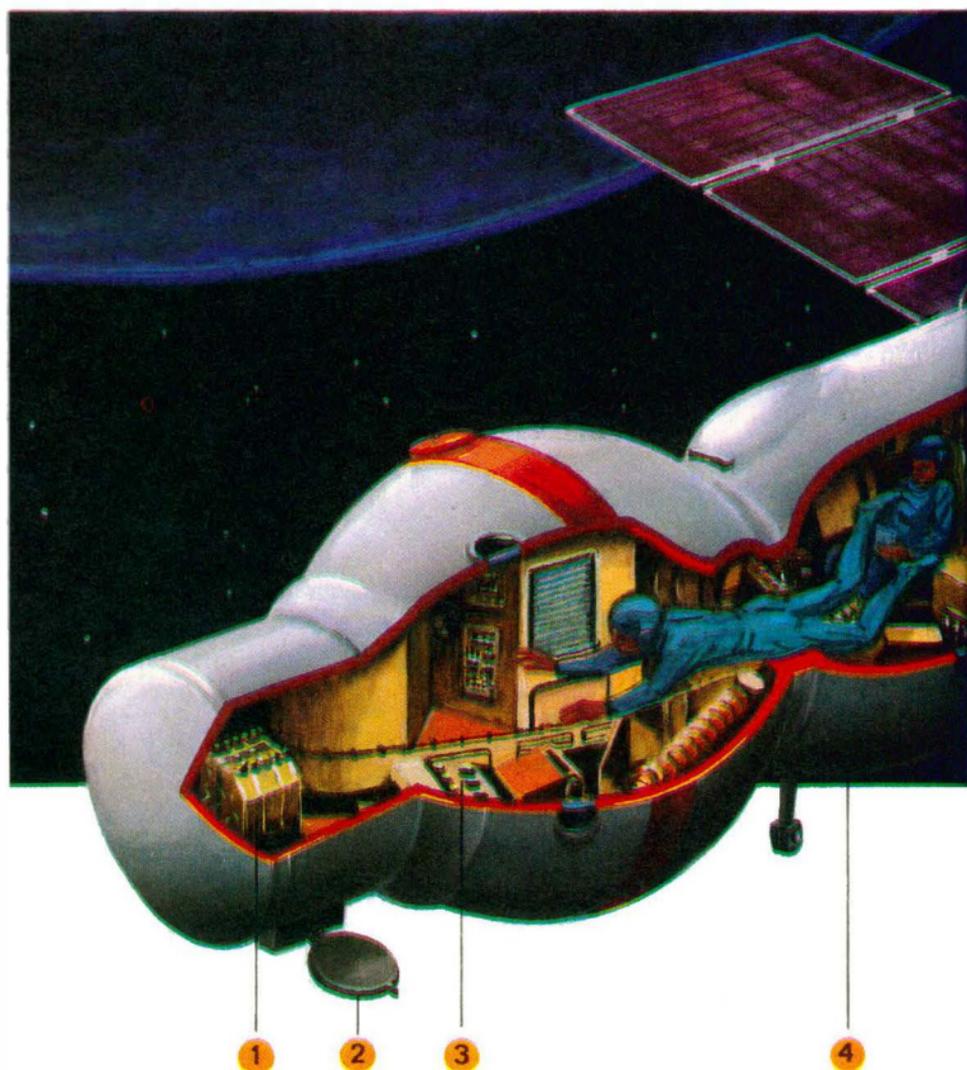
Die Beobachtungsmethode war damals, Anfang der sechziger Jahre, noch recht unkompliziert; es genügten Photoapparate, einfache Aufnahme- und Übertragungsgeräte oder auch das bloße Auge.

Erstaunen gab es erst später, als Meldungen Verbreitung fanden, daß die Erdoberfläche auch während der Nacht beobachtet werden könne und Verfahren erprobt würden, vom Kosmos aus auf der Erde Vorgänge und Gegenstände sichtbar werden zu lassen, die dem menschlichen Auge auf direktem Wege nie zugänglich wären.



*Farbsynthesebild von Multispektralaufnahmen. Während über dem nördlichen Teil (im Bild oben) starke Wolkenfelder lagern, sind die schneebedeckten Gipfel der Alpen und die fast wolkenlosen Gefilde Italiens deutlich auszumachen.*

Nachrichten darüber, daß man von der Umlaufbahn aus in den Rocky Mountains eine illegale Alkoholbrennerei, in Frankreich einen starken Schädlingsbefall an landwirtschaftlichen Kulturen und in den Gewässern um Tokio große Mengen von Giftstoffen und anderen Verunreinigungen entdeckt hatte, muteten daher zuerst wie Aprilscherze an. Als darüber hinaus noch mitgeteilt wurde, daß Menschen, die selbst in unmittelbarer Nähe der genannten Gebiete tätig waren, vom Charakter bzw. von der Beschaffenheit der Objekte nicht die geringste Ahnung besaßen, bekam die Erderkundung aus dem Kosmos fast mystische Züge. Gleichzeitig tauchten Begriffe wie »thermisches Infrarot«, »Falschfarbenphotographie« und »Multispektralaufnahmen« auf. Offensichtlich standen



*Die Multispektralkamera »MKF-6« im Raumschiff »Sojus 22«. Ihre 172kg Masse stellten an die Festigkeit der Kapsel außerordentlich hohe Ansprüche. Zur Kontrolle ihrer Funktionssicherheit lief während des Einsatzes im Weltraum ständig auf der Erde ein Zweitexemplar der Kamera mit. 1 – Kassetten der Kamera; 2 – aufschwenkbarer Deckel der Fotoluke; 3 – Steuerpult der Kamera; 4 – Kommandosektion*

neue Geräte und Verfahren zur Verfügung, die eine höhere Qualität der Fernerkundung unseres Planeten aus dem Weltraum ermöglichten.

Einigen dieser neuen Methoden liegt die Tatsache

zugrunde, daß lediglich ein sehr geringer Teil der von jedem beliebigen Objekt ausgehenden – reflektierten bzw. emittierten – Strahlung vom menschlichen Auge wahrgenommen werden kann. Den weitaus größten Teil verbucht unser Sehvermögen unter »unsichtbar«.

Das »Geheimnis« der neuartigen Verfahren liegt einerseits darin, bestimmte, besonders aussagekräftige Bereiche des für uns unsichtbaren Teils der Strahlung erkennbar werden zu lassen, und andererseits, die gewonnenen Daten durch eine Bearbeitung aussagefähig zu machen.

Die erst nach langer Zeit plötzlich entdeckte illegale Alkoholbrennerei, der erst aus kosmischer Ferne erkannte Schädlingsbefall und die schon in ihrer Anfangsphase festgestellte Verseuchung der Bucht von Tokio lassen sich in diesem Zusammenhang leichter erklären.

Bei der Herstellung von Alkohol, überhaupt bei einer Vielzahl chemischer Prozesse, verflüchtigen sich bestimmte Stoffe, jedoch nicht ohne in der unmittelbaren Nachbarschaft Spuren zu hinterlassen. Diese Spuren bleiben dem menschlichen Auge verborgen. Erst die Aufnahme dieser Objekte in einem charakteristischen Wellenlängenbereich – und der muß erst durch zahlreiche Tests herausgefunden werden – läßt diese Ablagerungen bzw. flüssigen oder gasförmigen Verunreinigungen deutlich hervortreten.

Ein ähnlicher Vorgang spielt sich bei kranken Agrokulturen ab. Der Schädlingsbefall verändert den Stoffwechsel der Pflanzen beträchtlich; die Folgen können eine verminderte oder vermehrte Wasseraufnahme oder ein gestörter Mineralhaushalt sein.

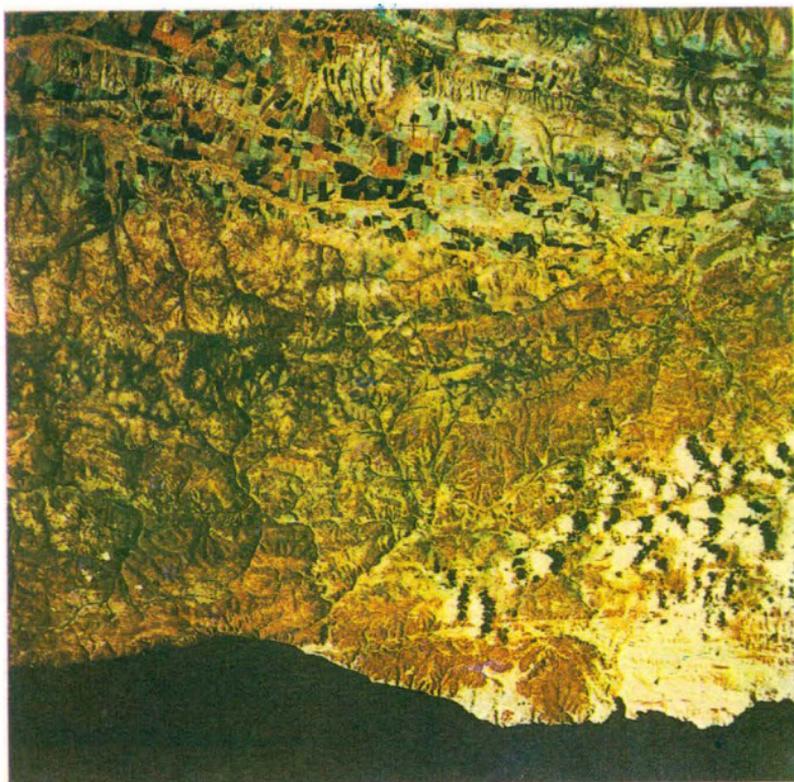
Ein spezielles Aufnahmeverfahren lüftet dieses Geheimnis genauso wie die Natur der im Meerwasser befindlichen Schweb- und Sinkstoffe.

Ein unbewaffnetes Auge sieht davon nichts.

International besteht darüber Einigkeit, daß sich die Fernerkundung der Erde erst in ihrer Anfangsphase befindet. Dennoch gibt es bereits zahlreiche Methoden, bei denen Daten über Naturressourcen und die Umwelt vom Weltall aus mit Hilfe von Empfängern für elektromagnetische Wellen gesammelt werden.

Trotz dieser vom Prinzip her richtigen Aussage fällt es aber recht schwer, die mit der Multispektralkamera MKF-6 bzw. MKF-6M des VEB Carl Zeiss Jena in »Sojus 22« und »Salut 6« erzielten Ergebnisse lediglich als Anfangserfolg zu bezeichnen. Jedes ihrer sechs Objektive bildet bei einer Flughöhe von 280 km ein Gebiet von  $115 \times 170$  km ab, also rund  $20\,000$  km<sup>2</sup>. Die bei der Abbildung auftretende scheinbare Abweichung von der tatsächlichen Lage ist für jeden Punkt dieses Gebietes kleiner als 6 m. Um die Bedeutung dieses Wertes ermessen zu können, sei daran erinnert, daß eine gute Karte des Maßstabes 1:10 000 gerade diesen

*Farbsynthesebild aus MKF-6-Aufnahmen zur Umweltforschung am Beispiel des Gebiets um den mittleren Baikalsee. Die »Sojus-22«-Aufnahme zeigt großräumige geologische Strukturen am Nordufer gegenüber dem Selenga-Zufluß. Die Landwirtschaftszone hinter der Gebirgsregion stellt sich mit abgeernteten Feldern, frisch gepflügtem Land und der aufgehenden jungen Zwischenfrucht in deutlich zu unterscheidenden Farbflächen dar.*



Fehler aufweist. Gängige Touristenkarten besitzen den Maßstab 1 : 50 000. Ihre Genauigkeit wird also bei weitem durch die MKF-6-Bilder aus dem Kosmos übertroffen.

Dieses Gebiet von 20 000 km<sup>2</sup> wird auf einem Negativ von 55 mm × 81 mm abgebildet, das heißt, auf einem Drittel einer Postkarte. Zwei Postkarten würden somit das Gebiet unserer ganzen Republik aufnehmen, wobei noch jedes Haus zu erkennen und seine Lage höchstens mit einem Fehler von 6 m behaftet wäre. Damit wird eine extrem hohe Informationsdichte erreicht. Man kommt mit sehr wenig Filmmaterial aus, was für den Raumflug große Vorteile bietet. Selbstverständlich werden extreme Anforderungen an das Auflösungsvermögen von Objektiv und Film gestellt. Im Falle der MKF-6 oder MKF-6M mit sowjetischem Filmmaterial ist es besser als 160 Linienpaare pro Millimeter.

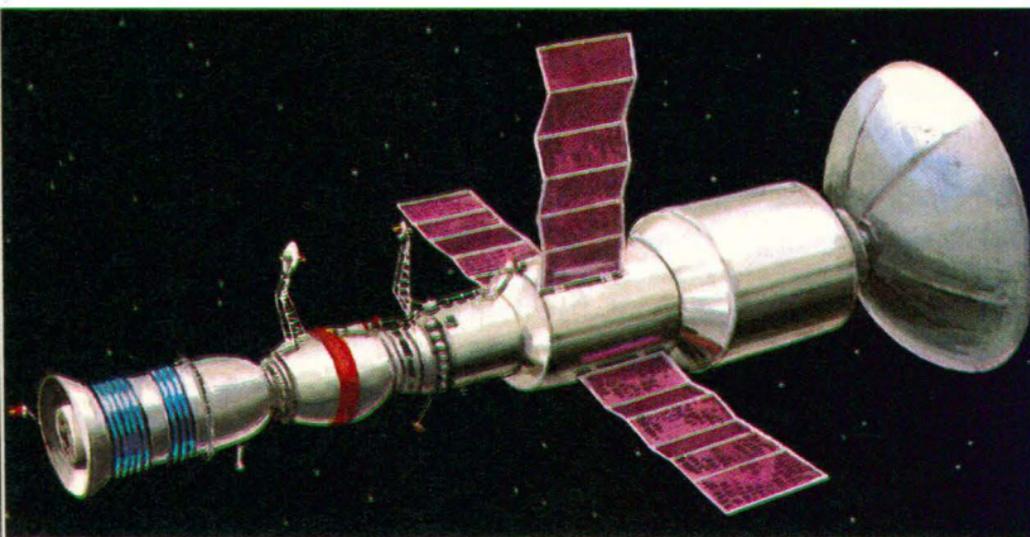
Wenn solche Möglichkeiten auch erst die Anfangsphase dieser Form von Erderkundung darstellen – auch von Skylab und den Landsat-Satelliten liegen gute Multi-spektralaufnahmen vor –, geht man doch nicht fehl, auf diesem Gebiet noch Außerordentliches zu erwarten.

Und dabei ist die Fernerkundung nur *ein* Zweig der Erdbeobachtung!

## Die Forschung kommt nicht zu kurz

Vom ersten Sputnik an über die bemannten und unbemannten Flüge bis hin zu einem großen Teil der Arbeiten in Skylab- und den Salut-Stationen dienten alle Raumfahrtvorhaben zugleich auch der Forschung. Begreiflicherweise standen dabei in den ersten Jahren mehr die Fragen der Raumfahrtphysiologie und -psychologie sowie der Biologie im Vordergrund, während z. B. Probleme der Weltraumforschung, der Physik, Chemie und Werkstoffwissenschaften erst nach und nach bei der Aufstellung der Arbeitsvorhaben Berücksichtigung fanden.

Vor allem die Astronomen bekunden heute für *Beobachtungen im Weltraum* großes Interesse. Ihnen genügen die Observatorien auf der Erde nicht mehr. Selbst wenn diese hoch in den Bergen gelegen sind, treten durch



*Einer der Höhepunkte in der Forschungsarbeit von »Salut 6« war die Installation eines Radioteleskops.*

die Atmosphäre, die die kosmische Röntgen- und die Gammastrahlung zurückhält, starke Beschränkungen für die Forschungsarbeit auf. Nahezu dasselbe gilt für die Ultraviolettstrahlung. Wenn man sich jedoch in den Welt- raum begibt, steht praktisch die gesamte elektromagneti- sche Strahlung für Untersuchungen zur Verfügung.

Während aber die Beobachtungen in den drei genannten Strahlungsbereichen bereits seit längerer Zeit fester Be- standteil der Raumfahrtprogramme sind – Untersuchun- gen im niedrigen Frequenzbereich wurden durch amerika- nische RAE-Satelliten durchgeführt –, schlug die Geburts- stunde für die extraterrestrische Radioastronomie großen Umfangs erst mit »Salut 6«. Das ist darauf zurückzuführen, daß der technische Aufwand außerordentlich hoch ist und allein die Antennen moderner Radioteleskope hochpräzise Konstruktionen von einer Größe sind, die die Abmessun- gen der gegenwärtigen Raumflugkörper weit übertreffen. Auf der Basis der bereits vorhandenen Raumstationen und Zubringer läßt sich jedoch schon heute ein Weltraum- Radioobservatorium einrichten. Dazu ist es erforderlich, eine automatisch ausfahrbare Antenne auf eine Erdum- laufbahn zu bringen und in die Station einzubauen. Der Transport eines solch komplizierten und hochempfind-

lichen Gerätes zur Station und seine Installation wurden dank des regulären Verkehrs Erde – Raumstation mit Hilfe der Progress-Frachter möglich. Die Kosmonauten benötigten mehrere Tage, um die ungewöhnliche Ladung aus »Progress 7« in die Arbeitssektion von »Salut 6« zu bringen, danach den mechanischen und elektronischen Teil zu montieren und das Teleskop auf das Ausfahren in den freien Raum vorzubereiten.

Neben der Erforschung des tiefen Weltraums erwiesen sich Untersuchungen der Sonne und ihrer Aktivitäten für das Verständnis vieler Prozesse auf unserem Planeten und in seiner Nähe als außerordentlich nützlich. So gab es z. B. in Skylab ein Sonnenobservatorium, das für insgesamt acht Experimente mit fünf Fernrohren – jedes länger als 3 m – ausgerüstet war.

Ein weiteres Feld der Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Physik und Geophysik ist ebenfalls durch die Inbetriebnahme von Raumstationen eröffnet worden. Ein kleinerer Teil davon wird gegenwärtig mit Hilfe von Satelliten und unbemannten Sonden bearbeitet. Durch die Anwesenheit des Menschen im Raum werden jedoch weitaus größere Möglichkeiten eröffnet, die hier nur stichpunktartig aufgeführt sein sollen:

- Erforschung der physikalischen Gesetze von Atmosphäre, Ionosphäre und Magnetosphäre der Erde und des interplanetaren Raumes
- Untersuchung des Einflusses der kosmischen Strahlung auf das Wetter, das Magnetfeld und die Lebensbedingungen auf der Erde
- Forschungen über den Aufbau der Materie
- Erkundung photochemischer Prozesse in der Atmosphäre und im Weltraum
- Beiträge zur Gravitationstheorie, zur Kosmogonie und Kosmologie
- Nordlichtforschung
- Überwachung und Beeinflussung des Wärmehaushaltes der Erde.

Für die Forschung auf den angesprochenen Gebieten ist die direkte Mitwirkung des Menschen an Bord der Raumstation zum großen Teil erforderlich, obgleich auch weiterhin unbemannte Satelliten eingesetzt werden.

Beobachtungen der Polarlichter vom Weltraum aus gehörten z. B. zum Arbeitsprogramm der ersten Stammbesatzung von »Salut 6«; Monate später führten andere Mannschaften diese Untersuchungen fort.

Sicherlich nicht ohne Grund machen *medizinisch-biologische* Experimente den Hauptanteil an den wissenschaftlichen Untersuchungen innerhalb der Raumstationsprogramme aus.

Beim gemeinsamen Weltraumflug UdSSR-DDR führten die Besatzungsmitglieder allein zehn Experimente von insgesamt 23 auf dem für die bemannte Raumfahrt kommenden Jahrzehnte sehr wichtigen Gebiet der Lebensforschung durch.

Im medizinischen Bereich waren das die Versuche: »*Sprache*«. Ziel dieses Experimentes war es, aus einer Frequenz- und Amplitudenanalyse beim Aussprechen der Zahl 226 (gesprochen: zwei-sechszwanzig; das Wort enthält alle Vokale) auf den physischen und psychischen Zustand des Kosmonauten zu schließen.

»*Audio*«. Da bei der Durchführung bemannter Raumflüge bei verschiedenen Besatzungsmitgliedern ungünstige individuelle Reaktionen auf Störgeräusche in der Kabine festgestellt wurden, sollte mit diesem Experiment der Einfluß der Raumflugfaktoren auf das Gehör der Kosmonauten getestet werden.

»*Befragung*«. Die Befragung mittels Fragebogen umfaßte Probleme der Ernährung, des Wasserbedarfs, des Wesens von Schlaf und Traum, Besonderheiten beim Sehen, Hören und Riechen, der Sprache, der handwerklichen Fähigkeiten und der ästhetischen Bedürfnisse und sollte Informationen über psychische Zustände, wie Ermüdung, Monotonie, Sättigung und Streß, liefern.

»*Zeit*«. Da zahlreiche Bodenexperimente zeigten, daß das Zeitempfinden von Raumfahrern großen Schwankungen unterliegt, war es Ziel dieses Experiments, das subjektive Zeitempfinden jedes Besatzungsmitgliedes zu testen.

»*Geschmack*«. Bei diesen Untersuchungen ging es darum, den Einfluß von Raumflugfaktoren auf das Geschmacksempfinden der Kosmonauten genauer kennenzulernen.

»*Freizeit*«. Dieses Experiment schließlich sah die Durchführung von Fernsehaufzeichnungen mit dem Bord-



*Farbsynthesebild von MKF-6-Aufnahmen zur Gletschererkundung und -überwachung im Gebiet des Pamir-Alai-Gebirges, UdSSR. Auf diesem Bild erscheint die Vegetation im rötlichen Farbton, während Sand- und Gesteinsflächen in Blau- bis Grüntönen wiedergegeben sind. Derartige Aufnahmen aus dem Kosmos besitzen bei den verwendeten Film/Filterkombinationen eine Detailerkennbarkeit am Boden bis zu  $10\text{m} \times 10\text{m}$ . Mit Hilfe derartiger Aufnahmen konnten neben 30 bekannten noch 79 bisher unbekannte Gletscher lokalisiert werden.*



*Sigmund Jähn und Alexander Iwantschenkow in »Salut 6« beim Experiment »Audio«. Im Bild ist deutlich erkennbar, daß alle Gegenstände durch Befestigungsgurte an ihren Plätzen gehalten werden. Im Hintergrund befindet sich an der Decke der Station einer der Ventilatoren, die für einen Umlauf der Atemluft zu sorgen haben.*

Videomagnetbandgerät vor und diente dazu, die Ausgestaltung der Freizeit der Besatzungen zu verbessern.

Im biologischen Bereich waren vier Testreihen, nämlich »Gewebekultur«, »Mikroorganismen«, »Bakterienwachstum« und »Stoffwechsel der Bakterien«, vorgesehen. Sie dienten dem Ziel, den Einfluß der Schwerelosigkeit auf die Bildung und Entwicklung komplizierter Zellstrukturen zu ergründen.

Darüber hinaus fanden und finden auch bei anderen Raumfahrtmissionen wichtige Tierversuche statt. Unter anderem hinsichtlich der

- Beeinflussbarkeit von Mutationen unter Schwerelosigkeit und Strahleneinfluß
- Befruchtung und embryonalen Entwicklung in der Schwerelosigkeit

– allgemeinen Entwicklung von Lebewesen, die in der Schwerelosigkeit aufwachsen.

Wenn auch die Raumfahrtmedizin vor allem der Vorbereitung der Astronauten und Kosmonauten auf ihre Flüge und der Betreuung während ihrer Einsätze und nach der Rückkehr dient, nähren bestimmte Forschungsergebnisse dennoch die Hoffnung, daß es später möglich sein könnte, Herzkranke in Raumstationen unter Verwendung eines geregelten Schwerkraftersatzes und Geschwulstleiden unter Ausnutzung der Weltraumstrahlung zu heilen.

Auch der Elektrophorese, einem Verfahren, das in Technik, Chemie und Medizin zur Trennung und Analyse von Stoffgemischen angewandt wird, schreibt man eine wesentlich erhöhte Effektivität zu, wenn sie unter Welt-raumbedingungen ausgeführt wird. Da sie bisher die einzige Möglichkeit darstellt, biologisches Material gleicher Art nach ihren Funktionen zu trennen, z. B. junge von alten und gesunde von kranken Zellen, gewinnt die Elektrophorese im Kosmos eine erstrangige Bedeutung für die Krebsforschung.

Auch die sogenannte Biorhythmik läßt sich an Bord einer Raumstation unter besonders günstigen Bedingungen studieren. Lebensrhythmen treten bei allen lebenden Organismen auf. Sie lassen sich nicht alle eindeutig auf die Rotation unserer Erde und den damit verbundenen Wechsel von Licht, Dunkelheit usw. zurückführen. In der Umlaufbahn ist es nun möglich, diese Phänomene völlig losgelöst von den irdischen Effekten zu studieren. Da man festgestellt hat, daß sich biorhythmische Vorgänge auf die Leistungs- und Belastungsfähigkeit des Menschen enorm auswirken können, ist ihre Erforschung auch unter Welt-raumbedingungen von allgemeinem Interesse. Beispielsweise tritt bei Flugzeugbesatzungen und Sportlern nach transkontinentalen Ortsveränderungen durch die Zeitverschiebung von mehreren Stunden, also durch eine empfindliche Störung des Biorhythmus, ein deutlicher Leistungsabfall zutage.

Erwähnt sei auch, daß Wissenschaftler die Produktion von Impfstoffen in Raumstationen vorgeschlagen haben. Für alle Teilprozesse würden die Weltraumbedingungen ausgenutzt werden können: Bakterienkulturen vermehren

sich unter Schwerelosigkeit weitaus schneller, der Trennprozeß durch Schleudern und Elektrophorese ist in der Schwerelosigkeit effektiver, die Gefriertrocknung kann im Weltraum ohne Energieaufwand durchgeführt werden, und die Sterilisation erfolgt unter Ausnutzung der intensiven ultravioletten Strahlung.

## »Made in Kosmos«

Mehrere Gesichtspunkte lassen sowohl eine Werkstoffforschung wie auch eine Fertigung und Produktion bestimmter Materialien im Weltraum als sinnvoll erscheinen.

Es bietet sich die Möglichkeit der Herstellung völlig neuartiger Produkte an.

Bekannte Werkstoffe erlangen im Kosmos gänzlich neue Eigenschaften.

Durch eine ungestörte und leicht kontrollierbare Umwelt können die Eigenschaften der Werkstoffe genau vorausbestimmt werden. Es ist ein extrem hoher Gütegrad erreichbar.

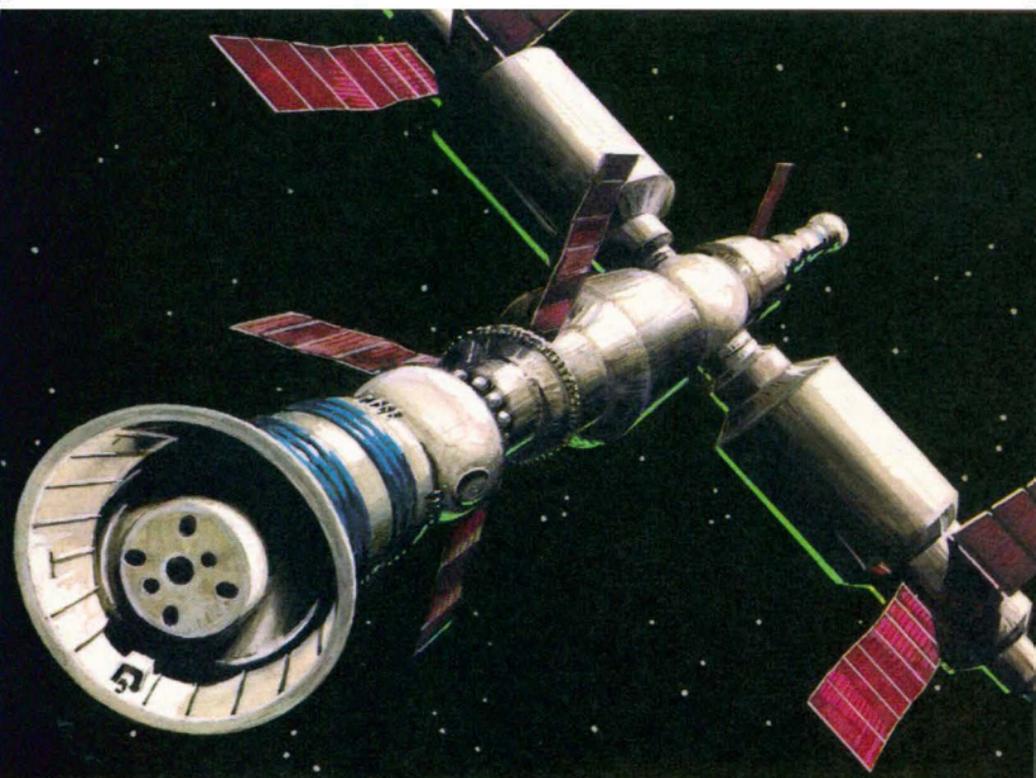
Aus den neuen Herstellungsprozessen lassen sich Erkenntnisse gewinnen, die auch den auf der Erde angewandten Verfahren zugute kommen.

Bekanntlich ist die Qualität eines Metalls oder einer Legierung in hohem Maße von seiner Reinheit abhängig. Auf der Erde wird diese jedoch durch Verunreinigungen beeinträchtigt, die während der Schmelze erfolgen. Sie entstammen dem für die Erhitzung notwendigen Brennstoff, der umgebenden Luft und dem Tiegelmaterial. Aus diesem Grunde wollen Verhüttungstechniker das Vakuum-schmelzen mittels konzentrierter Sonnenstrahlung bewerkstelligen. Aber selbst bei diesem modernen Verfahren wirkt immer noch die Schwerkraft der Erde, die den Werkstoff in den Schmelztiegel zwingt. In der Schwerelosigkeit und im Vakuum des Universums hingegen entfallen alle drei Verunreinigungsfaktoren. Jeder Stoff läßt sich behälterlos verflüssigen. Beliebig können Schmelzen durch Magnetfelder in der Schwebe gehalten, in Rotation versetzt oder in eine andere Bewegung gebracht werden.

Der wohl bisher bekannteste Weltraum-Werkstoff ist der sogenannte Schaumstahl, der aus Stahl und Helium gewonnen wird. Auf der Erde läßt sich Schaummaterial allenfalls aus Kunststoffen herstellen, z. B. Schaumgummi durch Einblasen von Luft. Das ist jedoch bei Metall nicht möglich, weil das in das dünnflüssige Material eingeblasene Gas leichter ist und sofort nach oben steigt. In der Schwerelosigkeit hingegen bildet das geschmolzene Metall Tröpfchen, die sich mit den Gasbläschen mühelos mischen lassen. Bei der Abkühlung entsteht dann ein völlig neuartiger, poröser und schwammartiger Stoff, der leicht wie Kork, aber hart wie Stahl ist. Auf ähnliche Weise können auch Schaumaluminium, Schaumglas und Schaumkeramik hergestellt werden.

Ein weiteres Produktionspotential für Raumstationen liegt auf dem Gebiet der Kompositwerkstoffe. Man ver-

*Sowjetische Vorstellungen für die nächsten Jahre: gekoppelte Salutstationen*



steht darunter Materialien, die sich aus normalerweise nicht legierbaren Bestandteilen zusammensetzen. Ein Beispiel für Kompositwerkstoffe sind die faserverstärkten Kunststoffe.

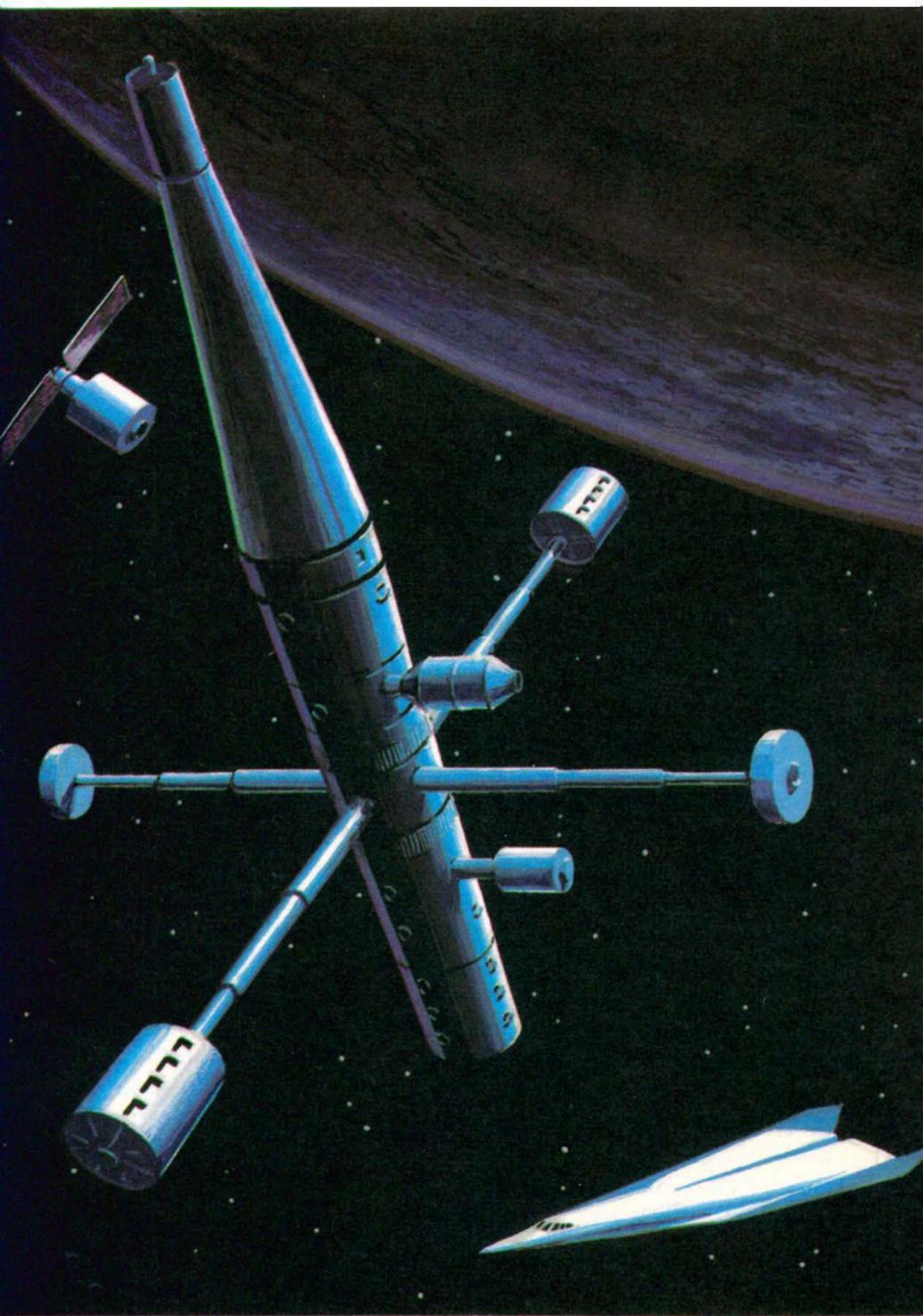
Im Schwerfeld der Erde lassen sich viele Werkstoffe infolge ihrer Unterschiede im Schmelzpunkt und in der Dichte nur unter großem technischem Aufwand mischen. In Raumstationen können solche Kompositwerkstoffe leichter hergestellt werden, womit eine Vielzahl neuer Werkstoffe zur Verfügung stehen würde. Auf der Erde können dagegen nur kleinste Mengen (einige Gramm) im Schwebeschmelzverfahren produziert werden.

Weiterhin sind Vorhaben bekannt, die auf die Fertigung von Industriediamanten unter Drücken von  $101,325 \cdot 10^3$  Pa (1 atm), im Gegensatz zu heutigen Verfahren mit über  $7 \cdot 10^9$  Pa, abzielen. Wichtigste Voraussetzung dafür, daß sich aus dem über einen Diamanten als Kristallisationskern streichenden Methan von 1027 K (1300 °C) eine Vergrößerung des Diamanten ergibt, ist eine absolut reine Oberfläche des Ausgangsdiamanten, die im Labor nur teilweise erfolgreich durch Ionenbeschuß erzielt werden konnte. In einer Raumstation könnte die absolut reine Oberfläche mit Hilfe der natürlichen Strahlung des Weltraums zustande kommen, wodurch eine billigere Fertigung von Industriediamanten möglich wäre.

Die Entwicklung hochleistungsfähiger optischer Geräte erfordert immer mehr den Einsatz von Gläsern mit außergewöhnlichen Eigenschaften. Diese Eigenschaften können oft nur durch kompliziert zusammengesetzte Gläser realisiert werden, deren praktische Herstellung jedoch mit großen technologischen Schwierigkeiten verbunden ist. Ursache dafür ist das unterschiedliche Verhalten der verschiedenen Glasbestandteile beim Erschmelzen derartiger Gemische, deren Folge häufig Inhomogenitäten sind, die eine Nutzung dieser Gläser ausschließen.

Unter irdischen Bedingungen verteilen sich die Inhomogenitäten in der Schmelze infolge der Konvektion

*In einer Raumbasis befinden sich Forschungsstätten, Unterkünfte und Energiezentrale eng beieinander, aber räumlich getrennt, auf einer Umlaufbahn.*



schlierenhaft auf große Bereiche, so daß oft ungewünschte Kristallbildungen auftreten. Ein weiteres Produktionsfeld für Raumstationen wäre deshalb die Herstellung hochwertiger Gläser mit geringerer Streuung und höherem Brechungsindex. Allerdings macht es sich dabei erforderlich, daß die Herstellung der genannten Produkte außerhalb der Station vor sich geht. Die ersten Versuche auf diesem Gebiet – das Schmelzen und Erstarren eines kompliziert zusammengesetzten Glases – erfolgten mit Hilfe des Schmelzofens »Splav 01« an Bord von »Salut 6«.

Für die Arzneimittel- und Arzneipflanzenindustrie können sowohl die sterile Umgebung im Weltraum als auch die Schwerelosigkeit Vorteile bringen. Schätzungsweise lagern im Schwerfeld der Erde bis zu 85% der Energie einer Pflanze im Stamm oder Stengel und nur 15% in den Blättern und Blüten, aus denen die Medikamente gewonnen werden. Im Weltraum könnten die Verhältnisse umgekehrt sein; die Pflanzen könnten außerdem ohne festen Nährboden in Flüssigkeiten oder in vernebelten Nährstoffen gezüchtet werden.

Es ist im Rahmen dieses Bandes nicht möglich, weitere oder sogar alle bis heute bekanntgewordenen Vorschläge für eine Produktion im Kosmos aufzuzählen. Dazu gehören z. B. die Kristallzüchtungen, die Fabrikation von Dünnschichtableitern, die Faser- und Whiskertechnologie und die mikrobiologische Fermentation. Auch auf die Vakuumdestillation, spezielle Vorhaben zur Energetik, die Supraleitfähigkeitsforschung, auf Dünnschichttechnologie, Schweißtechnik, Kühltechnik und Strahlungschemie im Zusammenhang mit möglichen Weltraumtechnologien können wir hier nicht eingehen, obwohl Raumfahrtbücher diese schon seit längerer Zeit erwähnen.

Die ersten Ergebnisse – das kann nach vielen erfolgreichen Versuchen im Weltraum ohne Zögern ausgesprochen werden – stimmen optimistisch. Sie sollten jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, daß für den Beginn einer Produktion auf den genannten Gebieten von Experten die Jahre zwischen 1985 und 2030 angegeben werden.

---

# Pendler zwischen Erde und Weltraum

---

Der Begriff »Zubringerverkehr« wird in der Raumfahrttheorie und -praxis immer im Zusammenhang mit Raumstationen verwendet. Man versteht darunter Flüge, die programmgemäß Transportgüter, zum Leben notwendige Materialien, Treibstoffe, wissenschaftliche Geräte und Besatzungen von der Erdoberfläche zur Station sowie die Mannschaften und ihre Arbeitsergebnisse auch wieder zur Erde zurückbefördern.

Bis 1978 wurden ausschließlich bemannte Zubringer eingesetzt. Sie konnten aus Platzgründen nur sehr begrenzte Mengen Material mit in den Weltraum nehmen. Nun rückt die Zeit heran, in der die in einer Raumstation hergestellten Stoffe, die Forschungsergebnisse usw. eine solche Quantität erreicht haben werden, daß die heute noch übliche Rückführung zur Erde in der Landekapsel der Raumschiffe, gemeinsam mit der Besatzung, einfach nicht mehr ausreicht.

In der sowjetischen Raumfahrt wurde deshalb bereits der Einsatz von unbemannten, automatisch zurückgeführten Sojus-Raumschiffen erprobt. Eine derartige Flugvariante stellte bereits »Sojus 20« dar. Bei Stationen vom Typ »Salut 6«, die bekanntlich für das gleichzeitige Anlegen zweier Raumschiffe, auch unbemannter, die dazu notwendigen Kopplungsvorrichtungen besitzen, werden diese Zubringer auch künftig eine Rolle spielen.

Raumstationen werden auf Grund ihrer beträchtlichen Ausmaße in Höhen von 300 bis 350 km selbst durch die außerordentlich geringe Anzahl von Luftmolekülen im Laufe der Zeit merklich abgebremst. Wenn die Bahnen solcher Stationen nicht wiederholt angehoben werden,

wozu sich ein Treibstoffnachschub erforderlich macht, ist ein Absinken der genannten Flugkörper in die dichteren Schichten der Atmosphäre und damit ein Ende ihrer Existenz nicht mehr zu vermeiden.

Ist dagegen die Möglichkeit gegeben, mittels Zubringerraumschiffen Treibstoffe und darüber hinaus Ersatz für andere verbrauchte Materialien in die Erdumlaufbahn zu befördern, erhöhen sich Lebensdauer und Nutzungsmöglichkeiten einer Raumstation beträchtlich.

## Die bisherigen Zubringer

Bis zum Januar 1978 wurden von der UdSSR sechs Raumfahrzeuge des Typs Sojus und bis 1973 von den USA drei des Typs Apollo als Zubringer eingesetzt. Sie brachten ausschließlich Besatzungsmitglieder zu den Salut-Stationen bzw. zu Skylab und ermöglichten den Raumfahrern mit ihren Rückkehrsektionen die Heimkehr.

Sojus war anfangs für drei, später für zwei, Apollo, noch von den Mondflügen her, für drei Besatzungsmitglieder ausgelegt.

Bei dem zweiten Skylab-Einsatz wurde von der NASA kurzzeitig eine Rettungsvariante des Apollo-Raumschiffes für fünf Astronauten vorgestellt, die jedoch glücklicherweise nicht für eine dramatische Aktion benötigt wurde.

Am 22. Januar 1978 koppelte »Progress 1«, gefüllt mit Treibstoff, Wasser, Atemgasen und anderen notwendigen Gütern, als erster unbemannter Zubringer an einer Raumstation an. »Salut 6« befand sich zu dieser Zeit bereits vier Monate im Weltraum und hatte schon über acht Wochen eine Kosmonautenmannschaft an Bord.

Der Betrieb einer solchen Langzeitstation wie »Salut 6« mit wechselnder Besatzung macht in einem Jahr etwa 10 Nachschub erforderlich. Zur Sicherung dieses kontinuierlichen Frachtenstromes setzte die Sowjetunion erstmals zwischen Erde und Raumstation unbemannte Zubringerraumschiffe ein. Da die zur Erde zurückzuführenden Materialien und wissenschaftlichen Ergebnisse noch in der Rückkehrkapsel der bemannten Sojus-Raumschiffe Platz finden, wurde Progress als Einweg-Transportraumschiff



*Sowjetisches Einweg-Transportraumschiff »Progress 1«, durch dessen Einsatz die Lebensdauer von Raumstationen wesentlich erhöht werden kann. 1 – Kopplungsadapter mit Anschlußstücken für die Tankleitungen; 2 – Nachtankleitungen; 3 – Frachtsektion mit Kraftstoffbehältern, Behältern für Druckgas und Stickstoff sowie Pumpen und anderen Geräten; 4 – Gerätesektion mit Antrieben und automatischer Steuerungsanlage*

konzipiert. Es besitzt also keine Rückkehrsektion. Die dadurch eingesparten Aggregate und Systeme – genannt seien hier nur die Bremstriebwerke, der dazugehörige Treibstoff, der Abschmelzschild und die Fallschirme – senken die Herstellungs- und Betriebskosten und erhöhen gleichzeitig die Nutzlast, die bei Progress 2,3 t beträgt.

Da es sich bei den Progress-Zubringern um modifizierte Sojus-Raumschiffe handelt, sind sich beide Flugkörper vom prinzipiellen Aufbau her sehr ähnlich.

Die Bugsektion, bei Sojus die Orbitalsektion, dient bei Progress der Beförderung von Trockenfrachten. Größere Stückgüter werden dabei an einem Gestänge befestigt, kleinere in Containern untergebracht.

Die Mittelsektion, bei Sojus die Kommando- bzw. Rückkehrkapsel, fungiert beim Transport als Tankersektion für den Treibstoff und enthält neben Nach-Tankanlagen die Druckgasbehälter zum Umpumpen der Treibstoffkomponenten von Progress in die Station.

Die Heckstation gilt, ähnlich wie bei Sojus, als Antriebs- und Steuerungssektion. Mit ihrer Hilfe kann Progress auch als Schubschiff der Raumstation eingesetzt werden und

beträchtliche Bahnkorrekturen vornehmen. Mit einer mittleren Bahnhöhe von 405 km kreiste »Salut 6« z. B. zwei Jahre nach ihrem Start 158 km höher als am Anfang.

Nach der Kopplung und nach der Überprüfung der Hermetisierung erfolgt durch die Besatzung das Entladen des Transportraumschiffs. Ist dieser Vorgang abgeschlossen, wird Progress mit Verschleißteilen, ausgedienten Aggregaten und Abfällen beladen, von der Station abgetrennt und auf eine Abstiegsbahn gebracht. Nach dem Abbremsen gelangt der Raumflugkörper in einem vorausgerechneten Raum in die dichteren Atmosphärenschichten, wo er verglüht.

Der Einsatz von unbemannten Transport-Raumschiffen setzt, darüber sind sich alle Experten einig, eine vollkommene Beherrschung der äußerst komplizierten Rendezvous-technik voraus. Daher stellen die erfolgreichen Einsätze von Progress den sowjetischen Raumfahrttechnikern auch auf diesem Gebiet das beste Zeugnis aus.

## Die »Wegwerf«-Rakete ist überholt!

Für die kommenden Jahrzehnte erwarten die Raumfahrtexperten als Zubringer Flugkörper, die mehrere Male wiederverwendet werden können und damit die seit Beginn der aktiven Raumfahrt zur Anwendung gekommenen »Wegwerf«-Raketen ersetzen.

Bereits seit Jahren verweisen vor allem Ökonomen auf die sehr geringe Wirtschaftlichkeit der bisher eingesetzten Trägersysteme. Als in höchstem Maße ineffektiv bezeichnen sie die Methode, 50 bis 60 m hohe und Abermillionen kostende Raketen – die amerikanische »Saturn V« ging in beidem sogar beträchtlich darüber hinaus – lediglich ein einziges Mal zum Transport einer Nutzlast zu verwenden und dann als Schrott zu behandeln. Dieser Vorgang sei ebenso widersinnig wie der bloße Gedanke, beispielsweise hochmoderne Flugzeuge vom Typ »TU 144« oder »Concorde« nach ihrem jeweils ersten Einsatz am Flugfeldrand abzustellen und zur Verschrottung freizugeben. Außerdem besitzen selbst die im Einsatz bewährten bisherigen bemannten und unbemannten Raumschiffe so große

Nachteile, daß die alleinige Förderung der erprobten Raumfahrttechnik sich auf die notwendige Ausweitung menschlicher Aktivitäten im Weltraum künftig äußerst hemmend auswirken würde. So sind die heutigen Zubringer für künftige Aufgaben zu wenig manövrierfähig. Sie sind nur für eine Fallschirmlandung geeignet, und sie besitzen auch eine zu geringe Tragfähigkeit. Da bei ihnen Manöver zur Veränderung ihrer Bahn, vor allem ihrer Bahnebene, lediglich bei einem sehr hohen Treibstoffverbrauch möglich sind, können sie nur dann in einen vorgesehenen Raum gebracht werden, wenn eine ihrer nächsten Erdumkreisungen durch diesen Raum verläuft. Das hat gegenwärtig zur Folge, daß sich Rettungsraumschiffe nur dann in Not geratenen Raumfahrern oder Raumstationen nähern könnten, wenn deren Bahn über dem Startplatz solcher Raumschiffe verläuft. Das erfolgt im allgemeinen nur einmal in 24 Stunden.

Aus den genannten und vielen hier aus Platzmangel nicht aufgeführten Gründen stehe, nach Auffassung der Raumfahrttechniker, eine neue Generation von Zubringern auf der Tagesordnung. Diese sollen, bei mehrmaliger Verwendbarkeit des größten Teils ihrer Bauelemente, in der Lage sein, in der Atmosphäre zu fliegen, eine erdnahe Umlaufbahn zu erreichen und nach ihrem Einsatz wie ein Flugzeug zu landen.

Das ideale Schema, das sich bisher in Ost und West herauskristallisiert hat, stellt eine zweistufige Ausführung mit parallel angeordneten Flugkörpern dar. Beide Stufen sind rückführbar, lenkbar und mit Tragflächen versehen. Start und Landung erfolgen wie bei einem Flugzeug auf einer Betonbahn. Das System kann man sich gut in Form von zwei übereinander angeordneten Flugkörpern vorstellen: einen größeren als Träger (Booster) und darauf im »Huckepack« einen kleinen (Orbiter). Beide sind, allerdings nur vom Äußeren her, Flugzeugen nicht unähnlich. Der Träger – die Unterstufe des Systems – startet von einer Piste. Ist die erforderliche Geschwindigkeit erreicht, trennt sich der Orbiter von ihm und gelangt mit Hilfe eigener Triebwerke in eine Erdumlaufbahn. Der Booster kehrt in dieser Zeit zum Ausgangsort zurück. Nachdem die Oberstufe des Systems die Aufgabe erfüllt hat, verläßt



sie die Umlaufbahn und landet nach aerodynamischer Abbremsung ebenfalls auf einem Flugplatz.

Obwohl bei einem Senkrechtstart, einem Raketenstart, größere Nutzlasten mitgeführt werden könnten, halten Theoretiker den eben beschriebenen Horizontal- oder Flugzeugstart für das System eines wiederverwendungs-fähigen Zubringers für vorteilhafter, da hierbei nach dem Abheben von der Rollbahn jedes Seitenmanöver ausgeführt und die zweite Stufe jederzeit ohne Richtungsbeschränkung gestartet werden könnte. Allerdings wird international die Realisierung eines Horizontalstart-Projektes zur Zeit noch als zu kompliziert und zu teuer angesehen.

Amerikanische Fachleute gingen daher an die Verwirklichung des Projekts »Space shuttle«, das einen Flugkörper mit einer nicht lenkbaren und nur teilweise für einen wiederholten Einsatz rückführbaren ersten Stufe und einer lenkbaren, flugzeugähnlichen Zweitstufe vorsieht.

Das Abgehen vom idealen Schema bedeutet dabei allerdings die Anwendung des vertikalen Raketenstarts und vor allem die Konzipierung mehrerer Elemente des Systems als Verlustgeräte.

Ganz ähnlich sehen die bis heute bekannt gewordenen sowjetischen Vorstellungen auf diesem Gebiet aus. Im Herbst 1979 hieß es, daß die UdSSR ebenso wie die USA an einem Raumtransporter arbeite und sich dabei bemühe, die wirtschaftlichste Variante zu realisieren.

## »Space shuttle«

Bereits einige Jahre aus dem Reißbrettstadium heraus, nach erfolgreichen Rollversuchen auf einer Piste und ersten selbständigen Landeanflügen aus 8 000 m Höhe vom Rücken einer »Boeing 747« herunter, präsentierte sich Mitte 1979 die Zukunft der amerikanischen und westeuropäischen bemannten Raumfahrt in Form des »Space shuttle«. In unserem Sprachgebrauch finden sich,

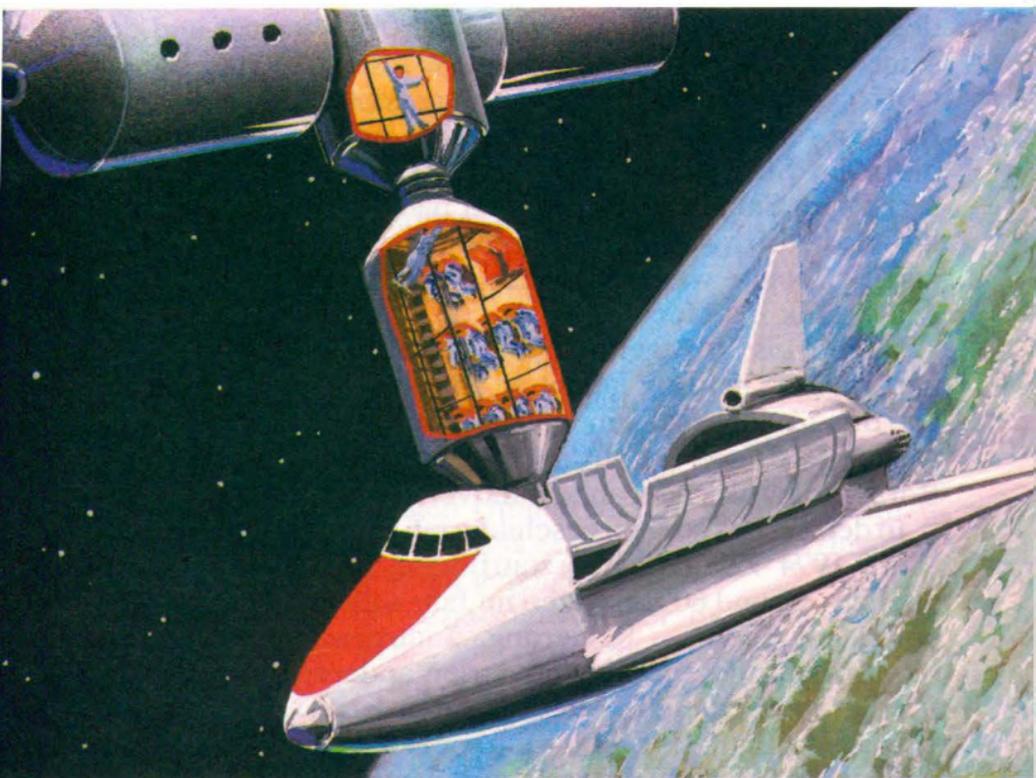
*Für einen mehrmaligen Einsatz vorgesehener, teilweise wiederverwendbarer US-amerikanischer Raumtransporter Space Shuttle*

nicht immer ganz korrekt, dafür die Begriffe Raumpendler, Raumfähre, Raumgleiter und Raumtransporter. Als Raumpendler oder Raumfähre bezeichnet man aber besser ein spezielles Fahrzeug für den Pendel- oder Fährbetrieb zwischen im Weltraum befindlichen Stationen oder Raumschiffen. Die gleiche Funktion könnten aber auch Raumgleiter oder Raumtransporter ausüben, während Raumpendler oder Raumfähren als Spezialfahrzeuge erst von Raumtransportern auf eine Umlaufbahn befördert werden müßten. Statt des Begriffs Raumfähre wird auch noch der Begriff Raumschlepper gebraucht.

Nach sechs mageren Jahren der bemannten USA-Raumfahrt sollte der Shuttle planmäßig bereits im März 1979 den ersten Weltraumflug mit Besatzung absolvieren und Ende des gleichen Jahres seiner Mannschaft das Anbringen eines Triebwerkes an der Raumstation Skylab ermöglichen, um deren Absturz zu verhindern. Im Juli 1980 sollte er »Spacelab«, das westeuropäische Himmelslabor, auf eine Erdumlaufbahn bringen.

Die Termine konnten nicht gehalten werden. Es gab Probleme über Probleme, bei denen die technischen nicht immer überwogen. Sie fingen eigentlich bereits damit an, daß von dem ursprünglichen Apollo-Nachfolgeprogramm der NASA aus den Jahren 1968/69, das einen insgesamt wiederverwendungsfähigen Raumtransporter und eine große, für sechs bis zwölf Mann ausgelegte Raumstation vorsah, durch die Krisenhaftigkeit des Imperialismus, durch wirtschaftliche Stagnation und ständige Inflation nur noch der Shuttle übrigblieb. Von den einstigen Vorhaben – einschließlich der Auffassung, die Kosten für den Nutzlastentransport ins All würden sich damit auf ein Hundertstel reduzieren lassen – träumen die NASA-Experten nur noch.

Die Feststellung, daß die erwartete bedeutende Verringerung der Raumflugkosten bei einem Startpreis des Shuttle von 30 Millionen Dollar pro Einsatz so gut wie völlig ausbleiben wird, erweist sich tatsächlich als hemmend für die gesamten weiteren Raumfahrtpläne der NASA. Da aber – so konnte man hören – der militärische Nutzen des Space Shuttle viel größer sein werde, als ursprünglich angenommen, existieren in Washington bereits



*»Zukunftsmusik«? Raumfahrttourismus unter Einsatz eines Raumtransporters. Eine Passagierkabine wird an eine Raumstation angekoppelt.*

Überlegungen, parallel zum »Strategic Air Command«, dem Luftwaffenkommando, auch ein »Space Command« einzurichten. Die amerikanische Fachzeitschrift »Aviation Week« nennt die sich vergrößernde Abhängigkeit neuer Weltraumsysteme von militärstrategischen Erwägungen und von dem militärisch-industriellen Komplex gerade im Zusammenhang mit dem Shuttle als Grund für derartige Überlegungen.

Von diesem Fluggerät wurde bis heute folgendes bekannt: Der Orbiter, also die flugzeugähnliche Zweitstufe, besitzt bei einer Länge von 37 m, einer Flügelspanne von 24 m und einer Höhe von 17 m eine Masse von 120 t.

Für den Start wird der Space Shuttle senkrecht aufgestellt und mit einem gewaltigen Außentank verbunden,

dessen Länge die des Orbiters um 10m überragt und der seine drei Haupttriebwerke mit Wasserstoff und Sauerstoff versorgt. Zwei seitlich angebrachte Feststoffraketen verleihen der insgesamt 55 m langen Kombination, die beim Start eine Masse von 2000t besitzt, einen zusätzlichen Schub. Zwei Minuten nach dem Abheben sind die Feststoffraketen leergebrannt; sie fallen zur Erde zurück. Nach weiteren sechs Minuten stürzt auch der Außentank ins Meer.

Nach 7 bis 30 Tagen Aufenthalt im All kehrt der Orbiter zurück. Im Gleitflug landet er auf einer überlangen Piste. Da die Landegeschwindigkeit mindestens 330km/h betragen wird, soll im Normalfall eine computergesteuerte Bordautomatik das Landemanöver ausführen.

In der Art des soeben geschilderten Fluges sollen bis zum Jahre 1994 725 Einsätze stattfinden. Mit einer Startfrequenz von rund 60 Einsätzen im Jahr sollen die zahlreichen Nutzlastkunden – Regierung, Industrie, Universitäten sowie Institutionen und Industrien anderer Länder – befriedigt werden. Jede Mission kann dabei entweder eine einzige Großnutzlast – etwa ein spezielles Raumfahrzeug – oder eine Anzahl kleinere Nutzlasten, z. B. Satelliten, im Rahmen vorgeschriebener Volumen-, Gewichts- bzw. anderer Begrenzungen befördern. Der geplante Tarif für einen kompletten Shuttle-Orbiter mit 18 m langem, 4,50 m breitem Stauraum und 30t Nutzmasse stand 1979 bei 30 Millionen Dollar und kletterte ständig. 1975 wurden die Kosten noch mit 22 Millionen und 1977 mit 24 Millionen Dollar angegeben.

Aber nicht nur die Preise verändern sich. Auch der vorgesehene Zeitplan hat sich wegen ernster technischer Schwierigkeiten, die bei den Triebwerken und dem aus 40 000 Kacheln bestehenden Hitzeschild aufgetreten sind, bereits um Jahre verzögert.

Der Space Shuttle wird jedoch gebraucht. Da die Produktion von Trägerraketen in den USA so gut wie eingestellt wurde, können kommerzielle Satelliten nur noch mit seiner Hilfe in den Weltraum gebracht werden. Weitaus mehr Sorgen allerdings bereitet der NASA die Tatsache, daß die US-Industrie kein Interesse an Experimenten in der Schwerelosigkeit zeigt. Hunderte der geplanten Flüge las-

sen sich nicht so ohne weiteres verkaufen und sind bislang ohne Ladung.

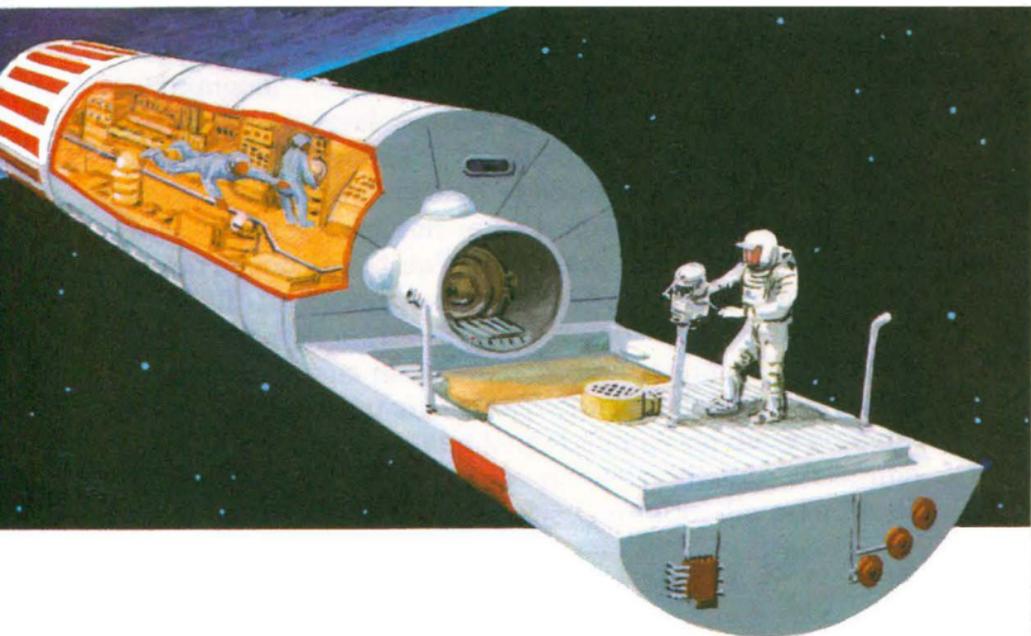
Der Profit scheint in Gefahr zu geraten. Jedoch deutet sich, wie bereits erwähnt, der »Ausweg« aus der Misere in Form militärischer Verwendung an.

Vermerkt werden sollte an dieser Stelle, daß das Shuttle-Projekt nur einen, wenn auch den wesentlichsten Teil des amerikanischen »Space Transportation System«, des Weltraum-Transportsystems, darstellt. Weiter gehören dazu das von der westeuropäischen Raumfahrtagentur ESA entwickelte und im Frachtraum des Orbiters unterzubringende Weltraumlabor »Spacelab« und der »Spacetug«, ein Raumschlepper, der für die Beförderung von Nutzlasten aus niedrigen Umlaufbahnen in höhere konzipiert wurde und der ebenfalls erst einmal als Nutzlast des Space Shuttle ins Weltall gelangen soll.

Während sich das »Spacelab« in der Endfertigung befindet, ist es um den »Spacetug« mehr als ruhig geworden.

Außerordentlich interessant erscheinen die Geschäftspraktiken, die im Zusammenhang mit dem »Spacelab« zwischen der NASA und ESA Anwendung fanden

*Eine der Modellskizzen des für den Transport im Shuttle konzipierten, von sieben westeuropäischen Ländern finanzierten Weltraumlaboratoriums »Spacelab«*



und die als typisch für die oft gepriesene kapitalistische Zusammenarbeit gelten können.

Die ESA bot seinerzeit den Amerikanern das 1,2 Mrd. Mark kostende Weltraumlabor für den Betrieb innerhalb des »Space shuttle« an. Diese sicherten den Westeuropäern trotz der enorm hohen Kosten für das Labor jedoch nur zu, das »Spacelab« zweimal ohne Bezahlung mit in den Weltraum zu nehmen. Später müssen die Westeuropäer jedes Mal, wenn sie mit ihrem Labor Versuche durchführen wollen, die Startkosten für den Raumtransporter zahlen. Zu diesen 30 Millionen Dollar kommen noch 20 Millionen für den Betrieb des Labors im Shuttle und für andere Nebenkosten. Somit haben die ESA-Leute den Amerikanern ihr etwa fünfzigmal wiederverwendbares Milliarden-Labor praktisch geschenkt, da es nun in erster Linie von den Amerikanern selbst genutzt werden dürfte. Denn vermutlich werden in Westeuropa weder die Staaten noch die Industrie die hohen Startgebühren für das Raumfahrzeug regelmäßig aufbringen können. Versuche, den Handel nachträglich doch noch zu Gunsten der ESA zu verbessern und mehr Gratisstarts für das Labor herauszuholen, scheiterten, wie eine westliche Zeitung meldete, an den »durchaus irdisch festen amerikanischen Geschäftstraditionen: Die NASA ließ nicht mehr mit sich handeln«.

---

# Fabriken und Krankenhäuser im All?

---

Seit mehreren Jahren überraschen uns Wissenschaftler und Techniker ständig mit neuen Verfahren, Experimenten und auch Werkstoffen, die sie die Raumfahrer im Welt-raum erfolgreich durchführen bzw. herstellen lassen. Darum setzt die Meldung, die Verlagerung bestimmter Teile von Produktionskomplexen in den Kosmos stehe auf der Tagesordnung, fürs erste nur wenige in Erstaunen. Immerhin sollen im Weltall sozusagen unbeschränkt und kostenlos Bedingungen zur Verfügung stehen, die auf der Erde überhaupt nicht oder nur annähernd und mit extrem hohem Aufwand nachahmbar sind. Dort, das bestätigen auch die bisherigen Experimente, laufen viele Produktionsprozesse anders ab als auf der Erde, bereits bekannte Materialien verändern ihre Eigenschaften merklich, und es entstehen völlig neue Werkstoffe.

Der Begriff »Kosmisierung der Produktion« kam auf und erregte die Phantasie. Er weckte aber auch unrealistische Hoffnungen.

In der Schwerelosigkeit gelang es z. B., ideal runde Kugeln für Kugellager herzustellen. Optimisten sahen bereits Kugellagerfabriken größten Ausmaßes im Welt-raum. Versuche zeigten jedoch später, daß beträchtliche Verzerrungen im Metall auftraten, sobald die Schmelze außerhalb des Massezentrums des betreffenden Raumflug-körpers zum Erstarren kam.

Darüber hinaus nahmen sich auch einmal Finanzfach-leute der Kugellager an und berechneten deren Kosten. Zur Erhöhung der Anschaulichkeit »bauten« sie diese als echte Weltraumprodukte in eine handelsübliche Waschma-schine, in die »WM 66«, ein. Die Garantie, die man für die

Lagerung der drehbaren Teile zu übernehmen bereit war, legte man auf 120 Jahre fest – der Preis dieses Haushaltsgerätes stieg jedoch auf das Elffache an.

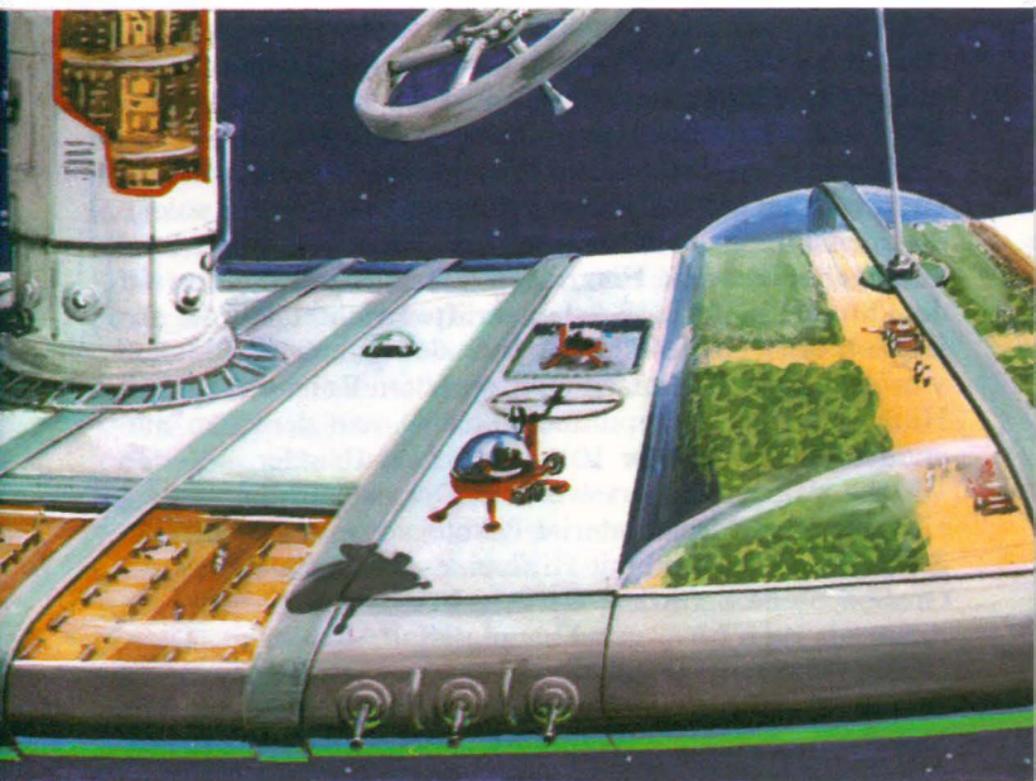
## Industrieanlagen zwischen Erde und Mond

Zweifellos wird der nahe Weltraum in Zukunft der Ort vieler Produktionsstätten und Kraftwerke sein können, denn sowohl Rohstoffe als auch Energie stehen dort in großem Umfange zur Verfügung. Nur sollte an eine Information über die Möglichkeiten und Realitäten auf diesem Gebiet sachkundiger und verantwortungsbewußter herangegangen werden als bisher. Daß eine solche Forderung berechtigt ist, beweist folgendes Beispiel. Schenkt man nämlich neuesten westlichen Meldungen Glauben, so steht einem Erzbergbau im Weltraum kaum noch etwas im Wege. Eisen, Nickel und andere Metalle könnten auf Asteroiden abgebaut und zur Erde transportiert werden.

Professor McCord, Astrophysiker am Massachusetts Institute of Technology, und sein Kollege J. Gaffey legten sogar wirtschaftliche Studien für Bergbauunternehmen im Weltraum vor. Danach könnten jährlich Metalle im Wert von 140 Milliarden Dollar gewonnen werden. Ein Kubikmeter Asteroidenmaterials könnte den Weltbedarf an Eisen für 15 Jahre, den an Nickel für 1 250 Jahre decken.

Um den Weltraum-Bergbau zu betreiben – so die Vorstellung der Wissenschaftler – müßten Tausende von Arbeitern auf den abbaufähigen Asteroiden stationiert werden. Mittels großer Solar-Schmelzöfen würden die Metalle zu Barren geformt, bevor sie von gewaltigen Raumfähren abgeholt werden. Jede Raumfähre könnte bis zu 100 Millionen Tonnen Metall auf einmal(!) befördern. Vom Abbaugbiet bis zur Erdkreisbahn wäre ein solcher Transporter rund ein Jahr unterwegs.

In Weltraumfabriken auf der Erdkreisbahn sollen die Metallbarren erneut geschmolzen werden. Dieser Masse würde ein Gas beigemischt, so daß leichte Metallschaumblöcke entstehen. Sie sollen von der Erdumlaufbahn aus in die Erdatmosphäre »abgeworfen« werden und – wie



*Fabrikhallen im Kosmos. Die gegenwärtigen und auch in naher Zukunft zur Verfügung stehenden Raumfahrtgeräte sowie die notwendigen Transportkosten von etwa 1500 Dollar pro kg in die Erdumlaufbahn gebrachter Nutzlast verbannen Projekte dieser Art ins nächste Jahrhundert.*

bisher alle Raumfahrzeuge der USA – im Meer »landen«.

Es bleibt zu hoffen, daß die Leser bei einer solchen »realistischen« Schilderung des Bergbaus im Weltraum nicht annehmen, Millionen Tonnen Metall wären, nachdem sie mit einer Gasfüllung versehen worden sind, per Hand zu transportieren, und Ruderboote würden ausreichen, um den Reichtum an Land zu holen.

Bilder, auf denen ausgedehnte kosmische Fabrikhallen, ja ganze Produktionskomplexe erkennbar sind, faszinieren ohne Zweifel jeden Betrachter. Doch selbst für wiederverwendungsfähige Raumtransporter liegt bekanntlich der Preis für jedes in die Erdumlaufbahn gebrachte und zurückgeholte Kilogramm Nutzmasse im günstigsten Falle immer noch bei mehreren hundert Mark.

Man braucht daher keinen Rechenfehler zu befürchten, wenn man bei der Ermittlung der Transportkosten für ein recht bescheidenes Industrieobjekt Dutzende von Milliarden Mark herausbekommt.

Die geistigen Väter dieser Projekte vertreten aus diesem Grunde auch die Auffassung, das Baumaterial für solche Anlagen müsse nicht von der Erde, sondern vom Mond herangeholt werden. Hierzu wird zunächst eine Station auf dem Mond für etwa 150 Arbeitskräfte errichtet, von der aus jährlich etwa eine Million Tonnen des zu kleinen Blöcken von je 10 kg Masse zusammengepreßten Rohmaterials mit Hilfe spezieller Katapulttechniken – man denkt an magnetisch beschleunigte 10 km lange Laufbänder – in den Weltraum geschleudert werden. Dort sollen die ständig eintreffenden Mondmaterial-Pakete von einem Auffanggerät gesammelt und mit Hilfe eines Raumschleppers zur Großbaustelle befördert werden. In deren Nähe will man dann aus dem lunaren Abbaumaterial Aluminium, Titan, Gläser und vor allem flüssigen Sauerstoff gewinnen. Stickstoff, Kohlenstoff und Wasserstoff sowie spezielle Maschinen müssen allerdings dennoch von der Erde herangeschafft werden.

Die Menschheit hat nachweislich in den letzten 100 Jahren Projekte in Angriff genommen und auch verwirklicht, für die Generationen zuvor nur das Wort »unmöglich« bereitgehalten hatten. Menschen unserer Epoche benutzen dieses Wort kaum noch. Mit Recht! Auch in unserem Falle besitzt es sicherlich keine Berechtigung. Nur sei deutlich gesagt – unseren Zeitgenossen zu suggerieren, die genannten Pläne und Projekte seien bereits in den nächsten Jahrzehnten realisierbar, erscheint in höchstem Maße unwissenschaftlich.

## Sonnenkraftwerke über dem Äquator

Ähnlich, nur nicht ganz so extrem schwierig in der Realisierbarkeit, liegt die Sache bei den Sonnenkraftwerken im Weltraum. Daß solche Anlagen, die den ständig ansteigenden Energiebedarf decken helfen und dabei die irdische Umwelt entlasten, wünschenswert sind, braucht

sicherlich nicht betont zu werden. Auch hier gibt es Dutzende von Studien und Vorschlägen, die längst ihren Platz in der Fachpresse gefunden haben. Am häufigsten befinden sich solche geplanten Sonnenkraftwerke auf einer geostationären, d. h. mit der Erdumdrehung gleichlaufenden Umlaufbahn 36 000 km über dem Äquator, da hierbei die Rotationszeit der Erde und die Umlaufbahn des Solarkraftwerkes übereinstimmen und dieses ständig über dem gleichen Punkt der Erde zu stehen scheint.

Eines der Projekte reiht z. B. vier gewaltige Hohlspiegel von je 5,6 km Durchmesser aneinander. Es besäße eine Masse von annähernd 100 000 t.

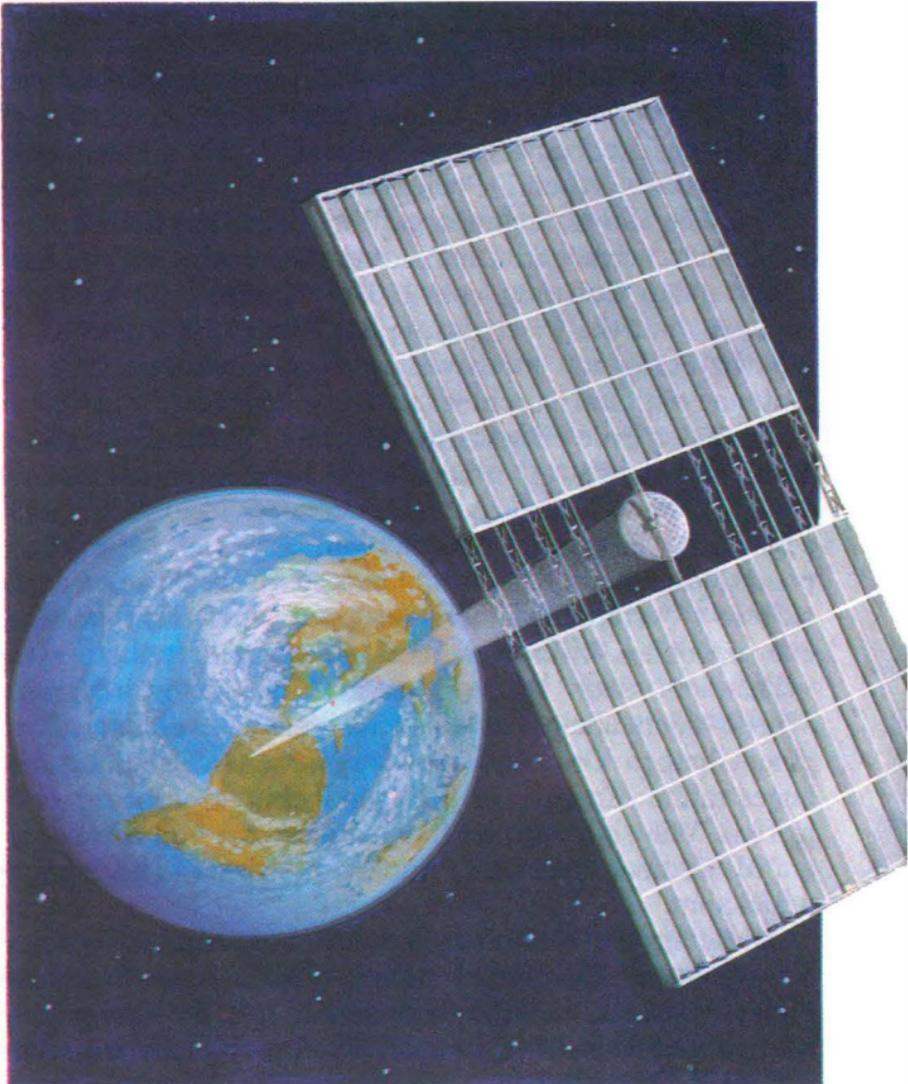
Seitdem jedoch die Solarzellen mit immer höherem Wirkungsgrad arbeiten, scheint der Umweg, elektrische Energie aus mechanischer zu gewinnen, nicht mehr aktuell zu sein. Es gibt auch Projekte für geostationäre Kraftwerke, die die Sonnenenergie direkt in Elektrizität umzuwandeln vermögen. Die Auffangfläche wird bei einer zu erwartenden Leistung von 100 000 MW mit 190 km<sup>2</sup> angegeben. Für die Übertragung der Energie aus dem Kosmos in Form von Mikrowellen wäre satellitenseits eine Antenne mit 1 km Durchmesser und einer Masse von 6 000 t und auf der Erde eine solche mit einem Durchmesser von 10 km notwendig. Allerdings seien hierbei, so schränken die Projektanten ein, noch sehr schwerwiegende wissenschaftliche Fragen zu beantworten und noch viele komplizierte technologische Probleme zu lösen. So seien z. B. sichere Verfahren einer exakten Bündelung dieser energiereichen Mikrowellenstrahlung zur Zeit noch nicht vorhanden, aber beim Einsatz dringend erforderlich. Würde doch allein bei einer Antennenabweichung von einem halben Grad von der vorgesehenen Richtung die zugestrahlte Energie in Stralsund statt in Leipzig eintreffen. Wie sich darüber hinaus diese Art von Strahlung auf Menschen, Tiere und Pflanzen auswirkt, ist auch noch unbekannt.

Allerdings soll hier nicht unerwähnt bleiben, daß bereits Verfahren zur Energiegewinnung außerhalb der Erde diskutiert wurden, die gänzlich anders als die zuvor beschriebenen ablaufen und auch wesentlich früher einsetzbar erscheinen. Mit dem Vorschlag, die Produktion von

nuklearem Brennstoff in den Weltraum zu verlagern, soll eine Verseuchung der Erde mit den großen Mengen radioaktiven Abfalls bei Brüterprozessen vermieden werden.

Für Fertigungsstätten im Weltraum, in denen seltene, »exotische« Materialien in kleinen Mengen hergestellt werden können, scheint der Begriff »Fabrik«, ganz zu schweigen von »Industrieanlagen«, zumindest in diesem

*Energiegewinnung im Weltall durch das Auffangen und die Umwandlung von Sonnenenergie*



Jahrhundert genauso verfrüht und fehl am Platze zu sein wie die Bezeichnung »Kraftwerk« für die Anlagen im Weltall, die ein wenig mehr Energie erzeugen werden, als sie selbst verbrauchen.

Realistischer in bezug auf eine Produktion im Weltraum und hinsichtlich eines sich daraus ergebenden Nutzens für die Volkswirtschaft äußerten sich vor kurzem Planer der sowjetischen Raumfahrt: »Sollten alle optimistischen Prognosen auf diesem Gebiet zutreffen und sich die eingeschlagenen Wege als richtig erweisen« – man beachte die sehr vorsichtige Formulierung –, so »rechnet man Ende der neunziger Jahre in der UdSSR mit einem Nutzen von einer Milliarde Rubel pro Jahr.«

An der Spitze der erzeugten Produkte werden dabei ohne Zweifel Materialien mit geringer Masse und kleiner Dimensionierung, z. B. Industriediamanten und Kristalle, stehen. Aber auch von geschäumten Metallen, Kompositwerkstoffen und neuen Glasarten ist die Rede.

Zur Realisierung dieser und eventuell noch darüber hinausgehender Vorhaben, etwa einer Isotopenproduktion, Materialveredelung oder Pharmazeutika-Herstellung, gehören verständlicherweise Maschinen und Anlagen, deren Größe und Anzahl wiederum voll und ganz durch die raumfahrttechnischen Voraussetzungen – gemeint sind Stationsgröße und Zubringer – festgelegt sein werden.

In diesem Zusammenhang erscheint es interessant, den bereits weiter vorn erwähnten sowjetischen Dreistufenplan für den Bau von Raumstationen noch einmal unter dem Aspekt einer Produktion und Fertigungstechnik im Weltraum zu betrachten. Bekanntlich ist dieser Plan für jeweils ein Jahrzehnt ausgelegt worden. Er spricht für die siebziger Jahre von einer Mehrzweck-, für die achtziger Jahre von einer Vielzweck- und für die neunziger Jahre von einer Allzweckstation.

Die Mannschaftsstärken, die indirekt Schlüsse auf den Umfang der vorgesehenen Arbeiten zulassen, werden mit 2 bis 8, 12 bis 24 und mit 50 bis 120 Besatzungsmitgliedern angegeben. Als Aufgaben stehen in der bereits zu Ende gehenden ersten Phase vor allem technische Erprobungen und wissenschaftliche Versuche auf dem Programm. Für 1981 bis 1990 spricht man von Laboratorien und Ferti-

gungswerkstätten, und im letzten Jahrzehnt unseres Jahrhunderts sollen, so die sowjetischen Vorstellungen, Forschungsinstitute, Fabrikationsbetriebe, Raumreparaturstützpunkte und Raumschiffswerften im erdnahen Raum ihre Tätigkeit aufnehmen.

In der Fachliteratur finden sich darüber hinaus noch einige Angaben über Formen und Bauweise der betreffenden Raumstationengenerationen. So sollen im vorletzten Jahrzehnt Monteure aus Segmenten, die auf der Erde vorgefertigt worden sind, in der Umlaufbahn hantelförmige Stationen zusammenfügen, während man für die neunziger Jahre von reifenartigen Raumbasen spricht, für deren Montage vorgefertigte Blöcke und Bugsier-Raumschiffe notwendig wären. Solche Raumbasen findet man bereits seit langem in den Entwürfen und Planungen der Raumfahrtexperten. Sie stellen permanente Stützpunkte im All dar und fungieren zugleich oft als Kommandozentralen für kleinere, in ihrer Umgebung selbständig operierende Astronomie-, Energie- und Industriestationen.

## Raumfahrt und Profit

Mit seinen einzigartigen materiellen Bedingungen und Nutzungsmöglichkeiten wurde der Weltraum spätestens vom ersten amerikanischen Satelliten an zum Objekt außerordentlich weitgehender Spekulationen kapitalistischer Kreise. Noch in Erinnerung sind dabei die Hoffnungen auf eine Parzellierung des Mondbodens!

Sowjetische Wimpel auf der Mondoberfläche ließen bekanntlich diese Vorstellungen wie Schnee in der Frühlingssonne zerrinnen. Waren es in der Anfangsphase der Raumfahrt fast ausschließlich militärische Vorhaben, die draußen im Weltall die »Politik der Stärke« fortsetzen sollten, so verlagerte sich mit den Jahren das Interesse der kapitalistischen Kreise – selbstverständlich bei Beibehaltung auch der alten Projekte – mehr und mehr auf das Gebiet der kommerziellen Nutzung des Weltraums.

Zweierlei Möglichkeiten, Gewinn zu erzielen, bieten sich an: Dienstleistungen und die Herstellung von Produkten.

Deshalb ist es in der westlichen Welt üblich geworden, Kapitalinvestitionen im All zu diskutieren, Markt- und Kostenfragen zu erläutern und mögliche Gewinne zu veröffentlichen.

Einer der bekanntesten Zukunftsplaner der amerikanischen Weltraumbehörde NASA, Dr. Krafft-Ehrlicke, war bereits vor Jahren davon überzeugt, daß sich das »Unternehmen Weltraum«, wie er es nannte, eines Tages finanziell würde selber tragen können. Allerdings, so meint er, dürfte die Weltraumfahrt dazu kein staatliches Unternehmen bleiben, sondern müsse in private Unternehmerhände gelegt werden. Er zweifelte keinen Augenblick daran, daß es in absehbarer Zeit in Privathänden befindliche Post-, Archiv-, Ärzte- und Unternehmersatelliten geben werde. Denkbar sei auch, daß Konzerne im Ruhrgebiet mit Konzernen in den USA direkten Kontakt haben wollen und daher schnell und unkontrollierbar über Satelliten Informationen austauschen möchten. Ganz sicher, so Krafft-Ehrlicke, werden eines Tages Privatfirmen existieren, die sich auf den Bau von Raumstationen spezialisiert haben.

Wenn Bedarf besteht, geht man dann zu einem entsprechenden Satellitenunternehmer und erwirbt eine Raumstation, wie man sich heutzutage einen Wagen kauft! In einem solchen Stadium, so meint der NASA-Futurologe, könne Raumfahrt als regelrechte Industrie zu einem sehr lohnenden Geschäft werden.

Interessant ist, daß gegenwärtig fast alle Methoden kapitalistischer Profitmacherei auch bereits im Raumfahrtgeschäft anzutreffen sind. Besteht z. B. die Gefahr, daß der erwartete Profit ausbleibt oder das Projekt sich wesentlich verteuert, ziehen sich die Geldgeber zurück, werden die Beträge storniert. Meist beginnt dann später eine neue Propaganda für das modifizierte alte Vorhaben. Noch erfolgreicher hat sich die Methode erwiesen, das Projekt als von »überaus hoher militärischer Bedeutung« hinzustellen, da es die »nationale Sicherheit« garantieren könne. Immer dann, wenn die Monopole ein Riesengeschäft wittern, wird die Lüge von einer Bedrohung strapaziert. Auf diese Weise soll der Staat gezwungen werden, hohe Summen beizusteuern.

Paradebeispiel auf diesem Gebiet scheint der Space

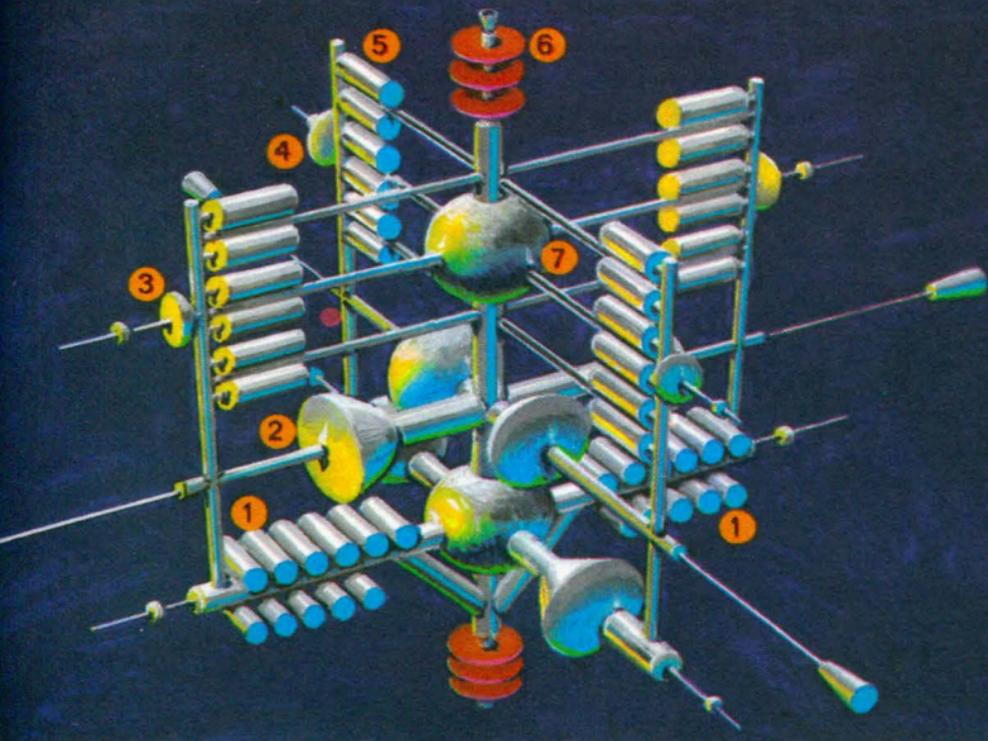
Shuttle zu werden. Dieses Vorhaben droht, nach Aussagen hoher NASA-Angestellter, zu einer Fehlkalkulation zu werden. Man schaffe ein phantastisches Raumfahrzeug, so sagen sie, aber niemand wolle es nutzen.

In den ersten 12 Jahren nach dem Jungferflug sind Hunderte von Einsätzen auf Erdumlaufbahnen geplant, aber nur für einen Bruchteil von ihnen stehen Zuladungen zur Verfügung. Für alle weiteren Flüge haben sich noch keine Interessenten gefunden.

Die Kenntnis staatsmonopolistischer Praxis läßt uns dennoch kaum befürchten, daß das »Projekt Space Shuttle« etwa sterben wird. Ganz sicher erscheint nur, daß die einfachen Steuerzahler über den Staatshaushalt erst einmal kräftig zur Kasse gebeten werden, um den weiteren Weg bis zur gewinnbringenden Phase finanziell abzusichern. Später, wenn die mit gewaltigen Mengen staatlicher Steuergelder erworbenen technischen und wissenschaftlichen Erkenntnisse die Panzerschranke der Konzerne zu sprengen drohen – die teuren Fehlschläge sollten dabei nicht vergessen werden –, wird das großkapitalistische Unternehmertum pünktlich zur Stelle sein, um das Geschäft selbst zu machen.

## Kosmos-Krankenhäuser und Weltraumtouristen?

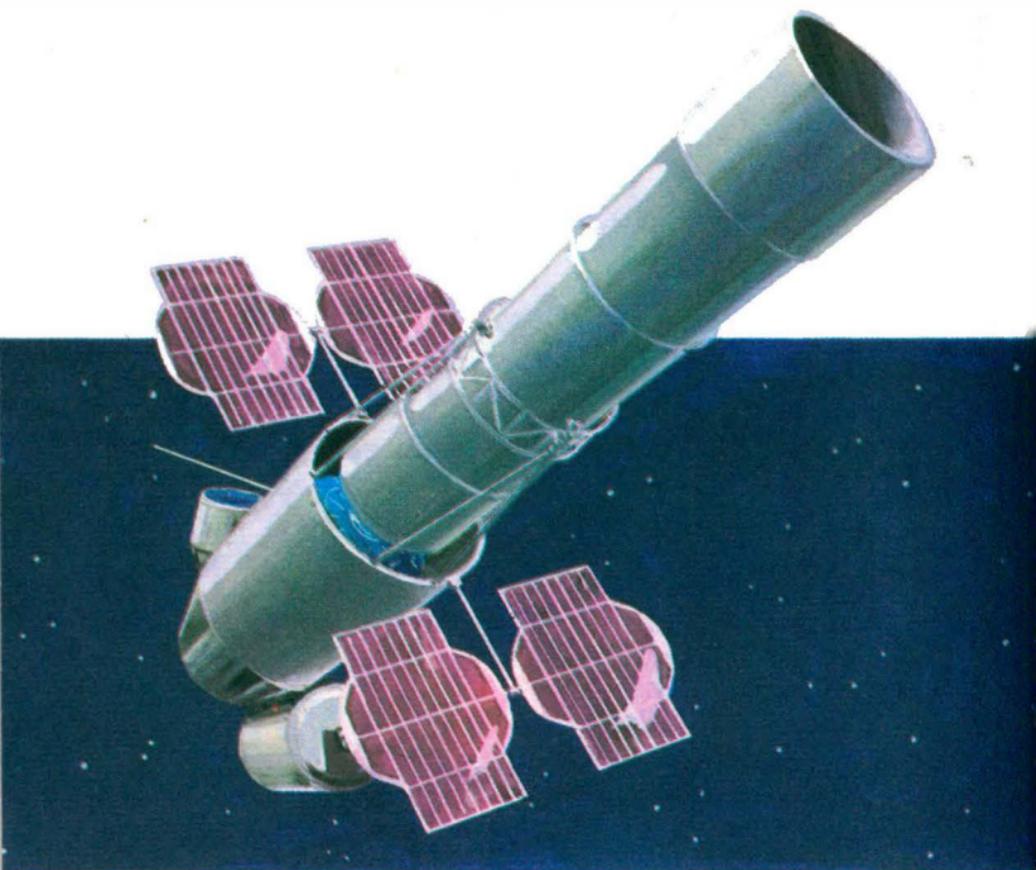
Manager, die eine gewinnbringende Raumfahrt im Auge haben, halten es für möglich, daß geschäftliche Interessen auch auf Gebieten geweckt werden könnten, die heute noch weiter im Reich der Spekulation zu Hause sind als etwa die Industrieproduktion im erdnahen Weltraum selbst. Sie meinen, daß Universitäten im All, Krankenhäuser und Sanatorien auf Erdumlaufbahnen, Weltraumtouristik mit Hotels und Ausflugszentren sowie andere Unternehmen auf Gebieten wie Unterhaltung und Kunst Möglichkeiten seien, an deren Nutzung uns die schrittweise Erschließung des Weltalls heranzuführen werde. Sogar Inserate lassen sich finden, in denen ab 1983 für 350 000 Dollar pro Person ein zweiwöchiger Aufenthalt auf der Erdumlaufbahn angeboten wird.



*Touristenzentrum im All für Leute, die sich »... etwas Nervenkitzel und das Prestige des Dortgewesenseins« leisten können. 1 – Hydrokultur-Anlagen und Viehställe; 2 – eine der großen Weltraumhallen für die »Erholungssuchenden«; 3 – Casino; 4 – Restaurant und Ballsaal; 5 – Hotels; 6 – Anlegedock; 7 – eines der Dynarien*

In Weltraumkrankenhäusern versprechen in der Tat zwei auf der Erde nicht gegebene Umweltbedingungen gute Heilmöglichkeiten: die Schwerelosigkeit und die Strahlung aus dem Raum. Die medizinischen Dienste stünden zwar zunächst einmal den eigentlichen Raumfahrern zur Verfügung, könnten aber ohne weiteres auch auf andere Patienten ausgedehnt werden.

Behandlungen in der Schwerelosigkeit erscheinen vor allem bei teilweisen Lähmungen, schweren Verbrennungen, Druckgeschwüren, Kreislaufstörungen und solchen Krankheiten angebracht, bei denen die irdische Schwerkraft einer Heilung hindernd im Wege steht. Auch könnten



*Kosmische Sternwarte. Da die Beobachtung außerhalb der Erdatmosphäre stattfindet, sind Ergebnisse zu erwarten, die auf der Erdoberfläche selbst mit den größten Beobachtungsgeräten nicht gewonnen werden könnten.*

Körperbehinderte zunächst im absolut schwerelosen Zustand und später bei allmählich steigender Schwerkraft zunehmend den Gebrauch ihrer Gliedmaßen trainieren.

Der Leiter der Abteilung Raumfahrtprojekte bei der NASA, von Puttkammer, scheint sich allerdings darüber klar zu sein, daß die amerikanische Weltraumbehörde niemals über staatliche Mittel zum Aufbau großer medizinischer Einrichtungen im Weltall verfügen wird. Daher hält er in seinen wissenschaftlichen Veröffentlichungen nach der Aufzählung aller Vorzüge einer medizinischen Betreuung im Kosmos die Empfehlung für angebracht, daß ein solches Krankenhaus durchaus als Geschäftsunter-

nehmen von privater Hand betrieben werden könnte. Patienten, die ohne weiteres bis zu 5 000 Dollar Pflegegeld pro Tag zu zahlen bereit wären, gäbe es genügend.

Vor allem um Geschäfte geht es auch in allen bekanntgewordenen Plänen eines »Ferienziels Weltraum«. Es besteht nach Krafft-Ehrlicke absolut kein Grund, daß Unterhaltung, Spiel, Sport und Erholung im »Reizklima« des Weltraums nicht ebenso Handelsgut werden könnten, wie dies in Form der Touristik auf der Erde der Fall ist. Er glaubt, daß »... der Touristenschlag, der heute im Herzen Afrikas auf Safari geht, auch in den Weltraum vordringen wird, sobald dort sichere Einrichtungen vorhanden sind, in denen Bildung, etwas Nervenkitzel und das Prestige des Dort-gewesen-Seins preiswert zu haben sind«.

In der Fachliteratur findet man, allerdings meist als theoretische Erörterungen, eine Zusammenstellung der Umweltcharakteristika, die ein Hotel im Raum attraktiv machen würden. Genannt werden dabei u. a. eine »einstellbare« Schwerkraft und variierbare Sonneneinstrahlung sowie eine Weltraumschau und ein veränderbarer Tagesrhythmus. Dem stünden, so die Fachzeitschrift, allerdings in Form von eventuell entstehender Platzangst, erhöhter Gefahr, sehr steriler, künstlicher Umgebung und stark reduzierter persönlicher Freiheit auch abstoßende Eigenschaften gegenüber.

Bei Krafft-Ehrlicke sind für das Touristenzentrum reihenweise Attraktionen vorgesehen, von denen besonders die sogenannten Dynarien Beachtung verdienen. Ein Dynarium entspricht etwa dem Hallenschwimmbad in großen irdischen Hotels. An die Stelle des Wassers tritt der schwerelose Raum.

Wie in einem dreidimensionalen Schwimmbecken kann der Feriengast schwebefrei durch die Luft schweben, Kapriolen schlagen, sich mit der Brise einer Klimaanlage treiben lassen oder von Wand zu Wand schnellen. In einem zweiten Dynarium würde dagegen eine geringe Schwerkraft herrschen, so daß neue Effekte entstünden. Hier könnte der Mensch mit eigener Muskelkraft fliegen oder Sport ausüben, etwa Raumentnis, dreidimensionalen Fußball oder Raumkegeln.

Neben den Dynarien will Krafft-Ehrlicke rundverglaste Aussichtsplattformen schaffen, ferner einen Raumzoo und einen botanischen Garten, in denen Lebewesen anderer Welten (!) gezeigt werden, aber auch solche der Erde, die in der Schwerelosigkeit ungewöhnliche Formen angenommen haben oder infolge von Mutationen, die durch Strahlungen ausgelöst wurden, als eigenartige »Zuchtformen« Neugier erwecken.

Außerdem stehen verglaste Aufsichtsboote zur Verfügung, die für Rundflüge in den Weltraum gemietet werden können.

Sicherlich sollte man sich auf diesem Gebiet der Raumfahrt hüten, etwas als nicht machbar hinzustellen. Gewiß wird es im nächsten Jahrhundert Raumstationen geben, die von der Größe und dem Aufbau her den hier beschriebenen ähnlich sein werden. Ihre Aufgaben und ihr Verwendungszweck dürften jedoch mit den ihnen von Krafft-Ehrlicke und Puttkammer zgedachten kaum übereinstimmen.

Die gesellschaftlichen Verhältnisse werden ganz gewiß im nächsten Jahrhundert noch weitaus fortschrittlicher gestaltet sein als heute und es kaum noch zulassen, daß – solange nicht alle Bewohner unserer Erde menschlich und gut leben können – einige wenige Bürger dieses Planeten »dreidimensionalen Fußball« im Weltraum spielen!

## Siedelt die Menschheit ins Weltall um?

Mit den Überschriften »Millionenstädte im Weltraum« – »Unter den Sternen eine Welt ohne Grenzen« – »Siedlungsraum Kosmos« findet man in bürgerlichen Zeitungen und Zeitschriften seit Jahren immer häufiger Exklusiv-Artikel und Kommentare.

Verständlicherweise haben die gewaltigen Fortschritte in Wissenschaft und Technik sowie die sensationellen Ergebnisse der Raumfahrt dazu beigetragen, den Diskussionen über solche Themen eine gewisse reale Grundlage zu geben. Der Wunsch der Menschen, unseren Pla-

*Faszinierend, jedoch unrealistisch: O'Neills Stadt im Weltraum; hier der Großzylinder-Entwurf für Millionen Menschen*



neten einmal zu verlassen, ist zumindest so alt, wie es Menschen gibt, denen es aus bestimmten Gründen auf unserer Erde nicht gefallen konnte oder durfte, die glauben oder glauben sollten, woanders wäre es schöner, besser, lebenswerter. Daß es darüber hinaus schon immer Neugierige und auf Abenteuer Versessene gab, schmälert das Hauptmotiv nicht.

Stutzig wird man beim Lesen der oben erwähnten Artikel nur über die Tatsache, daß es sich bei den bisher bekanntgewordenen Plänen und Projekten der Übersiedlung ins Weltall fast ausschließlich um Evakuierungs-, Überlebens- und Fluchtpläne handelt. Dies scheint auch die Ursache dafür zu sein, daß die geistigen Väter dieser Vorhaben ausnahmslos in imperialistischen Ländern zu Hause sind.

Das zweifellos kühnste Projekt stammt von O'Neill, Professor an der amerikanischen Princeton-Universität. Er und sein Mitarbeiter gelangten bereits 1973 zu der Auffassung, daß wir »... einen Punkt erreicht haben, an dem wir draußen komfortablere, produktivere und attraktivere Wohnstätten als auf der Erde bauen könnten«. Eine ungewisse Energie- und Rohstoffzukunft, so meint er, werde die Menschheit schon um die Jahrhundertwende dazu zwingen, das Sonnensystem zu »kolonisieren«. Nach seiner Auffassung bleibt den Erdbewohnern, die durch Atom- und Umweltkatastrophen und Übervölkerung bedroht seien, nur ein einziger Rettungsweg: die Flucht in den Weltraum!

Zunächst seien die geplanten Städte im Weltall ein rein amerikanisches Risiko. Nach dem Gelingen sollten sich allerdings einige oder mehrere Nationen an diesem Unternehmen beteiligen. Und dann wörtlich: »Denn die Rettung der Menschheit vom All aus darf nicht nur einer Nation aufgebürdet werden.«

Bei O'Neills Raumkolonien handelt es sich fürs erste um eine radförmige Station für 10 000 Bewohner, ständig 385 000 km sowohl von der Erde als auch vom Mond entfernt, mit einem Durchmesser von 1 800 m und – das Abschirmmaterial gegen kosmische Strahlung nicht mitgerechnet – einer Masse von 500 000 t.

Diese, seine kleinste Ausführung einer Welteninsel,

könnte aber auch aus zwei parallelen Zylindern mit je 200 m Durchmesser und 1 km Länge bestehen.

Der amerikanische Professor vertritt dabei die Auffassung, daß diese erste Version bereits 1988 (!) Wirklichkeit sein könnte. Das Rohmaterial dafür soll ausschließlich vom Mond herangeschafft werden.

Über weitaus größere Projekte für 150 000 und eine Million Siedler will O'Neill dann im Jahre 2008 die Endausführungen für 20 Millionen Menschen im All gebaut haben.

Die Beschreibung dieser Version – immerhin könnte in einem solchen Zylinder die gesamte Bevölkerung der DDR gut untergebracht werden – übertrifft alles, was gemeinhin noch mit dem Begriff utopisch zu bezeichnen ist.

Innerhalb des Großzylinders gibt es blauen Himmel mit weißen Wolken und gelegentlichen Regenschauern. In Parks findet man Tiere und Pflanzen. Für die Milcherzeugung werden Kühe gehalten, Hasen dienen als Abfallverwerter, Dunglieferanten und Fleischprodukt. Zur Erholung werden Wälder und zum Fischen und Segeln Gewässer angelegt.

Die Wohnungen der Siedler besitzen kleine Vorgärten, in denen dank der idealen Witterungsbedingungen exotische Pflanzen gedeihen. Es gibt kein Ungeziefer und keine Luftverschmutzung. Die halbkugeligen Endkappen des Zylinders lassen sich als Gebirgslandschaften gestalten, so daß Bergsteigen ebenso möglich wäre wie Skifahren und Rodeln.

Bergsteiger würden beim Aufstieg zur Rohrmitte hin feststellen, daß sie sich infolge der abnehmenden Schwerkraft immer leichter fühlen und am Gipfel sogar schwerelos sind.

In niedrigeren Höhen würden es die örtlichen atmosphärischen Daten erlauben, daß sich die Siedler mit künstlichen Schwingen aus eigener Kraft vorwärts bewegen. Das Sonnenlicht wird dosiert hereingelassen und gestattet dreimaliges Ernten im Jahr.

Der Hunger wird endgültig der Vergangenheit angehören. Die Weltraumbesiedlung schafft neues Land, neuen Lebensraum für Millionen. Es wäre sogar eine Größe bis zum 3 000fachen (!) der irdischen Länder denkbar.

Das ganze Unternehmen sei technologisch wie auch von den Kosten her nicht unrealistisch – meint O’Neill.

In der Fachwelt hat sich jedoch längst die Auffassung durchgesetzt, daß sich O’Neill für die Verwirklichung seiner Projekte bei der Zeitangabe um mindestens 100, wenn nicht sogar um 150 Jahre geirrt habe und die Kosten das Hundert-, möglicherweise das Tausendfache der von ihm angegebenen Summen betragen würden.

Wenn nun aber eine Besiedlung des Weltraums kaum vor dem Jahre 2100 erfolgen kann, warum interessieren sich so viele für diese Pläne, und warum wird von O’Neill und seinen Projekten soviel Aufhebens gemacht? Sicherlich liegt eine der Ursachen für das große öffentliche Interesse im Phantastischen, im Ungewöhnlichen der Projekte, die zum Teil geradezu einen visionären Charakter zu tragen scheinen, die die Phantasie beflügeln, verbunden mit einer übertriebenen und in der kapitalistischen Gesellschaft bewußt geschürten Existenzangst. Sollen die gesellschaftlichen Widersprüche der kapitalistischen Gesellschaft erst im Weltraum gelöst werden?

Dennoch gibt es auch reale Gründe und vernünftige Argumente für eine Besiedlung des Weltraums durch den Menschen. Allerdings ist weder eine verseuchte, ausgeplünderte oder überbesiedelte Erde der Anlaß, eine derartige Erschließung des Weltalls zu diskutieren, noch ist das nächste Jahrhundert der Zeitraum, in dem diese Besiedlung in größerem Maßstab geschehen könnte. Nach und nach werden – in Abhängigkeit vom Entwicklungsstand der Produktivkräfte – die Menschen draußen im Weltraum Energie und Materialien in großen Mengen produzieren, ohne damit die irdische Umwelt zu belasten. Die Erde wird noch für eine sehr lange Zeit unsere natürliche Heimat bleiben, ungeachtet dessen, daß in ferner Zukunft Menschen mit einer Technik, die wir uns heute noch nicht vorzustellen vermögen, im Weltraum neue Ziele und andere Lebensbereiche – sicherlich *neben* den alten – erschließen werden.

---

# Raumfahrt-Ausblicke

---

Die Raumfahrt der nächsten Jahrzehnte wird eine Raumfahrt für die Erde und – zumindest, was die bemannte betrifft – auch eine in der Nähe der Erde sein.

Stationen mit zwanzig bis einhundert Mann Besatzung werden unseren Planeten umkreisen und Werte schaffen, die sich heute erst in ihren Anfängen abzuzeichnen beginnen.

Der Mond als natürlicher Begleiter unserer Erde wird, nach sowjetischen und amerikanischen Aussagen, vorerst bis zum Ende unseres Jahrhunderts kaum Gegenstand neuer Raumfahrtaktivitäten sein. Das, was an ihm zum Verständnis unserer kosmischen Umwelt wichtig war und erforscht werden mußte, kann als bekannt gelten. Ihn als Rohstofflager und gewaltige Weltraumfabrik nutzen zu wollen, erscheint, wie wir gesehen haben, für den genannten Zeitraum als absolut unreal. Möglicherweise könnte er nach 1990 eine internationale Forschungsstation, ähnlich denen auf den irdischen Weltmeeren oder in der Antarktis, beherbergen, eine Station, deren Besatzung für eine Nutzung des Mondes im kommenden Jahrhundert Informationen sammelt.

## Terminplan der Besiedlung des Kosmos nach Vorstellungen des Hudson-Institutes (USA)

1987 Die Rohstoffvorkommen auf dem Mars sind kartographiert

1990 Erste Landung von Menschen auf dem Mars

- 1995 Im Weltall werden Materialien produziert, die für den Bau großer Raumstationen geeignet sind
- 2000 Beginn der Errichtung einer großen Raumstation
- 2005 Erste Bergwerke auf dem Mars
- 2040 100 000 Menschen leben auf dem Mars
- 2110 Im Weltall leben mehr Menschen als auf der Erde

Wenn auch dieser Plan der Besiedlung des Kosmos weitaus realistischer als der O'Neills zu sein schein, so sind dennoch die in ihm genannten Termine, vor allem jene, die menschliche Aktivitäten auf dem Mars betreffen, immer noch viel zu optimistisch. Auf den Reißbrettern der internationalen Raumfahrtindustrie gibt es bis heute keinen einzigen ernst zu nehmenden Entwurf eines Flugkörpers für eine Reise von Menschen zu unserem Nachbarplaneten.

Bleiben die Flüge zu anderen Sonnen! Bleibt die interstellare Raumfahrt! Mit ihr würden gänzlich neue Grenzen abgesteckt und andere Welten in den Tätigkeitsbereich des Menschen einbezogen werden. Durch sie könnte es möglicherweise zu Kontakten mit Leben und Verstand außerirdischer Herkunft kommen.

Jedoch lassen sich bekanntlich weit entferntere Raumfahrtziele nur durch das Überwinden zweier äußerst relevanter Hindernisse erreichen: der Zeit- und der Energiebarriere. Eine Zeitersparnis würde dabei mit einer gewaltigen Menge Energie und ein geringerer Energieeinsatz mit einem riesig großen Zeitaufwand bezahlt werden müssen!

Auf die gegenwärtige Raumfahrtpraxis angewandt, heißt das z. B., daß wir mit den uns heute zur Verfügung stehenden Energien für Antriebsfahrzeuge etwa 50 000 Jahre brauchten, um zur Nachbarsonne zu gelangen.

Daher sind sich die Wissenschaftler darüber im klaren, daß die Zeitbarriere nur mit Antrieben überwunden werden könnte, die unvorstellbar hohe Energieumsätze ermöglichen.

Für einen bemannten Flug zu einem anderen Stern steht dabei eigentlich nur die »Annihilation«, d. h. die vollständige Zerstrahlung der Materie durch das Zusammenführen von Materie und Antimaterie, zur Debatte. Dieser Vorgang soll mittels eines Photonentriebwerks ablaufen.

Doch steht uns heute weder Antimaterie zur Verfügung, noch sind die Technologie ihrer Herstellung oder etwa die Art und Weise ihrer Lagerung und ihres Transports auch nur andeutungsweise bekannt. Ähnliches muß von der Funktion und dem Aufbau des Triebwerkes selbst gesagt werden. Bisherige Veröffentlichungen tragen deshalb ausschließlich hypothetischen Charakter.

Es existieren allerdings Berechnungen darüber, welche Energiemengen hier auf der Erde zur Herstellung des obengenannten Treibstoffes zur Verfügung stehen müßten. Zugrunde gelegt wurden dabei gegenwärtige bzw. in naher Zukunft anwendungsbereite Verfahren. Diese Berechnungen ergaben, daß zum Erreichen des fast 11 Lichtjahre entfernten Sterns Epsilon Eridani neben 3700t Wasserstoff die gleiche Menge Antiwasserstoff benötigt werden würde. Die Nutzmasse des Raumschiffes betrüge 200t und die Reisezeit 27 Jahre.

Allein zur Herstellung des Antiwasserstoffs brauchte man 50 Millionen Jahre lang die Energie, die im Jahre 1973 auf der gesamten Erde erzeugt wurde. So setzte der westdeutsche Raketenfachmann Professor Sänger mit seinem Vorschlag, bei einer konstanten positiven wie auch negativen Beschleunigung von 3g das gesamte uns bekannte Weltall mit einem Durchmesser von 10 Milliarden Lichtjahren in einem Zeitraum von 42 Jahren zu umfliegen, äußerst umstrittene Gedanken in die Welt.

Fachleute vertreten deshalb die Auffassung, daß allein der Energieaufwand eine Photonenrakete und damit auch einen bemannten Interstellarflug zwar nicht als unmöglich, wohl aber als unsinnig erscheinen läßt. Mehr und mehr entwickelt sich in diesem Zusammenhang international jedoch die Auffassung, daß Flüge zu anderen Sternsystemen kein ausschließlich technisches, sondern vielmehr auch ein biologisch-medizinisches und sozial-ethisches Problem darstellen.

Hier ist nicht der Ort, um äußerst umstrittene andere Methoden zur Überbrückung der gewaltigen Entfernungen zu diskutieren. So wird z. B. von Lebenskonservierung und von einer auf ein Minimum herabgesetzten biologischen Aktivität gesprochen. Andere Vorschläge erwähnen Zellen, die – einige Zeit vor Ende des Fluges

befruchtet, durch Techniken zur Geburt gebracht und unter Anleitung kybernetischer Säuglingsschwestern großgezogen – das Erbe der Menschheit durchs Weltall tragen könnten. Wieder andere wollen Generationsraketen in die Tiefen des Weltraums entsenden. In ihnen befinden sich Menschen, die als einzige Lebensaufgabe die Zeugung von Nachkommen anzusehen haben, damit nach vielleicht 10000 Jahren Flugzeit ein Ur-Ur-Ur...Enkel eventuell die Reise erfolgreich beenden kann.

Der Verfasser muß gestehen, daß er sich eine humanistische Raumfahrt anders vorstellt. Sicherlich reichen unsere heutigen Erfahrungen und Kenntnisse noch nicht aus, um auf diesem Gebiet eine sinnvolle Diskussion führen zu können. Überlassen wir sie deshalb denen, die nach uns Raumfahrt zum Nutzen der Menschheit betreiben werden!

Bisherige Raumstationen und Zubringer-Raumfahrzeuge (Stand vom 20. 11. 1980)

Flugkörper	Start	Landung	Besatzung	Weltraum- aufenthalt (in Tagen)	Bemerkungen
<b>Salut 1</b> Sojus 10	19. 4. 71 23. 4. 71	25. 4. 71	Schatalow Jelissejew Rukawischnikow	2	Kopplung; kein Überstieg
Sojus 11	6. 6. 71	30. 6. 71	Dobrowolski Pizajew Wolkow	24	Kopplung und Überstieg; Mannschaft bei der Landung tödlich verunglückt
<b>Salut 2</b>	3. 4. 73	nach etwa 1 Monat verglüht	keine		
<b>Salut 3</b> Sojus 14	25. 6. 74 3. 7. 74	19. 7. 74	Popowitsch Artjuchin	16	Kopplung und Überstieg
<b>Salut 4</b> Sojus 17	26. 12. 74 10. 1. 75	9. 2. 75	Gretschko Gubarjew Klimuk Sewastjanow	30	Kopplung und Überstieg
Sojus 18	24. 5. 75	26. 7. 75		63	Kopplung und Überstieg
<b>Salut 5</b> Sojus 21	22. 6. 76 7. 7. 76	24. 8. 76	Sholobow Wolynow Gorbatko Glaskow	48	Kopplung und Überstieg
Sojus 24	7. 2. 77	25. 2. 77		18	Kopplung und Überstieg

Flugkörper	Start	Landung	Besatzung	Weltraum- aufenthalt (in Tagen)	Bemerkungen
<b>Salut 6</b>	29.9.77				
Sojus 25	9.10.77	11.10.77	Kowaljonok Rjumin	2	keine Kopplung
Sojus 26	10.12.77	16.1.78 mit Besatzung von Sojus 27	Romanenko Gretschko	96	Kopplung und Überstieg; erste Stammbesatzung
Sojus 27	10.1.78	16.3.78 mit Besatzung von Sojus 26	Dshanibekow Makarow	6	Kopplung und Überstieg
Progress 1	20.1.78	8.2.78 verglüht	keine		
Sojus 28	2.3.78	10.3.78	Gubarew Remek (ČSSR)	8	Kopplung und Überstieg; erste internationale Mannschaft
Sojus 29	15.6.78	3.9.78 mit Besatzung von Sojus 31	Kowaljonok Iwantschenkow	140	Kopplung und Überstieg; zweite Stammbesatzung
Sojus 30	27.6.78	5.7.78	Klimuk Hermaszewski (VR Polen)	8	Kopplung und Überstieg; zweite internationale Mannschaft
Progress 2	7.7.78	4.8.78 verglüht	keine		
Progress 3	7.8.78	24.8.78 verglüht	keine		
Sojus 31	26.8.78	2.11.78 mit Besatzung von Sojus 29	Bykowski Jähn (DDR)	8	Kopplung und Überstieg; dritte internationale Mannschaft

Progress 4 Sojus 32	3. 10. 78 25. 2. 79	26. 10. 78 verglüht 13. 6. 79 ohne Besatzung	keine Ljachow Rjumin	175	Kopplung und Überstieg; dritte Stammbesatzung
Progress 5 Sojus 33	12. 3. 79 10. 4. 79	5. 4. 79 verglüht 12. 4. 79	keine Rukawitschnikow Iwanow (VR Bulgarien) keine keine	2	keine Kopplung; vierte internationale Mannschaft
Progress 6 Sojus 34	13. 5. 79 6. 6. 79	9. 6. 79 verglüht 19. 8. 79 mit Besatzung von Sojus 32			
Progress 7 Sojus T	28. 6. 79 16. 12. 79	20. 7. 79 verglüht 26. 3. 80	keine keine		automatischer Start und Landung
Progress 8 Sojus 35	27. 3. 80 9. 4. 80	24. 4. 80 verglüht 3. 6. 80 mit Besatzung von Sojus 36	keine Rjumin Popow	185	Kopplung und Überstieg; vierte Stammbesatzung
Progress 9 Sojus 36	27. 4. 80 26. 5. 80	20. 5. 80 verglüht 31. 7. 80 mit Besatzung von Sojus 37	keine Kubassow Farkas (Ungarische VR) Malyschew Axjonow	8	Kopplung und Überstieg; fünfte internationale Mannschaft
Sojus T2	5. 6. 80.	9. 6. 80		4	Kopplung und Überstieg

Flugkörper	Start	Landung	Besatzung	Weltraum- aufenthalt (in Tagen)	Bemerkungen
Progress 10 Sojus 37	29. 6. 80 23. 7. 80	19. 7. 80 verglüht 11. 10. 80 mit Besatzung von Sojus 35	keine Gorbatko Tuan (SR Vietnam)	8	Kopplung und Überstieg; sechste internationale Mannschaft
Sojus 38	18. 9. 80	26. 9. 80	Romanenko Tamayo (Kuba)	8	Kopplung und Überstieg; siebente internationale Mannschaft
Progress 11	28. 9. 80				
<b>Skylab</b>	14. 5. 73 25. 5. 73	12. 7. 79 verglüht 22. 6. 73	Conrad Kerwin Weitz Bean Lousma Garriott Carr Gibson Pogue	28	Kopplung und Überstieg; Mission 1
	28. 7. 73	25. 9. 73		59	Kopplung und Überstieg; Mission 2
	16. 11. 73	8. 2. 74		84	Kopplung und Überstieg; Mission 3



akzent – die Taschenbuchreihe  
mit vielseitiger Thematik:  
Mensch und Gesellschaft,  
Leben und Umwelt, Naturwissenschaft  
und Technik. – Lebendiges Wissen  
für jedermann, anregend und aktuell,  
konkret und bildhaft.

---

**Weitere Bände:**

Brentjes, Rätsel aus dem Altertum

Farkas, Veränderliche Tierwelt

Rook, Oldtimer der Flüsse und Meere

Dorschner, Planeten – Geschwister  
der Erde?

Windelband, Woher der Mensch kam

Oppermann, Târnovo – Zarenstadt  
des Balkan

Herrmann, Besiedelt die Menschheit  
das Weltall?

Rehbein, Oldtimer auf Schienen