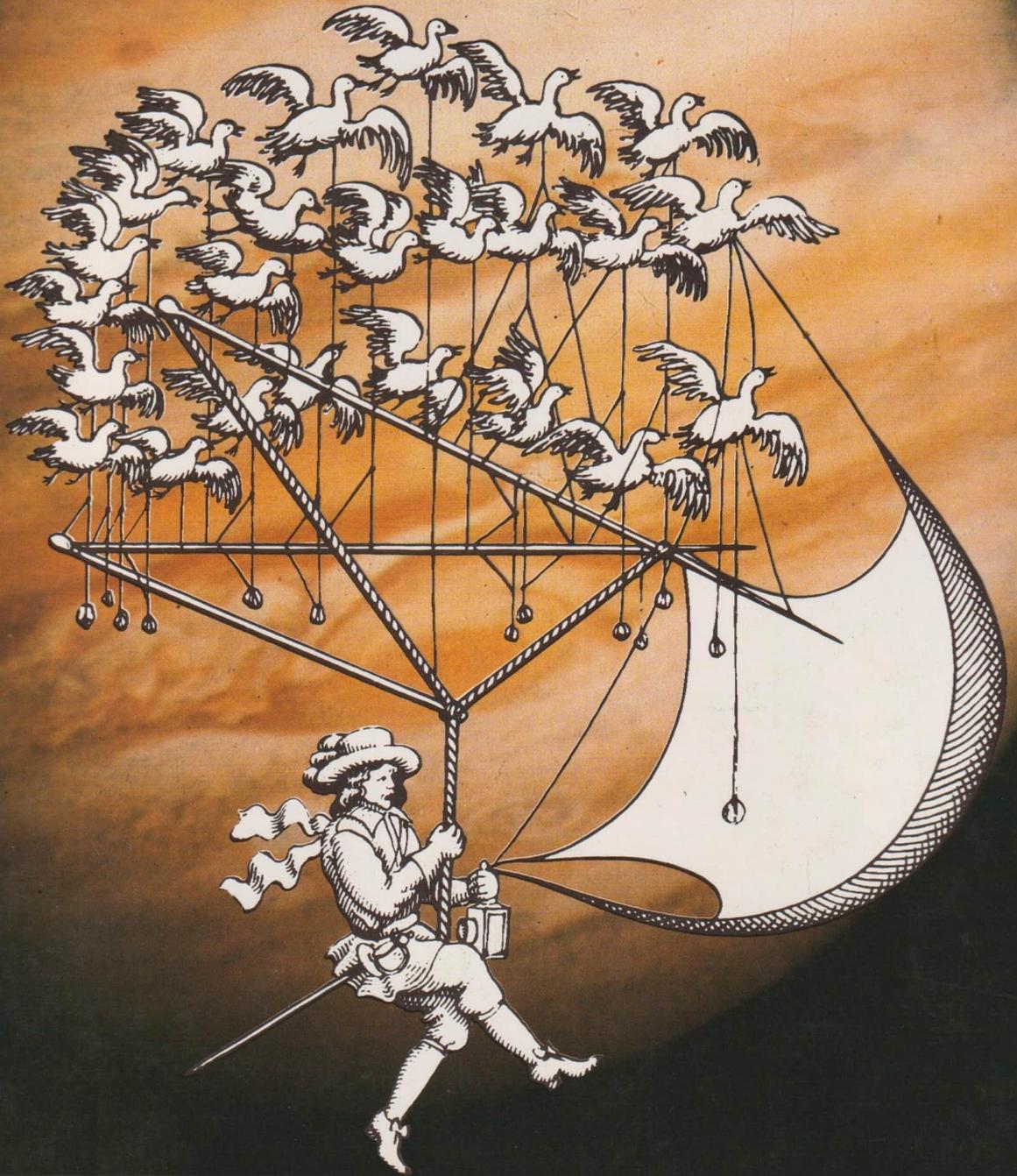


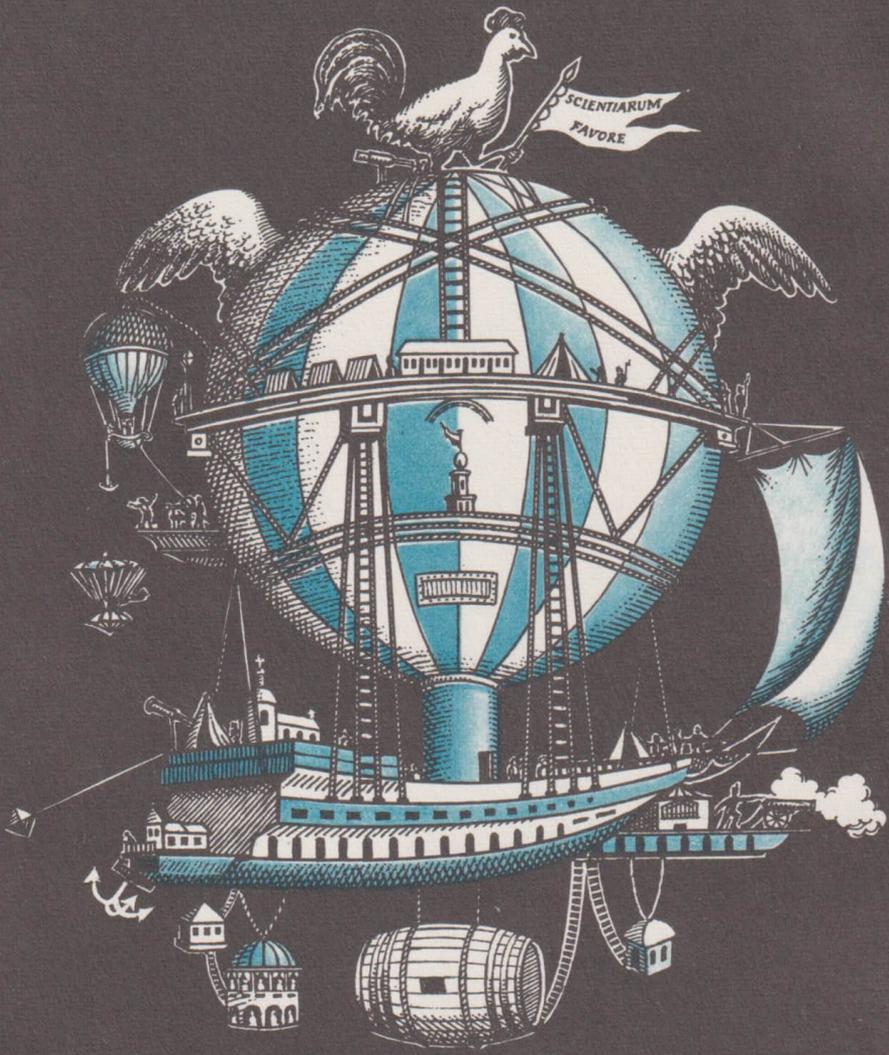
HERRMANN

# Eroberer des Himmels



# Eroberer des Himmels





Dieter B. Herrmann

---

# Eroberer des Himmels

---

Meilensteine der Raumfahrt

Urania-Verlag Leipzig · Jena · Berlin

*Frontispiz*  
*Minerva, utopischer Entwurf von E. G. Robertson (1804)*

**Bildernachweis:**

Allgemeiner Deutscher Nachrichtendienst/Zentral-	
bild	4
Archenhold-Sternwarte Berlin-Treptow	2
Archiv D. B. Herrmann, Berlin	22
Archiv Mansfeld, Berlin (West)	1
Archiv Peter Stache, Berlin	5
Archiv Harro Zimmer, Berlin (West)	3
Dr. H. Barth, Brasov (Rumänien)	3
Bild- und Pressearchiv Schienke, Berlin (West)	1
Deutsches Museum München (BRD)	6
Militärmuseum der DDR, Dresden	2
National Air and Space Museum, Washington	
(USA)	2
NASA (USA)	4
Sammlung Karger-Decker, Berlin	5
Sammlung Säger-Bredt, Stuttgart (BRD)	1
Zentralinstitut für Physik der Erde der AdW der DDR,	
Potsdam	2

Herrmann, Dieter B.:  
Eroberer des Himmels: Meilensteine d. Raumfahrt / Dieter B. Herrmann,  
– 1. Aufl. – Leipzig; Jena; Berlin: Urania-Verlag, 1986.  
– 200 S.: 106 Ill.

ISBN 3-332-00036-5

1. Auflage, 1.–15. Tausend

Alle Rechte vorbehalten

© Urania-Verlag Leipzig/Jena/Berlin 1986,  
Verlag für populärwissenschaftliche Literatur

VLN 212-475/75/86 · LSV 3879

Lektoren: Ewald Oetzel/Eckhart Reinhold

Grafische Gestaltung und Typographie:

Ludwig Winkler, Steinach

INTERDRUCK Graphischer Großbetrieb

Leipzig – III/18/97

Reproduktion, Druck und buchbinderische Verarbeitung:

Sachsendruck Plauen

Printed in the German Democratic Republic

Redaktionsschluß: 30. 11. 85

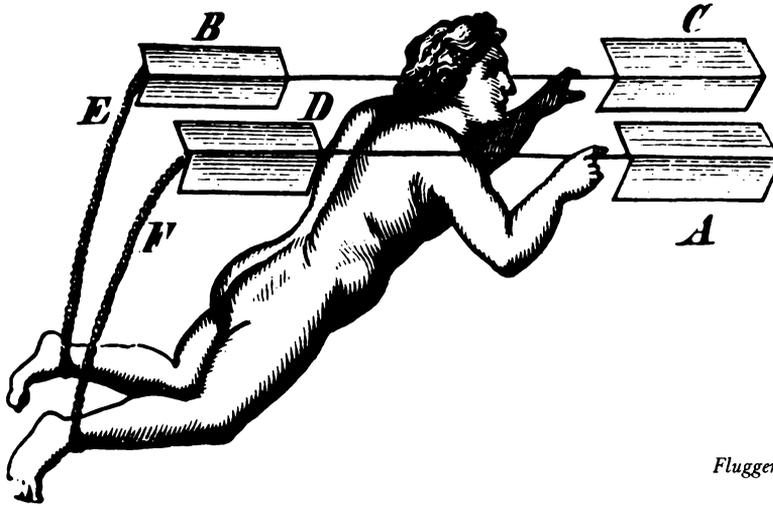
Best.-Nr.: 654 078 2

019 80





# Im Reich der Wünsche



Fluggerät von Besnier (1678)

## Himmelswagen im Mythos der Vorzeit

Flüge von Menschen empor zu den Sternen finden seit Jahrtausenden statt – in Gedanken.

Was uns heute Begriffe wie Baikonur oder Cape Canaveral bedeuten, das mag vor Zeiten für unsere fernen Ahnen der Olymp gewesen sein, Start- und Landeplatz waghalsiger Abenteuer zu den Gestaden eines noch unerkannten Weltalls.

Viele Mythen und Legenden bezeugen die uralte Neigung des Menschen, seine natürliche Umwelt zu verlassen, sich in die Lüfte zu erheben, dem Mond einen Besuch abzustatten oder sich unter die Sterne des Himmels zu mischen.

Die wohl älteste überlieferte »Raumfahrerzählung« begegnet uns in einer babylonischen Sage aus der Zeit um 1800 v. u. Z. An den Ufern von Euphrat und Tigris herrschte über einen der Stadtstaaten König Etana. Aber ihn peinigte die Sorge um Nachkommenschaft, und er flehte den Sonnengott an, dem er manches Opfer dargebracht hatte: »Du hast meine feinsten Schafe ver-

zehrt, die Erde trank das Blut meiner Lämmer. Reiche mir endlich das Kraut des Gebärens, schaffe mir einen Namen durch Nachkommenschaft.«

Der Sonnengott hieß Etana im Gebirge einen Adler suchen, der ihm das gewünschte Kraut zeigen sollte.

Nachdem Etana den Adler in einer Grube gefunden und durch einen jungen Vogel gestärkt hatte, gewann dieser Löwenkräfte und versprach, jeden Wunsch des Königs zu erfüllen. Etana berichtete von einem Traum, in dem er Ischtar, die Göttin des Gebärens, gesehen hatte hinter dem Himmelstor, das zu den Göttern führt. Der Adler erwiderte daraufhin: »Lege deine Brust auf meine Brust, deine Hände lege auf die Schwingfedern meiner Flügel. Zu Ischtar, der Herrin, will ich dich emportragen.«

Und der Flug des Adlers mit seiner königlichen Last begann. Nachdem sie zwei Stunden emporgestiegen waren, blickte Etana zurück und sprach: »Das Land da erkenne ich als einen Hügel, und das Meer ist zum Gewässer eines Flusses geworden.« Nach wiederum zwei Stunden erblickte er das Land als eine Tanne, und wie des



*Daidalos und Ikaros nach einem deutschen Holzschnitt von 1497*

Festlands zierlicher Gürtel erschien ihm das Meer. Nach nochmals zwei Stunden war das Land nur mehr ein Beet, und das Meer glich dem Bewässerungsgraben eines Gärtners. Da verlangte Etana zurückzukehren. Er ließ sich hinabfallen, und der Adler stürzte ihm nach. Als der Adler auf der Erde ankam, fand er den König zerschmettert am Boden liegen. Die erste imaginäre »erdnahe Raumfahrt« der Geschichte hatte ihr tragisches Ende gefunden.

Um das Jahr 1000 v. u. Z. lebte in Athen ein legendärer Erfinder namens Daidalos, der Einfallsreiche. Nachdem ihn sein Schicksal auf die Insel Kreta verschlagen hatte, arbeitete er dort an mancherlei Erfindungen für König Minos. So hatte er auch ein Labyrinth zu konstruieren, das niemand, der es betrat, wieder verlassen konnte. Dadurch sollte auf Geheiß des Königs Minos der Minotaurus, jenes Mischwesen aus Mensch und Stier, vor den Augen der Öffentlichkeit verbor-

gen werden. Doch eines Tages verriet Daidalos den Trick, wie man dem Labyrinth entkommen könne, und er wurde dafür mit seinem Sohn Ikaros eingeschlossen. Jede Flucht auf normalem Wege erschien aussichtslos. So beschloß Daidalos, indem er seinem Namen alle Ehre machte, dem Gefängnis mit vogelähnlichen Schwingen zu entkommen. Bald waren zwei Paar Flügel aus Federn und Wachs fertiggestellt, und die beiden erhoben sich in die Lüfte, ihrer Freiheit entgegen.

Doch bald packte Ikaros eine unbändige Freude am Fliegen, und er vergaß alle Ermahnungen des Vaters. Immer höher erhob er sich, und bald kam er der Sonne so nahe, daß ihre Wärme das Wachs der Flügel zu schmelzen begann und Ikaros ins Meer stürzte.

Die Legende von Daidalos und Ikaros, der seine Abenteuerlust mit dem Leben bezahlte, ist bis heute Symbol menschlichen Wagemutes und Erfindergeistes geblieben.

Eine förmliche »Besichtigungsreise« durchs Weltall, ein Erlebnisbericht über die zeitgenössischen Ansichten von der Struktur des Universums bietet uns das jüdische »Henoeh-Buch« – eine Kosmologie für Gläubige: dem dreihundertfünfundsechzigjährigen weisen Henoeh erschienen zwei überirdisch große Männer, mit sonnenhellen Gesichtern und Augen wie brennende Fackeln. Sie forderten Henoeh auf, sich auf ihre goldenen Flügel zu setzen und mit ihnen in den Himmel aufzusteigen.

Im ersten Himmel lernte Henoeh die Wolken, zweihundert über Sterne und Himmelsbewegungen herrschende Engel sowie die Schatzkammern von Schnee, Eis und Hagel kennen. Im zweiten Himmel, einer Art Hölle, begegnete Henoeh finsternen Gefangenen, die nur ihrem eigenen Willen, nicht aber dem Gebot des Herrn gehorcht hatten. Der dritte Himmel aber war das Paradies mit dem duftenden Baum des Lebens. Im vierten Himmel wurden Henoeh die Bahnen der Gestirne, bewacht von fünfzehntausend Engeln, gezeigt. Im Osten dieses vierten Himmels lernte Henoeh die Tore kennen, durch die die Sonne zu den verschiedenen Zeiten hindurchläuft. Genau gegenüber diesen Toren wurden ihm sechs geöffnete »Sonnenausgänge« gezeigt. Unter der Erde angekommen, so erfuhr unser Himmelswanderer, nehmen vierhundert Engel der Sonne die Krone ab, die sie ihr wieder aufsetzen, sobald sie erneut an den östlichen Toren erscheint. Die Männer, die Henoeh emporgetragen hatten, zeigten ihm auch die zwölf Tore des Mondes.

Riesige Heerscharen, menschenähnlich, doch viel größer, begegneten Henoeh im fünften Himmel.

Im sechsten hingegen gewährte er Legionen von Engeln mit Angesichtern, glänzender als das der Sonne. Diese Engel erfüllten eine wichtige Aufgabe: Sie lehrten die Sterne, wie sie zu gehen hatten, sie wachten über die Mächte dieser Welt, die guten wie die bösen. Über die gewöhnlichen Engel gesetzt, bestimmten diese Erzengel alles Geschehen auf Erden, sie waren für die Lebenszeit der Menschen ebenso zuständig wie für die Früchte, Gräser, Kräuter und Tiere der Erde.

Im siebten Himmel begegnete Henoeh feurigen Heerscharen großer Erzengel, Kräfte ohne Leib und Gestalt, Prinzipien und Mächte.

Im achten Himmel, der »Achse der Zeit«, sah Henoeh, wo die zwölf Tierkreiszeichen weilen, deren Wohnungen im neunten Himmel sind.

Endlich aber, im zehnten Himmel, trat Henoeh vor das Angesicht des Herrn. Und niemand erzählt, ob und wie der Himmelswanderer je wieder auf die Erde zurückkam.

Zu den ältesten Berichten zählt die Himmelfahrt des Propheten Elia aus dem Alten Testament der Bibel. Propheten hatten in jenen Zeiten priesterliche Aufgaben, aber auch solche der Rechtsprechung. Zumeist standen sie in Opposition zum Königtum. Oft wurde ihnen durch mythische Ausschmückungen ihres Lebens eine besonders herausragende Rolle zugeschrieben. Dies trifft auch für die Geschichte um Elia zu, die vermutlich im 8. Jahrhundert v. u. Z. entstand. In dem biblischen Bericht heißt es, »ein feuriger Wagen mit feurigen Rossen« sei gekommen und habe Elia gen Himmel entführt. Mit der Himmelfahrt war gleichsam die Göttlichkeit des Propheten bezeugt. Ähnliche Berichte von »Himmelfahrten« finden wir auch an anderen Stellen der Bibel, so z.B. im Bericht des Propheten Heseiel (auch Ezechieel), vor dessen Augen sich der Himmel auftat und der dabei »göttliche Schauungen« sah. Diesmal fahren nicht Erdenbewohner zum Himmel empor – es kommen vielmehr göttliche Wesen hernieder.

Doch weitere, ganz andersartige phantastische Reisen zu den Sternen sind uns überliefert; alles andere als Abenteuerromane mit Seitenblick auf die Realität. Vielmehr lassen die Dichter ihre Figuren jenseits der alltäglichen irdischen Gefilde agieren, wahrscheinlich weniger, weil sie ernsthaft an die Möglichkeit von Reisen durch das Weltall glaubten, als vielmehr, um Irdisches weniger vordergründig abhandeln zu können. Die ersten Mondreisen führte uns Lukian, der berühmte griechische Schriftsteller des 2. Jahrhunderts, in seiner »Wahren Geschichte« und in »Ikaromenippos oder die Luftreise« vor.

In beiden Erzählungen stehen die Zustände und Begebenheiten auf dem Mond im Mittelpunkt des Geschehens. Offenkundig gab es in der Antike – ganz anders als heute – nur zwei Varianten einer solchen Schilderung: den Lügenroman, abenteuerlich verkleidet, oder die Satire – die fiktiven Mondbewohner als Mittel, den

Blick auf die eigenen Zeitgenossen schärfer zu richten. Wohl nicht zuletzt deshalb sah Friedrich Engels in Lukian den »Voltaire des klassischen Altertums«.

Schon ein Dreivierteljahrhundert vor Lukian hatte Plutarch in seinem Traktat »Vom Gesicht im Monde« die Frage behandelt, ob womöglich die Seelen der Toten auf dem Mond zur Ruhe kämen. Vielleicht gründet sich darauf die noch heute praktizierte Sitte, die Formationen des Mondes auf die Namen berühmter Gelehrter zu taufen und den uns im Weltall benachbarten Himmelskörper dadurch gleichsam zum »symbolischen Gelehrtenfriedhof« zu machen. Wie man auf den Mond gelangen könnte, interessierte den Philosophen nicht.

Lukian muß hingegen, schon um seine Geschichte dramaturgisch abzurunden, auch die Reiseumstände schildern.

In seiner »Wahren Geschichte« beginnt der Ausflug des Erzählers und seiner fünfzig Begleiter mit einer gemächlichen Segelpartie aus Langeweile. Aber plötzlich faßte »ein Wirbelsturm unser Schiff, schleuderte es im Kreise umher, riß es an die dreitausend Stadien in die Höhe und setzte es dann nicht mehr auf das Meer ab. Es blieb in der Höhe schweben und segelte mit vollem Winde über den Wolken ... Nach einer Luftfahrt von sieben Tagen und Nächten sahen wir am achten Tage in der Luft ein großes, glänzendes, kugelförmiges und von einem großen Lichte erleuchtetes Land, das wie eine Insel da lag; hier gingen wir vor Anker ...«.

Dann folgt die Schilderung mannigfacher Abenteuer mit auf dem Monde ansässigen Pferdegeiern, Kohlvögeln, Flohschützen und Windläufern, die einander bekämpfen und mit den Bewohnern anderer Gestirne auf Kriegsfuß stehen.

Doch Lukian läßt seine Raumfahrtutopie zugleich sozialutopisch enden, denn zwischen den Parteien wird Friede geschlossen durch folgenden Vertrag: »Die Helioten (Bewohner der Sonne, d. A.) verpflichteten sich, ... nicht mehr in den Mond einzufallen ... Die Seleniten (Bewohner des Mondes, d. A.) hingegen verpflichteten sich, die Selbständigkeit anderer Gestirne zu achten und die Helioten nie mehr mit Krieg zu überziehen.« Neben derlei ernstern Mahnungen enthält Lukians »Wahre Geschichte« noch viel

anderes, das bis heute auf der Erde unwahr, wenngleich wünschenswert geblieben ist. Die Rückkehr zur Erde geschieht – wie sollte es bei einem Schiff anders sein – durch »Wasserung«: »Am drittfolgenden Tag sahen wir schon den Ozean ganz deutlich, und am vierten Tage gegen Mittag setzte uns ein sanft nachgebender Wind wieder auf das Meer nieder.« (Textzitate nach den Übersetzungen von Chr. M. Wieland, Th. Fischer und H. Floerke)

In Lukians zweiter Geschichte berichtet Menippos, er rechne gerade seine jüngste Reise zusammen, die ihn zu den Sternen und Gott Zeus geführt habe. Verständlicherweise stellt ihm der Freund die Frage: »Sage mir doch bitte eines: Auf welche Weise erhobst du dich in die Lüfte, wo nimmst du eine so große Leiter her? Denn so hübsch wie Ganymed bist du denn doch wieder nicht, daß man annehmen könnte, du seiest wie er von einem Adler geraubt worden, um Mundschenk der Götter zu werden.« Sein Geheimnis preisgebend, erwidert Menippos: »Ich brauchte zu meiner Reise nach oben weder eine Leiter noch einen in mich verliebten Adler; ich hatte meine eigenen Flügel.« Und diese Flügel hatte er sich selbst gefertigt, dabei den Fehler des Ikaros klug vermeidend: »Ikaros hatte sein Gefieder mit Wachs zusammengeklebt, und so schmolz es an der Sonne. Ich aber ... fing einen großen Adler sowie einen Lämmergeier und schnitt ihnen die Flügel ab ...« – ein Urvater der Bionik. Mahnend erinnert darauf der Freund an das Schicksal des Ikaros (*Ikaromenippos* ist natürlich eine Anspielung auf den legendären Geistesahnen), aber Menippos hatte ja kein Wachs verwendet, sondern er benutzte das Vogelgefieder in seiner natürlichen Beschaffenheit.

Auch Menippos sah bei seinem Aufstieg die Erde immer kleiner und betrachtete sie während einer Ruhepause sogar vom Monde aus. Dort begegnet ihm der Philosoph Empedokles, den der Rauch des Ätna zum Monde getragen hatte, und erteilt ihm den Rat, mit den Adlerflügeln zu schlagen, wodurch er die Scharfsichtigkeit eines Adlers erhielt. So konnte Menippos vom Monde aus das Treiben auf der Erde verfolgen.

Dann setzte er seinen Flug fort, ließ die Sonne rechts liegen und näherte sich am dritten Tage dem Himmel, wo er Zeus aufsuchte.

Dieser und die anderen Götter waren durch die Ankunft des Menippos leicht beunruhigt, denn sie befürchteten, »daß alsbald alle Menschen auf dieselbe Weise heranfliegen würden«.

Nach mancherlei Gesprächen und Zornesausbrüchen des mächtigsten der Götter beschloß man im Himmel, daß dem Menippos die Flügel gestutzt würden, damit er nicht erneut in die hohen Gefilde aufsteigen könne. Hermes, der Götterbote, erhielt den Auftrag, Menippos auf die Erde zurückzubringen, und er setzte ihn auf dem Hauptplatz von Athen ab.

Das Abenteuer, nach den Göttern zu sehen und den Himmel zu erkunden, war noch einmal glimpflich ausgegangen. An eine Wiederholung freilich war nicht zu denken.

Phaeton war der Sohn des Sonnengottes Helios. Als er eines Tages seinen Vater in dessen Palast besuchte, versprach Helios, ihm aus väterlicher Liebe jeden Wunsch zu erfüllen, und Phaeton bat darum, den von vier Pferden gezogenen Sonnenwagen einen Tag lang über das himmlische Gefilde lenken zu dürfen. Trotz genauer Anweisungen des Vaters wurde der Sohn übermütig, und die Pferde gingen durch. Große Wundmale wurden in den Himmel gerissen; aus ihnen entstand die Milchstraße. Doch die Pferde verließen den Himmel, verbrannten die Erde, schwärzten die Haut der Äquatorbewohner, so daß Zeus sich entschloß, einen Blitz gegen den tolldreisten Wagenlenker zu schleudern. Phaeton stürzte brennend in den Eridanos. An die mißglückte Fahrt des Sonnensohnes erinnert bis zum heutigen Tage angeblich das Sternbild Fuhrmann, – eine »Mahnung« zur Vorsicht im Umgang mit Wagnissen.

Auch Bellerophon, einer der großen Heroen der antiken Sagenwelt, bezahlte teuer für seinen Aufstieg in den Himmel. Er schwang sich mit Pegasos, dem geflügelten Pferd, zu Zeus in den Himmel empor, um sich vom höchsten der Götter die Lösung der Welträtsel zu holen. In seinem Zorn über diese Anmaßung ließ Zeus das Pferd von einer Fliege stechen, so daß es den Reiter abwarf, der zwar mit dem Leben davonkam, aber für immer gelähmt blieb.

Euripides, der große griechische Dichter, gestaltete das Schicksal des Bellerophon in seinem gleichnamigen Drama.

## Der Traum vom Fliegen – Zukunftssehnsucht oder Erinnerung?

Schließen wir unseren Rundblick auf antike Himmelsagen. Sind diese »Berichte« als »Vorstufen der Raumfahrt« zu betrachten? Sind sie mit der »Science-fiction« unserer Zeit vergleichbar? Drücken sie menschliche Sehnsüchte aus?

Die Grundhaltung vieler dieser Mythen und Legenden besteht in der Herausforderung der Götter. Warum haben es die Götter soviel besser als die Menschen, und was kann man dagegen tun? Diese Frage hat sich auch Hesiod gestellt, der große Dichter und Denker der Antike. Das Ergebnis seiner Überlegungen lautete: Die Menschen haben ehemals wie die Götter in paradiesischen Zuständen gelebt, sind aber damit nicht zufrieden gewesen. Ihr Wunsch, selbst Gestalter ihrer Geschehnisse zu sein, habe schließlich zu einem Gegensatz zwischen Menschen und Göt-

*Fliegender Wagen des Ki-kung-shi*



奇  
談  
圖

tern geführt. Dabei nahm Zeus den Menschen viele Gaben des Glücks, ließ ihnen aber die Hoffnung, ihre Übel aus eigener Kraft überwinden zu können. »Hoffnung gibt dem Bauern seine Nahrung, Hoffnung vertraut den gepflügten Furchen den Samen an, den mit Wucherzins der Acker wiedergeben soll. Hoffnung ist es, die den Fischer, den Vogelsteller in seinem Tun anspornt.« Nach Hesiod sind die Wurzeln für die Überwindung der Übel in den Übeln selbst zu suchen. Es sind gleichsam die inneren Widersprüche, die als Quelle der Entwicklung in Erscheinung treten. Die Vorstellung von einem erstrebenswerten Ziel spielt bei den Griechen für ihre Bemühungen zu seiner Erreichung eine ausschlaggebende Rolle.

In diesem Sinne sind die Mythen auch im Hinblick auf Luft- und Raumfahrt von durchaus produktiver Kraft.

Karl Marx, der den antiken Mythen den Rang geschichtlicher Quellen zuerkannte, stellte zu Recht die Frage, ob die mythologischen Anschauungen der Antike auch auf der Basis einer technisierten Gesellschaft mit Lokomotiven und Telegraphen denkbar wären. Und er kommt zu dem Schluß: »Alle Mythologie überwindet und beherrscht und gestaltet die Naturkräfte in der Einbildung und durch die Einbildung: verschwindet also mit der wirklichen Herrschaft über dieselben.« Die Schwierigkeit sei nur, »daß sie für uns noch Kunstgenuß gewähren und in gewisser Beziehung als Norm und unerreichbare Muster gelten«. Dies ist aber wahrscheinlich deshalb der Fall, weil sie auf hohem künstlerischem Niveau potentielle menschliche Fähigkeiten und Sehnsüchte verherrlichen, deren symbolischer Ausdruck sie gleichsam sind. Daidalos kann ebenso als Symbol des Weges zu Gagarins erstem realen Raumflug dienen wie auch als Symbol für eine imaginäre Raumfahrt zu fernen Sternen, deren Realisierbarkeit heute noch ganz unbestimmt ist.

Sind also die in Mythen- und Märchenform gekleideten alten Berichte Spiegel eines bis an die Grenzen menschlicher Fähigkeiten stoßenden Willens? Oder sind es vielleicht Spiegelbilder, Erinnerungen an Ereignisse der Frühgeschichte der Menschheit, an tatsächliche Raumflüge aus dem Weltall gekommener intelligenter Wesen,

die den Bewohnern der Erde damals wie Götter anmuten mußten? Bekanntlich ist auch diese These vertreten worden, und zwar mit einer solchen Vehemenz, daß Millionen von Lesern davon gepackt waren und sich auch seriöse Wissenschaftler veranlaßt sahen, dazu Stellung zu nehmen. Der »auflagenstärkste« Vertreter dieser Hypothese ist der Schweizer Hotelier Erich von Däniken, der seine »ungelösten Rätsel der Vergangenheit« zuerst unter dem Titel »Erinnerungen an die Zukunft« millionenfach an den Mann brachte. Der Kern von Dänikens Diagnose hört sich mit seinen eigenen Worten so an: »Mit unserer Vergangenheit, jener, die Tausende und Millionen Jahre zurückliegt, stimmt etwas nicht! In ihr wimmelt es von unbekanntem Göttern, die in bemannten Raumstationen der guten, steinalten Erde Besuche abstatteten ... Mit unserer Archäologie stimmt etwas nicht! ... Da gibt es seltsame Wesen in perfekten Raumanzügen, die mit Gürtelschnallen aus Platin geschlossen sind ... Und mit unseren Religionen stimmt etwas nicht! Allen Religionen ist gemeinsam, daß sie den Menschen Heil und Hilfe verhiessen. Auch die uralten Götter gaben solche Versprechen. Warum hielten sie sich nicht daran? ...«

Däniken beruft sich – und seine Gefolgsleute ebenfalls – letztlich darauf, daß in den Sagen und Märchen der alten Völker sehr häufig von feurigen Himmelswagen oder Donnervögeln die Rede ist, und er kann sich nicht erklären, wie dies zusammenhängen könnte. Ihm scheint aber alles gut zu der These zu passen, daß es sich hierbei um Berichte handelt, die dem Stil der Zeit entsprechend in Mythenform gekleidet wurden, aber in Wirklichkeit Tatsachen wiedergeben.

Das Resultat der Auseinandersetzung um Däniken liegt heute einigermaßen klar auf der Hand und ist kaum noch ein ernsthaftes Streitobjekt: Es gibt keine Beweise dafür, daß die Vertreter fremder Zivilisationen jemals die Erde besucht haben. Die angeblichen Beweise für diese These sind, bei Lichte betrachtet, nichts anderes als eine Ansammlung merkwürdiger Tatsachen und Geschichten, die wahllos aus den verschiedensten Epochen zusammengesammelt und krampfhaft mit Raumfahrt in Zusammenhang gebracht wurden. Dies trifft auch auf mehrfach anzutreffende und bei verschiedenen Völkern in

ähnlichen Versionen verbreitete Märchenmotive zu, die entfernt – aus heutiger Sicht! – an Raumfahrt erinnern: Schilderungen vom Himmel gekommener Lehrmeister der Menschen, die Vorstellung von geflügelten Boten zwischen Menschen und Göttern usw. Die Raumfahrt-Forscherin Irene Sänger-Bredt spricht in diesem Zusammenhang von einem in diesen Märchen ausgedrückten Wunschdenken der Menschheit und fragt: »Wie kommen die Menschen zu solchen Wünschen? Was, in aller Welt, ließ sie bereits in ältester Zeit derart auf das Fliegen versessen sein, als der allgemeine Kulturzustand diese Kunst noch keineswegs zum praktischen Bedürfnis gemacht hatte und an eine technische Verwirklichung solcher Träume erst recht nicht zu denken war? ... Gehört es zu den Gesetzmäßigkeiten der Entwicklung des Lebens, daß es keine Beschränkung dulden will? Wie kommt es, daß der Traum vom Fliegen ... der ganzen Menschheit eigen ist?«

Weiter zu schauen als bis an den Grenzpfahl der jeweiligen Möglichkeit ist offenbar eine Grundeigenschaft des Menschen auf allen Gebieten.

Freilich ist damit noch nicht bewiesen, daß niemals Vertreter fremder Zivilisationen auf der Erde weilten. Wenn wir prinzipiell die Möglichkeit anerkennen, es könne andere intelligentere Gesellschaften im Kosmos geben, ihnen also auch die Beherrschung von Raumfahrt zutrauen müssen, können wir ihren Kontakt mit dem dritten Planeten des Sonnensystems, unserer Heimat im Weltall, nicht ausschließen. Daß ein solcher Besuch niemals stattgefunden hat, würde nur dann zwingend zu folgern sein, wenn er aus prinzipiellen naturwissenschaftlichen Gründen nicht stattgefunden haben könnte. Solche Gründe gibt es nicht. Aber andererseits ist die Annahme eines solchen »kosmischen Besuches«, für den es keinerlei Beweise gibt, nicht erforderlich für die Erklärung der gesellschaftlichen Entwicklung auf diesem Planeten.

Kehren wir noch einmal zu unseren Märchen und Mythen zurück. Gewiß bestehen sie aus einer Mischung von Traum, Wunsch und Bericht. In der Auseinandersetzung mit der Umwelt mußte im Menschen zwangsläufig der Wunsch entstehen, sich über die Kräfte der Natur zu er-

heben, aber auch der Hoffnungsfunke, dies vielleicht dereinst in größerem Maße auch zu können. Andererseits werden Naturkatastrophen, als Stimmen der Götter empfunden, in die Erzählungen eingeflossen sein: Erdbeben, Vulkanausbrüche, Feuersbrünste und Meteoritenfälle ebenso wie Sonnen- und Mondfinsternisse oder Kometenerscheinungen. Bei den nordamerikanischen Indianern hat sich der Niedergang des Arizona-Meteoriten als Sage von einem feurigen Gott bewahrt, der vom Himmel gekommen sei und die Ungläubigen unter sich begrub.

Sind nun aber die »Raumfahrtmärchen« Vorstufen von Raumfahrt, programmatisches Gedankengut mit Zielrichtung auf einen Jahrtausende späteren Sputnik I? Raumfahrt ist nicht schlechthin als die Geschichte einer wissenschaftlichen, technischen oder geistigen Disziplin zu verstehen. Zahllose Resultate menschlichen Forschens kommen in der Raumfahrt zusammen. Doch die wenigsten dieser Ergebnisse sind mit der bewußten Zielrichtung auf den Flug ins All zustande gekommen. Es sind vereinzelt und voneinander unabhängige Quellen und Bäche, die erst spät in den großen Strom zusammenfließen, als den wir die Raumfahrt betrachten können. Daher dürfen wir einerseits mit Recht von der Warte unserer heutigen Realität auf die Geschichte zurückblicken und überall »Vorstufen« der Raumfahrt entdecken. Ihren Urhebern jedoch sind sie keineswegs als solche erschienen. Es wäre eine grobe Simplifizierung, wenn wir behaupten wollten, die Mythen von einst wären der geistige Anstoß zu einer mehrtausendjährigen Geschichte zur Realisierung von Raumfahrt gewesen. Dies unterscheidet übrigens die antike »Science-fiction« ganz wesentlich von den phantastischen Erzählungen späterer Autoren, wie Jules Verne, Kurd Laßwitz oder Hans Dominik, deren direkte Wirkung auf die Pioniere der Raumfahrt nachweisbar ist und die folglich, obschon durchs Phantastische mit ihren antiken Ahnen verbunden, aus der unmittelbaren Vorgeschichte der Raumfahrt nicht fortzudenken sind.

Die Mythen der Völker vom Flug zum Himmel sind Ausdruck einer trotzigen und selbstbewußten Haltung des Menschen gegenüber den Naturgewalten. Hierin begegnen sich Raumfahrtmärchen und Raumfahrtwirklichkeit!

## Das alte Bild der Welt

Die alte Mondrechnung führte zu einem Rundjahr von 360 Tagen, nämlich 12 Monaten zu je 30 Tagen. Da die Kalenderberechnung jedoch eine elementare praktische Bedeutung besaß, mußte sie, sofern irgendwie astronomisch begründet, letztlich das landwirtschaftliche oder meteorologische Jahr widerspiegeln. Ein Kalendarium mit Daten, die keine eindeutige Beziehung zwischen Erntezeit und Anzahl der gezählten Neumonde oder Sonnenstand oder Sternbilderpositionen herstellten, hatte keinen Sinn. Das meteorologische Jahr wird aber durch den Lauf der Sonne bestimmt, gleichviel, ob man der Sonne eine tatsächliche Bewegung beimessen mochte oder nicht.

So erwies sich der Mondkalender mit seinen 360 Tagen schon bald als problematisch. Vom 3. Jahrtausend v. u. Z. galt deshalb das Sonnenjahr. Zum üblichen ägyptischen Rundjahr wurden 5 Tage hinzugezählt. Obschon das 365 Sonnentage lange Jahr gegenüber der Wirklichkeit noch immer um rund einen Vierteltag zu kurz war, stellte die Feststellung einer Jahreslänge von 365 Tagen gegenüber dem älteren Rundjahr doch schon einen beachtenswerten Fortschritt dar. Interessant ist, auch im Hinblick auf die Deutung der »Raumfahrtmärchen«, daß diese Errungenschaft noch Jahrtausende später bei Plutarch in der Form einer Sage erzählt wird, deren handelnde Personen ägyptische Götter sind, obschon rationale menschliche Erkenntnis dahintersteckt.

Ähnlich eingewoben ins Mythologische sind die frühen Weltbilder der Menschheit. Über die Himmelskörper war praktisch nichts bekannt. Lediglich die Stellung der relativ zueinander unbeweglichen Sterne war beschrieben worden. Darüber hinaus wurden die beweglichen Sterne (Planeten) beobachtet, wobei nach und nach Regelmäßigkeiten ihrer Bewegung zutage traten. Eingeschlossen in die Wandelsterne Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn wurden auch Sonne und Mond. Über das eigentliche Wesen dieser Objekte wußte man nichts. Der den Menschen stets eigene Wunsch, sich ein Gesamtbild von der ihn umgebenden Welt zu machen, stand in klarem Gegensatz zu dem mehr als dürftigen

objektiven Verständnis dieser Welt. Daher ist es nicht verwunderlich, daß alle Weltbilder stark spekulative Züge trugen. So betrachteten die Ägypter die Erde als ein flaches Rechteck, dessen beherrschendes Wasser der Flußlauf des Nil darstellte. An einer durch mächtige Säulen getragenen Himmelsdecke hingen die Sterne.

Das Scheibenbild der Erde war im Babylon des 2. Jahrtausends v. u. Z. verbreitet. Der Welt-ozean trug die Scheibe, in deren Zentrum sich der Weltberg erhob, um den die von Göttern bewegten Gestirne kreisten.

Über die Abstände der Himmelskörper von der Erde gab es zunächst ebenfalls nur abstrus anmutende Vorstellungen. Die ältesten diesbezüglichen Angaben stammen von dem griechischen Gelehrten Anaximandros (611–545 v. u. Z.). Danach ist die Erde von den Planeten und den Fixsternen umgeben, während Mond und Sonne erst in größerem Abstand folgen. Selbst wenn wir berücksichtigen, daß damals noch keine Entfernungsmessungen von Himmelskörpern vorlagen, verwundert diese Aussage. Es gehört nicht viel Beobachtungsglück dazu, Bedeckungen von Planeten und Sternen durch den Mond am Himmel wahrzunehmen. Aus solchen Ereignissen folgt zwingend, daß Sterne und Planeten weiter entfernt sein müssen, als der Mond.

Einen erheblichen Zuwachs an Kenntnissen brachte die griechische Astronomie, wobei sie geschickt die umfangreichen Beobachtungsreihen der Babylonier und Ägypter nutzte. Auch die Distanzen von Himmelskörpern wurden durch die Arbeiten griechischer Forscher erstmals annähernd zutreffend beschrieben. Es war der berühmte Aristarch von Samos (310–230 v. u. Z.), der als erster Mensch mit der Kraft seiner Gedanken messend in kosmische Weiten vordrang. Ihm gelang es aufgrund geistreicher Überlegungen, das Verhältnis der Entfernung des Mondes von der Erde zu der Entfernung der Sonne von der Erde abzuleiten. Zwar war das Resultat mit 1:19 weit von der Wirklichkeit entfernt (die mittlere Sonnenentfernung beträgt das 389fache der mittleren Mondentfernung), aber das ist nicht das Entscheidende. Größte Hochachtung verdient vielmehr die scheinbar selbstverständliche Voraussetzung des Aristarch, daß die Gesetze der Dreieckslehre auch im Weltall gelten. Anerken-

nung gebührt auch dem Ergebnis, denn seitdem wußte man, daß die Sonne viel weiter von der Erde entfernt ist als der Mond.

Die Distanz des Mondes von der Erde, ausgedrückt in irdischem Maßstab, wurde erstmals durch den bedeutenden griechischen Astronomen Hipparch (um 190 – um 120 v. u. Z.) bestimmt. Er fand für die Mondentfernung den Wert von 59 Erdradien. Den Erdumfang wiederum hatte schon Eratosthenes (276–195 v. u. Z.) zu 250 000 Stadien ermittelt. Diese Messung ermöglichte nun in Verbindung mit der Mondparallaxe den »Sprung zum Mond«. Denn aus dem gemessenen Erdumfang folgte aufgrund des bekannten Zusammenhangs zwischen Kreisumfang und Kreisradius (Archimedes) für den Erdradius  $r = 39\,800$  Stadien und somit für die Mondentfernung 2 350 000 Stadien. Nun kann man sich darüber streiten, welche Strecke bei den Griechen mit einem »Stadium« gemeint war, denn uns sind verschiedene Definitionen dieses »Kilometers der Antike« überliefert. Aber von diesen Feinheiten einmal abgesehen, gab es eine im großen und ganzen zutreffende Vorstellung von der Entfernung des Mondes (moderner Wert: 60,4 Erdradien).

Anders war die Situation bezüglich der Planeten. Für die antiken Astronomen gab es keine Möglichkeit, die Entfernungen der Wandelsterne zu bestimmen. Allerdings hat sich Aristoteles (384–322 v. u. Z.) mit Erfolg Gedanken um das Problem der Reihenfolge ihrer Anordnung gemacht. Er ging dabei vom sogenannten Gesetz der Reihenfolge aus. Es besagt, daß sich gleich schnell bewegte Körper für einen Beobachter um so langsamer zu bewegen scheinen, je weiter sie von ihm entfernt sind. Aristoteles setzte voraus, daß sich die Planeten in Wirklichkeit alle gleich schnell bewegen. Dann ergibt sich die Reihenfolge ihres Abstands von der Erde aus den beobachteten Winkelgeschwindigkeiten der Planetenbewegung vor dem Hintergrund der Fixsterne. Saturn mußte von allen (damals bekannten) Planeten der am weitesten entfernte sein, zur Erde hin gefolgt von Jupiter, Mars, Sonne (mit Merkur und Venus) sowie Mond. Da die Planeten sich in Wirklichkeit keineswegs gleich schnell bewegen, sondern mit wachsendem Abstand (von der Sonne) immer langsamer, erhielt Aristoteles

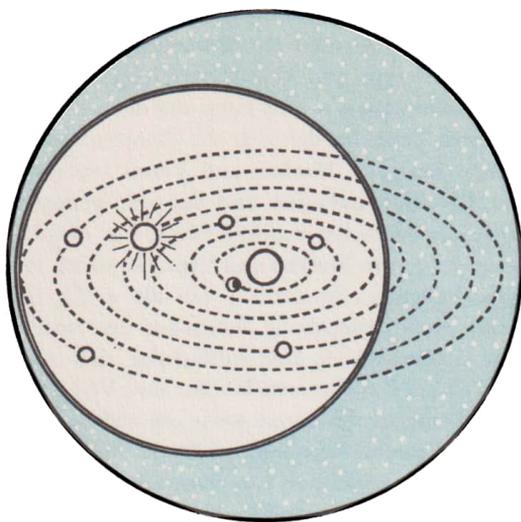
für Saturn, Jupiter, Mars, Sonne und Mond ein zutreffendes Resultat der Reihenfolge des Abstands. Merkur und Venus freilich pendeln um die Sonne herum – eine Folge der damals unbekannteren Tatsache, daß sich alle Planeten um die Sonne bewegen, Merkur und Venus innerhalb der Erdbahn umlaufen und von der bewegten Erde aus betrachtet werden. Somit war die Abstandsfolge von Merkur und Venus zunächst unklar. Ptolemäus (um 100 – um 160 u. Z.), der letzte große griechische Astronom der Antike, kam schließlich zu der Auffassung, daß nach dem Mond die Planeten Merkur und Venus folgen, dann erst die Sonne sowie die anderen Planeten. Zusammenfassend stellte er in seinem »Almagest« genannten Hauptwerk fest:

»Alle Planetensphären befinden sich in größerer Erdnähe als die Fixsternsphäre, aber in größerer Erdferne als die Sphäre des Mondes.«

Wenn man in der Antike auch keine wirklichen Entfernungsangaben für die Planeten zur Verfügung hatte, so wußte man doch einerseits, wie weit es bis zum Monde war, und andererseits, daß der Mond von allen Himmelskörpern überhaupt der Erde am nächsten steht.

Daß also die frühesten phantastischen Reisen ins Weltall, die einem konkreten Objekt des Himmels galten und nicht dem Himmel oder den Göttern schlechthin, zum Monde führten, erscheint wie ein erstes Stück naturwissenschaftlich fundierten »Missionsprofils« – wenn auch alles andere als realitätsbezogen.

Das Weltbild der Alten, nachdem die mythologischen Vorstellungen überwunden waren, sah also die Erde im Zentrum der Welt. Und dieser Geozentrismus war wohlbegründet – gemessen am Wissensvorrat jener Zeit. Jedermann konnte sich durch Augenschein von der »Wahrheit« überzeugen, daß die Erde mit der Weltmitte identisch war. Alle Himmelskörper, manche auf einfacheren, andere auf komplizierteren Kurven, bewegten sich erkennbar um die Erde. Und eine Theorie der Bewegungen der verschiedenen Objekte gab es auch, seit Ptolemäus das Wissen seiner Vorgänger, zusammengefaßt und genial ergänzt, in seiner »Großen Zusammenstellung« (megale syntaxis) auf einen Nenner gebracht hatte. Kern seiner Theorie der vergleichsweise komplizierten Planetenbewegung war die Zerlegung dieser pe-



*Weltsystem des C. Ptolemäus mit Fixsternsphäre*

riodischen Bewegungen in eine Summe von Kreisbewegungen. Durch geeignete Wahl der Parameter, besonders der Winkelgeschwindigkeiten der gleichförmigen Umläufe gelang es ihm, die am Himmel beobachteten Örter der Planeten auf recht lange Zeit im voraus anzugeben. Wir würden heute sagen, seine Theorie genügte dem Kriterium der Praxis.

Mit der physikalischen Theorie seiner Zeit befand sich Ptolemäus ebenfalls in harmonischer Übereinstimmung. Die Theorie des Aristoteles lehrte nämlich, daß jeder Körper seinem »natürlichen Ort« zustrebe. Für die schweren Körper war dies die Weltmitte, für die leichten hingegen die Weltperipherie. Wer wollte sich da noch wundern, daß die Erde – zweifellos ein schwerer Körper – die Mitte der Welt bildete.

Aus der physikalischen Lehre des Aristoteles folgte übrigens auch zwanglos ein prinzipieller Unterschied zwischen Himmel und Erde. Die Himmelsobjekte nämlich, die Planeten, der Mond, die Sonne und die Sterne, fielen nicht geradlinig in Richtung auf den Erdmittelpunkt. Sie strebten auch nicht, wie z. B. Feuer und Rauch, geradlinig in Richtung auf die Weltperipherie. Vielmehr führten sie krummlinige, also ganz anders geartete Bewegungen aus. Sie konnten demnach weder zur Spezies der schweren noch zu der der leichten Körper gerechnet werden.

Für fast zwei Jahrtausende war damit physikalisch der Unterschied zwischen Himmel und Erde festgeschrieben.

Über die Frage nach der Natur der Himmelskörper gab es nur Spekulationen. Der Versuch, zum »Wesen« der kosmischen Lichter vorzudringen, war anfangs ebenso mythologisch belastet wie das Weltbild insgesamt. So waren die historisch frühesten Aussagen über die Planeten astrologischer Art.

Die babylonischen Sternweisen haben von Anfang an Sonne, Mond, die Planeten, aber auch Gruppen von Sternen, also Sternbilder, mit Göttern gleichgesetzt oder doch wenigstens als den sichtbaren Ausdruck des Willens von Göttern angesehen. Die großen Götter Sin (Mond) und Shamash (Sonne) griffen sichtbar in das Leben der Menschen ein, denn sie ließen offenkundig Monate und Jahre kommen und gehen. Ishtar (Venus) verkündete im Glauben der Babylonier wichtige Ereignisse, deshalb studierte man ihren Lauf am Himmel aufmerksam und hielt die Ergebnisse in ausgedehnten Beobachtungsreihen fest.

Jupiter war dem Gott Marduk gleichgesetzt, Mars entsprach dem Kriegsgott Nergal; sie alle kündeten, so glaubte man, irdische Geschehnisse durch ihre Stellung unter den sonstigen Sternen an.

Die Erklärung des Wesens der Sterne war also eng mit der Sternreligion verbunden. Die »Himmelsgötter«, Planeten, Sonne, Mond und Sterne, wurden deshalb später verständlicherweise von den Kirchenvätern verdammt und als »Konkurrenten« der von ihnen präsentierten Götter abgelehnt.

Neben dieser Entwicklung gab es auch Denkansätze, die uns heute progressiv anmuten: Aristarch von Samos (um 320 – um 250 v. u. Z.) lehrte die Mittelpunktstellung der Sonne und erklärte die Erde zu einem Himmelskörper, der das Zentrum umkreist. Aristarch wurde deshalb gelegentlich als »Copernicus der Antike« bezeichnet. Aber ist nicht schon die Nennung des Namens von Copernicus in Verbindung mit dem Begriff Antike ein Anachronismus?

Bemerkenswerte Meinungen äußerten die griechischen Naturphilosophen über das Wesen der Himmelskörper. Thales von Milet (um 650 – um

560 v. u. Z.), einer der »Sieben Weisen« Griechenlands, ersetzte wahrscheinlich als erster die Mythen über die Natur durch rationalistische Thesen. Danach walteten nicht übermächtige Gottheiten über dem Schicksal der Welt, sondern natürliche Vorgänge. Die Himmelskörper waren folglich für ihn auch nicht Ausdruck des Willens der Götter, sondern natürliche Dinge. Den Mond z. B. hielt Thales für einen »erdigen« Körper.

Noch interessanter sind in dieser Hinsicht die Ansichten des ebenfalls zur ionischen Schule gehörenden Anaxagoras (um 500 – um 425 v. u. Z.). Er predigte keinen »Urstoff«, sondern er betrachtete als den eigentlichen Urgrund der mannigfaltigen Wirklichkeit die »Spermata«, die »Samen der Dinge«. Sie sind qualitativ voneinander unterschieden und führen zur Entstehung qualitativ ähnlicher Körper. Diese Auffassung erinnert entfernt an viel später vertretene mechanistische Entwicklungstheorien, die auch die systematischen Veränderungen der Objekte, also letztlich auch ihr Entstehen und Vergehen aus Vereinigung und Trennung bestimmter Teilchen, versteht. Den Mond betrachtete Anaxagoras als erdartig; auch das Vorhandensein von Bergen und Tälern auf dem Mond hat er bereits vermutet. Alles in allem hielt er die »Leuchte der Nacht« für »größer als Griechenland«.

Philolaos (um 530 – um 470 v. u. Z.), ein Anhänger der nach Pythagoras benannten Schule, ging in seinen Ansichten über den Mond sogar noch weiter: Er hielt ihn für bewohnt wie die Erde – ein lohnendes Ziel für die »Raumfahrt«.

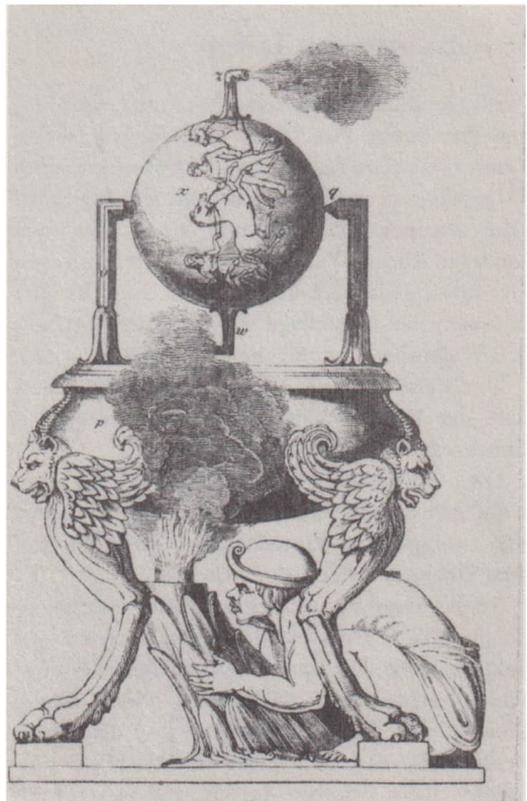
Doch betrachtet man alle diese scheinbar progressiven Ansichten mit nüchternem Blick, so entpuppen sie sich letztlich als Spekulationen. Weder die Idee von der Mittelpunktstellung der Sonne noch die von der »Erdartigkeit« des Mondes waren ernsthaft fundiert; es handelte sich um gedanklich zweifellos kühne, naturwissenschaftlich aber keineswegs abgesicherte Vermutungen. So paradox es klingt: Die Lehre von der Mittelpunktstellung der Erde war begründeter als die der Wahrheit viel näher kommende von der zentralen Lage der Sonne. Der Glaube an die Sternengötter naheliegender als die Lehre von den Himmelskörpern.

Alles, worauf Raumfahrt überhaupt wirklich

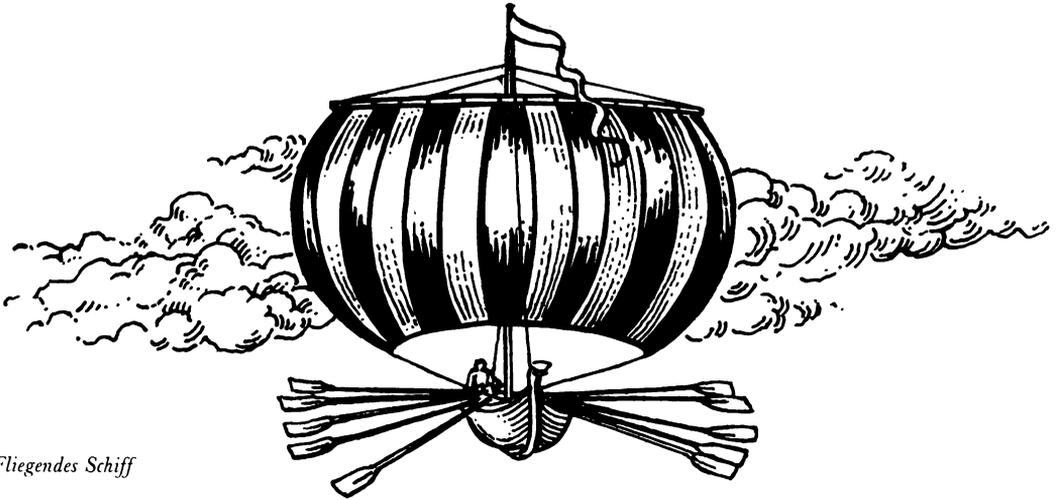
hätte zielen können, gehörte ins Reich der Phantasie und nicht in das der Wissenschaft. Alles, was wissenschaftlich begründet war, gab keine Basis für die Raumfahrt.

Die Antike schloß ihre Pforten mit einer fabelhaften wissenschaftlichen Bilanz: Sie verfügte über eine Vorstellung von der Welt, die sich mit jahrhundertelangen Beobachtungen im Einklang befand. Sie verfügte außerdem über ein reiches Arsenal phantastischer Gedanken in Mythos und Wissenschaft, die – teils Wünsche, teils Möglichkeiten – jedenfalls jenseits des damals Überprüf- baren lagen. Ein Pfund, mit dem die Antike nicht wuchern konnte: unzeitgemäße Ideen.

*Äolipile nach Heron, der sogenannte Heronsball*



# Großväter der Raumfahrt



*Fliegendes Schiff*

## Renaissance von Ideen

Noch ehe die phantastischen Weltraumerzählungen der Antike ihre Nachahmer fanden – und damit ein neues Kapitel der Literaturgeschichte aufgeschlagen wurde – erlebte das alte geozentrische astronomische Weltbild einen Umbruch sondergleichen. Was von einigen griechischen Gelehrten gedacht worden war, entwickelte sich nunmehr zur Grundlage einer gänzlich neuartigen Weltauffassung, für die es viele Quellen gab.

Der tiefste Grund des Umbruchs lag außerhalb der Wissenschaft, nämlich in der großen Epoche der Renaissance.

Die Entwicklung von Handwerkern und Händlern in den Städten des frühen Mittelalters zog zwangsläufig zunehmende Aktivitäten auf dem Gebiet des Handels nach sich.

Städte waren ein typisches Produkt des beginnenden Mittelalters und der neuen feudalen Produktionsweise. Die anwachsenden Bevölkerungszahlen erforderten nachgerade eine höhere Produktivität der Landwirtschaft und des Handwerks. In Deutschland wuchs die Anzahl der Einwohner allein zwischen dem 11. und 13. Jahrhun-

dert um 6 bis 7 Millionen, was praktisch einer Verdoppelung entsprach. Die bessere landwirtschaftliche Anbautechnik zog eine Spezialisierung nach sich, die wiederum dem Handwerk zugute kam. Die feudale Enge des Dorfes wurde gesprengt, und der Ruf ging um: »Stadtluft macht frei«. Eine Vielzahl technischer Erfindungen erhöhte die Produktivität des Handwerks und damit die Notwendigkeit, das Mehrprodukt zu tauschen, also Handel zu betreiben.

Vor allem der Schiffsbau profitierte davon. In Nordeuropa kamen seetüchtige Schiffe mit einer Tragfähigkeit von bis zu 200 t auf. Zu Beginn des 13. Jahrhunderts drangen die norddeutschen Koggen bis ins Mittelmeer vor. Die Tonnage der Hanseflotte soll um 1500 etwa 80 000 t betragen haben. Wasser hat bekanntlich keine Balken, und ob Kogge oder Karavelle – die sichere Orientierung der Schiffe wurde zu einem erstrangigen Problem. Die stagnierende Sternbeobachtung kam erneut zu Ehren.

Die astronomische Beobachtungskunst war nach den Tagen der alten Astronomie, die mit dem »Almagest« des Ptolemäus gleichsam ihre Abschlusinventur erlebt hatte, weitgehend erlo-

schen. Nur noch gelegentlich, nicht aber systematisch wurden Himmelserscheinungen beobachtet und hauptsächlich nicht aus wissenschaftlichem, sondern aus astrologischem Interesse. Im Vordergrund standen daher auch nicht die gewöhnlichen Himmelsbeobachtungen, die über Planetenbewegung, Mondstellung usw. Auskunft zu geben vermochten, sondern besondere Erscheinungen, wie Sonnen- und Mondfinsternisse, Sternschnuppenfälle sowie Planetenzusammenkünfte, zumal in den Tierkreissternbildern.

Der Anspruch des Ptolemäus war weitaus höher gewesen. Er hatte durch Angabe von Bewegungsgesetzen immerhin Vorherberechnungen der Positionen ermöglicht.

Gelegentliche Vergleiche zwischen tatsächlichen Positionen von Mond, Sonne und Planeten am Himmel mit den Angaben der alten Tafelwerke ließen aber erkennen, daß die überkommenen Daten unzulänglich waren.

Weit verbreitet waren die um das Jahr 1070 herausgebrachten Toledischen Tafeln, die außer einem Sternverzeichnis und Listen besonderer Himmelserscheinungen auch Aufzeichnungen über die Bewegung der Planeten beinhalteten. Sie wurden vielerorts übersetzt und auf die speziellen geographischen Positionen umgerechnet, ohne daß an ihrer Richtigkeit Zweifel aufgetaucht wären. In Spanien aber hatte man offenkundig die Differenzen bemerkt und war deshalb zu praktischen Beobachtungen übergegangen. Alfons X. von Kastilien hatte zwei jüdische Gelehrte mit der Beobachtung der Örter von Sternen, Planeten sowie der Sonne und des Mondes beauftragt. Damit wurde die Grundlage für die Herausgabe verbesserter Toledischer Tafeln im Jahre 1272 geschaffen.

Später veranlaßte Alfons eine grundlegende Reform der alten Tafeln. Die Gelehrten setzten sich mit dem Ptolemäischen System auseinander, verbesserten es in einigen Punkten und schufen die Alfonsinischen Tafeln.

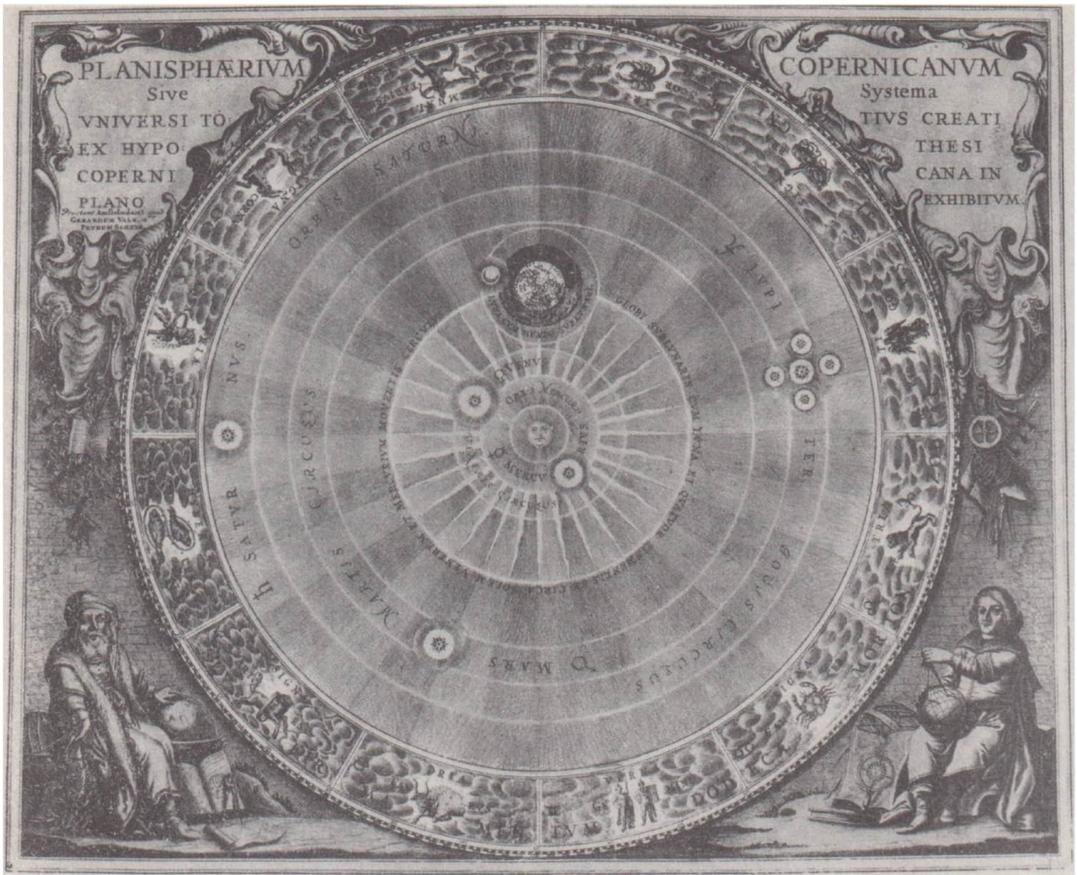
Johannes Müller aus Königsberg, genannt Regiomontanus, fand aber bald heraus, daß auch diese neuen Tafeln von der Wirklichkeit abwichen. Er hielt umfassende und systematische Beobachtungen für notwendig, um sie zu verbessern. Sein früher Tod hinderte ihn an der Ausführung seiner Ideen.

## Frischer Wind vom Frischen Haff

Nicolaus Copernicus indessen, der Domherr von Frombor am Frischen Haff, führte zwar kaum nennenswerte astronomische Beobachtungen durch, vollbrachte aber eine Geistesstat ohne Beispiel, indem er ein grundlegend neues Weltsystem entwarf. Nicht die Reformation der geheiligten Lehrmeinung, sondern die Revolution ihrer Grundlagen war sein Werk. Copernicus hatte den »Geist der Zeit« an hervorragenden Bildungsstätten im Europa der Renaissance in sich aufgenommen; er hatte die Universitäten Krakau, Rom, Ferrara und Padua besucht, und die Begegnungen mit hervorragenden Gelehrten und die intensive Beschäftigung mit dem Ideengut der Antike – alles dies hatte ihn darauf gebracht, der Sonne den Platz des Weltencentrums zuzuweisen und der Erde die bescheidenere Stellung eines Planeten unter anderen.

Als Copernicus 1543 das erste gedruckte Exemplar seines Hauptwerkes in Händen hielt, in dem das neue Weltsystem mathematisch durchgearbeitet war, lag er bereits im Sterben. Nur dem Drängen begeisterter Freunde war es überhaupt zu danken gewesen, daß sich der vorsichtige »Revolutionär wider Willen« überhaupt entschlossen hatte, das Manuskript drucken zu lassen.

Copernicus – ein Revolutionär? Sehr wahrscheinlich hat er sich selbst so nicht empfunden, und schon gar nicht dürfte es in seiner Absicht gelegen haben, der Kirche mit dem von ihr gleichsam dogmatisierten Weltbild der Antike Ungelegenheiten zu bereiten. Und doch hatte Friedrich Engels recht, als er später die wissenschaftliche Leistung von Copernicus unter dem Gesichtspunkt ihrer weltanschaulichen Tragweite so einschätzte: »Der revolutionäre Akt, wodurch die Naturforschung ihre Unabhängigkeit erklärte und die Bullenverbrennung Luthers gleichsam wiederholte, war die Herausgabe des unsterblichen Werks, womit Copernicus ... der kirchlichen Autorität in natürlichen Dingen den Fehdehandschuh hinwarf. Von da an datiert die Emanzipation der Naturforschung von der Theologie ... von da an ging auch die Entwicklung der Wissenschaft mit Riesenschritten vor sich und gewann an Kraft.« Man muß sich die Tragweite



Weltsystem des N. Copernicus

des copernicanischen Umsturzes aus dem Blickwinkel seiner Zeitgenossen vorstellen, um ihn als epochemachend zu verstehen: Die Erde war aus dem Zentrum der Welt gerückt und hatte einen Platz unter den anderen Planeten erhalten.

Sie war damit zu einem Himmelskörper erklärt worden, der sich nicht grundsätzlich von den anderen Himmelskörpern unterscheidet. Eine Welt der »Frömmigkeit und Sinne« war, wie Goethe sich ausdrückte, »in Dunst und Rauch« aufgegangen. Keine andere astronomische Entdeckung in späteren Jahrhunderten hat die Stellung des Menschen im Universum so radikal verändert wie die des Copernicus; einmal aus der Weltmitte verdrängt, war jeder andere Positionswechsel im Universum, war selbst die spätere Erkenntnis von den unerahnten Weiten des Kosmos, ohne vergleichbare Wirkung.

Zugleich ist die Erkenntnis des Copernicus, die sich erst in einem mühsamen und langdauernden Prozeß weiterer wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Vorgänge ausbreiten und durchsetzen konnte, die Grundlage für ein rasches Voranschreiten der Wissenschaft überhaupt gewesen. Ohne die Erkenntnis von der wahren Stellung der Erde und der Sonne hätte auch der Gedanke an Raumfahrt höchstens weiterhin in der Phantastik erblühen können. So aber nahm die Astronomie Kurs auf Erkenntnisse von unmittelbarer Bedeutung für die Vorgeschichte der Raumfahrt.

## Die Entdeckung der Planetenwege

Vor allem die Forschungen von Johannes Kepler brachten in dieser Hinsicht wichtige zukunftsweisende Erkenntnisse. Kepler entdeckte nach zähem, jahrzehntelangem Ringen und unter Benützung der vorzüglichen Beobachtungsergebnisse des dänischen Astronomen Tycho Brahe mehrere Gesetzmäßigkeiten der Planetenbewegung. Diese heute nach ihm benannten Gesetze ließen erkennen, daß die Planeten keine willkürlichen Bahnen beschreiben, sondern mathematisch erfaßbare Bewegungen ausführen. Zugleich wurde die Lehre des Copernicus durch die Erkenntnisse Keplers in einem entscheidenden Punkt berichtigt, denn an die Stelle der Kreisbahnen des Dönherrn traten nun die elliptischen Planetenbahnen.

Die Astronomie befand sich dank den bahnbrechenden Werken Keplers unmittelbar auf dem Wege zu einer Himmelsphysik, der Mechanik des Himmels, die allerdings erst später durch Newton vollendet wurde.

## Keplers »Somnium« – eine Raumfahrtgeschichte?

Just in jenen Jahren, als Kepler seine »Himmelsphysik« geschrieben hatte, brachte ein großer Zeitgenosse des Forschers eine kleine Schrift heraus, den »Sternenboten« oder »Sidereus Nuncius«, den »Verkünder großer, höchst seltsamer Wunderdinge, auf die er jedermann, besonders aber Philosophen und Astronomen aufmerksam machen will«. Der Verfasser hieß Galileo Galilei, und er beschrieb in seinem »Boten« eine Reihe tatsächlich merkwürdiger Entdeckungen, die er mit Hilfe des Fernrohrs gemacht hatte, dessen Erfindung man kurz zuvor aus Holland gemeldet hatte.

Besonders der Mond, Ziel phantastischer Reisen des einfallsreichen Lukian, wurde nunmehr mit neuen Augen gesehen. Er erschien als eine von Bergen und Tälern bedeckte bizarre und vielfältige Landschaft, alles andere als eine glatte Kuppel. Ein interessantes Reiseziel? Gewiß vermochte das neue wissenschaftliche Bild vom

Mond der Phantasie einen mächtigen Anstoß zu geben. Zudem zählte das Schrifttum der wiederentdeckten griechischen Antike ohnehin zum geistigen Nährboden der Renaissance. Die Fernrohrentdeckungen von Galilei muteten wie eine überfällige Bestätigung der Meinung des Anaxagoras an.

Auch Kepler beschäftigte sich mit dem antiken Erbe auf diesem Gebiet und fertigte sogar eine Übersetzung der »Wahren Geschichte« des Lukian an. Seit 1496 war die Satire des Lukian mehrfach in griechischer Sprache herausgekommen, 1615 dann auch in lateinischer Fassung.

Schon vor der Erfindung des Fernrohrs hatte sich Kepler mit einem »Traum vom Mond« beschäftigt, einer Geschichte, die von Reisenden erzählt, die auf dem Mond Astronomie betreiben. Wahrscheinlich arbeitete er immer wieder an dieser Erzählung, ohne sich recht entschließen zu können, sie zu veröffentlichen. Zeitweise dachte er wohl auch daran, seine »Lukian«-Übersetzung gemeinsam mit dem »Somnium seu astronomia Lunarum« herauszubringen, doch daraus wurde nichts. Die Keplersche Lukian-Übersetzung er-

*Johannes Kepler*



schien erst 1634, im vierten Jahr nach Keplers Tod. Im selben Jahr wurde auch der »Traum vom Mond« zum erstenmal gedruckt. Über Keplers »Traum« ist viel gerätselt worden. Handelt es sich um eine rein literarische Produktion im Stil antiker Vorgänger? Eine Mondreise zum Zweck, irdische Unzulänglichkeiten versteckt zu enthüllen? Oder stellt das »Somnium« eine populärwissenschaftliche Erörterung im literarischen Gewand einer Erzählung dar? Vielleicht aber wurzelt in diesem Werk sogar die spätere moderne Science-fiction?

Sicherlich unterscheidet sich Keplers »Somnium« von seinen Vorgängern vor allem dadurch, daß der eigentliche Zweck offenkundig in der Darstellung einer reizvollen »Mondastronomie« besteht.

Den Hauptteil der Erzählung bildet die Schilderung der Erscheinungen des Himmels, wie man sie vom Mond aus erleben würde. Insofern ist der »Traum« eine unübersehbare Werbung für die copernicanische Astronomie, denn Kepler zeigt, daß auch ein Mondbewohner zunächst zu der Überzeugung gelangen muß, sich im Mittelpunkt der Welt zu befinden, weil sich alle Himmelskörper in mehr oder weniger komplizierter Weise um den Mond zu bewegen scheinen. Da der Leser aber wissen kann, daß der Mond sich um die Erde bewegt und diese, Copernicus zufolge, um die Sonne, wird die Relativität des Augenscheins deutlich. Zum anderen finden wir über die Formationen der Mondoberfläche Betrachtungen, die man für wissenschaftliche Spekulationen halten kann, ohne daß sich immer ersehen läßt, wie ernst sie von Kepler gemeint waren. So versichert Kepler z. B., die Endymioniden, wie er die Mondbewohner in Anlehnung an Lukian tituliert, hätten gewaltige Schutzwälle gegen Sümpfe errichtet: die Mondkrater.

Ein weiterer Bestandteil des »Mondtraums« ist die Rahmengeschichte, in der es von autobiographischen Anspielungen, aber auch von bösen Geistern und Hexen nur so wimmelt.

Aufschlußreich im Hinblick auf die Raumfahrtidee ist die Frage, auf welche Weise Kepler seine Reisenden zum Mond gelangen läßt und welche Anforderungen seine »Kosmonauten« erfüllen müssen. Die Mondbewohner, die einen Auserwählten der Erde mit zur Insel Levania, wie

sie den Mond nennen, nehmen wollen, erklären dazu: »Fünzigtausend deutsche Meilen weit im Äther liegt die Insel Levania. Der Weg zu ihr von der Erde und zurück steht sehr selten offen. Unserm Geschlecht ist er zwar dann leicht zugänglich, allein für den Erdgeborenen, der die Reise machen wollte, sehr schwierig und mit höchster Lebensgefahr verbunden. Keinen von sitzender Lebensart, keinen Wohlbeleibten, keinen Wollüstling nehmen wir zu Begleitern, sondern wir wählen solche, die ihr Leben im eifrigen Gebrauch der Jagdpferde verbringen, oder die häufig zu Schiff Indien besuchen und gewohnt sind, ihren Unterhalt mit Zwieback, Knoblauch, gedörrten Fischen und anderen von Schlemmern verabscheuten Speisen zu fristen. Besonders geeignet für uns sind ausgemergelte alte Weiber, die sich von jeher darauf verstanden, nächtlicherweile auf Böcken, Gabeln und schäbigen Mänteln reitend, unendliche Räume auf der Erde zu durchheilen. Aus Deutschland sind keine Männer geeignet, aber die dürren Leiber der Spanier weisen wir nicht zurück.« (50 000 deutsche Meilen entsprechen 275 000 km oder etwa der mittleren Entfernung des Mondes von der Erde)

Zutreffend schätzt Kepler die Problematik der Startbeschleunigung ein, wenn er die Endymioniden feststellen läßt: »Diese Anfangsbewegung ist ... die schlimmste, denn er wird gerade so emporgeschleudert, als wenn er durch die Kraft des Pulvers gesprengt über Berge und Meere dahinflöge. Deshalb muß er zuvor durch Opiate betäubt und seine Glieder sorgfältig verwahrt werden, damit sie ihm nicht vom Leibe gerissen, vielmehr die Gewalt des Rückschlages in den einzelnen Körperteilen verteilt bleibt. Sodann treffen ihn neue Schwierigkeiten: ungeheure Kälte sowie Atemnot; ... Wenn der erste Teil des Weges zurückgelegt ist, wird uns die Reise leichter, dann geben wir unsere Begleiter frei und überlassen sie sich selbst ... infolge der bei Annäherung an unser Ziel stets zunehmenden Anziehung würden sie durch zu harten Anprall an den Mond Schaden leiden, deshalb eilen wir voran und behüten sie vor dieser Gefahr. Gewöhnlich klagen die Menschen, wenn sie aus der Betäubung erwachen, über große Mattigkeit in allen Gliedern, von der sie sich erst ganz allmählich wieder erholen können, so daß sie imstande sind, zu gehen.

Außer diesen begegnen ihnen noch viele andere Gefahren, deren Aufzählung indessen zu weit führen würde ...«

Hat Kepler nun mit seinem »Traum« ernsthaft an eine künftige Raumfahrt gedacht? An Galilei hatte er im Überschwung der ersten Fernrohr-entdeckungen 1610 geschrieben: »Gib Schiffe oder richte Segel auf für die himmlischen Lüfte – und einige wird es geben, die sich vor solchen öden Weiten nicht fürchten. Und so wollen wir denen, die sich nach einer solchen Reise sehnen – so als ob sie ehestens Tags vor dieser Möglichkeit stünden – die Astronomie begründen: Du, Galilei, die des Jupiter, und ich die des Mondes.«

Daß der Weg zum Mond – sollte es ihn überhaupt geben – weit in der Ferne lag, war Kepler also durchaus klar. Daß aber menschlicher Forscherdrang auch angesichts denkbarer waghalsiger Weltraumabenteuer nicht versiegen würde, dessen war sich Kepler gewiß. Und schließlich hat er treffend darauf hingewiesen, daß für solche Fälle gute Vorsorge der Astronomen erforderlich sei, die Welten kennen zu helfen, an deren Gestade vielleicht dereinst »Schiffe für die himmlischen Lüfte« festmachen würden.

## Auf dem Wege zur Raketenmathematik

Die phantasievolle Verarbeitung naturwissenschaftlichen Faktenmaterials ist ein Kennzeichen Keplerscher Forschung und Darstellung. Seine naturwissenschaftlichen Entdeckungen sind davon nicht minder geprägt wie die Geschichte vom Mondtraum. So hatte sich Kepler schon sehr früh die Frage vorgelegt, wie man sich die gesetzmäßige Bewegung der Planeten erklären könne, wohl wissend, daß seine Regeln nur Beschreibungen waren.

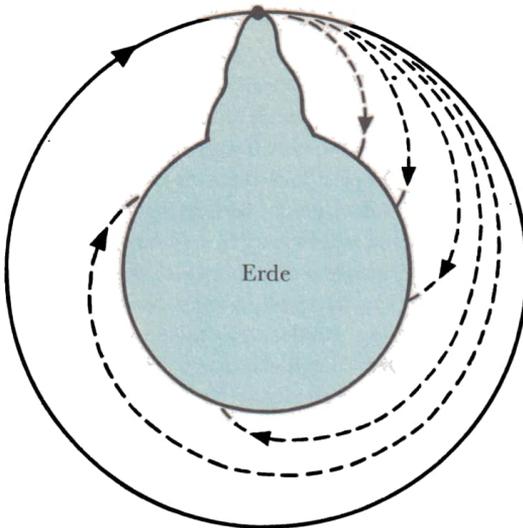
Im Jahre 1600 war in London ein bemerkenswertes Buch erschienen: »De Magnete« (Über den Magneten) von William Gilbert. In der magnetischen Anziehung meinte Kepler die Lösung des Problems der Planetenbewegung gefunden zu haben. Für ihn ist die Sonne Sitz einer sich in den Raum ausbreitenden magnetischen Kraft, durch deren Rotation die Planeten – je weiter

entfernt, um so geringer betroffen – mitgeführt werden. Obschon er das Ausbreitungsgesetz, d. h. die Abnahme der Wirkung mit der Entfernung, falsch ableitet und auch nicht bis zur Entdeckung der Gravitation vorzudringen vermag, befindet sich Kepler hier doch auf dem richtigen Weg, die kosmischen Bewegungsvorgänge zu deuten. Keine »bewegenden Seelen« legt er seinen Betrachtungen, wie seinerzeit noch allgemein üblich, zugrunde, sondern eine Kraft. Er weist damit den Weg von der traditionellen »Himmels-theologie« zur Himmelsphysik. Im Mondraum entdeckt er sogar die Zone der sich aufhebenden Anziehungskraft zwischen Mond und Erde, weil der Reisende »der magnetischen Kraft der Erde entrinnt und in die des Mondes gerät«. Auch spricht Kepler von »Springfluten« auf dem Mond, deren Ursache er in der vereinten magnetischen Wirkung von Sonne und Erde auf die Meere des Mondes erblickt.

Daß man ohne die genaue Kenntnis jener »Spielregeln«, nach denen die Natur für die Bewegung der Planeten sorgt, keine Reise von der Erde zum Mond würde unternehmen können, hat wohl Kepler ebenfalls schon gespürt. Wie anders wäre sein vielleicht halb unbewußter Hinweis im »Mondtraum« sonst zu verstehen, daß man auf dem Wege zum Mond der magnetischen Kraft der Erde allmählich entrinnt, in die des Mondes gerät und inzwischen auch gänzlich frei von Kräften dahinschwebt.

Die Physik des Aristoteles hätte derlei Gedankenexperimente prinzipiell nicht zugelassen. Alle schweren Körper hatten nämlich nach Meinung des großen Gelehrten der Antike das Bestreben, zur Weltmitte zu fallen, ihrem »natürlichen Ort« – und somit stets zur Erde. Hätte man in Gedanken auf dem Mond einen Gegenstand losgelassen, so wäre er auf geradem Wege zur Erde geflogen.

Das exakte Rüstzeug für die mathematische Beschreibung des Weges zum Mond steht in einem Buch, das erstmals im Jahre 1687 erschien und zu den größten Errungenschaften wissenschaftlichen Denkens überhaupt zählt: die »Philosophiae naturalis principia mathematica« (»Mathematische Prinzipien der Naturlehre«) des Engländers Isaac Newton. Ohne die verschlungenen Wege, die zur Entstehung der



*Zeichnung I. Newtons zur Entstehung einer Satellitenbahn  
Ein von der Bergspitze aus geworfener Gegenstand fliegt um  
so weiter, je größer seine Wurfgeschwindigkeit ist. Beim Errei-  
chen einer Grenzgeschwindigkeit würde der Gegenstand einen  
vollen Erdumlauf vollführen und zum Ausgangspunkt zurück-  
kehren.*

»Principia« führten, hier im einzelnen nachzuzeichnen, kann gesagt werden, daß sie eine glänzende Synthese verstreuter Kenntnisse, Ansichten und Forschungsergebnisse darstellen, die von mehreren Gelehrten der Epoche nach Copernicus angehäuft worden waren. Borelli und Galilei, Kepler und Halley, Hooke und Descartes sind einige der glänzenden Namen; sie alle haben mitgebaut an dem großen Werk, das Newton vollendete.

Entscheidend für die gesamte Newtonsche Physik ist der Begriff der Kraft. Nach Newton haben Massen die Grundeigenschaft, sich gegenseitig anzuziehen. Die Größe der Kraft ist proportional den jeweiligen Massen und umgekehrt proportional dem Quadrat ihres Abstands. Kraft ist stets die Ursache für Änderungen von Bewegungszuständen.

Insgesamt stellt das erste Buch der »Principia« eine geschlossene himmelsmechanische Theorie dar, es enthält alle wesentlichen Beziehungen über die Bewegung von Körpern, die sich unter dem Einfluß von Zentralkräften bewegen, d. h. solchen Kräften, deren räumliche Abnahme umgekehrt proportional zum Abstand vom Kraft-

zentrum erfolgt. Insbesondere gelingt es Newton, unter diesen Umständen zu zeigen, daß die von Kepler entdeckten Regeln der Planetenbewegung eine Folge dieser Mechanik sind. Damit waren diese empirisch auf scharfsinnige Weise hergeleiteten Gesetze aus einem allgemeinen physikalischen Prinzip begründet. Der Übergang von der Kinematik zur Dynamik des Himmels war vollzogen. Newton zeigt z. B., wie außerordentlich fruchtbar seine Erkenntnisse für die Berechnung der Bewegung von Himmelskörpern sind. Er handelt die Bewegung der Planeten ab, beschäftigt sich mit der Bewegung des Mondes, der Präzession der Äquinoktien und den Bahnen der Kometen.

Die Gravitation als eine universelle Wechselwirkung der Materie im Weltraum gestattet erstmals eine mathematische Beschreibung aller Bewegungsvorgänge.

Newton wies nach, daß man die Bewegung des Mondes um die Erde erklären kann, wenn man annimmt, daß von der Erde eine mit dem Quadrat des Abstands abnehmende Gravitationskraft ausgeht, die der Zentrifugalkraft des Mondes, die er infolge seiner Bahngeschwindigkeit besitzt, gerade die Waage hält.

Darauf allerdings eine derartige Verallgemeinerung zu begründen, wie sie das Gesamtwerk schließlich bildet, war eine Geistesleistung von großem Mut. Sie wäre wahrscheinlich unter absonderlichen Einfällen zu verbuchen gewesen, wenn Newton sie nicht mathematisch durchgearbeitet und somit an den Beobachtungstatsachen überprüfbar gemacht hätte, so wie auch Ptolemäus und Copernicus dies für ihre Hauptwerke taten.

Nicht, daß Newton über die Realisierbarkeit von Raumfahrt philosophiert hätte. Davon ist nichts bekannt. Aber es kann kein Zweifel daran bestehen, daß man seit Newton weiß: Eine mit genügender Geschwindigkeit abgeschossene Kugel muß zum Satelliten der Erde werden. Mehr noch: Indem die Astronomen lernten, unter Benutzung des Newtonschen Gravitationsgesetzes die »kosmischen Fahrpläne« von Planeten und Satelliten, Kometen und Doppelsternen zu berechnen, verschafften sie sich zugleich alle theoretischen Hilfsmittel zur Beherrschung künstlicher Himmelskörper – nur daß es diese lange noch nicht gab.

Es ist kein Einzelfall in der Wissenschaftsgeschichte, daß von der theoretischen Möglichkeit bis zur praktischen Verwirklichung einer Idee Jahrhunderte vergehen mußten. Die Vorhersage des Copernicus, daß sich die Bewegung der Erde um die Sonne in außerordentlich winzigen Winkelverschiebungen der Sterne vor dem Himmels-hintergrund widerspiegeln muß, fand ihre Bestätigung ebenfalls erst dreihundert Jahre nach dem Erscheinen der »Revoluciones«. Und – obschon Copernicus das Bestehen solcher Verschiebungen prophezeite und Newton die Möglichkeit von künstlichen Satelliten nicht – die Ursache war in beiden Fällen die gleiche: der technische Entwicklungsstand und somit der Reifegrad der Produktivkräfte.

Mit keinem zeitgenössischen Beobachtungsinstrument des Copernicus, Galilei oder Newton hätte man die tatsächlich vorhandenen winzigen Winkelverschiebungen nachweisen können. Und mit keiner mechanischen Einrichtung des 17., 18. oder 19. Jahrhunderts hätte man jenen berühmten Stein werfen können, der den Anstoß zur Raumfahrt gegeben hätte.

## Die Wissenschaft vom Fliegen formiert sich

Zwischen einer Reise zum Mond und einer Reise in die luftige Höhe der fliegenden Vögel hatte man in der Phantasie der Antike wohl keine prinzipiellen Unterschiede gesehen. Auch spätere phantastische Geschichten sehen beides in einem. Oft sind es sogar Vögel, die als »Zugtiere« bei märchenhaften Weltraumreisen dienen. Während aber Flüge zu den Sternen noch literarische Einbildung blieben, kam der Menschenflug zu den Sphären der Vögel ins Erprobungsstadium.

Der kühne Ikaros, wenn auch nur eine Gestalt legendärer Überlieferung, veranlaßte manchen wagemutigen Menschen zur Nachahmung.

Schon in der Antike gab es Flugversuche, bei denen stets der Vogel als Muster und Vorbild diente. Zu Lebzeiten des Kaisers Nero soll bei sportlichen Wettkämpfen ein Versuch mißglückt sein, aus luftiger Höhe – wahrscheinlich im

Gleitflug – die Erde zu erreichen. Das Christentum verdammt die Flugversuche grundsätzlich als »Teufelswerk«. Die Luft war den Vögeln und Engeln, aber auch Herrn Satanas und seinen Scharen vorbehalten.

Fortsetzer dieser Versuche tauchen daher zuerst wieder im arabischen Mittelalter auf. Im Jahre 880 soll es Abul Quäsım Abbas Ben Firnäs gewesen sein, der sich an der arabischen Akademie von Cordoba, mit Federn und Flügeln ausgestattet, von einer Anhöhe herabgeschwungen haben soll. Angeblich ist er ein gutes Stück geflogen und mit einer »harten Landung« auch zum Startplatz zurückgekehrt – ein Flug ohne Höhenverlust, was natürlich unmöglich stimmen kann.

Der englische Scholastiker Roger Bacon (1214–1294) will sogar zuverlässig von Flugapparaten erfahren haben, die er mit den Worten schildert: »Es können Flugapparate hergestellt werden, worin ein in der Mitte sitzender Mensch durch Steuern irgendeiner Vorrichtung bewirken kann, daß künstlich zusammengefügte Flügel nach der Art eines fliegenden Vogels die Luft treffen ... Sie sind von alters her auch in unserer Zeit hergestellt worden, und es ist gewiß, daß man ein Instrument zum Fliegen hat. Ich habe es jedoch nicht gesehen, auch keinen Menschen gekannt, der es gesehen hat.«

Um das Jahr 1490 soll es einen ersten wirklichen Flugversuch in Deutschland gegeben haben. Ein Nürnberger namens Lobsinger soll bei seinem Versuch, mit künstlichen Flügeln den Vögeln in die Luft zu folgen, mit Bein- und Armbrüchen unglücklich zu Fall gekommen sein.

Auch in alten russischen Chroniken finden sich Berichte über Flugversuche. Sogar in Anwesenheit des Zaren Iwan III. (1462–1505) sei von einem Moskauer ein Flug gewagt worden, heißt es. Der Zar aber wollte von derlei Anmaßungen des Menschen nichts wissen. »Der Mensch ist kein Vogel«, meinte er, »und hat keine Flügel zu haben. Baut er sich dennoch hölzerne Flügel, so handelt er gegen die Natur. Wegen dieses Bündnisses mit dem Teufel wird der Erbauer geköpft.«

Ideologische Hemmnisse im Verein mit fehlenden wissenschaftlichen Grundlagen konnten weder ermuntern, noch Erfolg herbeiführen, obschon es in zahlreichen Ländern während des

Mittelalters nachweislich Flugversuche von Menschen gegeben hat.

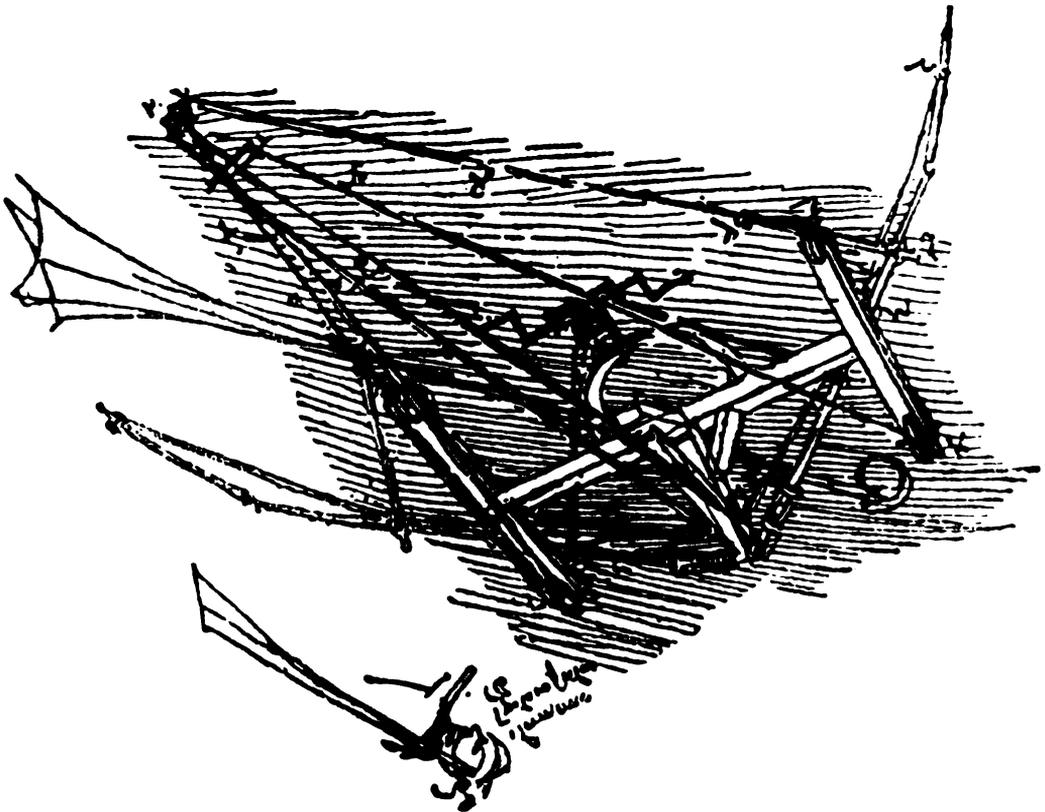
Einen Umbruch auf diesem Gebiet brachte der geniale Leonardo da Vinci (1452–1519), Zeitgenosse des Nicolaus Copernicus und des Christoph Columbus, hervor. Er hielt den Menschenflug für durchaus möglich, sah dessen Realisierung aber an zwei Voraussetzungen gebunden: präzise Kenntnis des Vogelfluges als dem natürlichen Vorbild und experimentierende Untersuchung. Die von Roger Bacon konzipierte »Scientia Experimentalis« hatte in Leonardo einen entschiedenen Fürsprecher. Somit ging Leonardo den prinzipiell richtigen Weg, indem er auch auf die Lösung des Flugproblems den Satz anwendete: »Bevor Du aus einem Falle eine Regel machst, versuche ihn zwei- bis dreimal und sieh zu, ob die Experimente die gleiche Wirkung hervorbringen« – die grundlegende Forderung der

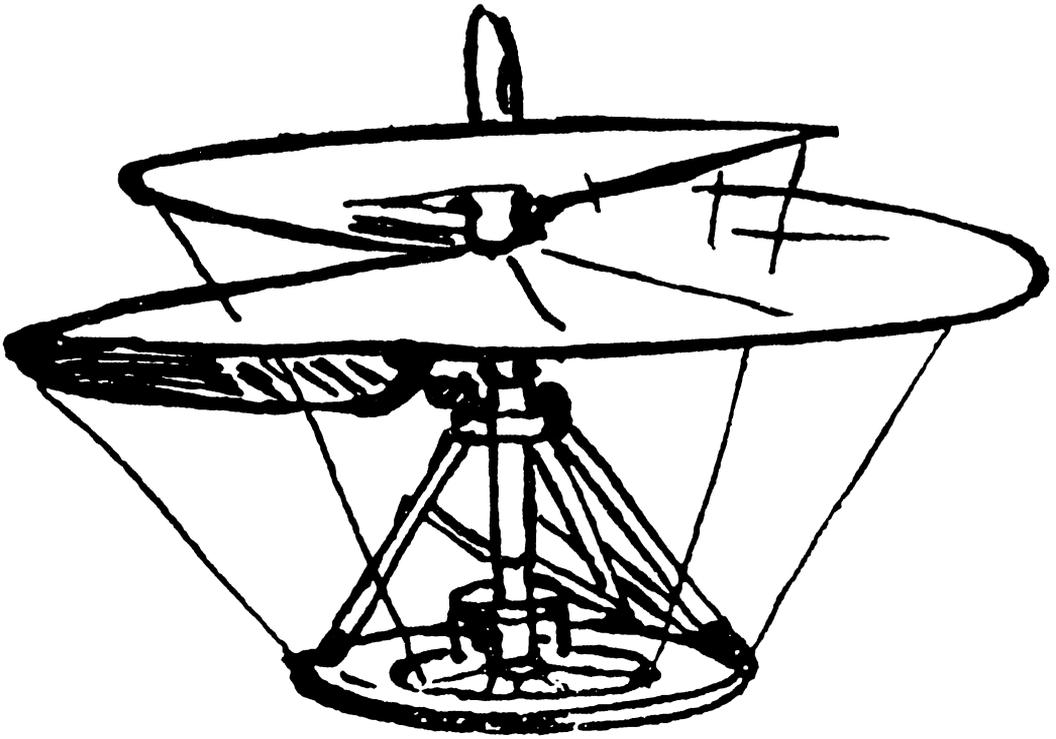
Reproduzierbarkeit eines Resultats unter gleichen Bedingungen.

Mit dem Flugproblem beschäftigte sich der große Italiener sein ganzes Leben lang. Seine früheste Erklärung des Vogelfluges bestand in der Annahme, die Luft unter den Flügeln werde durch die raschen Schläge verdichtet, so daß sich ein Luftpolster ausbilde, auf dem der Vogel sich bewege. Aufgrund dieser Annahme und ausgehend von der Überzeugung, daß menschliche Muskelkraft ausreichend sei, um den Menschenflug mit künstlichen Flügeln zu bewerkstelligen, konstruierte Leonardo zahlreiche Schwingenflugzeuge. Sein Vorbild aus der Vogelwelt war insbesondere die Fledermaus, deswegen verzichtete er auch auf die Vogelfedern als Ausstattungsmerkmal der Flugmaschinen.

Leonardos Entwürfe von Fluggeräten, die bis zu fast 20 m Spannweite besaßen, waren mit

*Fluggerät-Entwürfe von Leonardo da Vinci*





*Hubschrauber-Entwurf von Leonardo da Vinci*

Steuerungseinrichtungen versehen, sollten die Muskelkraft der menschlichen Arme und Beine nutzen und hatten speziell konstruierte Landehilfen. Im allgemeinen empfahl der einfallreiche Ingenieur für Erprobungen die Wasserung.

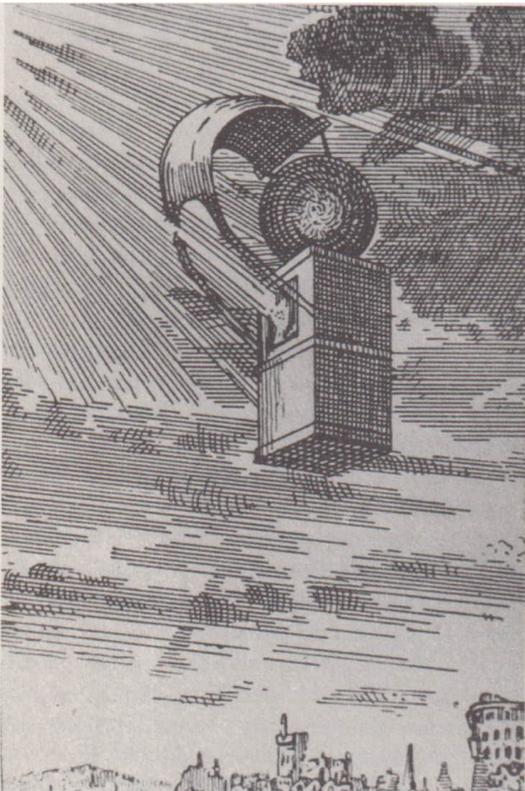
Angesichts der Schriften Leonardos verdient der Umstand hervorgehoben zu werden, daß er sich mit seinen theoretischen Auffassungen im Widerstreit zu den herrschenden Aristotelischen Auffassungen befand, die als unantastbar galten. Darin eingeschlossen war auch die Lehrmeinung, daß Luft keinen Widerstand biete. Leonardo entdeckte aber nicht nur den Luftwiderstand, sondern auch die Stromlinienform als Geometrie des minimalen Widerstands. Hierbei kamen ihm Experimente im fließenden Wasser zu Hilfe. Entsprechend seiner Prämisse, den Vogelflug genau zu studieren, fand er auch solche Grundelemente der Flugstabilität, wie den »Schwerpunkt« und den »Druckmittelpunkt«, Elementarfakten in der heutigen Flugliteratur. Auch Fallschirm und Hubschraube werden von Leonardo angegeben

und zutreffend charakterisiert: »Wenn ein Mensch ein Zeltdach aus abgedichteter Leinwand ... über sich hat, so wird er sich aus jeder noch so großen Höhe herabstürzen können, ohne Schaden zu nehmen«, heißt es in den Aufzeichnungen des Renaissance-Ingenieurs. Und über die Hubschraube liest man bei ihm: »... wenn dieses schraubenförmige Instrument gut gemacht ist, ... und wenn es schnell gedreht wird, so wird diese Schraube sich in der Luft emporschrauben und aufsteigen.«

Obschon Leonardo von der Bedeutung des Experiments in der Wissenschaft überzeugt war, hat er doch keinerlei praktische Versuche ausgeführt. Man mag dies bedauern, und manche Autoren meinen, er hätte über alle theoretischen Erkenntnisse verfügt, um zu praktischen Erfolgen gelangen zu können. Doch dies ändert nichts an den Tatsachen. Erst mit der Entwicklung leichter Verbrennungsmotore etwa vierhundert Jahre später fanden Leonardos Ideen praktische Verwirklichung. Die Prinzipien allerdings mußten inzwi-

schen neu entdeckt werden, denn seine aerotechnischen Manuskripte blieben lange Zeit unbekannt. Er selbst hielt sie aus Sicherheitsgründen zurück, und erst mit dem Kriegszug Napoleons nach Italien wurden unter anderem auch Leonardos Manuskripte erbeutet und teilweise veröffentlicht. Seine berühmte Handschrift über den Vogelflug erlebte sogar erst 1893 ihre Premiere als Druckschrift. Die ersten erfolgreichen Gleitflugversuche hatten inzwischen bereits stattgefunden. Die Flugtechnik kann sich zwar auf Leonardo als einen ihrer geistigen Ahnherrn und Vorkämpfer berufen, seine Erkenntnisse übten aber keinen unmittelbaren Einfluß auf die tatsächliche Entwicklung aus. Gerade dieser Umstand, von subjektiven Besonderheiten einmal abgesehen, macht deutlich, daß Ideen allein noch keine ausreichende Basis für technische Innovationen darstellen, obschon sie ohne Zweifel eine ihrer entscheidenden Voraussetzungen sind.

*Phantastischer Flugwagen des Cyrano de Bergerac*

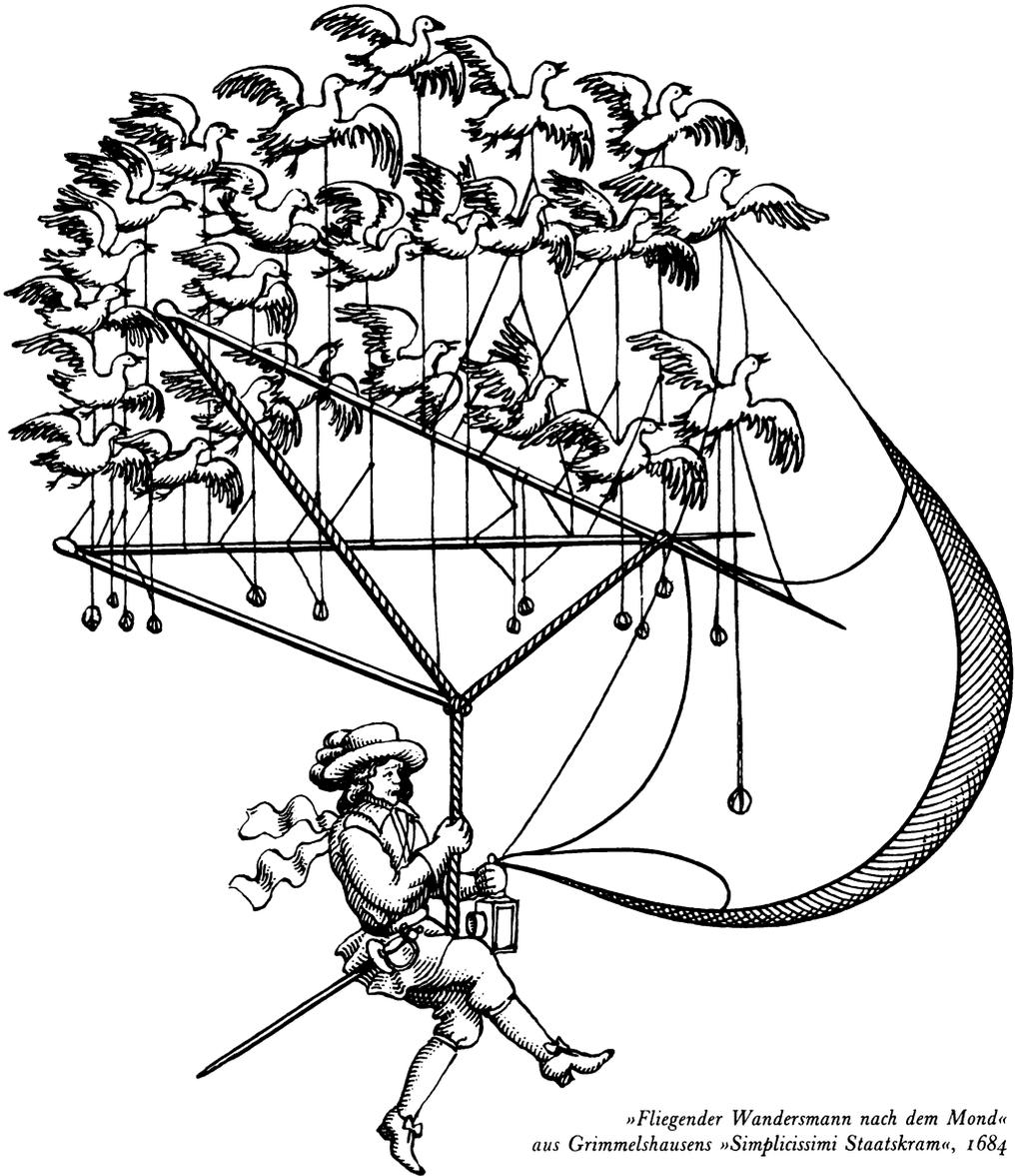


Die zahlreichen mißglückten Flugversuche in vielen Jahrhunderten lassen es verständlich erscheinen, daß ein so ausgezeichnete Gelehrter wie Georg Andreas Agricola (1494–1555), der Begründer der Mineralogie als Wissenschaft, seine Meinung in die Worte kleidete: »Was kann wohl Närrischeres und Lächerlicheres erdacht werden, als wenn man in der Luft fliegen, fahren oder schwimmen will«. Große Denker und Forscher, die lange nach Agricola lebten, standen ihm in der Schärfe der Ablehnung des Menschenfluges in nichts nach. Doch die Literaten blieben anderer Ansicht.

## Der Mann im Mond soll ein Spanier sein

Im Jahre 1633 starb in England der Bischof Francis Godwin. In seinen nachgelassenen Papieren fand sich eine launige Geschichte, die entfernt an Keplers »Somnium« erinnert; teils war sie phantastisch-utopisch, teils astronomisch und zum anderen wieder als Schelmengeschichte angelegt. Fünf Jahre nach des Bischofs Tod erschien »The man in the moon« (Der Mann im Mond) erstmals in englischer Sprache, danach auch noch in holländischer, französischer und 1652 auch in deutscher Sprache als »Der fliegende Wandersmann«. Als Autor las man auf dem Titelblatt »Domingo Gonzales, den flinken Boten«. Dieser Domingo Gonzales, so der spanische Name, bediente sich bei seinem Flug zum Mond einer ganzen Schar von Vögeln, die er sich eigens für diese schwierige Aufgabe abgerichtet hatte. Schließlich startete er mit 25 dressierten Schwänen in Richtung Mond. Natürlich mußte Godwin die Annahme unterstellen, daß die tragende Luft von der Erde bis zum Monde reiche. Das Gegenteil war damals unbewiesen.

In jenem Jahr, als der vermeintliche Spanier mit seinem Reisebericht zum Welterfolg ansetzte, wobei er sich wahrscheinlich in manchem Detail an Keplers Mondkunde orientierte, war ihm bereits ein anderer Bischof auf den Fersen: John Wilkins. Er brachte »The Discovery of a World in the Moon« (Die Entdeckung einer Welt auf dem Mond) heraus. Dort finden wir außer einer



»Fliegender Wandersmann nach dem Mond«  
aus Grimmelshausens »Simplicissimi Staatskram«, 1684

Mondbeschreibung (dem damaligen Wissen entsprechend und einem Traktat über die Mondbewohner) auch eine Liste von Methoden, wie man überhaupt zum Mond gelangen könne. Die konkreten Angaben waren falsch, die richtige war abstrakt: Wilkins zitiert: Geister und Engel, Vögel, Flügel und schließlich »fliegende Wagen«.

Den Start für phantastische Weltraumabenteuer in Frankreich markiert ein Mann, dessen lange Nase bis heute legendär geblieben ist: Cyrano de Bergerac (1619–1655). Der freigeistige

Schreiber amüsanten Romane mit scharfem gesellschaftskritischem Einschlag wurde besonders durch zwei Raumfahrtgeschichten bekannt. Er veröffentlichte die »Komische Geschichte der Reise zum Mond« (Histoire comique du Voyage dans la Lune; 1649) und die »Geschichte der Staaten und Reiche der Sonne« (Histoire des Etats et Empires du Soleil; 1652). Obschon diese Bücher nicht gerade 25 Auflagen erlebten wie Godwins »Mann im Mond«, sind sie doch erfolgreich gewesen, wenn auch im wesentlichen als

scharfe satirische literarische Produktionen einzuschätzen. Inhaltlich fußt Cyrano sichtbar auf Godwin, dessen Werk ihm dank der französischen Übersetzung des Jean Baudoin bekannt gewesen ist. Auch ist es Cyrano klar, daß er sich mit seinen satirischen Kosmosromanen auf einem lange gehegten Traditionspfad bewegt, denn Lukian ist ihm ebensowenig unbekannt wie Godwin, wenn er auch den französischen Übersetzer des englischen Bischofs für den eigentlichen Verfasser des spanischen Mondfluges hält. Sicherlich liegt die entscheidende Qualität von Cyranos Romanen nicht im technischen Detail. Vielmehr dominiert die geistreiche gesellschaftskritische Persiflage und die weltanschaulich-philosophische Reflexion. Immerhin aber entscheidet sich der Autor für neuartige »Transportmechanismen«, wenn diese auch genauso wirklichkeitsfremd waren wie die seiner literarischen Vorgänger. Zum einen wird der Versuch unternommen, mit Tau gefüllte Flaschen zum Aufstieg ins Weltall zu nutzen. Dabei wurde das »Gesetz« bemüht, Tau werde von der Sonne angezogen. Aber dennoch geht die Sache schief, weil der Kosmosreisende in der Aufregung etliche Flaschen zerschlägt.

Geradezu an Münchhausen erinnert die zweite Antriebsart: Die Himmelsstürmer begeben sich in einen eisernen Wagen und werfen magnetische Körper in die Höhe, die den Wagen fortwährend nach oben ziehen.

Zum ersten Mal in der Literatur werden bei Cyrano im Zusammenhang mit einem Aufstieg gegen die Schwerkraft der Erde auch Raketen erwähnt, wohl mehr zufällig, als eine unter anderen phantastischen Möglichkeiten. Von seinem abenteuerlichen Aufstieg zurückgekehrt, erwartet ihn einer seiner Freunde mit den Worten: »Es ist also das Gerücht doch nicht wahr, ... du seist ... verbrannt, bei einem großen Feuerwerk, dessen Erfinder du warst? Und doch haben mir ... glaubwürdige Leute ... geschworen, sie hätten den Vogel aus Holz, in dem du mit fortgerissen wurdest, gesehen und berührt. Sie berichteten mir, du seist unglücklicherweise hineingestiegen in dem Augenblick, als man das Feuer daran legte, und das schnelle Aufzischen der Raketen, die ringsum aufbrannten, hätte dich so hoch emporgetragen, daß die Zuschauer dich aus den Augen

verloren. Und du warst, wie sie behaupteten, so gründlich verzehrt worden, daß man, als die Maschine wieder heruntergefallen war, nur ganz wenig Asche von dir fand.« Cyrano erklärt die mysteriöse Berichterstattung über sein vermeintliches Ende, indem er versichert, diese Asche sei ein Produkt des Feuerwerks gewesen, »denn das Feuer tat mir keinerlei Schaden. Das Feuerwerk war außen angebracht, und so konnte seine Hitze mich nicht belästigen. Sobald nun der Salpeter zu Ende war, erhielt der stürmische Aufflug der Raketen die Maschine nicht mehr in der Höhe, und sie stürzte zur Erde. Ich sah sie fallen, und als ich meinte, ich würde mit ihr purzeln, fühlte ich zu meinem großen Erstaunen, daß ich gegen den Mond zu stieg.« Und dieses Wunder verdankte der Langnasige dem Umstand, daß er sich wegen einiger Quetschungen am Körper mit Knochenmark eingerieben hatte, das vom Mond bekanntlich angezogen wird. Pflanzentau, Magnetsteine, Raketen und Knochenmark sind dem fabulierenden Dichter gleichermaßen lieb als Hilfsmittel, um die Erdschwere zu überwinden. Auf dem Mond übrigens begegnet ihm ein Spanier, wenn auch wohl nicht der von Gonzales, der sich dorthin begeben hatte, weil er auf der Erde nirgends hatte Gedankenfreiheit finden können. Bezeichnenderweise ging es ihm auf dem Erdtrabant insofern nicht viel besser, als er zum Zwecke von Experimenten, die sich die Mondriesen ausgedacht hatten, in einen Käfig gesperrt wurde.

## Das selbstverständlich bewohnte Universum

Die allmähliche Durchsetzung des Copernicanischen Weltbildes, insbesondere nach der Entdeckung des Gravitationsgesetzes, hatte einen sichtbaren Aufschwung der Lehre vom belebten Weltall fast zwangsläufig zur Folge. War die Lehre des Copernicus keine Hypothese, war also die Erde ein Wandelstern wie jeder andere, so bedeutete dies, daß die anderen Planeten der Erde vergleichbare Himmelskörper sein mußten. Was sollte dagegen sprechen, daß sich dort ebenfalls Lebewesen tummelten? Die Idee eines bewohn-

ten Universums wurde zu einem Gemeinplatz. Klassisch hat Immanuel Kant diesen Gedanken ausgeschmückt, mit der Überzeugung seiner Zeit, mit dem Wissen seiner Zeit und mit jenem gesunden Schuß Spekulationsfreude, der zu jedem wahrhaft neuen wissenschaftlichen Gedanken gehört. In seinem berühmten Jugendwerk »Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels« (1755), das eigentlich von der Entwicklung der Himmelskörper handelt, gibt es einen Abschnitt »Von den Bewohnern der Gestirne«. Darin gesteht Kant zwar freimütig ein, daß man nichts Genaueres über diese Frage wisse, erklärt es aber gleichzeitig zu einer Ungereimtheit, die Bewohnertheit der Planeten generell zu leugnen: »Bei dem Reichtume der Natur, da Welten und Systeme in Ansehung des Ganzen der Schöpfung nur Sonnenstäubchen sind«, müsse man vielmehr annehmen, daß Leben auf vielen Himmelskörpern vorkomme. Kant läßt es bezeichnenderweise nicht bei allgemeinen Argumenten bewenden, sondern sucht sogar aus dem Wirken der damals bekannten Naturgesetze Einzelheiten über die Lebewesen der verschiedenen Planeten abzuleiten. Dieser Traktat, amüsant zu lesen und vom Standpunkt heutigen Wissens leicht zu widerlegen, ist ein Paradebeispiel für die aufkommende Lust, die Vielzahl bewohnter Welten als eine Konsequenz der Entdeckung des Copernicus zu betrachten.

Bis ins 19. Jahrhundert hinein war man auch in Gelehrtenkreisen durchaus salonfähig, wenn man von den Bewohnern fremder Planeten redete. Und nach einer kurzen Pause wurde man es so-

gar erneut angesichts einiger aufsehenerregender Entdeckungen gegen Ende des Säkulums.

Alles in allem hat mit Copernicus eine tiefgreifende Wende der Naturwissenschaft eingesetzt, die in mehrerer Hinsicht Bezug auf die Raumfahrtidee hat: Im Zuge der Entwicklung des Copernicanischen Weltbildes wurden jene Gesetze entdeckt, die als Basis aller späteren praktischen Raumfahrt gelten können, die unumstößlichen Spielregeln der Himmelsmechanik. Aus der blinden Spekulation und Satire antiker Spaßvögel und Philosophen, die ihre Szenerien auf den Mond verlegten und ausgedachte Bewohner des Mondes agieren ließen, waren scheinbar tatsächliche Bewohner der Sterne geworden, die man nur noch nicht entdeckt hatte. Ein Mann wie Gauß fand es keineswegs müßig, darüber nachzudenken, wie man sich den Einwohnern fremder planetarischer Gestade bemerkbar machen könne. Von ihm stammt die Idee, gewaltige Waldstreifen in der geometrischen Anordnung des Satzes von Pythagoras in Brand zu stecken, um mathematikbeflissene Marsianer ins Grübeln zu bringen.

Daß die Revolution des Copernicus Anteil hat an der Entwicklung einer tatsächlichen naturwissenschaftlichen Basis von Raumfahrt, können erst wir Heutigen im Rückblick ermessen. Daß aber Copernicus' Lehre die Himmelskörper zu einem attraktiven Ziel gedanklicher Reisen ins Weltall werden ließ, dürfte auch früher bemerkt worden sein. Nicht zufällig häuften sich die fiktiven Reisen ins Unirdische und erlebten außerordentliche Erfolge bei einem breiten Publikum.

# Raketen im Rückblick



*Der Raketenschlitten  
des Wan Hao nach einer  
alten Überlieferung*

## Von Feuerfeilen und Brandraketen

Raketen sind keine Erfindung der jüngeren Vergangenheit. Sie begleiten den Menschen bereits seit langem durch die Geschichte. Wo sie erfunden wurden, ist allerdings ebensowenig geklärt wie der genaue Zeitpunkt ihres erstmaligen Auftauchens. Meist liest man in alten Chroniken, Schwarzpulver und Rakete stammten ursprünglich aus China. Schon um 3000 v. u. Z. sollen der Sage nach Feuerwerksraketen bei den Chinesen und den Ägyptern bekannt gewesen sein. Man hat heute allen Grund, diese Datierung zu bezweifeln.

Auch das verbürgte Auftreten von Raketen im Mittelalter läßt keine sichere Entscheidung über deren eigentlichen Ursprung zu. Die Erfindung könnte durchaus in Europa gelungen und von dort zu Beginn des 14. Jahrhunderts nach China gelangt sein. Ebenso plausibel wäre der Weg aus China über die mongolische Expansion um die Mitte des 13. Jahrhunderts zum Nahen Osten und von dort nach Europa, gelangte doch auch das astronomische Wissen der Antike durch die arabischen Gelehrtenwelt ins Abendland. Selbst In-

dien als Ursprungsland der Rakete ist nicht auszuschließen, ebensowenig die etwa gleichzeitige und voneinander unabhängige Erfindung in China und Europa.

Oft wurde allerdings in alten Berichten von »fliegendem Feuer« gesprochen, wo es sich in Wirklichkeit lediglich um Zündsätze handelte, d. h. um brennbare Substanzen wie siedendes Pech oder Feuertöpfe, die in kriegerischen Auseinandersetzungen geworfen oder geschossen wurden.

Keine dieser pyrotechnischen Mischungen wurde jedoch zum Antrieb von Projektilen verwendet, so daß man auch nicht von Raketen sprechen kann.

Ein Umschwung bahnte sich in dieser Hinsicht erst später an. Wir wissen dies aus einer Handschrift mit dem lapidaren Titel »Buch vom Feuer« (Liber Ignium ad Compurendos Hostes), wahrscheinlich verfaßt von Marcus Graecus.

Diese Schrift, die zahlreiche pyrotechnische Rezepturen überliefert, berichtet auch über Flugkörper, dabei wird die besondere Rolle des Schießpulvers und eines seiner wesentlichen Bestandteile, des Salpeters, hervorgehoben. Eine

förmliche Gebrauchsanweisung zur Herstellung von »Raketentreibstoff« lautet: »Man nehme ein Teil Colophonium und ebensoviel reinen Schwefel sowie sechs Teile Salpeter. Nachdem diese Bestandteile pulverisiert sind, löse man sie in Leinöl oder, noch besser, in Lorbeeröl auf. Dann stecke man das Gemisch in Schilfrohr oder hohles Astwerk und zünde es an. Es fliegt sofort zu jedem gewünschten Ort oder verbrennt alles.« Ein langer und enger Behälter, fest mit dem Pulver gestopft, würde besonders günstig sein, versichert uns der Autor des »Buches vom Feuer«.

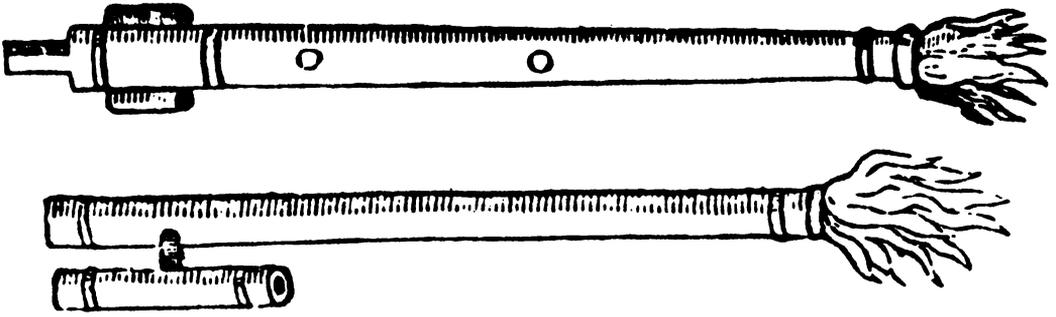
An der weiteren Verbreitung des Wissens über pyrotechnische Mischungen, Schießpulver und Raketen hatten vor allem Albertus Magnus, ein Deutscher, und Roger Bacon großen Anteil. Magnus beschrieb das »fliegende Feuer« z.T. mit Formulierungen, die darauf schließen lassen, daß er zumindest eine Version des »Liber Ignium« gekannt hat. Bacon vervollkommnete das Wissen um die explosive Wirkung des Schießpulvers und anderer Mischungen und trug durch seine Veröffentlichungen dazu bei, daß das Schießpulver

eine weite Verbreitung fand. Berthold Schwarz hingegen, oft als Erfinder des »Schwarzpulvers« und der Kanone bezeichnet, ist wahrscheinlich eine legendäre Figur gewesen, die entweder gar nicht gelebt hat oder doch nichts mit der Erfindung von Schießpulver und Raketen zu tun hatte.

Neben mehreren anonymen Schriften des 13. Jahrhunderts ist schließlich die berühmte militärische Handschrift »Bellifortis« zu erwähnen, die von Konrad Kyeser von Eichstädt zwischen 1395 und 1405 abgefaßt wurde. Unter den zahlreichen Abbildungen von Militärgerätschaften befinden sich in diesem ältesten Feuerwerksbuch auch fliegende Raketen, ja sogar Startrampen. Konrad Kyeser gibt unter anderem auch einen Hinweis zur Stabilisierung des Raketenfluges, wenn er schreibt: »Du sollst auch an dem Rohr einen geraden Stock anbinden, von etwa doppelter Länge oder etwas weniger, weil dieser bewirkt, daß die Rakete in gerader Richtung fliegt, ohne nach oben oder der Seite abzuweichen; denn der Stab wirkt wie ein Steuerruder.« Kyeser erwähnt

*Mittelalterliche Raketenphantasie: »Wird sie wohl zurückkommen?«*





Raketen aus dem *Liber Ignium* von Marcus Graecus (13. Jh.)

auch an Schnüren laufende und schwimmende Raketen. Außerdem enthalten seine Darlegungen bestimmte einfache Erkenntnisse, deren spätere theoretische Durcharbeitung von großer Bedeutung für den Ausbau der Leistungsfähigkeit von Raketen gewesen ist. Zum Beispiel ist die Rede davon, daß man durch eine axiale Durchbohrung der gepreßten Pulverfüllung einen gleichmäßigeren Abbrand der Rakete erreichen könne. Kyser weist auch darauf hin, daß es die beim Abbrennen entstehenden Gase sind, die zur Bewegung der Rakete führen. Die Raketenwandung dürfe aus diesem Grunde für Gase nicht durchlässig sein. Das in schlechtem Latein und teilweise in gereimter Form abgefaßte Werk enthält ansonsten mehr über die Herstellung von Feuerwerk als über Raketen.

Wesentlich detailreicher und hinsichtlich der Erfindungsgabe seines Autors auch phantasievoller ist die prachtvoll illustrierte Handschrift eines venezianischen Feuerwerkers des 15. Jahrhunderts: »*Bellicorum Instrumentorum Liber cum Figuris ...*« (»Das Buch der Kriegsmaschinen mit Bildern ...«). Giovanni da Fontana, so der Name des Autors, hatte sein Werk in Geheimschrift abgefaßt. Raketen, die einer fliegenden Taube nachgebildet sind, werden ebenso vorgeschlagen wie auf Rollen laufende Hasen oder Wagen mit spezieller Ausstattung zum Überwinden von schwierigem Gelände. Auch Unterwasserraketen zur Bekämpfung von Schiffen, eine Art Torpedos, werden beschrieben. Ein anderes Buch aus der Feder Fontanas enthält sogar Angaben über die für verschiedene Raketen erforderlichen Pulvermengen, und er unterbreitet Vorschläge zur

Herstellung von raketentriebenen Drachen, die – ganz wie ihre literarischen Vorbilder – Feuer und giftige Dämpfe ausstoßen können.

In der Praxis wurde manches davon bereits genutzt. Die Marine brachte Raketen ebenso zum Einsatz wie beutegierige Piraten, um Segel und Takelage anderer Schiffe in Brand zu schießen.

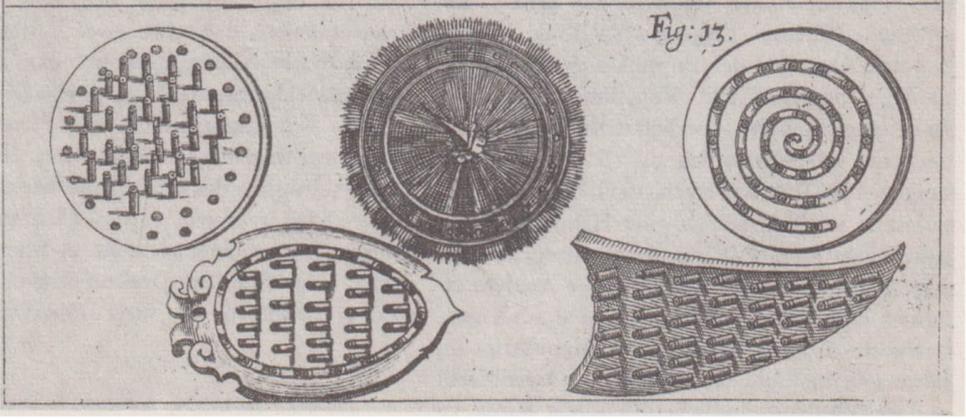
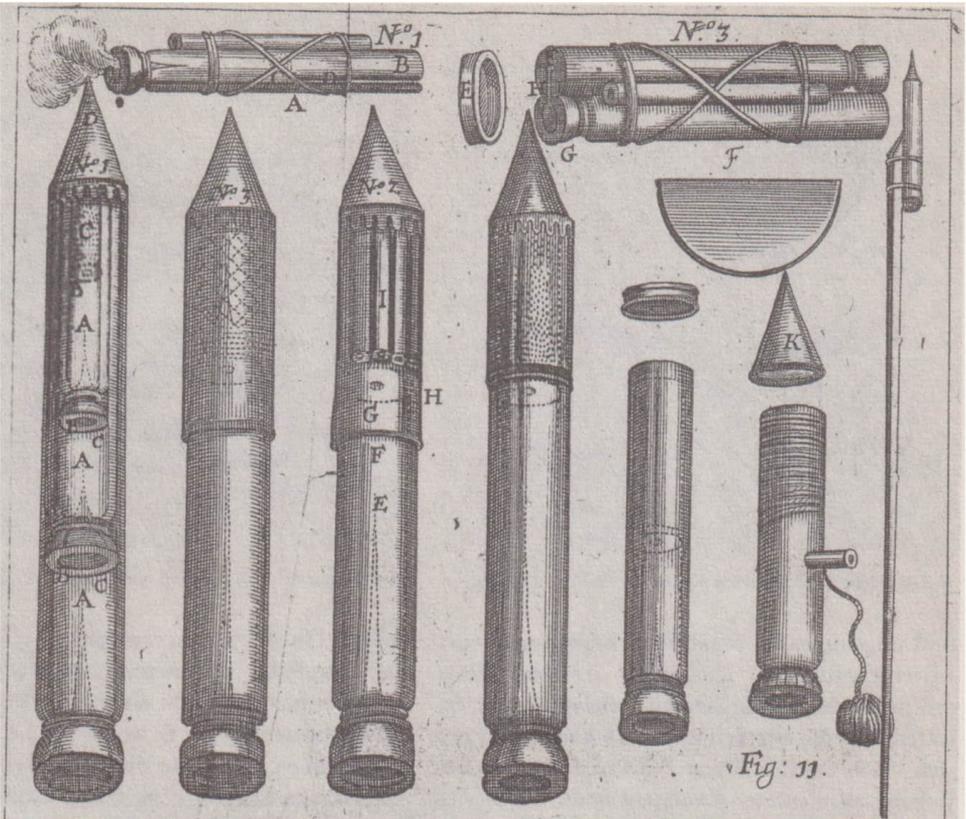
## Berühmte rochetta-Bücher

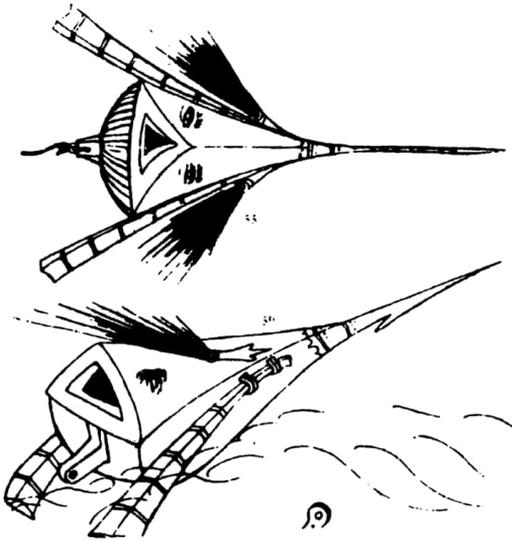
Das Wort *rochetta* stammt aus dem Italienischen und wird etwa seit dem Ende des 14. Jahrhunderts verwendet. Es geht auf die runden, spindelförmigen Holzstücke zurück, mit denen die Soldaten in Italien die scharfen Spitzen ihrer Lanzen bei Turnieren abzudecken pflegten und die man als *rocca* (Spule, kleine Spindel) bezeichnete. Wegen der äußeren Ähnlichkeit der selbstfliegenden Feuerwaffen mit diesen Spindeln bürgerte sich dafür das Wort *rocca* ein, das später zur *rochetta*, dann zur *rocheta* führte. Auf diesen Wortstamm gehen die heute gebräuchlichen Benennungen in vielen Sprachen zurück, auch die deutsche Bezeichnung »Rakete«.

Der Einsatz von Raketen für kriegstechnische Zwecke ging etwa im 15. Jahrhundert weitgehend zurück. Sie existierten einstweilen nur noch auf dem Papier.

Der Grund liegt wahrscheinlich darin, daß man infolge fehlender theoretischer Grundlagen

*Verschiedene Raketentypen aus dem 18. Jh.*

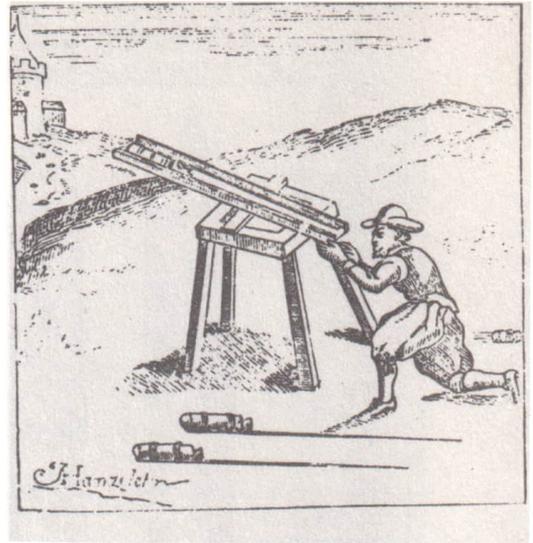




Raketentorpedos, beschrieben von G. da Fontana (15. Jh.)

und ungenügender praktischer Experimente mit wissenschaftlichem Charakter keinerlei Fortschritte in der Treffsicherheit erzielen konnte. So waren Raketen letztlich keine Konkurrenz für die sich rasch entwickelnden Pulverwaffen. Die Bewegung abgefeuerter Kanonenkugeln wurde vielerorts mit wissenschaftlicher Gründlichkeit untersucht. Mit der Entwicklung von Gußeisen, der Verbesserung des Pulvers und der Einführung eiserner Geschosse wurde die Geschütztechnik im 15. Jahrhundert so weit entwickelt, daß sie den Raketen eindeutig überlegen war.

Dennoch finden sich in der Literatur weiterhin zahlreiche Hinweise auf Raketen, die ihre Weiterentwicklung belegen. Unter den Autoren solcher Traktate finden wir auch den großen Renaissance-Künstler Leonardo da Vinci wieder, der uns schon bei der Entwicklung des Fluggedankens begegnet war. Von ihm sind einige Raketenzzeichnungen überliefert. Im 16. Jahrhundert sind verschiedentlich auch andere Abhandlungen über Raketen erschienen. Besondere Erwähnung verdient jedoch eine Handschrift, die zwar früher gelegentlich genannt wurde, aber als verschollen galt und keine genauere Analyse erfahren hatte. Es handelt sich um das »Kunstbuch« des Konrad Haas, dessen Manuskript im Jahre 1961 in Sibiu (Rumänien) wiederentdeckt und unlängst vollständig veröffentlicht wurde. Es



Holzstartrampe zum Abschluß militärischer Raketen (1598)

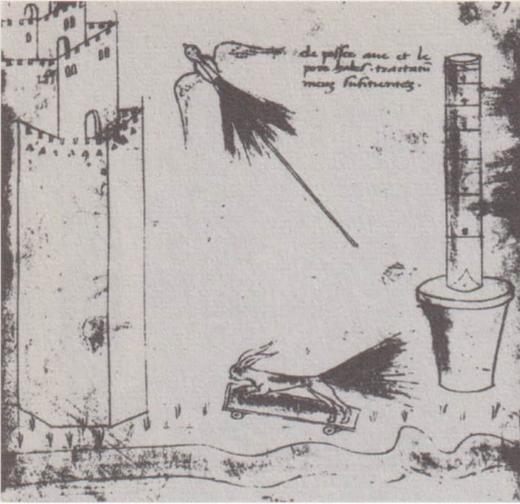
entstand in den Jahren von 1529 bis 1569 und enthält eine Fülle von interessanten Gedanken, die man aus heutiger Sicht als geniale Vorahnungen zu werten geneigt ist. Es waren wohl ähnlich »unzeitgemäße« Ideen wie die Gedankenflüge antiker Phantasten, nur eben der Realität historisch bereits ein Stück näher.

Die Zeichnungen und Beschreibungen sind nach den Worten des Verfassers z. T. von diesem selbst erfunden, aber auch aus der Literatur übernommen. Meist ist beides ohne Schwierigkeiten deutlich voneinander zu unterscheiden. Aus dem Skizzenbuch des da Fontana z. B. stammen eine »Feuerkatze« und ein »Feuervogel«. Auch Rezepturen und Anwendungsbeispiele sind nur z. T. originaler Natur. Insgesamt jedoch wird angenommen, daß etwa zwei Drittel der über zweihundert Abbildungen im »Kunstbuch« Eigenentwicklungen des Conrad Haas darstellen.

Von den raketentechnischen Prioritäten sind vor allem folgende bemerkenswert: Haas entwickelt ausführlich das Prinzip von Mehrstufenraketen. Dabei realisiert er das Mehrstufenprinzip durch Ineinanderschachteln mehrerer Raketen oder – im Falle der Dreistufenraketen – durch Zusammenfügen von drei Einzelraketen. Die

Labor zur Herstellung von Raketentreibstoff im 18. Jh.





Raketenhase nebst Taube von J. da Fontana (1420)

Zündfolge stellt sich Haas so vor, daß zunächst die Unterstufe gezündet wird, dadurch hebt die Anordnung vom Boden ab. Die gesamte »erste Stufe« soll nun während der Verbrennung des Treibstoffs mitverbrennen, so daß sich ein Abtrennen der ersten Stufe erübrigt. Speziell zu diesem Zweck ersann Haas geeignete Imprägnierungen für die Papierhülle, die einen gleichzeitigen Abbrand der Hülle und des Treibstoffes gewährleisten sollten.

Haas schlägt auch kombinierte sogenannte Bumerangraketen vor, deren eine den Hinflug besorgt, während die zweite, umgekehrt gerichtete, erst nach Ankunft am Ziel zündet und möglichst genau zum Ausgangsort zurückführt. Eine andere Idee von Haas sieht vor, mehrere Raketen gleicher Stärke um einen Leitstab zu bündeln, um größere Steighöhen zu erzielen.

Die Raketen auf den Zeichnungen weisen deltaförmige Stabilisierungsflossen auf – ebenfalls eine Vorwegnahme künftiger Entwicklungen, die allerdings erst vier Jahrhunderte später einsetzen.

Auf dem Blatt Nr. 215 der Handschrift des Chefs des Artillerie-Arsenals in Sibiu schließlich findet man einen in der gesamten älteren Literatur weithin einzig dastehenden Vorschlag: An der Spitze einer Anordnung von 48 symmetrisch angeordneten Raketen findet der Betrachter als Nutzlast ein »fliegendes Häuschen«, eine

menschliche Behausung gleichsam auf dem Pulverfaß.

Voreilig allerdings wäre es, wollte man Haas aufgrund dieser launigen Ideen zu einem »Raumfahrtpionier« hochstilisieren. Das »fliegende Häuschen« findet sich unter anderen phantasievollen Feuerwerkserfindungen, und vom »Flug zum Mond« ist nirgends die Rede.

Beachtliche Vorschläge unterbreitete Haas auch in bezug auf die Treibstoffprobleme. Sein Werk enthält zahlreiche Variationen von Rezepturen für »Gezeug«, wie Haas die Treibsätze nennt, darunter auch solche unter Verwendung von Flüssigkeiten. In einem Rezept heißt es z. B.: »Nimm lauter grob Werkpulver, das selbig gar klein gestoßen und durch ein enges Sieb getrieben, als dann mit Essig oder Menschenharn und mit gebrannt oder ungebranntem Wein angefeuchtet, dies gibt einen guten Zeug, ist auch in einer Eil bald zu machen«.

Abschlußvorrichtung für Raketen-Feuerpfeile von Mao Yuan-I (um 1621)



Haas, obschon beruflich der militärischen Anwendung von Raketen verpflichtet, hat sich entschieden gegen die kriegerische Nutzung dieser Errungenschaft ausgesprochen. Die »greuliche Tyrannei« des Schießens verurteilte er am Schluß seiner Ausführungen über militärische Raketen mit den eindringlichen Worten: »Aber mein Rat: mehr Fried und kein Krieg. Die Büchsen, do sein gelassen unter dem Dach, so wird die Kugel nit verschossen, das Pulver nit verbrannt oder nass, so behielt der Fürst sein Geld, der Büchsenmeister sein Leben; das ist der Rat, so Conrad Haas tut geben.«

Wie andere Große der Renaissance hat sich somit auch Haas gegen Krieg und Gewalt ausgesprochen und die Menschen zum Frieden ermahnt. Die tatsächliche Entwicklung durch die Jahrhunderte hat leider deutlich werden lassen, daß die humanistischen Appelle einzelner, obwohl sie das Denken der einfachen Menschen widerspiegelten, keine materielle Gewalt besaßen. Der Krieg blieb ein ständiger Begleiter im Leben der Völker, stürzte sie in Leid und Unheil. Verhängnisvolle Gesetze, vom Menschen unerkannt, wirkten fort und bestimmten schicksalhaft das Leben von Millionen und aber Millionen. Fortgeschrittene Technik blieb stets auch Kriegstechnik und wurde so zum willfähigen Werkzeug jener, denen Kriege schon immer mehr nützten als schaden.

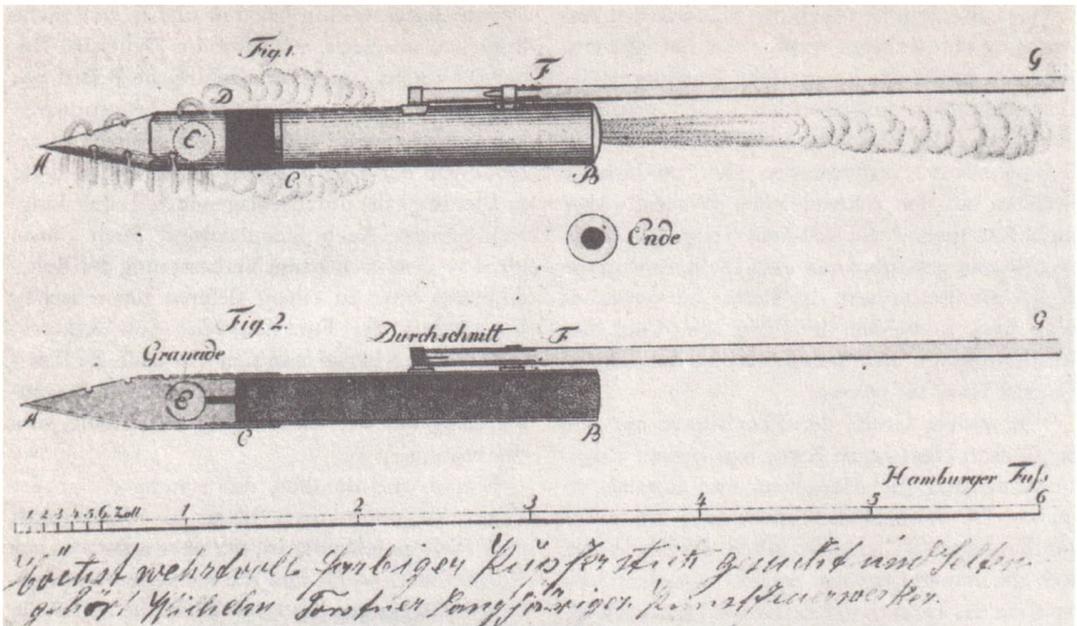
Eine unmittelbare Wirkung auf die weitere Entwicklung der Raketentechnik hat Haas übrigens nicht ausgeübt. Unbeschadet seiner zahlreichen Prioritäten sind seine Ideen in Vergessenheit geraten und – Jahrhunderte später auf der Basis eines fortgeschrittenen technischen Entwicklungsstandes – ohne Berufung auf ihn neu entstanden.

Ein ähnliches Schicksal erlitten auch andere verdiente Raketentechniker, wie z. B. der polnische Artillerie-General Kasimir Siemienowicz. Sein Hauptwerk erschien im Jahre 1650 in Amsterdam und enthielt ebenfalls zahlreiche geistreiche Kombinationen, die denen von Haas z. T. stark ähnelten. Auch Siemienowicz erdachte Mehrstufenraketen, versah seine Geschosse mit Stabilisierungsflossen und anderem. Im Unterschied zu dem Manuskript von Haas wurde das Werk des polnischen Artilleristen durch die Ver-

öffentlichung weithin bekannt und in zahlreiche Sprachen übersetzt, auch 1676 ins Deutsche. Dadurch wurden ihm bislang zahlreiche Prioritäten zuerkannt, die eigentlich Haas beanspruchen kann. Mit seinem Vorläufer, von dessen Ausarbeitungen der Pole übrigens nichts wußte, hatte er allerdings die durchschlagende Wirkungslosigkeit gemein. Auch Siemienowicz' Buch führte nicht zu einer sichtbaren Verbesserung der Raketenpraxis oder zu einem tieferen theoretischen Verständnis der Funktionsweise von Raketen. Auch auf ihn berief man sich nicht, als die Raketenentwicklung der Neuzeit, vor allem im Zusammenhang mit der Zielrichtung Raumfahrt, wieder begann.

Hieran wird deutlich, daß ständig ein großer Vorrat an produktiven Ideen in Wissenschaft und Technik lebendig ist, der aber erst dann zur Realität wird, wenn ihm die konkreten Entwicklungsbedingungen der Produktivkräfte materielle Chancen verleihen.

Die technologischen Fortschritte im Zuge der industriellen Revolution brachten auch eine neue Generation von Raketen hervor. Nicht zufällig nahm diese Entwicklung vom technisch fortgeschrittensten Land, der »Werkstatt der Welt«, England, ihren Ausgang. Im Jahre 1799 konnten sich Beobachter in Indien von der dramatischen Wirkung indischer Raketentruppen überzeugen, die unter anderem in der Schlacht von Seringapatana gegen die Eroberer eingesetzt wurden. Der demoralisierende Einsatz dieser Geschosse mit eisernen Pfeilspitzen beschäftigte fortan den Engländer William Congreve (1772–1828), der zu Beginn des 19. Jahrhunderts mit zahlreichen Raketenexperimenten begann. Anfangs unternahm er Versuche mit gekauften Raketen. Sein Vater war Generalleutnant und sorgte wohl dafür, daß der Sohn die nötige Unterstützung für seine Experimente seitens der Militärs erhielt. Binnen kurzem hatte Congreve Raketen entwickelt, deren Reichweite 2000 m betrug und die damit die damals üblichen englischen Kriegsraketen etwa um das Vierfache übertrafen. Congreve versuchte auch, die Kursgenauigkeit von Raketen zu erhöhen, indem er die gebräuchlichen Stabilisierungsstäbe, die sich im Winde bogen, radikal verkürzte. Auch ging er dazu über, die Stäbe nicht seitlich, sondern axial anzubringen. Wenn dies



Congreve-Raketen (1820)

auch keine perfekte Lösung darstellte, so brachte es doch immerhin Verbesserungen, und erste militärische Erfolge stellten sich ein.

In der Auseinandersetzung zwischen England und Frankreich wurden erstmals Congreve-Raketen gegen Napoleons Truppen eingesetzt. Den Angriffen des französischen Eroberers, der auf die Vormachtstellung in Europa aus war und vor allem die englische Konkurrenz ausschalten wollte, wurde erstmals 1806 mit Congreve-Raketen ein spürbares Paroli geboten; Congreve berichtete über den Raketenangriff vom 8. Oktober 1806 auf Boulogne mit den Worten: »Der Kommandant entschied sich für 24 Kutter mit sechs Rudern, die zum Geschwader gehörten und wovon jeder mit einem Startgerüst zwei Raketen auf einmal abfeuern konnte ... Nach ein paar Schüssen stellte man fest, daß der Ort brannte; einige Leute, die sich bestens mit der Lage der einzelnen Gebäude auskennen, sind der Meinung, ... daß es wie wild in einem Viertel brannte, wo sich die Hauptmagazine befinden ... Sie sind außerdem der Meinung, daß ein Teil der Schiffe gebrannt haben muß ...«

Bis zu achtzig Raketen sollen während des mehrstündigen Angriffs zeitweise gleichzeitig in

der Luft gewesen sein. Beim Beschuß der Stadt Boulogne vom Kanal aus setzten diese »seegestützten« Raketen die Stadt völlig in Brand.

Als sich Dänemark 1807 der Kontinentalsperre gegen England anschließen wollte, fügten die Briten der Stadt Kopenhagen unter Einsatz von 25 000 Brandraketen eine katastrophale Niederlage zu.

Eine spürbare Verbesserung der Zielgenauigkeit von Raketen mußte sich ergeben, wenn der Stabilisierungsstab entfallen würde. Vom Studium der Kanonenkugel wußte man, daß diese nach Verlassen des Geschützrohres eine Rotationsbewegung ausführt, die stabilisierend wirkt. Könnte man auch Raketen in eine Rotation um ihre Längsachse versetzen, so wäre der Stab entbehrlich und ein stabiler Flug dennoch gegeben. Nach manchen Fehlschlägen fand endlich William Hale 1844 die »Patentlösung«: Er ließ einen Teil der Verbrennungsgase durch schräge Öffnungen in der Hülse ausströmen, dadurch wurde die Rakete in Rotation versetzt. Durch die schnelle Drehung erreichte sie eine vergleichsweise gute Stabilisierung. Da der Schwerpunkt der Rakete, unabhängig von der mehr oder minder genauen Fertigung, bei rascher Drehung stets

auf der Drehachse liegen muß, wurden, wie Hale selbst erkannte, »alle Unregelmäßigkeiten der Oberfläche bezüglich ihrer Winkellage im Kopf der Rakete sowie alle Unzulänglichkeiten in der Ausströmdüse ... ausgeglichen. Da man aus diesem Grunde auf den Stabilisierungsstab verzichten kann, erübrigt es sich fast zu erwähnen, daß der Wind auf die rotierende Rakete keinen solchen Einfluß wie auf die Congreve-Rakete ausüben kann und daß die Probleme in Zusammenhang mit der Verwendung des Stabes somit gar nicht erst auftreten«.

Die Folge dieser Verbesserungen war eine Vergrößerung der Reichweite der Hale-Rakete und gleichzeitig eine spürbare Steigerung der Zielgenauigkeit. Je nach ihrer Gesamtmasse betrug die Reichweiten bis nahe 5000 m. Nach Feststellungen des englischen Kriegsministeriums aus dem Jahre 1856 verfehlte eine Serie von 24-Pfund-Raketen mit 3840 m Reichweite ihr Ziel nur um 7 m.

Die Einführung der wirkungsvolleren Congreve- und Hale-Raketen rief bei verantwortungsbewußten Politikern und Militärs Bedenken und Besorgnis hervor. In Kommentaren prangerten Journalisten die damit verbundene Eskala-

tion der Gewalt an und brachten zugleich auch die Gefühle von Millionen einfacher Menschen zum Ausdruck, deren Leben und Gesundheit von den neuen Waffen bedroht wurden.

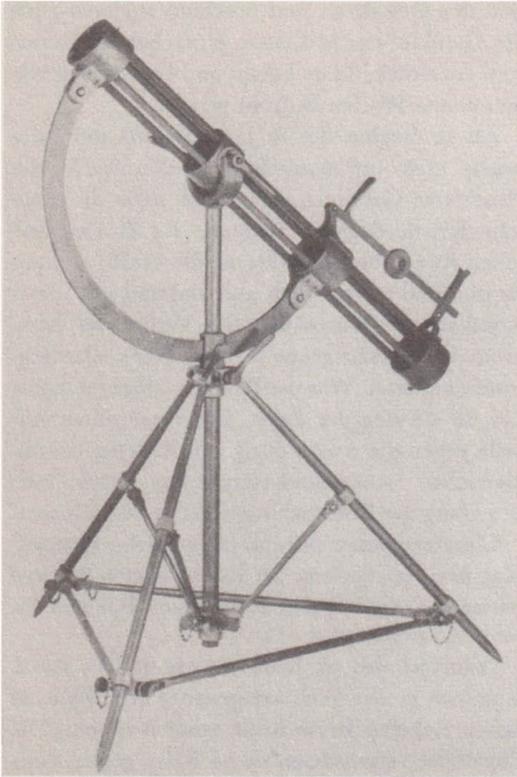
Als zu Beginn des 12. Jahrhunderts die Armbrust, erste mechanische Handfernwanne der Neuzeit, in Gebrauch kam, nahm sogar die römische Kirche dagegen Stellung. Im II. Lateranischen Konzil brandmarkte sie die Waffe als mörderisch und unchristlich und verband mit dieser moralischen Verurteilung das Verbot der Armbrust. Ihr Einsatz gegen »Ungläubige« allerdings wurde gestattet. Was die Raketen hingegen anbetraf, so schwieg der Papst. Die vereinzelt Appelle gegen die Anwendung von Raketen bei militärischen Auseinandersetzungen vermochten den Gang der Entwicklung nicht zu beeinflussen.

Congreve nahm aktiv an der weiteren Entwicklung und Anwendung der Kriegsraketen teil und schlug als nächstes den Einsatz von Raketen für Seekriegszwecke vor.

Während des 19. Jahrhunderts gab es kaum irgendwo in der Welt kriegerische Konflikte, in denen Raketen keine Rolle gespielt hätten. Die Engländer verwendeten sie im Krieg gegen Amerika 1812, Raketen kamen in der Leipziger Völ-

*Nahe-Raketen im Einsatz 1867/68*





*Abschußgerät für militärische Raketen (19. Jh.)*

*Militärische Raketentypen (19. Jh.)*



kerschlacht 1813 zum Einsatz; bei Waterloo 1815, im Krim-Krieg 1853 bis 1856, im Opiumkrieg oder bei der Rückeroberung des Sudan durch die Engländer 1896 – überall ging es nicht mehr ohne Raketen, die in zahlreichen Formen, und mit den verschiedensten Raketenköpfen versehen, verwendet wurden.

Congreve verdiente nicht schlecht an der Rüstung, denn er unterhielt eine private Raketenfabrikation und handelte mit diversen Typen. Zahlreiche Länder, die aufgrund ihres technischen Entwicklungsstandes nicht in der Lage waren, selbst Raketen zu produzieren, denen es an Materialbearbeitungsmethoden und Treibstoffen fehlte, erhielten diese Waffen aus der Fabrikation von Congreve in Bow bei London.

Unter den Abnehmern, die Congreve einträglich Geschäfte sicherten, befanden sich auch mehrere Staaten Südamerikas, wie z. B. Kolumbien und Argentinien.

Die Wirkung der Raketen beruhte anfangs nur teilweise auf ihrer zerstörenden Kraft; in nicht geringem Maße waren auch psychologische Auswirkungen auf den Gegner maßgebend.

Frühzeitig hatte man auch in Rußland begonnen, sich mit der praktischen und theoretischen Erforschung von Raketen zu beschäftigen. Hochwertiges Schießpulver wurde gegen Ende des 17. Jahrhunderts – zunächst vor allem für Feuerwerkszwecke – in solchen Mengen hergestellt, daß man es nach den Worten eines ausländischen Chronisten nicht viel höher schätzte als gewöhnlichen Sand. Auf den umfangreichen Erfahrungen mit Feuerwerksraketen aufbauend, an denen Tausende von Arbeitern Anteil hatten, wurden schließlich unter persönlicher Beteiligung von Peter I. die für militärische Zwecke bestimmten Kampfraketen entwickelt. Berühmt wurde auch die 1717 geschaffene Signalarakete mit einer Steighöhe bis zu 1000 m, die bis weit in das 19. Jahrhundert hinein eingesetzt wurde. Hervorragende Beiträge zur Raketentechnik leistete der russische Militäringenieur Alexander Dmitrijewitsch Sassjadko (1779–1837). Ihm gelang es, trotz strenger Geheimhaltung des »know how« durch die Engländer und weitgehend gestützt auf seine eigene Initiative, gleichwertige Kampfraketen zu entwickeln. Auf Sassjadkos Betreiben entstand 1826 die erste russische Raketenschützenkompa-



*Alexander Dimitrijewitsch Sassjadko*

nie. Die Raketen wurden unter anderem im russisch-türkischen Krieg 1828/29 erfolgreich eingesetzt.

Insgesamt sind im 19. Jahrhundert nach Schätzungen von Experten Hunderttausende von Raketen eingesetzt worden. Durchgreifende technische Fortschritte aber waren ausgeblieben. Hingegen wirkte sich die weitere Durchsetzung der kapitalistischen Produktionsweise und der allgemeine materiell-technische Aufschwung auf die sonstige Waffenentwicklung nachhaltig aus. Gußstahlgewinnung nach moderneren Methoden und der Einsatz von Metallbearbeitungsmaschinen führten zur Massenproduktion moderner Feuerwaffen, darunter auch solchen der Artillerie. Hatte die Schußweite der Kanonen zu Beginn des Jahrhunderts noch bei etwa 1,3 km gelegen, so reichten die leichten und schweren Feldkanonen um 1870/71 bei hoher Zielgenauigkeit schon bis zu 4 km weit.

So ging mit dem 19. Jahrhundert abermals ein »Raketenzeitalter« zu Ende. Doch die rückstoßgetriebenen Schreckenswaffen kamen wieder. Ihr »Doppelgesicht« trat noch krasser hervor.

## Die Raketenwissenschaft formiert sich

Der eigentliche Wirkungsmechanismus der Rakete lag weitgehend im dunkeln. Überhaupt sind uns nur vergleichsweise wenige Äußerungen über die Funktionsweise der Raketen überliefert.

Claude Fortuné Ruggien, als Feuerwerker unter Ludwig XV. bekannt, gab 1812 in seinem Buch »Pyrotechnique Militaire« die Meinung kund, daß der Ausstoß von Gas und Hitze für den Antrieb sorgten und zwar dadurch, daß die Gase sich an der atmosphärischen Luft abstützten.

In den »Beiträgen zu weiterem Wissen über die Kriegeraketen und ihre Geschichte« des dänischen Oberleutnants F. P. F. von Mourier (1825) wird hingegen nicht allein eine prinzipiell zutreffende Erklärung der Raketenbewegung gegeben, sondern auch die unbedingte Notwendigkeit theoretischer Kenntnisse für eine spürbare praktische Verbesserung ihrer Wirkung herausgestellt. Mourier schreibt: »Von ... Wichtigkeit ... ist es, herauszufinden, auf welche Weise einer Rakete ... jene Genauigkeit gegeben werden kann, wie sie für die kriegerische Anwendung nützlich ist. Einfache Versuche hierüber anzustellen würde sehr einseitige und unvollständige Resultate erbringen, solange wir nicht mehr Sorgfalt darauf verwenden, die Theorie der Bewegung für das Abschießen der Rakete in weitem Bogen zu ergründen.« Mourier weist damit auf die Ballistik hin und erklärt die einfache Empirie für unzureichend. Anders als bei der Kanonenkugel, die sich während ihres Fluges antriebslos bewegt, erwächst die Kompliziertheit der Theorie der Raketenbewegung ersichtlich aus dem fortwirkenden Antrieb während eines Teils des Fluges. Deshalb sind die allgemeinen Erkenntnisse der Artillerie hier nur bedingt anwendbar. Insbesondere erwies es sich als unverzichtbar, das Prinzip der Raketenbewegung zu kennen. Mourier widerspricht in dieser Hinsicht entschieden der »Abstoßtheorie«, allein schon aus dem Grunde, weil die atmosphärische Luft den viel schwereren »Raketengasen« nicht genügend Widerstand bieten könne. Er schreibt: »Wahrscheinlich muß man ... annehmen, daß die Be-



*Konstantin Iwanowitsch Konstantinow*

wegung der Rakete aus dem gleichen Grund auftritt, aus dem es beim Schießen einen Rückstoß gibt, nämlich dadurch, daß das expandierende Gas sich nach allen Richtungen auszudehnen trachtet. Der Druck, der hierbei auf die Raketenhülse ausgeübt wird, ist in allen Richtungen gleich groß, mit Ausnahme der Richtung entgegen des Feuerloches, und als Folge davon wird die Rakete in eben diese Richtung getrieben.« Ganz so findet man die Rakete auch in Gehlers »Physikalischem Wörterbuch« erklärt, einer umfänglichen Enzyklopädie der Naturwissenschaften, in deren erstem Band aus dem Jahre 1825 das Raketenprinzip definitiv mit dem Rückstoß eines Geschützes verglichen wird.

Das Rückstoßprinzip, bereits bei Newton in der Fassung »actio = reactio« zu finden, ist eine Folge des Impulserhaltungssatzes. Der Gesamtimpuls (das Produkt aus Masse und Geschwindigkeit) eines Systems bleibt, diesem Erhaltungssatz der klassischen Mechanik gemäß, konstant. Wird ein Teil der Masse eines Systems mit einer bestimmten Geschwindigkeit fortgeschleudert, wie dies beim Abbrand eines Raketenzündsatzes der Fall ist, so muß der »Restkörper« sich entsprechend seiner Masse ebenfalls mit einer bestimmten Geschwindigkeit fortbewegen – und

zwar in umgekehrter Richtung. In dieser Form hat wohl erstmals der russische General Konstantin Iwanowitsch Konstantinow (1818–1871) die Wirkungsweise der Rakete geschildert. Seine Erkenntnis formulierte er mit den Worten: »Zu jedem Zeitpunkt der Treibsatzverbrennung gleicht die der Rakete verliehene Bewegungsgröße (Impuls, d. V.) der Bewegungsgröße der ausströmenden Gase.«

Mit dieser prinzipiellen Erkenntnis war zugleich eine aus der Physik der Rakete abgeleitete wesentliche Einsicht verbunden: Die Geschwindigkeit der Rakete kann gesteigert werden, wenn es gelingt, möglichst große Mengen von Gasen mit möglichst hoher Geschwindigkeit ausströmen zu lassen.

Konstantin, der seit 1849 die Petersburger Raketenanstalt und später noch andere einschlägige Fabriken leitete sowie jahrelang Vorlesungen über Raketen vor Artillerie-Offizieren hielt, hat zur Vervollkommnung der Pulverrakete bedeutende Beiträge geleistet. Dabei stand vor allem die wissenschaftliche Methodik seines Herangehens Pate.

Bei der Produktion von Raketen ließ sich Konstantinow von dem Grundsatz leiten, daß man Herstellungsverfahren besitzen müsse, »die gleichbleibende Ergebnisse bewirken und das ... auch hinsichtlich der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Materialien, aus denen diese Teile gemacht werden«. Konstantinow stellte in seinem bekannten Werk »Über Kampfraketen« (1864) die lapidare, aber entscheidende Forderung auf, daß »heute eine Rakete hergestellt werden kann, die voll und ganz der gleicht, die gestern hergestellt wurde«.

Dies war mit einer Mechanisierung der Produktionsvorgänge verbunden, für die sich Konstantinow konsequent und unter Einführung zahlreicher Neuigkeiten einsetzte.

Konstantinow beschäftigte sich aber auch gründlich mit experimentellen Untersuchungen von Raketen. So unternahm er erstmals Versuche, die Größe des Rückstoßes von Raketen zu messen. Dazu diente ihm sein sogenanntes ballistisches Pendel. Mit Hilfe dieses Pendels gelang es ihm auch, die Rückstoßkraft als Funktion der Zeit, d. h. ihre Veränderung während des Abbrandes, festzustellen. Er leitete daraus konstruk-

tive Verbesserungen ab, die experimentell erprobt wurden.

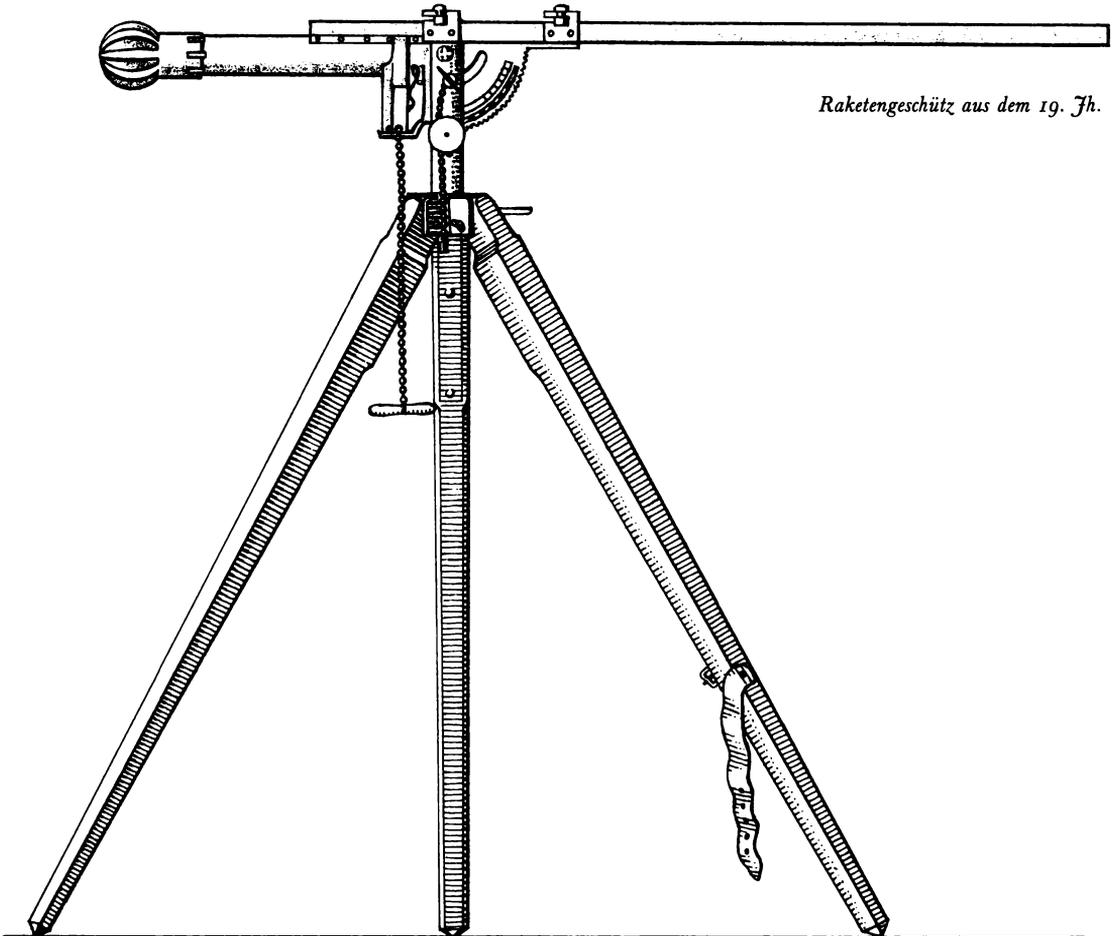
Insgesamt sah Konstantinow aber durchaus selbstkritisch sowohl die Grenzen seiner Arbeiten wie auch die Wege, die künftige Raketenforscher zu gehen hatten.

Über seine eigenen Resultate schrieb er: »Diese Fakten stellen nur Beobachtungsergebnisse dar, aber sie zeigen bereits die Möglichkeit einer mathematischen Theorie für ... Raketen, mit einem Wort, die Möglichkeit einer Raketenballistik. Aber das ist eine Wissenschaft, die noch geschaffen werden muß.«

Das Hauptproblem bei der von Konstantinow richtig erkannten Anwendung des Impulserhaltungssatzes auf die Rakete bestand natürlich darin, daß sich die Raketenmasse während der

Arbeit des Triebwerkes und gerade infolgedessen ständig verändert. Eine mathematische Beschreibung der Raketenbewegung mußte diesem Umstand Rechnung tragen.

Einen bemerkenswerten Ansatz in dieser Richtung veröffentlichte der deutsche Leutnant und Militärlehrer für Physik und Chemie Emil Kahl im Jahre 1858 in Schlömilchs Zeitschrift der Mathematik. In dieser Arbeit mit dem Titel »Ueber die Berechnung der Steighöhe der Raketen« führt Kahl die veränderliche Masse infolge des Verbrennens von Treibstoff ein und gibt die Differentialgleichung der Raketenbewegung unter Berücksichtigung der Anfangsmasse, des »Schubs« (den er treibende Kraft nennt), und des zeitabhängigen Treibstoffverlusts an. Dabei zieht er sogar noch den Luftwiderstand mit ins



*Raketengeschütz aus dem 19. Jh.*



*Rettungsrakete (1884)*

Kalkül. Aus der Praxis seien die Funktionen, mit denen sich die »treibende Kraft« und die Treibstoffmenge mit der Zeit ändern, zu ermitteln, bemerkte Kahl.

Im Prinzip hatte sich damit Kahl in jene Richtung bewegt, die Jahrzehnte später durch Ziolkowski erfolgreich beschritten wurde. Auch hieran wird deutlich, daß der objektive Zwang zur Erkenntnis – im vorliegenden Fall durch die militärische Anwendung stimuliert – oft nahezu zeitgleich zu ähnlichen Ergebnissen führt, obwohl die daran beteiligten Forscher sich weder kennen, noch von ihren Arbeiten Kenntnis haben. Sind jedoch die ersten Keime gediehen und entstehen unter den Forschern und Forschergruppen Kommunikationsbeziehungen, so hat dies eine spürbare Beschleunigung der Forschung zur Folge.

Außer den Bemühungen um die Entwicklung der Raketenballistik sind in wissenschaftlicher Hinsicht noch die Treibstoffprobleme zu erwäh-

nen. Obschon die Technologie der Schwarzpulverherstellung manchen Wandel erfahren hatte, war doch die Zusammensetzung über Jahrhunderte im wesentlichen unverändert geblieben. Der tiefere Grund für diese Tatsache dürfte letztlich darin bestanden haben, daß kein zwingender gesellschaftlicher Bedarf für Raketen bestand. Deshalb fehlte es an physikalischen Erkenntnissen darüber, obwohl diese theoretisch seit Newton »auf der Hand lagen«. Daher rührte auch die fehlende Einsicht in die physikalische Rolle der Treibstoffe – das Problem lag brach.

Vor einiger Zeit haben Technikhistoriker des Stockholmer Armeemuseums die Auswirkungen untersucht, die aus der chemischen Zusammensetzung der Treibstoffe für die Ausströmgeschwindigkeit der Gase der alten schwedischen Raketen folgen. Das Ergebnis war frappierend: Die theoretische Ausströmgeschwindigkeit betrug knapp 2300 m/s. Dem standen aber praktisch nur 470 m/s gegenüber – ein Wert, der weit

unter den theoretischen Möglichkeiten lag. Die Ursache ist klar: Statt in eine (damals noch unbekannte) Düse mündete der Raketenkörper in eine simple Öffnung. Die Rolle der Ausströmgeschwindigkeit für die Bewegung der Rakete ging klar aus der Kahlschen Bewegungsgleichung für Raketen hervor. Woran es mangelte, war die Zusammenführung der verschiedenen theoretischen und praktischen Einsichten.

Wilhelm Theodor Unge (1845–1915) machte die Entdeckung, daß die alten Treibstoffe keineswegs die besten für Raketen waren. Unge interessierte sich für das Nitroglycerin seines Landsmannes Alfred Nobel (1833–1896), er hielt es für geeignet, Raketen besser anzutreiben. Erstmals im Jahre 1896 experimentierte er mit einer Rakete, die statt des bis dahin in verschiedenen Variationen verwendeten Schwarzpulvers das von Nobel entwickelte Ballistit enthielt. Hauptbestandteile davon sind Nitrozellulose und Nitroglycerin. Leider war die Gasentwicklung zu gering, so daß die Versuche insgesamt nicht befriedigten.

Unge, der ohne nennenswerte staatliche Unter-

stützung arbeitete und mit der Produktion seiner Raketen, vor allem für Rettungszwecke, insgesamt wenig erfolgreich war, bemühte sich auch erstmals um einen besseren Wirkungsgrad durch Erhöhung des Gasdrucks. Er bediente sich dabei der von seinem Landsmann Carl Gustaf Laval (1845–1913) entwickelten speziellen Austrittsdüse mit Verengung und anschließender Erweiterung (Lavaldüse). Dadurch wird erreicht, daß die ausströmenden Gase mit hoher Geschwindigkeit ins Freie gelangen, so daß der größere Treibstoffdurchsatz zu höheren Geschwindigkeiten und Reichweiten führt.

Insgesamt gelang es Unge, mit seinen z. T. patentierten Lösungen, Reichweiten von rund 5000 m zu erzielen. Die Treffsicherheit war artilleristischen Waffen gegenüber konkurrenzfähig.

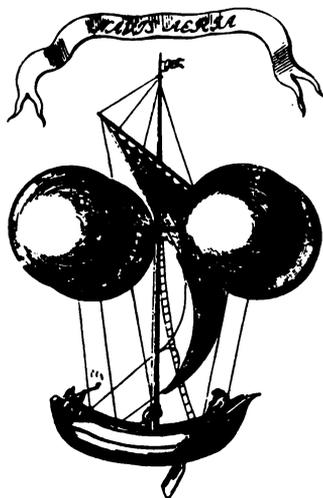
Die Rakete als rückstoßgetriebener Flugkörper hatte im 19. Jahrhundert eine breite praktische Anwendung erfahren, ohne daß eine wirkliche »Raketenwissenschaft« entstanden wäre. Vereinzelte Ansätze hatten jedoch das Feld abgesteckt, auf dem eine weitere Entwicklung der Leistungsfähigkeit möglich schien.

*Schiffsrettungsrakete nach dem Abschuß*





# Raumschiffe auf dem Papier



Die »fliegende Maschine«  
von Francesco Lana

## Die Epoche der Luftschwimmer

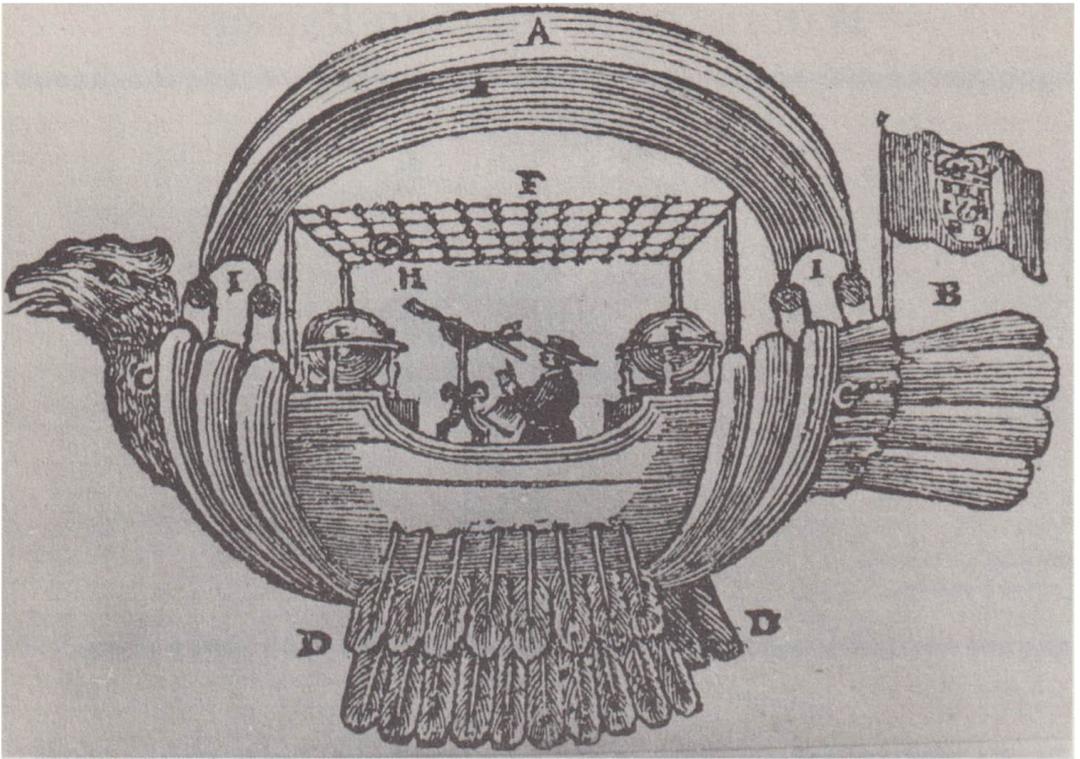
Obschon sich Militäringenieure in aller Herren Ländern Jahrzehnte hindurch intensiv mit dem Phänomen Rakete auseinandergesetzt hatten, Rückstoßgeschosse auf allen Schlachtfeldern gefürchtet waren und Tausende Seiten Papier mit mehr oder weniger gültigen Erkenntnissen über die modernen Feuerpfeile existierten, hat doch nicht einer der Raketenpioniere vom Flug zu den Sternen gesprochen. Der Gedanke an Raumfahrt und die praktische Entwicklung von Raketen hatten nichts miteinander zu tun.

Der Traum vom Menschenflug war indessen seiner Verwirklichung auf andere Weise entschieden näher gerückt. Nachdem die Zahl der erfolglosen Flugversuche allmählich Legende geworden war, unternahm es der italienische Physiker Alphonso Borelli, die Nachahmung des Vogelfluges mit menschlicher Muskelkraft theoretisch zu untersuchen. Seine einfache, aber aussagekräftige Überlegung lautete: Die Muskeln, die der Vogel

zum Schlagen der Flügel verwendet, betragen ein Sechstel seines Körpergewichts, die des Menschen hingegen weniger als ein Hundertstel. In einer 1680 erschienenen Schrift erklärte Borelli den Menschenflug dennoch für prinzipiell möglich, wobei er aber wohl an den Gleitflug dachte.

Viele tragische Unglücksfälle ereigneten sich auch in den nachfolgenden Jahrhunderten noch bei menschlichen Flugversuchen. Trotzdem verstärkte sich die Überzeugung, daß der Mensch sich durchaus in die Lüfte erheben könne, wenn er es nur richtig anstellen würde. Freilich wußte man noch nicht zu sagen, was darunter zu verstehen sei. Auch war der Borellische Beweis keineswegs allgemein bekannt. Immer aufs neue wurden deshalb auch Versuche in jene Richtung unternommen, die prinzipiell aussichtslos war. Dies löste ständige wissenschaftliche Auseinandersetzungen aus, die bis in die Tagespresse drangen. Auf die Ankündigung von Jean Pierre Blanchard im »Journal de Paris« (1781), er werde sich mit einem Fluggerät in die Lüfte erheben, dessen insgesamt vier Flügel durch zwei Männer bewegt würden, schrieb der berühmte Astronom J. J. Lalande einen geharnischten Brief an die

Eine der Hauptanwendungen von Raketen  
im 18. Jh. waren prunkvolle Feuerwerksvorführungen.



*Luftschiff des Bartholomeo Lourenzo de Gusmaos (1709), in dem man »zweihundert und mehr Meilen Weges in den Weltraum am Tage« machen könne.*

Zeitschrift, in dem er die Hoffnung auf den Menschenflug als das Werk unwissender Narren bezeichnete und die Flugmaschinen sogar mit den Wünschelruten in einen Topf warf. Coulomb, so schrieb Lalande, hätte berechnet, daß man Flügel von bis zu 15 000 Fuß Größe mit einer Geschwindigkeit von 3 Fuß je Sekunde bewegen müßte, um einen Menschen in die Luft zu bringen.

Wie für die Entwicklung der Raketen, trifft auch auf die Flugversuche zu, daß sie um jene Zeit nur deshalb keine Fortschritte zeitigten, weil es an theoretischen Kenntnissen mangelte. Das beste Beispiel hierfür sind die Experimente von Jacob Degen (1761–1848). Er konstruierte zwei Flügel mit 6,7 m Spannweite und einer Fläche von immerhin 12 m<sup>2</sup> in ausgesprochener »Leichtbauweise«: Die Masse seines raffiniert ausgedachten Apparates betrug nur 9 kg. Die beiden Flügel enthielten je 3 500 Ventilkappen, die bei der Abwärtsbewegung des Flügels schlossen und

beim Anheben die Luft frei hindurchströmen ließen. Eine spätere Untersuchung dieses Fluggerätes, vom Kenntnisstand aus, der zu Beginn des 20. Jahrhunderts vorhanden war, zeigte, daß Degen eine außerordentlich ungünstige Methode der Auftriebsgewinnung gewählt hatte.

Ohne genaue Kenntnis des Experiments von Degen, versuchte Albrecht Ludwig Berblinger (1770–1829), der »Schneider von Ulm«, es ihm 1811 gleichzutun. Bei einem Versuch, von einem Gerüst aus vor Zuschauern die Donau zu überfliegen, landete er in den Fluten des Flusses.

Auch zahlreiche Ansätze, die neuen technischen Errungenschaften, wie Dampfkraft, Gasmotoren u. ä., für das Fliegen zu nutzen und dadurch die menschliche Muskelkraft zu ersetzen, schlugen fehl. Geradezu naiv mutet die Annahme eines Nürnberger Mechanikers an, man brauche die soeben erfundene Lokomotive nur noch mit Flügeln zu versehen, um sie vogelgleich vom Erdboden abheben zu lassen.

## Ballone im Vormarsch

Noch ehe durchgreifende Fortschritte auf dem Gebiet des Gleitfluges die Skeptiker zu überzeugen vermochten, machte ein anderes Luftgefährt von sich reden: der Ballon. Auch er hat eine vielfältige und weit in der Vergangenheit wurzelnde Vorgeschichte, über deren Details wir aber keineswegs zuverlässig unterrichtet sind. So soll z. B. schon im Jahre 1306 bei der Thronbesteigung des Kaisers Fo-Kien der Aufstieg eines Ballons zum Festprogramm gehört haben. Der Streit geht darum, ob dies Legende oder Wahrheit sei.

Anno 1736 war es ein portugiesischer Physiker, Don Guzman, der sich in einem von Papier überzogenen Holzgeflecht durch Heißluft nach oben tragen ließ. Das Experiment scheiterte, weil sich das Gefährt am Gesims des Königspalastes verfang und rasch den Erdboden wieder erreichte. Die Inquisition soll scharf gegen Don Guzmans Absicht vorgegangen sein, hatte er es doch den Engeln gleich tun wollen.

Ähnliche ausgesprochen ideologische Hemmnisse gab es auch anderswo. Ein russischer Berichterstatter übermittelte z. B. eine Begebenheit, die sich schon im Jahre 1731 zugetragen haben

*Die Brüder Montgolfier*



soll. Danach hätte der Amtsschreiber Krjakutni einen ballartigen Sack mit stinkendem Rauch gefüllt, ihn mit einer großen Schlinge versehen, sich hineingesetzt und »der Teufel hob ihn über die Birken empor. Er schlug gegen den Glockenturm und klammerte sich am Glockenturm fest, wodurch es läutete. So blieb er am Leben. Man jagte ihn aus der Stadt. Er ging nach Moskau, wo man ihn lebendig vergraben und verbrennen wollte«.

Lassen wir es dahingestellt sein, wie es mit dem Wahrheitsgehalt dieser Überlieferungen, die sich auch in zahlreichen anderen Ländern nachweisen lassen, tatsächlich bestellt ist.

Zu guter Letzt gab es den Ballon wirklich, und wieder waren es neue Erkenntnisse in der Wissenschaft, die an der Wiege der Luftschiffahrt standen.

## Auf dem Weg zum Zeppelin

Mit den sensationellen Ballonaufstiegen der Brüder Montgolfier im Jahre 1783 in Paris hatte sich die Dimension des Luftraumes für den Menschen geöffnet. Wenn auch zunächst kommerzielle Belustigungsfahrten im Vordergrund der Aktivitäten standen, so traten doch bald auch Unternehmungen mit bemerkenswertem wissenschaftlichem Hintergrund hinzu.

Schon im Jahre 1784, also unmittelbar nach der Erfindung des Ballons, entwickelte der berühmte französische Chemiker Lavoisier im Auftrag der Pariser Akademie der Wissenschaften ein Programm für wissenschaftliche Luftfahrtunternehmungen.

Nach den Worten von Richard Assmann, Mitautor der dreibändigen Darstellung »Wissenschaftliche Luftfahrten«, war die Ausarbeitung von Lavoisier »so umfassend und zweckmäßig«, daß sie »noch heutzutage zur Norm dienen könnte« (1899).

Schon der französische Physiker Jacques-Alexandre Césaire Charles führte bei seinen ersten Aufstiegen einfache wissenschaftliche Geräte mit sich, wie z. B. Thermometer, Barometer und Hygrometer. Auch luftelektrische Messungen im Anschluß an die berühmten Versuche, die Franklin mit Drachen ausgeführt hatte, wurden bereits

in den 80er Jahren angestellt. Als erste spezielle wissenschaftliche Ballonfahrt gilt der Aufstieg, den John Jeffries, ein junger amerikanischer Arzt, gemeinsam mit dem französischen Luftschiffer Blanchard am 30. November 1784 in London unternahm. Im Mittelpunkt der Untersuchungen standen meteorologische Fragen – ein Forschungsfeld, auf dem Ballone ohnehin lange Zeit vorherrschten und durchgreifende Fortschritte wissenschaftlicher Kenntnis erlangten. Jeffries schrieb über sein Projekt: »Mein Wunsch war dabei, ... die Zustände der Atmosphäre und deren Temperatur in verschiedenen Höhen und ... die wechselnden Richtungen der Luftströme in gewissen Schichten zu erforschen, um neues Licht auf die Theorie der Winde im allgemeinen zu werfen.«

Aus der Geschichte der Meteorologie sind wissenschaftliche Luftfahrten unter Einsatz von Ballonen bis zum heutigen Tag nicht wegzudenken.

Bereits um die Wende zum 19. Jahrhundert wurden bei solchen Unternehmungen, die nicht selten von berühmten Wissenschaftlern durchgeführt wurden, Aufstiegshöhen bis zu rund 7000 m erzielt. Insgesamt war die damalige Begrenzung der Flughöhen letztlich eine Frage der Ballonmaterialien. Um in größere Höhen vorzustoßen, benötigte man größere Füllvolumina – ein Problem, das erst im 20. Jahrhundert durch die Einführung extrem leichter Kunststoffhüllen gelöst werden konnte. Auguste Piccard konstruierte bekanntlich Anfang der dreißiger Jahre unseres Jahrhunderts die ersten Stratosphärenballone und erreichte im bemannten Aufstieg Höhen bis zu knapp 17000 m, ein Rekord, der 1934 nur noch von seinem Bruder Jean mit 18000 m überboten wurde.

Heute steigen Forschungsballone, unter anderem auch im Dienste der Astronomie, bis in 50000 m Höhe der Atmosphäre empor. In diesen Höhen sind bereits Wellenlängen des elektromagnetischen Spektrums zugänglich, die am »Boden des Luftmeeres« wegen der atmosphärischen Absorption nicht untersucht werden können.

Der Ballon wurde jedoch nicht nur für wissenschaftliche Forschungen und Vergnügungszwecke eingesetzt; frühzeitig schon wurde vielmehr auch seine militärische Bedeutung klar.

Nach gelegentlicher Verwendung zur Aufklärung spielte er bei der Belagerung von Paris durch die deutschen Truppen im Jahre 1870/71 eine wichtige Rolle. Vor allem als Mittel zur Nachrichten- und Personenbeförderung erlangte er Bedeutung.

Für den unmittelbar militärisch wirksamen Einsatz machte sich allerdings der Mangel an Lenkbarkeit der Ballone hemmend bemerkbar. Wegen des großen Luftwiderstandes der Ballone war dieses Problem nicht einfach durch handgetriebene Ruder zu lösen, wie dies z. B. Blanchard versucht hatte.

Deshalb ging man systematisch dazu über, spindelförmige Ballone zu konstruieren, in deren Gondeln dampfkraftbetriebene Luftschauben für einen Vortrieb sorgten, der durch Steuerruder beeinflusst werden konnte.

Um die Mitte des 19. Jahrhunderts schufen französische Erfinder lange Luftschiffe, in deren Gondeln mehrflügelige Schrauben für relativ hohe Eigengeschwindigkeiten der Gefährte sorgten. Neue Hilfsmittel des Antriebs und starre Konstruktionen bestimmten die weitere Entwicklung auf diesem Gebiet bis zum klassischen »Zeppelin«, der im Jahre 1900 erstmals als Luftschiff mit einem Leichtmetallgerüst startete. Es war der Benzinmotor, der nunmehr die Aufgabe des Antriebs für die Luftschauben übernahm.

Da die lenkbaren Luftschiffe anfangs noch höher flogen, als es der Reichweite der Geschütze entsprach, konnten sie auch noch erfolgreich militärisch eingesetzt werden. Hingegen erwies es sich natürlich als schwerwiegender Nachteil, daß sie infolge Füllung mit Wasserstoff außerordentlich explosions- und entzündungsanfällig waren.

Mit dem Ballon eröffnete sich freilich keine Möglichkeit, in den Weltraum zu gelangen. Der Ballonflug basiert auf dem Prinzip des Auftriebs. Gerade die wissenschaftlichen Experimente über den Aufbau der irdischen Atmosphäre, die mit Hilfe von Ballonen unternommen wurden, hatten deutlich werden lassen, daß die irdische Luft-hülle von sehr begrenzter Ausdehnung ist und schon wenige tausend Meter über der Erdoberfläche für Ballone nur noch minimale Auftriebe liefert.

Andererseits hatten natürlich die Erfolge des Ballonfluges eine nicht zu unterschätzende Bedeutung für die Entwicklung des Raumfahrtge-

dankens: Durch den Ballon war ein weiteres Mal deutlich geworden, daß dem suchenden und forschenden menschlichen Geist keine Tür auf ewig verschlossen bleibt. Was durch Jahrhunderte nur in der Phantasie möglich war, geschah nun wirklich: Menschen erhoben sich Tausende Meter in die Lüfte und verließen zeitweise den ihnen von der Natur zugewiesenen natürlichen Aufenthaltsort.

Nicht zufällig taucht daher der Ballon auch in der phantastischen Raumfahrtliteratur auf. Obschon er keineswegs das geeignete Gefährt für die Überwindung der Erdschwere darstellt, kommt doch ein gedanklicher Flug mit dem Ballon der Wirklichkeit schon näher als diverse »Knochenmarksantriebe« in früheren literarischen Produktionen. Statt auf die Schwingen gigantischer Adler zu vertrauen, beginnt jetzt eine Zeit, in der die Kraft des menschlichen Erfindergeistes mehr und mehr in den Vordergrund rückt und somit die Phantastik realistischer wird, weil die Wirklichkeit sich anschickt, das Phantastische zu tun.

Edgar Allan Poe (1809–1849), Begründer der modernen Kriminalgeschichte, schuf im Jahre 1835 eine Erzählung mit dem Titel »Das unvergleichliche Abenteuer eines gewissen Hans Pfaal«. Seine Geschichte gründet sich auf die Erfolge der Ballonfahrer seiner Zeit und verrät zudem detaillierte Kenntnis der früheren Phantasiengeschichten über Reisen ins Weltall. Der Holländer Hans Pfaal unternimmt in Poes Erzählung einen Ballonflug zum Mond. Sein Motiv ist zwar nicht eben hauptsächlich heißer Wissensdurst; er will vielmehr seinen zahlreichen Gläubigern entfliehen. Immerhin aber nimmt er Teleskop, Thermometer, Barometer, Elektrometer, Kompaß, Sprachrohr und andere Utensilien mit in die Gondel, die in den zeitgenössischen Laboratorien damals durchaus nützliche Verwendung fanden. Auch ein Taubenpaar und eine Katze machte er zu Reisegefährten auf dem abenteuerlichen Flug.

Das prinzipielle Dilemma eines Ballonfluges bis zum Mond war Poe nicht unbekannt. Geschickt argumentierend, scheut er sich keineswegs, die heikle Frage anzusprechen: »Tatsache aber ist, daß, steigt man zu einer bestimmten Höhe auf, die überwundene wägbare Luftmenge

bei weiterem Aufsteigen keineswegs der zusätzlichen erreichten Höhe proportional ist, sondern zu ihr in einem beständig abnehmenden Verhältnis steht. Daraus ergibt sich, daß wir, so hoch wir auch steigen mögen, niemals – prosaisch gesprochen – an eine Grenze kommen können, hinter der keinerlei Atmosphäre mehr zu finden wäre. Sie muß vorhanden sein, so folgerte ich; sie mag freilich nur noch in unendlicher Verdünnung vorhanden sein.«

Der letzte Teil des letzten Satzes drückt natürlich in Klartext den Umstand aus, daß Ballonaufstiege jenseits einer bestimmten Höhe aus prinzipiellen Gründen nicht mehr möglich sind.

Aber für den Autor einer phantastischen Geschichte ist die Reise damit nicht zu Ende. Poe schildert uns sogar die Krümmung der Erde aus großer Höhe, den pechschwarzen Sternhimmel und schließlich eine glückliche Landung in der dichten Mondatmosphäre. Dreizehn Jahre nach den Abenteuern des Hans Pfaal kam Poe übrigens noch einmal auf den Ballon zurück. In seiner Erzählung »Der Brief aus dem Luftballon«, die im Jahre 1848 spielt, hat das Gefährt bereits erhebliche Verbesserungen aufzuweisen, und für eine fernere Zukunft, etwa in tausend Jahren, können Ballone nach seiner Ansicht mehrere hundert Passagiere mit Reisegeschwindigkeiten bis zu 150 Meilen je Stunde befördern. Ein neues Gas, verbesserte Ballonmaterialien und die Kenntnis der Luftströmungen lassen ihn zu solchen Zukunftshoffnungen kommen.

Das physikalische Hauptargument gegen eine Raumfahrt mittels Ballon gilt natürlich auch für jene Art von Fliegen, die den dynamischen Auftrieb in der Atmosphäre ausnutzt. Sie hatte inzwischen erhebliche Fortschritte gemacht.

## Der Ozean vor der Tür

Es war der Engländer George Cayley, der erstmals klar die theoretische Forderung erhob, eine Fläche durch »Anwendung einer Kraft gegen den Widerstand der Luft für ein gegebenes Gewicht tragfähig zu machen«. Dem Vorbild des Drachens folgend, zeichnete Cayley ein Gleitflugzeug mit Höhen- und Seitenleitwerk in sein Notizbuch und führte später auch einige sporadi-

sche Versuche aus. Er erkannte auch die Bedeutung gewölbter Flugprofile für die Gewinnung eines höheren Auftriebs und forderte die Stromlinienform für Flugkörper, um den Luftwiderstand möglichst klein zu halten. In poetischer Metapher schilderte er die uns umgebende Luft als einen ununterbrochenen »schiffbaren Ozean, der zu jedermanns Türschwelle kommt«.

Sinnvolle praktische Anwendung des bereits vorhandenen Wissens kennzeichnet die Pionierarbeit Otto Lilienthals (1848–1896). Seine Gleitflugversuche – obschon nicht die einzigen seiner Zeit – waren bahnbrechend, auch im Hinblick auf die Kunst des Fliegens überhaupt. Eine geradezu programmatische Erklärung Lilienthals aus dem Jahre 1893 lautet: »Die Versuche mit Gleitflugzeugen sollen uns dazu befähigen, praktische Erfahrungen im Starten und Landen sowie in der Kontrolle der Maschinen in der Luft zu sammeln ... Sie sind ausgezeichnete Übungsflugzeuge, und das ist alles, was sie sein sollen, bis die Kraft in Gestalt eines Motors, der eine Luftschraube treibt ... hinzugefügt werden kann.«

Die Anklamer Brüder Otto und Gustav Lilienthal studierten die geschicktesten Segler der Natur, Störche, Möwen und Bussarde, waren unermüdlich im eigenen Experimentieren und stießen bei ihren Versuchen bald auf die günstige physikalische Wirkung gewölbter Profile. Die Erkenntnis, daß nur eine sich ergänzende und gegenseitig verbessernde Wechselwirkung zwischen Naturstudie, Experiment und Theorie zum Ziele führen kann, brachte Otto zügig voran. Im Jahre 1891 durchmaß er im Gleitflug erstmals eine Weite von 15 m; 1893 wurde sein später weithin bekannter Eindecker patentiert.

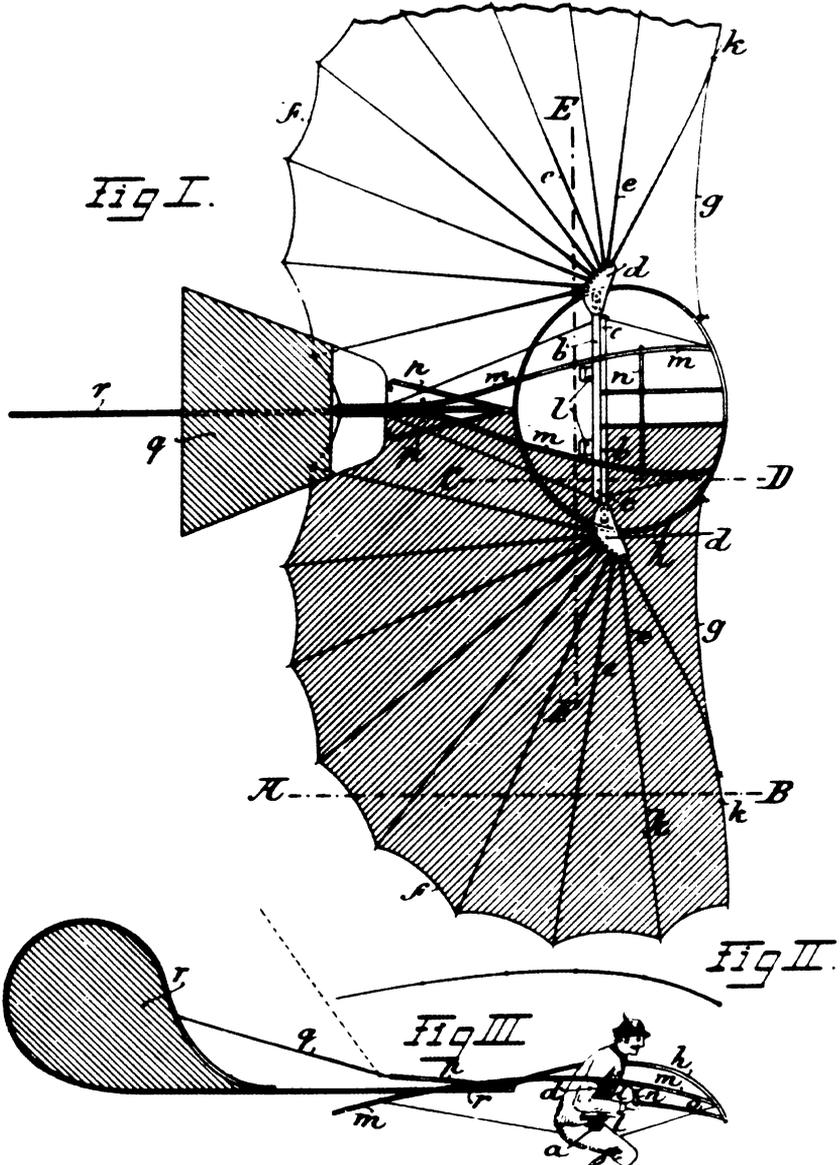
Nachdem Otto Lilienthal 1896 bei einem Motorflugexperiment ums Leben gekommen war, wirkten seine Ideen unvermindert weiter und führten schließlich in Verbindung mit anderen technischen Erfindungen, wie dem Daimlerschen Verbrennungsmotor, zur Realisierung des Motorfluges. Erstmals gelangen den amerikanischen Brüdern Wilbur und Orville Wright (1867–1912 bzw. 1871–1948) mit einem von ihnen nach umfangreichen Vorversuchen gebauten Motorflug-

*Lilienthals Patentschrift seiner »Fliegenden Maschine«*

O. LILIENTHAL.  
FLYING MACHINE.

No. 544,816

Patented Aug. 20, 1895.



Witnesses:  
*H. C. Pinkney*  
*W. E. Bowen.*

Inventor:  
*Otto Lilienthal*  
 By Attorney:  
*J. M. Downey*

zeug im Jahre 1903 die ersten Motorflüge der Geschichte. Die Flugidee war Wirklichkeit geworden, nicht zuletzt dank dem enthusiastischen Einsatz leidenschaftlicher Aeronauten.

Die rasante Eroberung des Luftraumes ist freilich vor allem gesellschaftlichen Interessen zuzuschreiben. Anfangs nämlich war das Flugzeug noch keineswegs als profitabel zu erkennen. Dies änderte sich, als sich die militärische Bedeutung des neuartigen Transportmittels abzeichnete. Besonders durch den ersten Weltkrieg entstand eine starke Nachfrage nach leistungsfähigen Flugzeugen, und in allen entwickelten Industrieländern setzte eine vorher nicht gekannte staatliche Förderung der Flugzeugentwicklung ein. Innerhalb der Kriegsjahre hatte das Flugzeug in seiner technischen Vervollkommnung einen gewaltigen Sprung nach vorn gemacht. Die Einführung der Ganzmetallbauweise, entscheidend gefördert durch Hugo Junkers, den späteren Begründer der Junkers-Werke, der Übergang zum Eindecker, die verbesserte Stromlinienform und anderes führten schließlich auch zur Entstehung moderner Verkehrsflugzeuge.

Wilbur Wright hätte seine Wette verloren, die er noch im Jahre 1901 seinem Bruder angeboten haben soll: Auch in tausend Jahren, meinte er, würden die Menschen das Flugproblem noch nicht gelöst haben.

Die Geburtshelfer des Menschenfluges brachten vielfach ihre humanistischen Anliegen zum Ausdruck, die sie mit ihren Projekten verfolgten. Schon Francesco Lana, der sich im 17. Jahrhundert mit der Konstruktion von Luftschiffen beschäftigte, hatte moralische Vorbehalte gegen sein liebstes Geisteskind: »Gott wird niemals zugeben, daß eine solche Maschine wirklich zustande kommt, um die vielen Folgen zu verhindern, welche die bürgerliche und politische Ordnung der Menschheit stören würden. Denn wer sieht nicht, daß keine Stadt vor Überfällen sicher wäre, da ja das Schiff zu jeder Stunde über dem Platz derselben erscheinen ... könnte ... Ja, wenn das Schiff nur aus hoher Luft bis zu dem Segelwerke der Meeresschiffe herabstiege, könnte es die Taue kappen, ... die Mannschaft töten und die Schiffe mit künstlichem Feuer, mit Kugeln und Bomben in Brand stecken, und nicht nur Schiffe, sondern auch ... Städte ...«

Vielleicht hatte gerade auch darauf der große Gelehrte Gottfried Wilhelm Leibniz im 17. Jahrhundert angespielt, als er die Unfähigkeit des Menschen zum Fliegen mit den Worten begrüßte: »Da hat also Gott dem Menschen einen Riegel vorgeschoben. Könnten die Menschen auch noch durch die Luft fahren, dann wäre ja ihre Schlechtigkeit rein nicht mehr zu zügeln.«

Natürlich haben solche moralischen Appelle und Bekundungen weder die Entwicklung des Flugzeuges noch seine Anwendung bei militärischen Auseinandersetzungen verhindern können. Ein anderer Autor flugtechnischer Abhandlungen, der Deutsche F. D. Frescheur, hat seinem Zeitgenossen zu Recht entgegengehalten, daß Gott schließlich auch die Erfindung der Säbel, Musketen, des Schießpulvers und der Kanonen nicht verhindert hätte und aus diesem Grunde wohl auch den Menschenflug nicht verhindern werde. Zugleich wies Frescheur darauf hin, daß eine Waffe auch stets als Abwehrwaffe zu gebrauchen wäre und man den Luftschiffen, sollten sie im Kampf gebraucht werden, mit Luftschiffen gegenüber treten müßte. Er sah also die Luftschlachten künftiger Kriege mit beängstigender Deutlichkeit voraus.

## Die neuen Utopisten

Mit dem neuen technischen Zeitalter trat auch eine neue Gattung von Literatur ins Leben. Im Unterschied zu ihren weit in die Vergangenheit zurückreichenden Ahnen bezog sie Material aus der Realität von Wissenschaft und Technik. Wo früher phantastische Ideen ohne wissenschaftliche Fundierung vorherrschten, rückte jetzt die reichhaltiger gewordene Wissenschaft samt ihren bereits praktizierten technischen Anwendungen in den Vordergrund. Nicht, daß die Phantasie nunmehr fehlte. Die neue Art von Literatur beschrieb bis dahin Ungeschehenes, wie Lukian und Cyrano für ihre Zeit auch. Das Ungeschehene hatte aber jetzt unverkennbar den Anstrich des Möglichen, Künftigen. Die Wirklichkeit hatte Dinge hervorgebracht, die sich bereits jenseits früherer Phantasien befanden. Dampfgetriebene Eisenbahnzüge transportierten Personen und Güter über große Distanzen, mächtige

Schiffe überquerten die Ozeane, und die Lüfte bevölkerten sich mit Ballonen, Zeppelin und Flugzeugen.

Damals schrieb ein ungemein produktiver, gedankenstarker und wahrhaft epochemachender Schriftsteller über das Verhältnis von Dichtung und Wahrheit in seinen Werken: »Obgleich ich erfinde und erdichte, bleibe ich doch stets auf dem Boden der Wahrheit. Immer wird ein Zeitpunkt kommen, wo die Schöpfungen der Wissenschaft die der Einbildungskraft noch weit übertreffen.« Dieser Mann, der von sich behauptete, was keiner der phantastischen Autoren mit solcher Berechtigung vor ihm hätte sagen können, er stehe immer mit »einem Fuß in der Wirklichkeit«, hieß Jules Verne (1828–1905). Noch heute ist dieser Schriftsteller, der sich schon zu Lebzeiten einer Popularität ohnegleichen erfreute, einer der meistgelesenen Autoren der Weltliteratur. Obschon er der Literaturgeschichte zugehört, ist es doch keineswegs übertrieben, ihm auch einen Ehrenplatz in der Wissenschaftsgeschichte einzuräumen. Seine reale Bedeutung für die Entwicklung der Raumfahrt ist groß und nicht zu leugnen.

Zwei Werke vor allem waren es, die auf diesem Gebiet nachhaltige Wirkungen auslösten: »De la terre à la lune« (»Von der Erde zum Mond«, 1865) und »Autour de la lune« (»Reise um den Mond«, 1870).

Einer der deutschen Übersetzer dieser beiden phantastischen Romane, Walter Heichen, nannte diese Bücher »ein Wissenskaleidoskop von geradezu beispielloser Fülle« und hob bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts hervor, als dies noch keineswegs konkret abzusehen war, daß die Lektüre dieser Romane »als ein wertvolles Förderungsmittel für die moderne Wissenschaft gelten« könne.

Die Haltung, die Jules Verne bei seinen Arbeiten beflügelte, ist die eines unbegrenzten Optimisten, der dem wissenschaftlichen Fortschritt vertraut. Verne ist zutiefst davon überzeugt, daß die Welt des Menschen durch Wissenschaft und Technik verbessert werden kann, und er will seinen Anteil daran leisten, junge Menschen auf dieses weite Betätigungsfeld des Menschen hinzuweisen. Ins Detail gehende Schilderungen technischer Einzelheiten nehmen deshalb großen

Raum in seiner Darstellung ein; die Romanhandlung umgibt sie wie eine klammernde Hülle.

Als Verne seine beiden erwähnten Romane schrieb, war bereits klar, daß man weder via Ballon noch mittels echter Flugzeuge zum Mond gelangen könne, da diese neuartigen Verkehrsmittel ohne das Medium Luft nicht funktionieren. Aus diesem Grund wohl vor allem wählte Verne eine andere Beförderungsart, die Kanonenkugel.

Seine Schilderung trägt durchaus nicht den Stempel des Zukunftsromans moderner Prägung. Alle technischen Hilfsmittel, die Verne einführt, entstammen seiner Zeit, sind sozusagen das Neueste aus der Zauberkiste von Wissenschaft und Technik. Er benutzt das soeben erst bekannt gewordene Aluminium ebenso wie die elektrische Zündung und vieles andere.

Die früheren kosmischen Reiseabenteuer verbucht Jules Verne unter »Nachrichten von ein paar Feuerköpfen«. Von Gonzales bis Edgar Allan Poe hat er die gleiche Meinung – und mit Recht: »Das waren alles rein literarische Versuche, völlig ungeeignet, ernsthafte Beziehungen zu unserem Nachtgestirn anzubahnen.«

Für Jules Verne ist es klar, daß jeder Gegenstand, der mit der erforderlichen Anfangsgeschwindigkeit von rund 11000 m/s abgeschossen wird, das Schwerfeld der Erde tatsächlich zu verlassen vermag und den Weg zum Mond zu finden imstande ist. Andererseits sei die »Widerstandsfähigkeit der Kanonen« und die »Expansivkraft des Pulvers« unbegrenzt. Folglich bildet die Kanone das geeignete Hilfsmittel, um zum Mond zu gelangen. Natürlich wußte Verne, daß man eine solche Kanone nicht würde bauen können. Sie sollte immerhin 270 m Länge haben. Und rund um den gewaltigen Schacht, den man nahe Florida ins Erdreich trieb, wurde in Vernes Darstellung ein ganzer Ring von Hochöfen für die notwendigen Zuarbeiten angelegt.

Einem gewaltigen Naturereignis gleich, wird der »Schuß zum Mond« schließlich in Szene gesetzt. »Aus den Eingeweiden der Erde schoß eine Feuergarbe wie aus dem Schlund eines Kraters, der Boden hob sich, warf alles, was in dieser Nacht auf den Beinen war, um und verhinderte, daß auch nur einer hatte sehen können, wie das Geschoß von flammensprühendem Dunst umgeben siegreich die Luft durchschnitt.

Der herausgeschleuderte Flammenguß stieg weißglühend in den Himmel und erhellte für einen Augenblick die gesamte Halbinsel Florida ... Der Knall des Abschusses erzeugte ein Erdbeben, dessen Stärke niemand vorausgesehen hatte ... Die expandierenden Pulvergase hatten die Atmosphäre mit emporgerissen. Die Menschen fielen wie Ähren unter der Sichel, Tausende wurden verletzt oder getötet ... 300 000 wurden auf der Stelle mit Taubheit, Blindheit und Entsetzen geschlagen. Dann stürzte die Atmosphäre wieder herab, riß die Baracken um und zerstörte die Hütten, trug die Zelte fort und entwurzelte die Bäume, ... spaltete Schiffe im Hafen und warf sie an Land, nachdem die Ankerketten wie Wollfäden gerissen waren ...« Wie harmlos verlief dagegen der Start des ersten tatsächlichen Erdsatelliten anno 1957. Als aber die vom Startchaos Betäubten bei Verne wieder erwachten und sich die Blinden wieder zu regen begannen, »da rief, wer sprechen konnte, »Hurra«, da winkte, wer die Arme noch gebrauchen konnte, da trampelte vor Begeisterung, wer seine Beine fand. Aus allen Taschen kamen jetzt die Fernrohre, Teleskope, Lupen und Lorgnetten, was man sich nur immer hatte zusammensparen können, wanderten an die Augen und suchten den Himmel ab.«

Die Dreiermannschaft an Bord der Verneschen Kanonenkugel landete allerdings nicht auf dem Erdtrabanten. Das Geschoß verfehlte vielmehr sein Ziel, doch gerade so, daß es statt dessen in eine Umlaufbahn einschwenkte – ein himmelsmechanisch durchaus möglicher Fall. Der Direktor des Observatoriums von Cambridge meldete den Mitgliedern des Büros den denkwürdigen Abschluß des Unternehmens »Mondschuß« mit den Worten: »... Das Projektil ist nicht an seinen Zielpunkt gelangt, sondern vorbeigeflogen, doch ziemlich nahe, so daß es von der Anziehungskraft des Mondes festgehalten wird. Seine Bewegung in gerader Richtung hat sich in eine elliptische Bewegung von rasender Schnelligkeit verwandelt, es ist in eine Bahn um den Mond gerissen worden und stellt dessen Trabanten dar ...« Das von den Astronomen beobachtete Objekt (optisch eine Unmöglichkeit) würde nun entweder doch noch landen, meinte der Direktor, oder es müßte »bis zum Ende der Jahrhunderte« den Mond umkreisen.

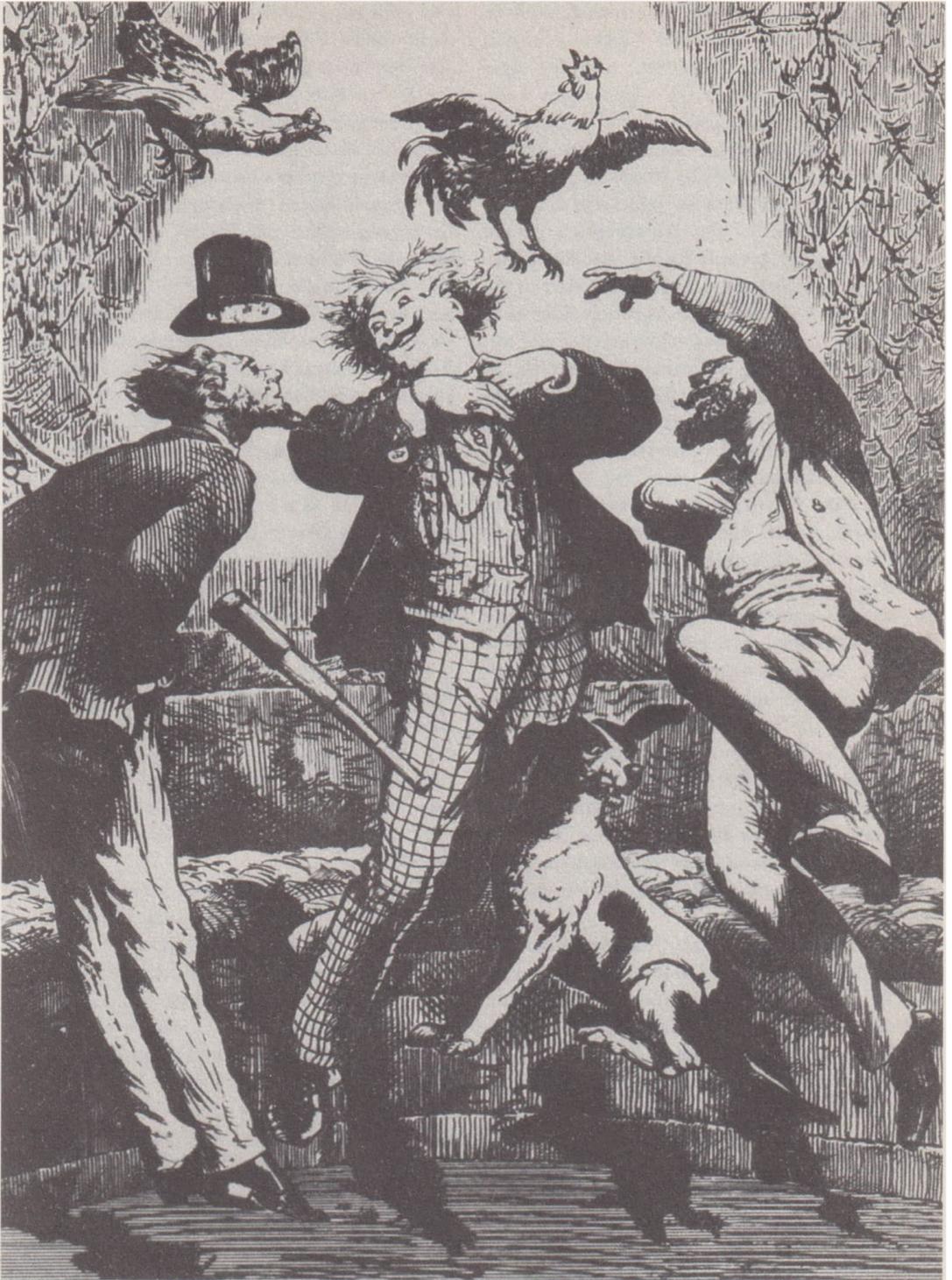
Angeichts des Erfolges der außergewöhnlichen Reiseschilderung war es naheliegend, daß Jules Verne in einem zweiten Roman die von den drei kühnen Männern durchlebte »Reise um den Mond« nachfolgen ließ. Beide Werke hatten einen immensen literarischen Erfolg, der bis zum heutigen Tage anhält. Die literarische Vorlage fand sogar Verwendung für ein Libretto, das Jacques Offenbach vertonte und bereits wenige Jahre nach dem Erscheinen der Verneschen Romane auf die Bühne brachte. Auch diese Operette – ebenso wie zahlreiche Verfilmungen Vernescher Stoffe – lebt bis zum heutigen Tage weiter.

Nun begann in Deutschland der wissenschaftlich-phantastische Roman zu eigenständigem Leben zu erwachen. Und dies durchaus nicht einfach in dem Sinne, daß man es Jules Verne nachtun wollte. Aus ähnlichen Quellen schöpfend, aber gänzlich unabhängig von dem genialen Franzosen, war es Kurd Laßwitz (1848–1910), der spätere Gothaer Gymnasialprofessor, der von den Fortschritten der Naturwissenschaften seiner Zeit zu originellen literarischen Produktionen inspiriert wurde. An den Universitäten Berlin und Breslau (heute Wrocław) hörte er bei namhaften Gelehrten, wie Förster, Galle, Kronecker, Kummer und Weierstraß, Mathematik und Naturwissenschaften und hegte schon als Student den Plan, die ihn »begeistrenden Fortschritte der Naturwissenschaft und Technik erzählender Dichtung zugrunde zu legen.«

Seine beiden Erzählungen »Bis zum Nullpunkt des Seins« und »Bilder aus der Zukunft« (1871 bzw. 1878) werden von der Literaturwissenschaft als die ersten deutschen Kostproben wissenschaftlich-phantastischer Literatur gewertet.

Doch als eigentliches Hauptwerk von Laßwitz auf dem Felde des »Zukunftsromans« gilt zu Recht sein 1897 erschienenenes Werk »Auf zwei Planeten«. Rund zehn Jahre später lag das Buch in schwedischer, dänischer, holländischer, norwegischer, spanischer, ungarischer und polnischer Übersetzung vor.

Von Gotha aus hatte ein literarischer Welterfolg seinen Ausgang genommen, der bis zum heutigen Tage in immer neuen Ausgaben lebendig geblieben ist. Erst 1971 wurde das Werk ins Amerikanische übersetzt.



*Zeitgenössische Illustration zu J. Vernes »Von der Erde zum Mond« von Byard*

Der Roman von Laßwitz unterscheidet sich in der Intention stark von Jules Vernes technisch betonten Geschichten. Obschon nach den eigenen Worten des Autors die allgemeinen Fortschritte der Naturwissenschaft und Technik seinen Geist auf utopische Gleise lenkten, dürfte doch auch die vermeintliche Entdeckung riesiger Bauwerke auf dem Mars im Jahre 1877 eine entscheidende Rolle bei der Ausarbeitung gerade dieser Thematik gespielt haben. Anlässlich der damaligen Annäherung des roten Planeten an die Erde nahm der italienische Astronom Giovanni Virginio Schiaparelli (1835–1910) merkwürdig anmutende, regelmäßig geformte dunkle Gebilde auf dessen Oberfläche wahr. Er war so unvorsichtig, sie – ohne tiefere Absicht – »canali« zu nennen. Sensationsbefflissene Journalisten ließen daraus die »Marskanäle« erstehen, gigantische Bauwerke der Bewohner des Planeten, die einzig den Zweck haben konnten, die Wassermassen des Planeten großräumig umzulenken.

Ein wahres Feuer der Begeisterung über die somit indirekt entdeckten »Marsianer« verbreitete sich allenthalben, und auch bekannte Wissenschaftler wurden davon erfaßt. Der Mars galt fürs erste mit hoher Wahrscheinlichkeit als Heimstatt einer fremden kosmischen Zivilisation.

Laßwitz griff nicht als erster belletristisch auf diese neuesten wissenschaftlichen Ansichten zurück. Vor ihm hatte schon der Engländer Percy Greg ein bemanntes Raumschiff von der Erde zum Mars fliegen lassen und eine Begegnung mit den Marsbewohnern geschildert. Andere folgten ihm nach.

Laßwitz nun machte sich Gedanken über den Entwicklungsstand der Marszivilisation und ging von der allgemein akzeptierten Annahme aus, daß der Mars älter sei als die Erde und die dortige Zivilisation einen höheren Reifegrad erlangt hätte als die irdische. Die Marsmenschen sind den Erdbewohnern nicht allein technisch, sondern auch moralisch bei weitem überlegen. Folgerichtig sind es daher auch die Marsbewohner, die zur Erde kommen und eine über dem Nordpol der Erde schwebende Außenstation betreiben.

Zwischen den Mars- und den Erdbewohnern bahnen sich schließlich mannigfaltige Beziehungen an, die letztlich – nach unzähligen von Laß-

witz amüsant geschilderten Abenteuern – in der einstweiligen Beherrschung der Erde durch die Marsbewohner gipfeln.

Das Protektorat wird von den Marsianern in gutmeinender Absicht verhängt: Sie wollen die »unreife« Menschheit vor kriegerischen Auseinandersetzungen bewahren und ihnen gleichzeitig die vermeintlichen Segnungen fortgeschrittener Errungenschaften per Export aufdrängen. Unübersehbar schneidet Laßwitz hier das zu seiner Zeit hochaktuelle Kolonialproblem an, das bis zum heutigen Tag zu den noch keineswegs überwundenen Menschheitsgebrechen gehört. Seine Ansicht ist unmißverständlich; den Marsianern kommt schließlich nach kriegerischen Verwicklungen, die sie unbeabsichtigt auslösen, die Einsicht, daß die Menschheit ihre Probleme selbst lösen muß und das »Exportmodell« nicht funktioniert. Eine »Partei der Menschenfreunde auf dem Mars machte sich die Tatsache zunutze, daß die Unzufriedenheit auf der Erde nicht zu leugnen war«, und die Ereignisse führten schließlich zu einem von der Menschheit erzwungenen Waffenstillstand zu folgenden Bedingungen:

»Das Recht der Menschen auf die Freiheit der Person wird anerkannt ... Das Protektorat über die Erde wird aufgehoben. Sämtliche ... Beamte der Marsstaaten auf der Erde und sämtliche Kriegsschiffe haben die Erde zu verlassen ...« usw. Der Weg der Welt zu Frieden und Freiheit steht offen. Mit dieser ehrenwerten Vision endet der Roman.

Vieles, was sich Laßwitz an technischen Finessen hatte einfallen lassen, um diesen ersten »Krieg der Sterne« vor dem geistigen Auge des Lesers abrollen lassen zu können, gehört heute zur »Grundausrüstung« von Science-fiction: sein »Retrospektiv«, das den objektiven Blick ins Gestrn gestattet, die Strahlenpistole, der Gravitationsgenerator und dergleichen.

Verne und Laßwitz waren die Väter einer neuen Generation von wissenschaftlich-phantastischen Utopisten. In Deutschland erschien als Folge des Buches von Laßwitz die erste deutschsprachige Ausgabe des »Somnium« von J. Kepler.

Einer der bekanntesten späteren deutschsprachigen Autoren war Hans Dominik (1872–1945). Die oftmals simplen, aber technisch interessanten Romane wurden in hohen Auflagen verbei-

tet und hoben in nationalistischer Überzogenheit die besondere Leistungsfähigkeit deutscher Techniker und Ingenieure hervor.

Schon kurz nach »Auf zwei Planeten« brachte Herbert George Wells in England seinen klassischen utopischen Roman »Der Krieg der Welten« (»The War of the Worlds«) heraus, der eine Invasion der Erde durch Bewohner des Mars schildert.

Heute ist der wissenschaftlich-phantastische Roman ein weltweit anerkanntes und verbreitetes literarisches Phänomen. Der Terminus »Science-fiction« hat sich seit dem Ende der zwanziger Jahre, jedoch nicht ganz einheitlich interpretiert, eingebürgert. Der sowjetische Autor Juri Kargalitzki schreibt in seinem Essay »Was ist Phantastik?«, daß die Science-fiction des 20. Jahrhunderts dem modernen Realismus in mancherlei Hinsicht den Weg gebahnt hätte: »Der Mensch angesichts der Zukunft, der Natur und der Technik, die immer mehr zu seiner neuen Umwelt wird, und viele andere Probleme gelangten aus der heute als »wissenschaftlich« bezeichneten Phantastik in den modernen Realismus.«

Doch speziell die Raumfahrtutopisten hatten sogar unmittelbaren Einfluß auf die Raumfahrt. Die Entstehung von Raumfahrt ist ohne die Phantasten nicht zu denken. Die Bedeutung von Jules Verne oder Kurd Laßwitz und anderen für das Werden von Raumfahrt ist nicht geringer einzuschätzen als die der eigentlichen Raumfahrtpioniere, der Wissenschaftler und Techniker.

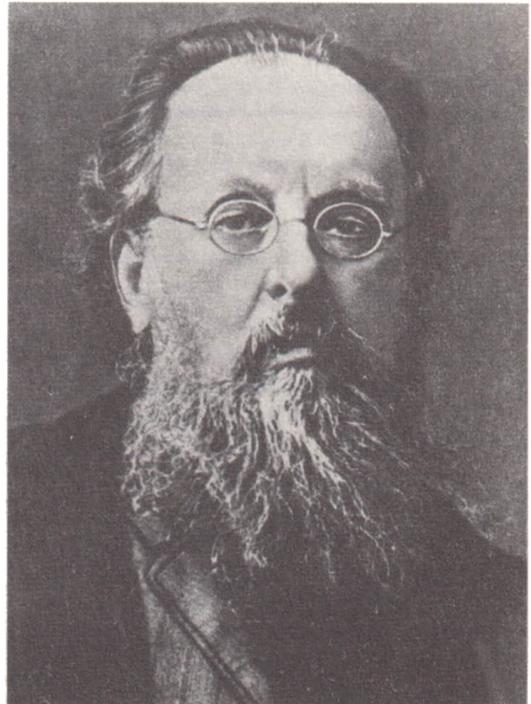
Die modernen Raumfahrtutopisten fußen auf ihren historischen Vorgängern. Sie kennen und nutzen sie als Quellen. In dieser Kontinuität der Phantastik liegt letztlich ihre konstruktive Rolle für die Entwicklung der realen Raumfahrt begründet. Sie hielt die ideelle Flamme am Brennen, bis die fortgeschrittene Reife der Produktivkräfte schließlich ihre Verwirklichung ermöglichte.

## Der Dorfschullehrer von Kaluga

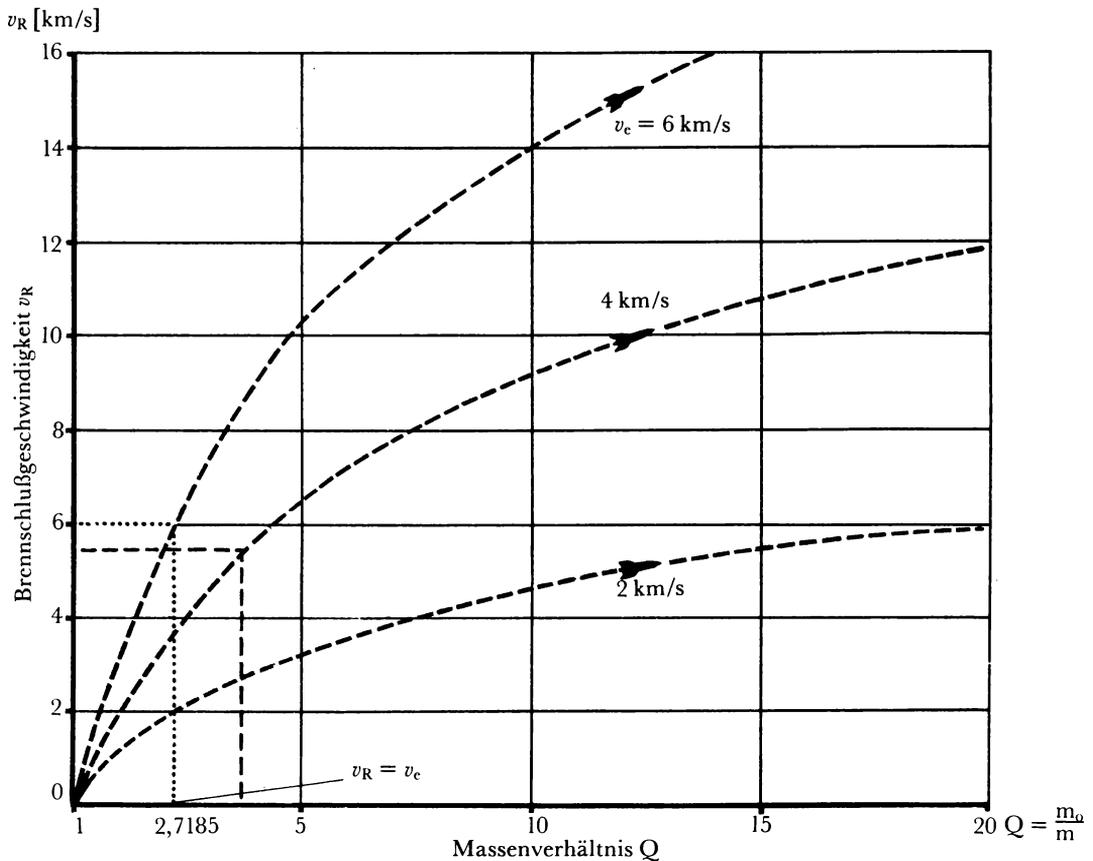
Im Jahre 1873 traf in Moskau ein junger Mann von 16 Jahren ein. Der junge Konstantin Eduardowitsch, Sohn des Försters Ziolkowski aus dem Gouvernement Rjasan, sollte sein Wissen vervollkommen und sich in der Industrie umsehen; denn er hatte schon als 14jähriger viel gebastelt und getüftelt und sich auch mit mathematischen Fragen beschäftigt. Buchstäblich von Wasser und Schwarzbrot lebend, sog der Knabe gierig theoretisches Wissen in sich auf und führte physikalische und chemische Experimente durch.

Auch die Frage der Erschließung des Welt-raums beschäftigte ihn damals schon. Er ersann einen »Zentrifugalkraft-Kasten«, eine Kabine, in der zwei mit massiven Kugeln schwingende Überschlappendel angebracht waren. Ziolkowski nahm an, daß die Fliehkraft geeignet sei, den Kasten anzuheben und die Erdschwere zu überwinden.

Die Erkenntnis, daß er sich grundlegend geirrt hatte, machte ihm klar, wie wichtig eine eingehende Beschäftigung mit den Naturwissenschaft-



*Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski*



Graphische Darstellung der Raketengrundgleichung. Bei einem Massenverhältnis  $Q = 2,7185$  (entsprechend etwa 63 % Treibstoffanteil an der Raketengesamtmasse) ist die erreichte Endgeschwindigkeit  $v_R$  gerade so groß wie die Ausströmgeschwindigkeit  $v_c$  (gepunkteter Linienzug). Bei größeren Massenverhältnissen ist die Fluggeschwindigkeit der Rakete größer als die Ausströmgeschwindigkeit der Gase aus dem Triebwerk.

ten war, wenn die überschäumende Erfindertalent nicht ständig auf Abwege geraten sollte.

Mit großer Intensität studierte der junge Ziolkowski Lehrbücher der Mathematik, Physik, Mechanik und Chemie. Ohne jeden Lehrer und völlig auf sich gestellt – durch eine Kinderkrankheit weitgehend taub – vergrub sich der fanatische Jüngling in die Wissenschaft. Nach drei Jahren kehrte er in die Heimat zurück und betätigte sich als Privatlehrer. Er bekam Freude an der Pädagogik und beschloß, Volksschullehrer zu werden.

Doch neben seiner beruflichen Tätigkeit als Dorfschullehrer experimentierte er praktisch und in Gedanken weiter.

Im Jahre 1883 verfaßte er als 26jähriger ein aufschlußreiches Tagebuch unter dem Titel »Der freie Raum«. Darin legte er viele Erkenntnisse nieder, die für seine späteren Untersuchungen zu Raumfahrtproblemen von Bedeutung waren. So hob er z. B. die Wirkungsweise des Rückstoßes deutlich hervor, ohne allerdings quantitative Beziehungen bereits aufdecken zu können: »Gesetzt den Fall, es gäbe ein Faß, gefüllt mit stark komprimiertem Gas«, schrieb er 1883. »Wenn wir einen der daran befindlichen feinen Hähne aufdrehen, dann wird das Gas in einem ununterbrochenen Strahl aus dem Faß strömen.« Die Folge davon sei eine Bewegung des Fasses. Durch hinreichend viele Hähne sei es möglich, dem Faß

eine beliebige Bewegungsrichtung aufzuzwingen, je nachdem, welcher Hahn jeweils geöffnet wird.

Wenig später begann er, sich mit aerodynamischen Problemen zu befassen. Ungeachtet seiner wissenschaftlichen Isolation in dem abgelegenen Provinznest Borowsk, wo es selbst an elementarer, geschweige denn moderner wissenschaftlicher Literatur mangelte, warf Ziolkowski Fragen und Probleme von hoher Aktualität auf und fand entscheidende Wege zu ihrer Lösung. Woran es dem Lehrer der städtischen Zweiklassenschule freilich fehlte, das waren Anerkennung und materielle Unterstützung. Sowohl die Russische Technische Gesellschaft als auch der Generalstab der Armee brachten Ziolkowskis Idee von einem Gasmotorenflugzeug kein Interesse entgegen. Ähnlich verhielt es sich auch mit anderen bemerkenswerten Ideen auf diesem Gebiet. Ziolkowski war schon in den neunziger Jahren des 19. Jahrhunderts weit in der Zukunft. Er schlug vor, den Windkanal als Hilfsmittel für aerodynamische Forschungen zu nutzen und führte Experimente zu Auftriebskraft und Widerstand von verschiedenen Flugzeugflügeln durch und entdeckte dabei gültige Gesetzmäßigkeiten der Aerodynamik bei Unterschallgeschwindigkeiten.

Bahnbrechend wirkte Ziolkowski auf dem Gebiet der Raketentechnik und des Raumfahrtgedankens.

Im Unterschied zu seinen zahlreichen geistigen Vorläufern in Rußland und anderen Ländern stellte sich Ziolkowski von Anbeginn die Aufgabe, die durch Rückstoß hervorgerufene Bewegung auf der Grundlage der Gesetze der theoretischen Mechanik zu erforschen: »Lange verhielt ich mich zur Rakete wie alle: eine Spielerei und wenig zu gebrauchen«, schrieb Ziolkowski rückblickend über die Anfänge seiner Ideen.

»Ich erinnere mich nicht so recht, wie mir in den Sinn kam, Berechnungen zu einer Rakete anzustellen. Mir scheint, die ersten Samen dieses Gedankens streute der bekannte phantastische Schriftsteller Jules Verne; er erweckte mein Gehirn zur Arbeit in der bekannten Richtung: Es entstanden Fragen, aus den Fragen erwuchs die Geistestätigkeit.«

Das erste Ergebnis dieser »Geistestätigkeit« war ein Artikel, den Ziolkowski im Jahre 1903 in der wissenschaftlich-philosophischen und literarischen Zeitschrift »Nautschnoje Obosrenije« (Wissenschaftliche Rundschau) veröffentlichte. Unter dem Titel »Die Erforschung des Welt-raums mit Rückstoßgeräten« entwickelte er hier grundlegende Erkenntnisse zur Theorie der Raketenbewegung. Ausgehend vom Impulserhaltungssatz der klassischen Mechanik gelang es ihm, die entscheidenden Zusammenhänge, die für die Bewegung einer senkrecht aufsteigenden

Raketengrundgleichung in der Handschrift Ziolkowskis

$$V = V_1 \ln \left( 1 + \frac{dl_2}{dl_1} \right)$$



$$V = V_1 \ln \left( 1 + \frac{dl_2}{dl_1} \right) \left( \frac{P - g}{P} \right)$$

$$dl_2 = dl_1 \left[ e^{\sqrt{\frac{\tau_1 P}{\tau_2 (P - g)}}} - 1 \right]$$

Rakete maßgebend sind, aufzudecken und die sogenannte Raketengrundgleichung zu formulieren. Sie besagt, daß die ideale Endgeschwindigkeit einer Rakete im kräftefreien Raum der Ausströmgeschwindigkeit des jeweiligen Arbeitsmediums und dem Logarithmus des Massenverhältnisses proportional ist. Unter dem Massenverhältnis versteht man dabei das Verhältnis von Startmasse der Rakete zur Leermasse (nach vollständigem Verbrauch des Treibstoffs).

Die Raketengrundgleichung läßt erkennen, daß eine Rakete um so höhere Endgeschwindigkeiten erreicht, je höher die Ausströmgeschwindigkeit des Arbeitsmediums liegt und je weniger die leere Rakete im Verhältnis zur vollbetankten Rakete wiegt.

Ersichtlich stellt diese Erkenntnis Ziolkowskis eine entscheidende Grundlage für die praktische Realisierung von Raumfahrtträgeraketen dar. Seine Fundamentalgleichung formuliert praktisch die Anforderungen, die sowohl auf dem Gebiet der Treibstoffe als auch hinsichtlich der Bauweise von Raketen durch Wissenschaft und Technik erfüllt werden müssen. Sie beinhaltet zugleich ein erstes Resultat der Mechanik von Körpern mit veränderlicher Masse. Bis dahin hatte es historisch keinen Anlaß gegeben, die Bewegung von Körpern mit veränderlicher Masse unter dem Einfluß von Kräften zu untersuchen. Die Rakete, deren Masse sich infolge des Verbrauchs an Treibstoff ständig verändert, machte die allgemeine Theorie der Bewegung für solche Objekte jedoch zu einem dringenden Erfordernis. Vor allem der Petersburger Gelehrte I. W. Mestscherski (1859–1935), ein Zeitgenosse Ziolkowskis, hatte auf diesem Gebiet wichtige Ergebnisse erzielt. Obwohl die Arbeit Ziolkowskis erst 1903 veröffentlicht wurde, verfügte er doch bereits im Mai 1897 über die Bewegungsgleichung, während Mestscherski etwa um dieselbe Zeit ähnliche Resultate in seiner Dissertation vorlegte. Dennoch können wir es als sicher ansehen, daß die Arbeiten der beiden Forscher unabhängig voneinander zustande kamen.

Eine nicht minder bedeutende Erkenntnis aus der klassischen Abhandlung Ziolkowskis von 1903 ist die Einsicht, daß nur die Rakete imstande ist, den Vorstoß des Menschen in das Weltall zu ermöglichen. Die dazu erforderlichen

Raketengeschwindigkeiten lassen sich aus den Gesetzen der Mechanik herleiten. Ihre praktische Realisierbarkeit kann mit Hilfe der Grundgleichung beurteilt werden.

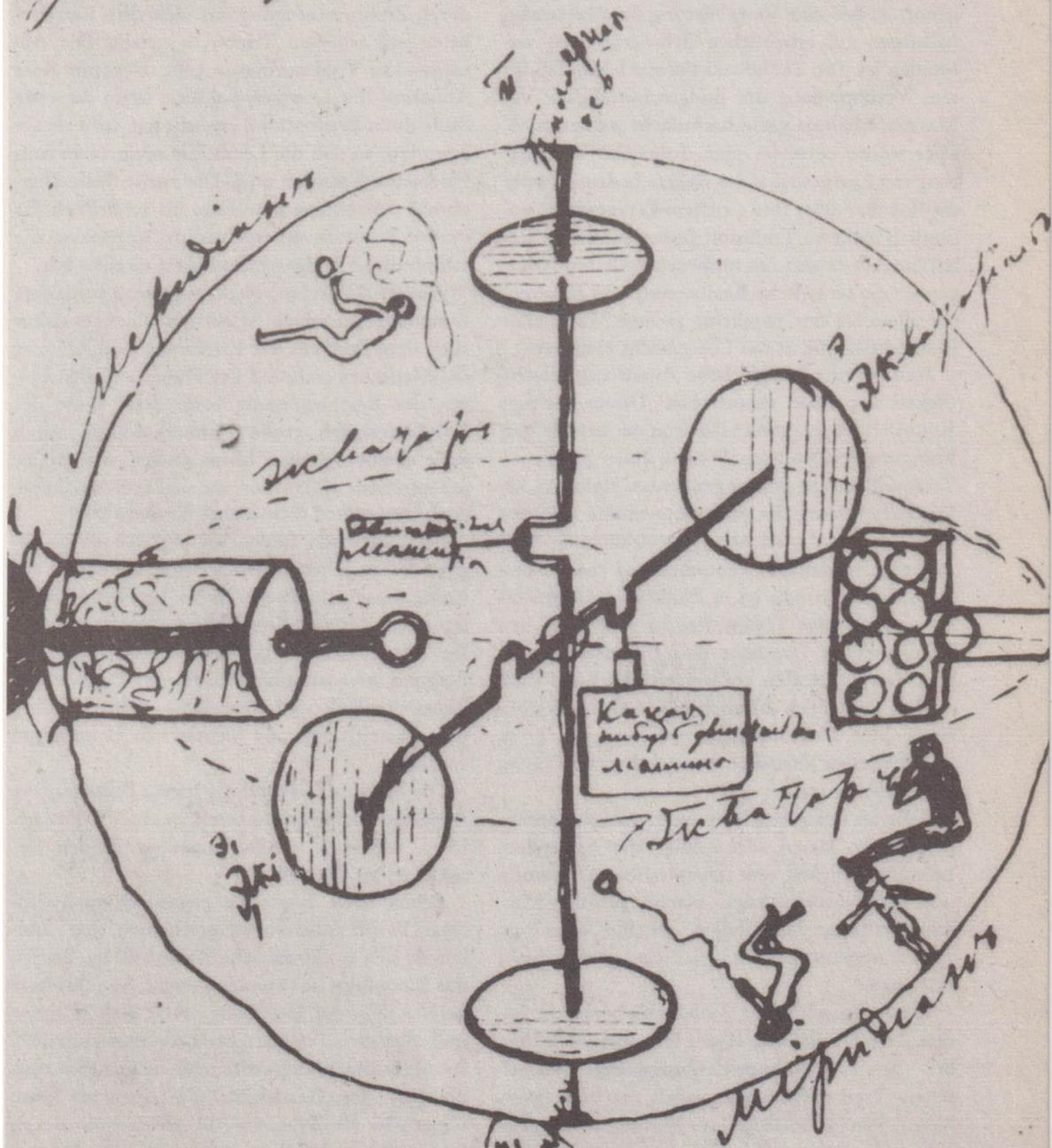
Ziolkowski sah bereits damals, daß es günstig wäre, flüssige Treibstoffe zu verwenden. Sein Entwurf einer Rakete sah deshalb zwei getrennte Behälter für die beiden Bestandteile des Treibstoffs, die Brennstoffkomponente und den Oxydator, vor. Außer diesen beiden Stoffen (bei Ziolkowski Wasserstoff und Sauerstoff) war an eine Art »Brennkammer« sowie – schon 1903! – an einen Nutzlastteil für den Aufenthalt des Menschen gedacht.

Auch Vorrichtungen für die Steuerung der Rakete kamen zur Sprache: Ziolkowski sah dafür Steuerruder aus Graphit oder – als Alternative – drehbare Triebwerksdüsen vor. Eine der Brennstoffkomponenten diente gleichzeitig als Kühlmittel für die Düse.

Die Formel von 1903 berücksichtigte noch nicht die Tatsache, daß sich die reale Bewegung einer auf der Erde gestarteten Rakete im Schwerfeld des Planeten und unter den Bedingungen der irdischen Atmosphäre abspielt. Sie gilt streng für die Bewegung einer rückstoßgetriebenen Sonde im interstellaren Raum oder beim Einsatz von Feststoffraketen mit kurzen Brennzeiten und großem Massendurchsatz, wo Schwerkraft und Luftwiderstand gegenüber der Rückstoßkraft vernachlässigt werden können. In einer 1911/12 erschienenen Arbeit wendete sich Ziolkowski daher folgerichtig der mathematischen Beschreibung der Raketenbewegung unter realen Bedingungen zu. Er entwickelte seine Formeln damit in solcher Allgemeinheit, daß sie prinzipiell auch auf Raketen im Schwerfeld anderer Himmelskörper anwendbar wurden. Für eine Rakete, die dem Schwerfeld der Erde entweichen soll, findet Ziolkowski die »Fluchtgeschwindigkeit« 11,17 km/s. Damit ergibt sich folgerichtig, welchen Anforderungen eine Rakete hinsichtlich Massenverhältnis und Ausströmgeschwindigkeit genügen muß, um das in der Wirklichkeit zu vollbringen, was in den Märchen, Erzählungen und Legenden seit Jahrhunderten geschildert worden war: den Aufstieg in den Weltraum.

*Ziolkowskis Raumstation (1883)*

Сеть мутит, и. е. весь непод-  
 вляющийся и по тем-  
 ну направляется.



Устройство... и свободное  
 и пространство.

Ziolkowski sieht diese Perspektive mit aller Schärfe; ihm ist klar, daß die zur Überwindung der Erdschwere erforderliche Geschwindigkeit der Rakete ebenso an die Qualität der Treibstoffe wie an die Wahl eines günstigen Massenverhältnisses gebunden ist. Schon die damaligen Überlegungen führten Ziolkowski zu der Erkenntnis, daß eine Vergrößerung des Massenverhältnisses mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden ist. Die Ziolkowski-Formel lehrt, daß für eine Verdoppelung der Endgeschwindigkeit das Massenverhältnis versechzehnfacht werden muß! Dies würde entweder eine drastische Verringerung des Leergewichts der Rakete bedeuten, oder die Rakete müßte (bei gleichem Leergewicht) wesentlich mehr an Treibstoff fassen können. Hierbei handelt es sich um anspruchsvolle Forderungen an die technische Realisierung von Raketen, vor allem an eine möglichst geringe Masse aller Bestandteile, die in das Leergewicht eingehen.

Andererseits ist eine hohe Ausströmgeschwindigkeit der Gase anzustreben. Dieser wichtige Kennwert hängt unmittelbar von der bei der Verbrennung freigesetzten Wärme einer gegebenen Treibstoffmenge, dem sogenannten Heizwert, ab. Die Erforschung der Heizwerte müßte also den Weg zur erfolgreichen Verwirklichung des Raumfahrtgedankens entscheidend mitbestimmen. Schon damals ist es Ziolkowski klargeworden, daß flüssige Treibstoffe, die jeweils aus den Komponenten Oxydator und Brennstoff bestehen, den Feststoffen bei weitem überlegen sind.

Und schließlich ist noch eine weitere wegweisende Idee Ziolkowskis zu erwähnen, die er in verschiedenen Varianten entwickelte: das Prinzip der Stufenrakete.

Arbeitet der Antrieb in einer einzigen Brennperiode, so lassen sich infolge der begrenzten Leistungsfähigkeit der chemischen Treibstoffe und der Schwierigkeiten, extrem günstige Massenverhältnisse herzustellen, die für Raumflugzwecke notwendigen Endgeschwindigkeiten nicht erreichen.

Rechenbeispiele, die Ziolkowski bereits in seinen Arbeiten lieferte, lassen erkennen, daß man bei den Ausströmgeschwindigkeiten »klassischer« Treibstoffe um 2500 m/s ein Massenverhältnis von 90 benötigt, um Endgeschwindigkeiten zu erzielen, die für das Verlassen des

Anziehungsbereiches der Erde erforderlich sind. Die Leermasse der Rakete müßte also in der Größenordnung von 1% der Startmasse liegen. Das ist praktisch bis zum heutigen Tage trotz aller Fortschritte von Wissenschaft und Technik nicht realisierbar. Deshalb schlug Ziolkowski das Stufenprinzip vor: Das Antriebssystem wird durch Zusammenfügung aus mehreren Einzelraketen mit eigenem Triebwerk geteilt. Die Abnahme der Treibstoffmasse geht dann mit einer Abnahme der Leermasse einher; wenn die erste Stufe ihren Brennschluß erreicht hat, wird sie abgeworfen, so daß die Leermasse nicht mehr mitbeschleunigt werden muß. Die zweite Stufe übernimmt den weiteren Antrieb, bis schließlich die in der Endstufe untergebrachte Nutzmasse die erforderliche Endgeschwindigkeit erreicht hat.

Ziolkowski dachte von Anbeginn an bemannte Raumfahrt. In seinen Arbeiten widmete er daher auch dem Problem der Ernährung und Atmung des Menschen während des Fluges und den Folgen der Beschleunigung beim Start sowie der Schwerelosigkeit große Aufmerksamkeit. Auch seine diesbezüglichen Ideen zeugen von großer schöpferischer Phantasie, sie sind teilweise heute noch Bestandteil technischer Konzeptionen.

Bei Ziolkowski finden wir also bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts weitreichende und auf streng wissenschaftlicher Basis beruhende Konzeptionen für die Entwicklung der Raumfahrt. Der geniale Denker gilt heute zu Recht als der Erste im internationalen Reigen der Pioniere der Raketentechnik und Raumfahrt, denen sie ihre wissenschaftlichen und technischen Grundlagen verdankt.

Die Phantasie hat ihn bei seinen Forschungen, Projekten und Experimenten in einer Weise geleitet, wie wohl selten jemanden in der Geschichte der Technik.

Schon lange bevor die ersten wissenschaftlichen Veröffentlichungen erschienen, hat Ziolkowski sich auf literarische Weise mit den Fragen der Raumfahrt auseinandergesetzt. So schrieb er bereits 1893 die Erzählung »Auf dem Monde« und 1895 die »Träume über Erde und Himmel«. In dieser Erzählung gebrauchte er übrigens erstmals in der Geschichte das russische Wort »Sputnik« als Synonym für einen künstlichen Erdsatelliten. Auf Entwürfen von 1896 fußend,

erschien später seine phantastische Geschichte »Außerhalb der Erde«, die heute als klassischer Science-fiction-Roman gilt. Er schildert darin eine internationale Kosmonautengruppe, die sich im Jahre 2017 mit einem Raumschiff in den Erdorbit, zum Mond und schließlich bis an die Grenzen des Sonnensystems begibt. Er berichtet so lebendig vom Leben im Raumschiff, daß man sich unwillkürlich an die Berichte von Kosmonauten oder Astronauten unserer Tage erinnert fühlt. Der Roman enthält auch Projekte, über die heute erst allmählich ernsthafte wissenschaftliche Debatten geführt werden, wenn die fernere Zukunft der Raumfahrt diskutiert wird.

Bereits die klassische wissenschaftliche Abhandlung von Ziolkowski aus dem Jahre 1911 endet mit einem Kapitel »Träume«. Darin spricht er von der Nutzung des radioaktiven Zerfalls für den Raketenantrieb – eine Vorahnung künftiger durch Atomenergie getriebener Raumflugkörper, mit denen er interstellare Distanzen zu überwinden hofft. An den Horizonten ferner Zukunft sieht er die Besiedlung des Weltalls und ein glückliches, friedliches Leben der Menschheit jenseits der Erde, die er als die »Wiege des Verstandes« bezeichnet, in der man aber nicht ewig leben könne.

Der unbestrittene Wert und die Großartigkeit der Ideen Ziolkowskis stehen bedauerlicherweise in krassem Gegensatz zu ihrer historischen Wirkung. Die frühen Arbeiten Ziolkowskis waren in Rußland und erst recht im Ausland so gut wie unbekannt. Anfangs nahmen sogar die an der Raketentechnik interessierten Wissenschaftler in Rußland keinerlei Notiz davon. In der im Jahre 1927 geschriebenen Autobiographie des damals 40jährigen Raketepioniers Friedrich Arturowitsch Zander (1887–1933), der ebenfalls grundlegende Arbeiten zur Raketentheorie schuf, kommt der Name Ziolkowski überhaupt nicht vor. In seiner wichtigen Arbeit »Probleme des Fluges mittels reaktiver Apparate« (1932) wird Ziolkowski nicht erwähnt.

Bei den meisten unbekannt, galten Ziolkowskis Ideen bei anderen als völlig unrealistisch, als Spinnereien eines Sonderlings. Ohne jegliche Unterstützung und Förderung arbeitete er völlig isoliert in den Jahren vor der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution.

Erst nach dem großen Umbruch der russischen Gesellschaft änderte sich dies. Von Anbeginn leitete Lenin eine großzügige Wissenschaftspolitik ein. Auch Ziolkowskis Arbeiten gelangten allmählich zur Anerkennung.

Im Jahre 1921 wurde ihm durch den Rat der Volkskommissare »in Anbetracht besonderer Verdienste als Gelehrter und Erfinder« eine erhöhte lebenslange Rente zuerkannt. Staatliche Stellen sorgten für die Verbesserung seiner Lebensbedingungen. Diese Situation beflügelte den damals immerhin schon 64jährigen Forscher zu neuer Produktivität. Allein von 1925 bis 1932 erschienen sechzig wissenschaftliche Arbeiten aus seiner Feder, die sich außer mit Problemen der Raumfahrt auch mit astronomischen und philosophischen Fragen beschäftigte. Auch die alten »klassischen« Arbeiten von 1903/11 wurden nunmehr erneut veröffentlicht und gegen Ende der 20er Jahre auch international bekannt.

In einem der letzten Dokumente von seiner Hand, einem Brief an J. W. Stalin, bekundete der greise Gelehrte, daß es erst der Rote Oktober gewesen sei, der seinem Traum zum Durchbruch verhalf, mit seinen Arbeiten »die Menschheit wenigstens etwas voranzubringen«.

Allerdings vermochte diese Tatsache nichts mehr daran zu ändern, daß inzwischen, unabhängig von Ziolkowski, andere Forscher, denen die Arbeiten des genialen Russen unbekannt geblieben waren, ebenfalls grundlegende Ideen zur Raketendynamik, Raketentechnik und Raumfahrt ausgearbeitet und publiziert hatten. So stehen wir vor der kurios anmutenden Tatsache, daß Ziolkowski heute nach international einhelliger Meinung der erste Pionier der Raketentechnik und Raumfahrt gewesen ist, ohne daß ein direkter Weg von seinen Arbeiten zur praktischen Realisierung von Raumfahrt geführt hätte. Die potentielle Weltbedeutung Ziolkowskis war den reaktionären gesellschaftlichen Verhältnissen im zaristischen Rußland zum Opfer gefallen. Ein Riese in der Weltgeschichte der Ideen mußte mit ansehen, wie andere nach ihm den Beifall ernteten, der ihm jahrelang versagt geblieben war. Er hatte jedoch noch die Genugtuung, Zentren der Raketenforschung in der Sowjetunion entstehen zu sehen, in denen fähige und leistungsstarke Enthusiasten und Wissenschaftler konstruktive Ar-

beit leisteten, deren Bahnen er vorgezeichnet hatte. Am 25. November 1933 startete die erste sowjetische Flüssigkeitsrakete mit einem Startgewicht von 29,5 kg, einer Treibstoffmasse von 8,3 kg und einer Länge von 2,2 m. Obwohl sich der Flugkörper GIRD-X nur etwa 80 m senkrecht über den Erdboden erhob, handelte es sich hierbei doch um das erste praktische Ergebnis auf einem Weg der wissenschaftlich-technischen Entwicklung, den Ziolkowski gebahnt hatte.

## Ein Professor aus Siebenbürgen

Die zentrale Figur der westeuropäischen Raumfahrtspioniere ist Hermann Oberth (geb. 1894) aus Hermanstadt (heute Sibiu, SR Rumänien).

Schon als Kind soll er mit Erstaunen die Worte seines Großvaters, des damals bereits verstorbenen Dichters Friedrich Krasser, verschlungen haben: »In hundert Jahren fliegen die Menschen zum Mond ...«

Als Sechsjähriger legte sich der Knabe ein »Erfindungsbüchlein« an, in das er seine kindlich-naiven Ideen vom Wasserkraftwerk für die Niagarafälle bis zur energiesammelnden »Blitzfabrik« eintrug.

Den Elfjährigen schlugen die beiden Mondromane von Jules Verne derartig in ihren Bann, daß er sich noch über sechs Jahrzehnte später in einem autobiographischen Manuskript daran mit den Worten erinnert: »Ich war von der Idee der Weltraumfahrt begeistert, um so mehr, als es mir gelang, festzustellen, daß die Fluchtgeschwindigkeit stimmte.« Oberth machte sich nun mit den ihm damals zu Gebote stehenden bescheidenen mathematischen und physikalischen Kenntnissen daran, die sonstigen Daten in den Erzählungen Jules Vernes nachzurechnen; vor allem widmete er sich der Frage des Andrucks beim Start. Schon damals wurde er nach seinem eigenen Bericht mehr und mehr »zum Raketenantrieb gedrängt«. Einfache Experimente verschaffen ihm Klarheit über elementare Gesetzmäßigkeiten und Forderungen an die Rakete. Im Schwimmbassin unternahm er »raummedizinische« Versuche und entwarf dafür auch das Projekt einer Zentrifuge, die in ihren Abmessungen, 35 m Armlänge, etwa den heutigen Testzentrifugen entsprach.

Intensiv beschäftigte sich Oberth danach mit allgemeinverständlicher wissenschaftlicher Literatur und erwarb sich zahlreiche Kenntnisse als Autodidakt. Die »Reise zum Planeten Mars« von Hans Dominik lenkte seine Aufmerksamkeit erneut auf die Rakete. Die humanistisch orientierte Bildungsanstalt, die er im damaligen Schäßburg besuchte, behagte ihm nicht. Die intensive Ausrichtung seiner Interessen auf naturwissenschaftliche Probleme führte dazu, daß er insgesamt ein mittelmäßiger Schüler blieb – zum Verdruss seiner Eltern.

Noch vor dem Abitur hatte er die geeigneten Treibstoffe für seine Flüssigkeitsrakete gefunden: Alkohol oder Wasserstoff und flüssige Luft.

Möglicherweise war es der Wunsch des Vaters, dem Chirurgen Dr. Julius Oberth, der ihn 1913 schon dazu bewog, in München Medizin zu studieren. Natürlich belegte er bald wesentlich mehr die naturwissenschaftlichen Vorlesungen.

Der erste Weltkrieg unterbrach jedoch Oberths Ausbildung, denn er mußte für drei Jahre als Sanitätsfeldwebel in Siebenbürgen dienen. Doch auch während dieser Zeit blieb er seinen Raketen treu. Auf dem Papier entstand eine 25 m hohe »Fernrakete« mit einer Nutzlast von 10 t. Zur Stabilisierung während des Fluges war eine Kreiselanlage vorgesehen. Der Alkohol als Treibstoffkomponente diente gleichzeitig als Kühlmittel für die Brennkammern. Die damit verbundene Vorwärmung des Alkohols verbesserte außerdem den thermischen Wirkungsgrad. Die Ähnlichkeiten mit den Ideen Ziolkowskis, von denen Oberth natürlich nicht das Geringste ahnte, sind unübersehbar. Auch die Grundgleichung der Raketentechnik – von Ziolkowski längst erkannt – leitet Oberth erneut ab, ohne zu wissen, daß er nicht der erste ist, dem diese wichtige Einsicht gelangt.

Die wissenschaftlich-technischen Erkenntnisse Oberths waren um 1920 im großen und ganzen denen Ziolkowskis äußerst ähnlich. Auch das Prinzip der Stufenrakete hatte er inzwischen formuliert. Nach kurzen Stationen in Budapest – das Medizinstudium sollte fortgeführt werden –, München und Göttingen faßte er seine Entwürfe einer Mondrakete mit konstruktionstechnischen Zeichnungen und numerischen Berechnungen des gesamten Flugverlaufes vom Start bis zur

1) Beim heütigen Stande der Wissenschaft und der Technik ist der Bau von Maschinen möglich, die höher steigen können, als die Erdatmosphäre reicht.

2) Bei weiterer Vervollkommnung vermögen diese Maschinen derartige Geschwindigkeiten zu erreichen, daß sie - im Ätherräume sich selbst überlassen - nicht auf die Erdoberfläche zurückfallen müssen und sogar imstande sind, den Antriebsbereich der Erde zu verlassen.

3) Duartige Maschinen können so gebaut werden, daß Menschen (wahrscheinlich ohne gesundheitlichen Nachteil) mit emporfahren können.

4) Unter gewissen wirtschaftlichen Bedingungen kann sich der Bau solcher Maschinen lohnen. Solche Bedingungen können in einigen Jahrzehnten eintreten.

Heidelberg im Januar 1922.

H. Oberth.

Einleitung zu Oberths Buch »Die Rakete zu den Planetenräumen« in der Handschrift des Verfassers

endlichen Fallschirm- und in einem geschlossenen Manuskript zusammen und reichte es an der Heidelberger Universität als Dissertationsarbeit ein. Die Antwort der Universität war ablehnend: »Für die Astronomen war sie zu technisch,

für die Maschinenbauer zu phantastisch und für die Mediziner jenseits jeder Realität.«

Enttäuscht fuhr Oberth in seine Heimat zurück. Im Mai 1923 verteidigte er sein Werk an der Physik-Fakultät als Diplomarbeit. Der Vor-

sitzende der Prüfungskommission verkündete: Glänzend bestanden. Oberth war Professor!

Ob die Schäßburger Gelehrten die Gedanken ihres Prüflings allerdings realistisch fanden, bleibe dahingestellt. Jedenfalls faßte Oberth jetzt wieder Mut. Er schrieb ein Buch mit dem Titel: »Die Rakete zu den Planetenräumen«. Vier Verlage lehnten es mit dem Hinweis auf den guten wissenschaftlichen Ruf ihrer Häuser ab. Durch Vermittlung gelang es endlich, den Verlag Oldenbourg in München für das Projekt zu gewinnen – jedoch nur unter der Voraussetzung, daß Oberth selbst die Druckkosten übernehmen würde. So erschien im Jahre 1923 eines der Standardwerke der modernen Raketentechnik, Raketendynamik und Raumfahrt. Als der Autor es abschloß, war er 28 Jahre alt.

Das Buch erregte allenthalben großes Aufsehen und gelangte auch in die Sowjetunion. Unübersehbar war die starke Ähnlichkeit mit Ziolkowskis viel früher gewonnenen Ergebnissen, die in Westeuropa völlig unbekannt geblieben waren.

Rasch entschloß man sich, die Pionierarbeiten von 1903/11 neu herauszubringen, und sicherlich ist es kein Zufall, daß diese Ausgabe mit einem deutschsprachigen Vorwort erschien, das schlaglichtartig die Situation der Ziolkowski-Rezeption bis 1923 erhellt. Das deutschsprachige Vorwort der russischen Neuausgabe »Die Rakete in den kosmischen Raum« hat folgenden Wortlaut:

»Erst nachdem in Deutschland das Buch Hermann Oberths, München, »Über die Rakete zu den Planetenräumen« großes Aufsehen erregt hatte und eine Notiz über dasselbe infällig (!) in die offizielle russische Presse gedrungen war, erinnerten wir Russen uns daran, daß vor ungefähr 30 Jahren ein Theoretiker der Luftschiffahrt, Herr K. E. Ziolkowski, Kaluga, mit einer ins einzelne gehenden und mathematisch begründeten Arbeit über einen reaktiven Apparat – einen Apparat für Reisen zwischen den Planeten – vor die Öffentlichkeit getreten war. Eine erste Notiz des Herrn K. E. Ziolkowski über seine Erfindung erschien im Jahr 1896 in der Zeitschrift »Natur und Menschen« (»Priroda i Liudi«). Im Jahr 1903 in Nr. 5 der »Wissenschaftlichen Rundschau« (»Naucznoje Obozrenie«) veröffentlichte er einen ausführlichen Artikel, welcher jetzt auf unseren

Antrag vollständig und in etwas abgeänderter Überschrift von neuem gedruckt wird. In den Jahren 1911–1913 veröffentlichte K. E. Ziolkowski in der Zeitschrift »Mitteilungen der Luftschiffahrt« (»Wiestnik Wozychoplwanija«) seine Erfindung vollständig. Diese außerordentlich interessante Arbeit müßte auch von neuem gedruckt werden ... All diese Arbeiten blieben fast unbeachtet, und die Erfindung K. E. Ziolkowskis fand keine allgemeine Anerkennung. Die vorstehenden Auskünfte haben nicht den Zweck, die Priorität K. E. Ziolkowskis festzustellen, denn diese Priorität steht außer jedem Zweifel, sondern die Gleichgültigkeit aufzudecken, ich möchte sogar sagen, die fast verbrecherische Indifferenz unserer Landsleute gegen Männer intellektueller Arbeit und gegen die Vertreter des exakten Wissens, wie man eine solche durch die ganze Zeit der Entwicklung des russischen wissenschaftlichen Gedankens bemerkt. Sind wir denn für immer angewiesen, von Ausländern das zu übernehmen, was seinerzeit in den Tiefen unserer unermeßlichen Heimat geboren wurde, lebte und in der Einsamkeit verkam.

14.XI.1923 Unterschrift, Alexander Tschijewsky«

Die völlige Unabhängigkeit der Arbeit Oberths bestätigte dieser auf Anfrage in einem Brief vom 9. 6. 1979 an den Verfasser des vorliegenden Buches, worin es heißt:

»Als ich mein Buch »Die Rakete zu den Planetenräumen« schrieb, war mir Ziolkowskis Name nicht bekannt. Ich erhielt sein Buch »Eine Rakete zum kosmischen Raum« erst 1924 über einen meiner Schüler namens Arzamaroff ...

Neues habe ich aus dem Buch, soviel ich mich erinnern kann, nicht erfahren, wenn es mir zweifellos auch eine gewisse Genugtuung bereitete, daß auch andere zu ähnlichen Ideen gekommen waren ...«

Diese Genugtuung findet ihren Niederschlag auch in mehreren Briefen, die Oberth später an den russischen Altvater der Kosmonautik richtete. In einem dieser Schreiben zum 71. Geburtstag Ziolkowskis schreibt Oberth: »Sie haben das Feuer entzündet, und wir wollen es nicht ausgehen lassen, sondern wir wollen den größten Traum der Menschheit erfüllen.« Zugleich orbit-

*Ziolkowskis erste deutschsprachige Ausgabe 1924*

Z

2425 194

Bibliothek  
Trapez-Sternwarten  
24499

K. E. ZIOLKOWSKY.

**Eine Rakete in den Kosmischen Raum.**

II-e Ausgabe.

Mit einer einleitenden Bemerkung von A. L. TSCHJEWSKY.

---

К. Э. ЦИОЛКОВСКИЙ.

**РАКЕТА  
В КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО.**

Второе издание.

Вступительная заметка  
на немецком языке  
А. Л. ЧИЖЕВСКОГО.

1903-  
BIBLIOTHEK  
PETER-TRAPPE  
1924.



*Hermann Oberth 1982 vor dem Ziolkowski-Haus in Kaluga (UdSSR)*

tet er neuere Arbeiten Ziolkowskis. In einem anderen Brief aus dem Jahre 1929, den Oberth sogar in russischer Sprache schrieb, heißt es unter anderem: »Ich bin selbstverständlich der Letzte, der Ihre Priorität und Ihre Verdienste auf dem Gebiet der Raketentechnik bestreiten würde, und ich bedaure nur, daß ich nicht vor 1925 von Ihnen hörte. Hätte ich Ihre hervorragenden Arbeiten früher gekannt, wäre ich jetzt mit meinen eigenen Arbeiten weiter fortgeschritten und hätte mir viel unnötige Arbeit gespart.«

## Ausbreitung einer Idee

Das Oberth'sche Buch wirkte wie eine Initialzündung. Oberth kam rasch in Briefwechsel mit zahlreichen Interessenten aus verschiedenen Ländern.

In Österreich hatte sich Max Valier (1895–1930) mit dem Raketengedanken beschäftigt. Nachdem er Oberth's Buch gelesen hatte, versuchte er, die Idee breitesten Kreisen bekannt zu machen. Er trat in brieflichen und später auch in persönlichen Kontakt mit Oberth und schrieb mit Oberth's Einverständnis und Unterstützung sein Buch »Der Vorstoß in den Weltraum, eine technische Möglichkeit« (1927). Valier trug durch dieses Buch und andere Schriften zur Popularisierung des Raumfahrtgedankens bei – ein dringend notwendiges Unterfangen bei der allgemeinen Ablehnung dieser bahnbrechenden Ideen.

Diese Widerstände allerdings spornten wohl auch die Kräfte der Enthusiasten an, die jetzt gleichsam Schlag auf Schlag mit ihren Argumenten hervortraten.

Ein erst 19jähriger Berliner Journalist, Willi Ley, schrieb: »Die Fahrt in den Weltraum« (1926); und im gleichen Jahr, als die Zweitauflage von Oberths Buch erschien, kam von Walter Hohmann (1880–1945) ein ebenfalls zur Klassik zählendes wissenschaftliches Buch heraus. Es hieß »Die Erreichbarkeit der Himmelskörper« und beschäftigte sich weniger mit der technischen Seite dieses Problems als vielmehr mit der Bahnmechanik bei Flügen von Planet zu Planet. Ebenso wie schon Oberths Erstling und das Buch von Valier erschien auch dieses Werk beim Oldenbourg-Verlag.

Hohmann war beruflich als Ingenieur tätig und beschäftigte sich vorrangig mit Problemen der Statik und Materialprüfung. In der »Erreichbarkeit der Himmelskörper« verfolgte er das Ziel, die Möglichkeiten interplanetarer Flüge aufgrund strenger mathematisch-physikalischer Überlegungen in Abhängigkeit vom Antriebsbedarf zu berechnen. Damit stellt Hohmanns Untersuchung ein Novum in der bis dahin erschienenen Raumfahrt-Literatur dar. Es war die erste, wenn auch auf Vereinfachungen beruhende streng wissenschaftliche Analyse dessen, was Ziolkowski und Oberth nur behauptet hatten, nämlich, daß man mittels Raketen fremde Planeten erreichen könne. Nachdem Oberth und Valier, die sein Manuskript vor der Drucklegung als Gutachter durchsahen, ihn auf realistische Ausströmgeschwindigkeiten aufmerksam gemacht hatten, ergänzte er seine Berechnungen entsprechend. Hohmanns Buch enthält eine Reihe grundlegender Erkenntnisse der Raumfahrtbahnmechanik, die ihre Bedeutung für die praktische Raumfahrt bis heute nicht eingebüßt haben. Besondere Erwähnung verdient die Entdeckung der »Berührungsellipsen«, die heute allgemein als Hohmann-Bahnen bezeichnet werden. Dabei handelt es sich um eine optimale Variante des Übergangs von einer Kreisbahn zu einer anderen. Die Bahnform stellt eine Ellipse dar, die sowohl die Ausgangs- wie auch die Endbahn berührt. Der Antriebsbedarf liegt dabei von allen denkbaren elliptischen Übergangsbahnen am

niedrigsten. Mit anderen Worten: Man benötigt für den interplanetaren Verkehr auf der zweifach tangierenden Übergangsbahn bei gegebener Nutzmasse den wenigsten Treibstoff. Auch andere grundlegende Ideen, wie z. B. das Parkbahn-Prinzip, verdanken wir Hohmann. Wenn auch »seine« Bahnen im interplanetaren Verkehr von Raumsonden aus verschiedenen Gründen nicht in reiner Form vorkommen, so spielen sie doch bis heute eine Rolle in der Raumfahrtpraxis.

Bedeutender als diese Tatsache war jedoch zum Zeitpunkt des Erscheinens von Hohmanns Buch der damit vorgelegte Beweis, daß es prinzipiell möglich ist, Raumfahrtunternehmen zu fremden Himmelskörpern durchzuführen.

Im westeuropäischen Raum machten um dieselbe Zeit zahlreiche Raumfahrtenthusiasten auf sich und ihre Ideen aufmerksam. Dies geschah auf unterschiedlichste Weise: Da waren zum einen die Wissenschaftler und Techniker, die nach Erprobung ihrer Ideen drängten. Zum an-

*Titel des klassischen Buches von Hohmann*



deren ergriffen die Phantasten das Wort in der Sprache des Romans oder der Erzählung. Und es fehlte auch nicht an populären Veröffentlichungen, die für eine Idee zu werben versuchten, von der viele Experten meinten, sie sei nichts weiter als das geistige Trainingsfeld von Spinnern.

Zu den Wissenschaftlern, die an den Grundlagen einer künftigen Raketenpraxis arbeiteten, gehörte in England Philip E. Cleator. Er gründete 1933 die »British Interplanetary Society« (Britische Interplanetarische Gesellschaft), die zwar in ihrem Wirken auf Theoretisches beschränkt blieb (in England waren Versuche mit Raketen seit 1875 verboten), aber doch erhebliche Wirkungen erzielte. In Frankreich hatte Robert Esnault-Pelterie bereits seit 1912 Vorträge über die Möglichkeit von Raumfahrt gehalten. Seine Analyse über interplanetare Reisen unter dem Titel »L'Exploration par fusées de la très haute atmosphère et la possibilité des voyages interplanétaires« erschien 1927 in Paris. Später erschien dieses Buch unter dem Titel »L'Astronautique«.

Zum Teil weniger beachtet, entstanden auch in anderen Ländern verwandte Studien; gerade die Gleichzeitigkeit, die für das Aufkeimen der technischen Ideen zur Raketentechnik geradezu typisch ist, läßt deutlich werden, daß es sich hierbei um einen offenkundig gesetzmäßigen Vorgang handelt, der die technische und gesellschaftliche Reife des Problems signalisiert. Obschon neben Deutschland auch Österreich, Italien, die Tschechoslowakei und andere Länder außerhalb Europas, wie Japan und die USA, zu den Keimzellen der modernen Raketentechnik zählen – jedes dieser Länder kann auf nationale Quellen verweisen – fielen die Keime doch nur in wenigen Staaten auf fruchtbaren Boden. Als zentrale Gestalt der westeuropäischen Szenerie erwies sich nach wie vor Hermann Oberth.

Natürlich wurde er von »Fachexperten« nach wie vor angegriffen und »widerlegt«. In einer ganzen Serie von Aufsätzen wollte ihm z. B. ein Ingenieur Lorenz nachweisen, daß es eine von Oberth gedachte »Raketenfahrt« prinzipiell nicht geben könne, und Lorenz war nicht der einzige, der es besser wußte als Oberth.

## Die UFA-Filmrakete

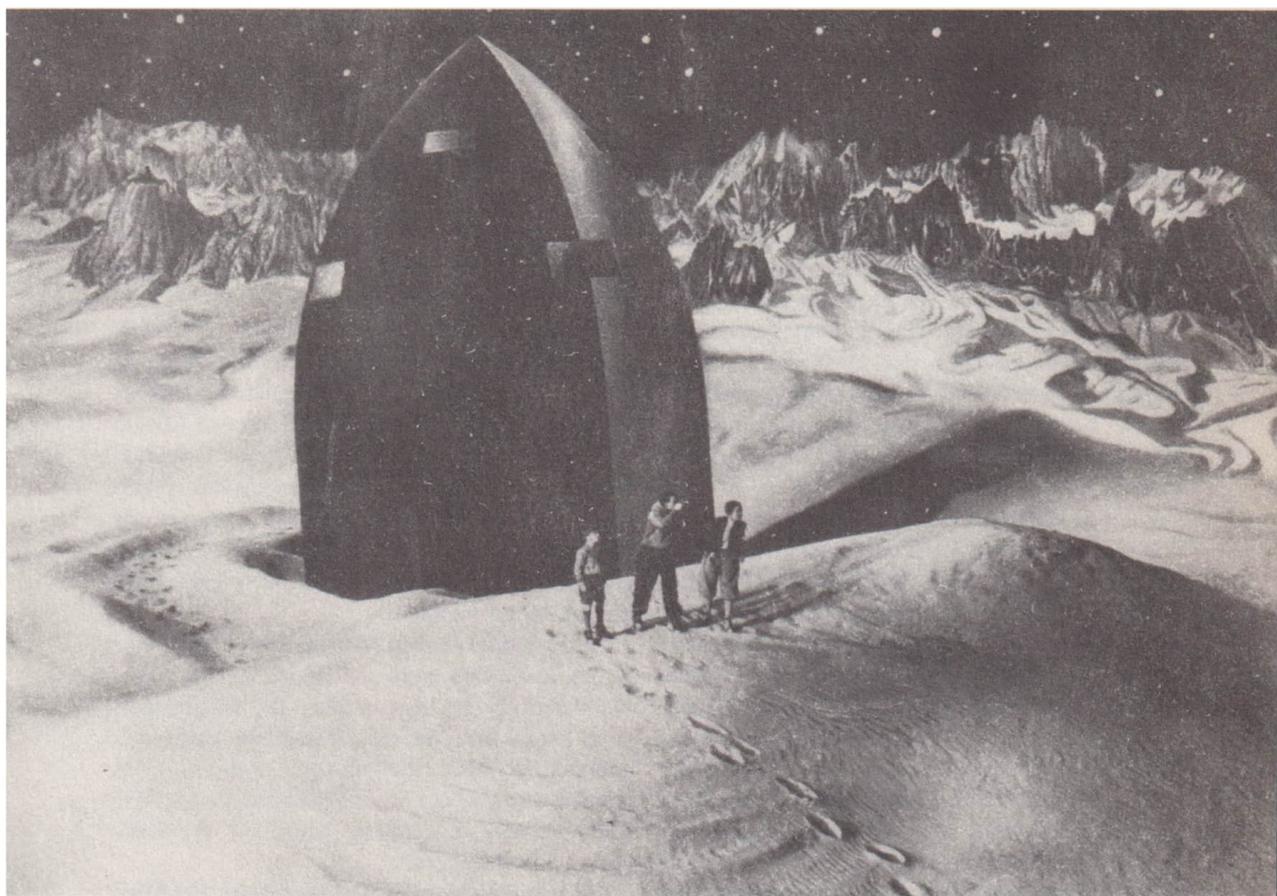
Oberth hatte gerade die Arbeiten für die dritte Auflage seines Buches abgeschlossen, das er in wesentlich erweiterter Form unter dem Titel »Wege zur Raumschiffahrt« (1929) herausbrachte, als ihm ein Brief des damals schon bekannten Filmregisseurs Fritz Lang (1890–1976) aus Berlin auf den Tisch flatterte. Das allenthalben besprochene Raketenthema ließ auch die Künstler nicht ruhen. Fritz Lang wollte nach einem Drehbuch seiner Frau, Thea von Harbou, deren Roman »Frau im Mond« auf die Leinwand bringen. Oberths Buch »Die Rakete zu den Planetenräumen« hatte den Anstoß zu diesem Projekt gegeben. Nun sollte Oberth als wissenschaftlicher Berater für diesen Film nach Berlin kommen.

»Ein uralter Traum der Menschheit: Die Sehnsucht nach dem Monde, dem leuchtenden Begleiter der Erde, ... dessen kalter fahler Glanz eine magische Wirkung ausübt«, heißt es im »Illustrierten Film-Kurier« in einer Skizze zum Inhalt des Films. »Auch der alte, verarmte und menschenscheue Astronom Professor Manfeldt ist der Magie des Mondes erlegen. Streng wissenschaftlich hat er nachgewiesen, daß mit den Mitteln der modernen Technik der Mond erreichbar sei und daß Gold auf ihm vorhanden sein müsse.« Im Verlaufe der Story gelangt Manfeldt tatsächlich als erster Mensch auf den Mond und findet Gold – mit der Wünschelrute. Dramatische Szenen spielen sich ab um Liebe, Tod und Reichtum.

Was konnte Oberth reizen, seine Forschungen zu unterbrechen und seine Zeit für eine solche Filmberatung zu verwenden? Was gab es dabei überhaupt zu beraten?

Seit längerem war Oberth bemüht gewesen, etwas für die Verwirklichung seiner Ideen zu tun. Doch dazu waren vor allem finanzielle Mittel erforderlich, die ihm, dem Oberschullehrer, natürlich fehlten.

Die Zusammenarbeit mit einem Würzburger Bankier hatte sich leider zerschlagen, weil dieser von einem Experten der Berliner Technischen Hochschule ein negatives Urteil über Oberths Hypothesen erhalten hatte. Auch die Pläne Max Valiers, für Oberths Rakete einen Finanzier zu



Szene aus Fritz Langs Film »Die Frau im Mond« (1929)

finden, waren bislang ohne Ergebnis geblieben, trotz zahlreicher geschickt geschriebener Illustriertenaufsätze des Österreichers. Vielleicht war ein Film in dieser Hinsicht doch weitaus wirkungsvoller?

Vielleicht könnte die publikumswirksame Propagierung der Mondfahrtidee in bewegten Bildern neue Freunde werben, womöglich auch solche, die Geld besaßen? War vielleicht die UFA ein geeigneter Mentor, indem man zwar eine Rakete für den Film zu bauen hatte, aber dabei letztlich auch etwas für eine wirkliche Rakete mit abfiel?

Daß die Zeit für praktische Experimente gekommen war, daran gab es keinen Zweifel. Der gesamte Briefwechsel, den Oberth von Mediasch aus, wo er jetzt wirkte, mit den ausländischen Raketenpionieren führte, bewegte sich um diese

Frage. Vor allem Valier, aber auch Hoefft und andere pflegten eine rege Korrespondenz mit Oberth und schlugen sich redlich mit zahlreichen Gegnern der Raumfahrtidee herum.

Oberth fuhr nach Berlin. Zunächst mit der »Filmrakete« beschäftigt, entstand bald auch der Vorschlag, eine »Reklamerakete« anlässlich der Filmpremiere aufsteigen zu lassen. Fritz Lang und die UFA teilten sich die Kosten von insgesamt 10000 Mark. Oberth berichtete damals Ziolkowski von seinem Plan, eine Höhenflüssigkeitsrakete 50 km hoch in die Atmosphäre zu schicken. Daraus wurde zwar nichts – es fehlte letztlich an Zeit, Geld und geeigneten Mitarbeitern; immerhin machte Oberth aber erste praktische Erfahrungen mit Raketenbrennkammern, flüssigen Treibstoffen und Düsen. Er entdeckte das Phänomen der »Selbsterreißung brennender

Tröpfchen« – eine für die Praxis der Brennkammerdimensionierung wichtige Erscheinung, die zu einer sehr raschen Verbrennung führt.

Oberth schuf seine Kegeldüse, eine Variante der für die Raketenpraxis wichtigen Entspannungsdüse, in der die Energie der aus der Brennkammer strömenden Gase durch Entspannung zur Bewegungsenergie des Antriebsstrahles wird. Mit welchem Wirkungsgrad dies gelingt, hängt unter anderem wesentlich von der Formgestaltung der Düse ab. Das alles wußten damals nur wenige Menschen auf der Welt. Fritz Langs Mondfilm hatte einen kleinen Beitrag zur konkreten Entwicklung unserer Kenntnisse geleistet – indirekt und über den Umweg von Reklame.

Alles in allem war Oberth jedoch enttäuscht. Schon während der Versuche wurde mit unseriösen Mitteln gearbeitet. Ein Foto, das Oberths Experiment über die Flugeigenschaften einer Modellrakete aus Holz zeigt, die von einem Fabrikschornstein zum Erdboden fällt, gelangte in die Zeitungen – auf dem Kopf stehend. In der Unterschrift war von einem Probestart die Rede. Zu einem tatsächlichen Start der UFA-Rakete kam es natürlich nicht, und Oberths eigentliche Projekte waren für seine Geldgeber uninteressant, nachdem der Stummfilm erfolgreiche Premiere gehabt hatte. Mit einem Schuldkonto von mehreren zehntausend Mark kehrte Oberth verbittert nach Mediasch zurück – die UFA hatte 8 Millionen Mark Gewinn verbucht.

Als er für seine »Wege zur Raumschiffahrt« den französischen REP-Hirsch-Preis erhielt und damit auch eine ansehnliche Geldsumme, sollen seine ersten Worte gewesen sein: »Endlich kann ich mir nun flüssige Luft kaufen.«

## Gedankenblitze auf dem Mond

So wie sich neben dem russischen Zentrum mit Ziolkowski als zentraler Figur ein europäischer Mittelpunkt des Raketen- und Raumfahrtenthusiasmus gebildet hatte, keimte der Raumfahrtgedanke auch in den USA. Dieses Ereignis vollzog sich wiederum vollständig unabhängig von den anderen Entwicklungen und erlebte ein weitgehend ähnliches Schicksal.

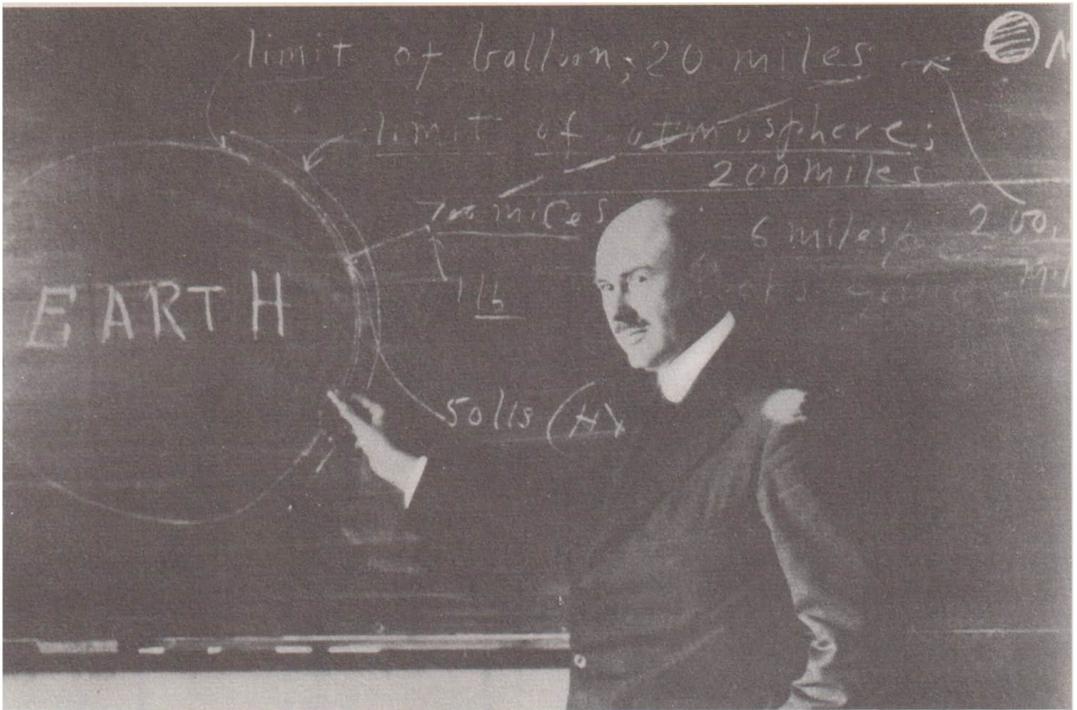
Auch in Amerika war es zunächst ein einzelner, der die gewachsenen technischen Möglichkeiten mit der Idee einer möglichen Raumfahrt in Verbindung brachte. Dieser Mann war Robert Hutchings Goddard (1882–1945). Der technisch interessierte Jüngling aus Massachusetts begeisterte sich an utopischen Novellen, die er als Fortsetzungsabdruck in der »Boston Post« las, auch an Wells' »Krieg der Welten« und Jules Vernes Mondromanen.

Am 19. Oktober 1899 hatte er eine Idee, die er für so wesentlich hielt, daß er sie in sein Tagebuch eintrug: Er begann über die Möglichkeit eines Fluges zum Mars nachzudenken. Fortan begleiteten ihn diese Überlegungen unablässig. Mit Akribie und großem Einfallsreichtum konzipierte und sammelte er vielfältige Ideen zur Verwirklichung von Raumfahrt.

Im Jahre 1910 entwirft er eine Theorie der Flüssigkeitsrakete mit Wasserstoff und Sauerstoff als Antriebskomponenten.

Während seiner Tätigkeit als Lehrer für Experimentalphysik an der Universität Princeton beginnt er 1912 mit der Untersuchung des Wirkungsgrades von Pulverraketen. Das niederschmetternde Resultat – nur 3 % der Pulverenergie wurden ausgenutzt – veranlaßt ihn zu weiteren Experimenten, wobei er sich der Laboratorien seiner Universität bedienen kann. Rasch erkennt Goddard, wie ausschlaggebend die Gestaltung der Düse für die Ausströmgeschwindigkeit der Verbrennungsgase ist, und er erreicht Werte um 2500 m/s mit speziellen Pulvertreibstoffen.

Seine vorläufigen Ergebnisse faßt er 1919 in der Arbeit »A method of reaching extreme altitudes« (Eine Methode zur Erreichung extremer Höhen) zusammen. Verbunden mit der Bitte um finanzielle Unterstützung, schickt Goddard das Manu-



Robert H. Goddard

skript an die Smithsonian Institution, eine bekannte nationale Wissenschaftsorganisation der USA. Diese bewilligt einstweilen 5000 Dollar und veröffentlicht die Studie Goddards. Die 69 Druckseiten umfassende Schrift ist in manchem der 1903 veröffentlichten Arbeiten von Ziolkowski, aber auch dem Buch von Oberth vergleichbar. Ähnliche Erkenntnisse bezüglich der Funktion und Leistung von Raketen weisen die drei klassischen Arbeiten, die innerhalb eines Zeitraumes von zwanzig Jahren erschienen, als enge Verwandte aus.

Das Motiv der Raumfahrt erscheint allerdings bei Goddard nicht; möglicherweise wollte der Autor sich nicht unseriöser Tendenzen bezichtigen lassen. Bei ihm heißt es: »Eine Suche nach Methoden, Registrierraketen über die Gipfelhöhe von Meßballonen (etwa 35 Kilometer) hinauszubringen, hat den Autor veranlaßt, eine allgemeine Theorie der Raketenwirkung zu entwickeln, die Luftwiderstand und Gravitation berücksichtigt.«

Eine spätere kleine »Weltraumpassage« in den Arbeiten von Goddard zeitigte dann auch große

Wirkungen. Im Zusammenhang mit der Erörterung der Fluchtgeschwindigkeit schildert Goddard eine Möglichkeit zur Überprüfung der tatsächlichen »Flucht« eines irdischen Flugkörpers aus dem Anziehungsbereich der Erde. Er schlägt vor, eine Blitzlichtzündung auf der unbeleuchteten Seite des Neumondes vorzunehmen als sicheres Zeichen dafür, daß der Flugkörper den Mond erreicht habe. Dieser Vorschlag war offenbar ganz nach dem Geschmack amerikanischer Journalisten. Die streng wissenschaftliche Abhandlung Goddards geriet dadurch in die Schlagzeilen der Presse. Von einer neu erfundenen Mondrakete war die Rede, und Goddard wurde als »Mond-Mann« titulierte.

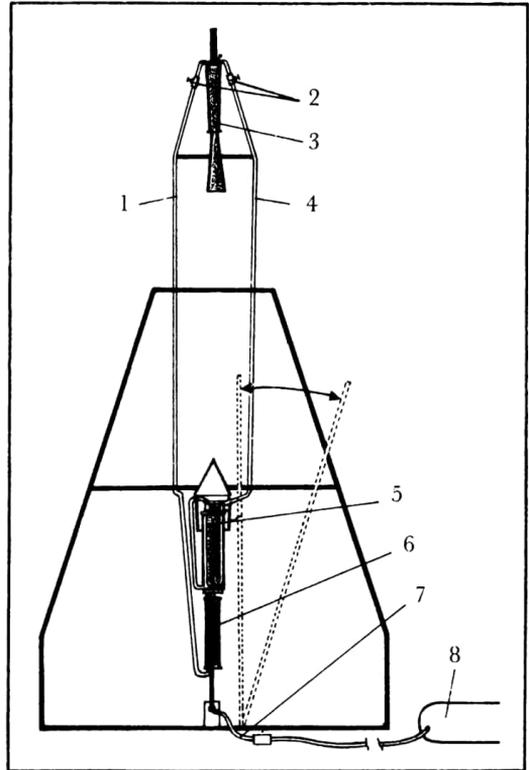
Diese Erfahrung machte den ohnehin öffentlichkeitsscheuen Forscher noch zurückhaltender. Seine Forschungen und Experimente setzte Goddard jedoch fort. Nach einer Tätigkeit im Auftrage der amerikanischen Armee während des ersten Weltkrieges, die zur Entwicklung der »Raketen-Handfeuerwaffe« Bazooka führte, gingen die Experimente ab 1920 weiter. Er erkennt die Überlegenheit der Flüssigkeitsrakete und



Goddard mit seiner Flüssigkeitsrakete (1926)

kommt auf seine schon 1914 patentierte Stufenanordnung von Raketen zurück. In Gedanken geht er verschiedene flüssige Treibstoffkomponenten durch, ehe er schließlich auf Sauerstoff und Benzin verfällt. Goddard beginnt mit praktischen Versuchen, entwickelt spezielle Prüfstände zur Messung der Schubkraft, probiert die Wirkung von Druckgas zum Transport der Treibstoffkomponenten in die Brennkammer, erprobt Förderpumpen für flüssigen Sauerstoff und – erbittet neue finanzielle Hilfsmittel.

Am 16. März 1926 gibt es eine wissenschaftlich-technische Weltpremiere: Zum erstenmal erhebt sich eine Flüssigkeitsrakete von der Startrampe. Goddards bescheidenes Fluggerät hat eine Startmasse von 4,74 kg, eine Leermasse von 2,72 kg und eine Länge von 3 m. Bei einer Weite von 56 m Flugstrecke in 2,5 s erreicht die Rakete allerdings nur eine Höhe von 12,5 m. Immerhin, der erste Schritt war getan, und er war – gemessen am Ziel – auch nicht bescheidener als die Anfänge anderer technischer Großtaten. God-



Vereinfachte Darstellung des Prinzips von Goddards Flüssigkeitsrakete

- 1 Benzinleitung
- 2 Nadelventile
- 3 Raketenmotor
- 4 Flüssigsauerstoffleitung
- 5 Tank für flüssigen Sauerstoff
- 6 Tank für Benzin
- 7 abtrennbarer Startschlauch
- 8 Sauerstoffzylinder

dard selbst wies darauf hin, daß schließlich Wright 1903 mit seinem Motorflugzeug auch nur knapp 37 m weit geflogen sei und sich dabei nicht mehr als 3 m in die Lüfte erhoben hatte.

Goddard wußte damals nichts von Ziolkowski und dieser nichts von Oberth und von Goddard. Verblüffend mutet daher der Start von drei Flüssigkeitsraketen innerhalb der Zeitspanne von nur wenigen Jahren an: In Europa folgte auf Goddard Johannes Winkler am 14. März 1931 (Steighöhe 100 m) und in der Sowjetunion startete die GIRD-X erstmals am 25. November 1933!

Hermann Oberth erfuhr von den Ideen God-

dards aus einer Zeitungsnotiz – wenn auch nur oberflächlich. Am 3. Mai 1922 nahm er in einem Brief an Goddard darauf Bezug und erbat sich nähere Informationen. Noch rechtzeitig vor dem Erscheinen der ersten Auflage von Oberths Buch trafen diese ein, und Oberth konnte darauf kurz Bezug nehmen. Einen Einfluß auf Oberth übten die Ideen des Amerikaners verständlicherweise nicht mehr aus.

Goddard setzte seine Experimente fort und arbeitet ab 1930 in New Mexico mit einer größeren finanziellen Unterstützung des Mäzens Daniel Guggenheim. Ende 1930 erreicht eine Rakete von ihm eine Gipfelhöhe von rund 600 m. Allerdings waren die Ergebnisse noch nicht reproduzierbar. Zahlreiche technische Probleme zeigten sich von einer befriedigenden Lösung noch weit entfernt. Daran änderte auch die Tatsache nichts, daß es Goddard schließlich gelang, Aufstiegshöhen von knapp 2300 m zu erreichen. Goddard blieb ein Einzelgänger, einer jener Raketenpioniere der ersten Generation, deren Ideen nur unter bedeutend günstigeren materiellen Bedingungen hätten umfassend verwirklicht werden können. Ziolkowski in der UdSSR hatte das Glück, eine solche Entwicklung in ihren Anfängen noch zu erleben. Goddard aber mußte seine Forschungen während des zweiten Weltkrieges unterbrechen, um einem Ruf der Marine nach Maryland zu folgen. Die amerikanische Armee ging auf seine Hinweise, Flüssigkeitsraketen militärisch zu verwenden, nicht ein; er hatte sich mit der Nutzung von Raketen als Starhilfen für schwerbeladene Flugzeuge zu befassen.

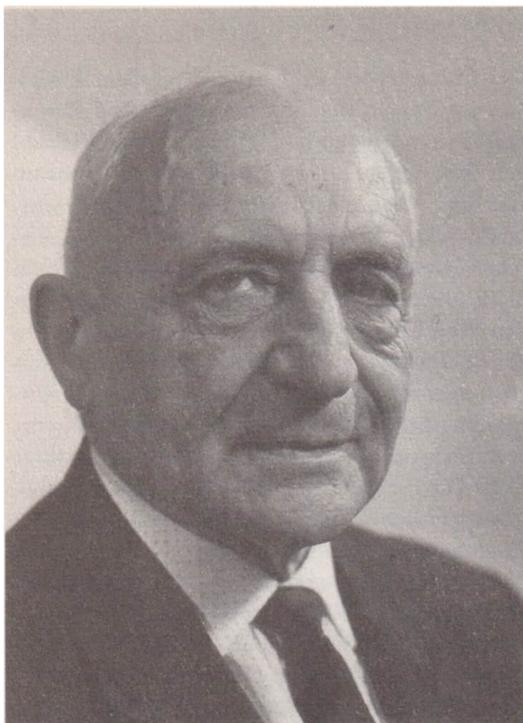
Goddard besaß insgesamt 214 Patente und doch blieb er lange Zeit weithin unbekannt – ein vergessener Erfinder, dessen Ideen bei rechtzeitiger Unterstützung zu großen Erfolgen der Raketentechnik in den USA hätten führen können.

## Raketenbetriebsamkeit

Die frühen Jahre, in denen mit großem Enthusiasmus Fragen der Raketentechnik und Raumfahrt behandelt wurden, sind durch eine Vielzahl von Aktivitäten unterschiedlichster Art gekennzeichnet. Den entscheidenden Kristallisationspunkt bilden in jener Zeit zweifellos die wissenschaftlichen Grundlagenuntersuchungen. Doch diese allein hätten wohl nicht ausgereicht, um den Weg von der Idee zur Wirklichkeit rasch zu ebnen. Deshalb spielen gerade in der Etappe von etwa 1920 bis 1930 auch die Autoren populärwissenschaftlicher Werke und die Verfasser wissenschaftlich-phantastischer Literatur eine wichtige Rolle für die unmittelbare Vorbereitung praktischer Versuche. Eine Welle technisch-utopischer Produktionen überflutete den Literaturmarkt. Nach einer Zusammenstellung des sowjetischen Gelehrten N. A. Rynin (1928–1932), des ersten Verfassers einer repräsentativen Raumfahrtzyklopädie, waren bis zum Jahre 1931 etwa 1200 Titel zu Problemen der Raketentechnik und Raumfahrt erschienen; etwa 25 % aller Arbeiten zählten zum Genre der wissenschaftlichen Phantastik.

Als Popularisatoren traten in Westeuropa außer dem schon genannten Max Valier vor allem Willi Ley und Otto Wilhelm Gail auf. Durch ihre teilweise in großen Auflagen erschienenen Bücher trugen sie mit dazu bei, den Gedanken der Raumfahrt in breiten Kreisen populär zu machen und so den Boden für eine praktische Entwicklung zu bereiten. Das Ziel aller Enthusiasten war der Beginn einer möglichst umfassenden experimentellen Tätigkeit. Zwei Namen von deutschen Forschern sind in diesem Zusammenhang herauszuheben: Rudolf Nebel und Johannes Winkler.

Nebel, der Flieger und Flugzeugkonstrukteur, wurde durch Laßwitz' Marsroman »verzaubert«, wie er selbst eingesteht. Dessen »technische Visionen wurden dadurch noch überzeugender, daß er die Technik einer fernen Zukunft in Wechselwirkung treten läßt mit neuen Menschen, die sich dieser Wunder mit souveräner Selbstverständlichkeit bedienen. Wer erst einmal der Darstellungskraft von Kurd Laßwitz verfallen war, dem mußten die Probleme der Weltraumfahrt



*Der Raketentechniker Rudolf Nebel*

und die technischen Lösungen dieser Probleme fast wie eine Selbstverständlichkeit erscheinen«. Und Nebel zitiert in seinem Lobgesang auf Laßwitz noch einen anderen begeisterten Laßwitz-Anhänger, der den »sonst unverständlichen Optimismus und die Unbekümmertheit der Pioniere der Weltraumfahrt in den 20er Jahren« geradezu als ein Ergebnis von Laßwitz' Buch auf die Phantasie der Beteiligten bezeichnet.

Nebel hatte mit Oberth bereits beim Bau der UFA-Filmrakete zusammengearbeitet und im Ergebnis dieser hoffnungsvollen Arbeiten ein Triebwerk entwickelt, das bei 51 s Brenndauer einen Schub von 7,5 kp lieferte.

Schon vorher hatte Valier praktische Experimente unternommen, dabei konnte er sich der finanziellen Unterstützung des Industriellen Fritz von Opel versichern. In Zusammenarbeit mit der pyrotechnischen Werkstatt des Ingenieurs Friedrich Wilhelm Sander bei Bremerhaven benutzten die drei Feststoffraketen, um Schienenfahrzeuge, Autos und sogar Segelflugzeuge anzutreiben. Diese Experimente fanden verständlicherweise

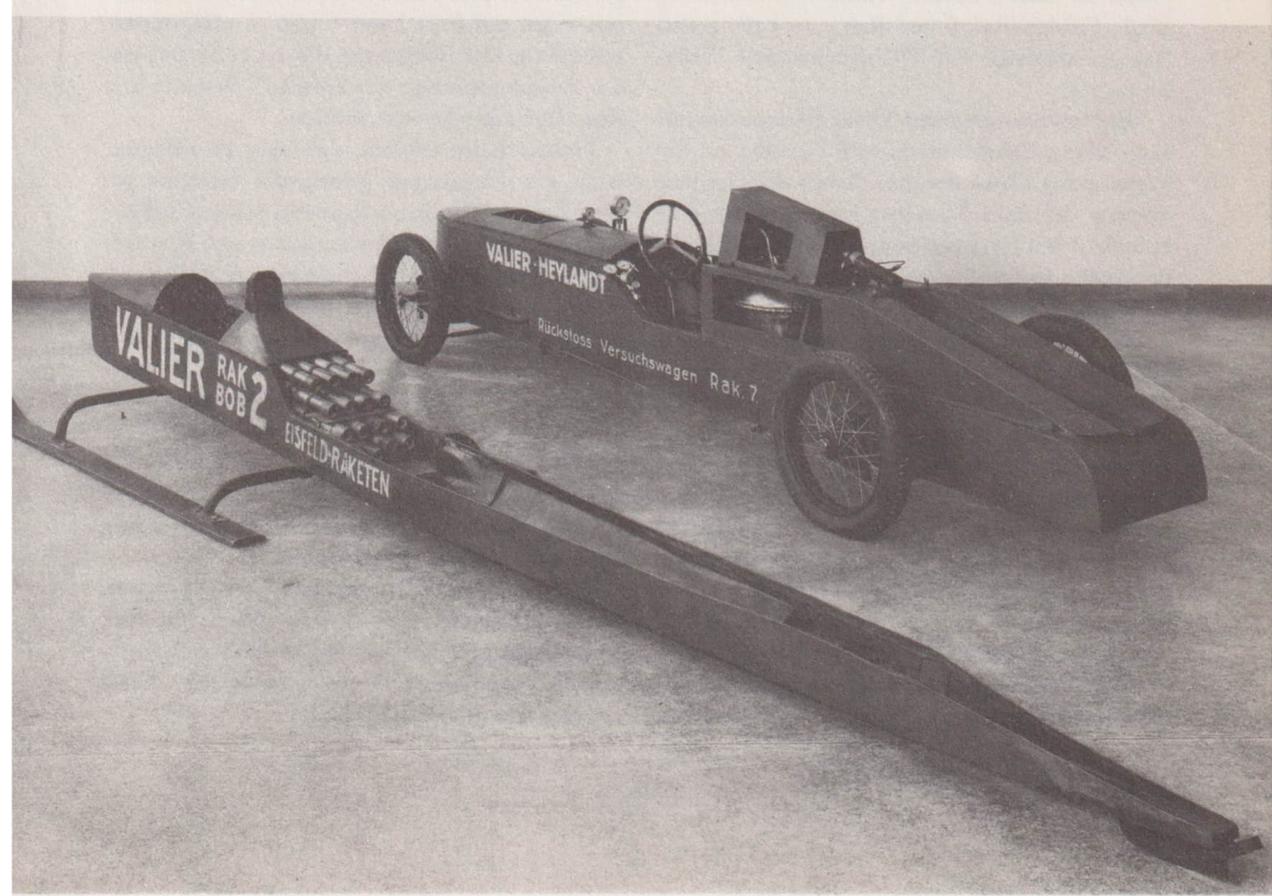
die Aufmerksamkeit eines sensationslüsternen Publikums. Opel sah die Idee vom Raketenauto vor allem als eine geeignete »Reklamemaßnahme« an. Valier mußte erkennen, daß solche Hochzeiten gänzlich verschiedenartiger Partner ganz unumgänglich waren, wenn man wissenschaftlich vorankommen wollte. Für die »reine Wissenschaft« war kein Geldgeber zu gewinnen – das hatte schon Oberth bei der UFA lernen müssen.

»Raketen waren nicht wichtig vor Opel – Automobile auch nicht« – mit dieser Reklame, optisch unterstützt durch eine festlich gekleidete Dame mit Begleiter im Frack und dekorativem Feuerwerk im Hintergrund, erschien Opel auf der Presseszene.

Am 23. Mai 1923 setzte sich Opel selbst ans Steuer des »Opel Rak 2«. Valier war »nur« der Erfinder. Mit 24 Raketen ausgestattet, raste der Wagen, auf 230 km/h beschleunigt, vor einer Kulisse von 2 000 Zuschauern, Pressevertretern und Filmleuten über die Avus; eine Sensation im anbrechenden Raketenzeitalter. Zwischen Valier und Opel kam es darüber zum Bruch. Nebel schrieb später über diese Versuche: »Es fehlte die letzte konsequente Ausrichtung auf die Weltraumfahrt« und »... der Raumfahrt brachten diese Experimente keinen Nutzen.« Oder vielleicht indirekt doch? Trugen nicht auch diese außerordentlichen massenwirksamen Vorführungen dazu bei, daß man in der Öffentlichkeit ständig von Raketen sprach? Und war dies nicht vielleicht eine wichtige Voraussetzung für die Bereitstellung von Geldern unter den herrschenden gesellschaftlichen Bedingungen?

Valier gab nicht auf. Während Opel seine Zusammenarbeit mit der Firma Sander fortsetzte, arbeitete Valier mit Eisfeld zusammen. Die Zielstellungen waren in vieler Hinsicht miteinander identisch. Opel strebte einen raketengetriebenen Schienenwagen an, Valier ebenfalls. Opel erzielte im Sommer 1928 auf einem geraden Streckenabschnitt der Eisenbahnlinie Celle–Hannover mit einem unbemannten Schienenfahrzeug (Rak III) eine Geschwindigkeit von 281 km/h. Valier war

*Max Valier in seinem Rückstoßwagen  
auf der Straße von Essen nach Kottwig (1929)  
Valier-Raketenwagen und -schlitten*



nicht ganz so erfolgreich. Mit seinem Eisfeld-Valier-Rak 1 erreichte er 181 km/h. Weitere Versuche mit diesem Gefährt scheiterten jedoch. Anschließend widmete sich Valier einem Leichtmetall-Schienenwagen, den er selbst fahren wollte. Doch dazu kam es lediglich während einiger Vorversuche mit einem improvisierten Gefährt. Die von der Halberstadt-Blankenburger Eisenbahn unterstützten Versuche endeten mit Explosionen und Katastrophen.

Ein raketenbetriebener Schlitten »Rak Bob 1«, den Valier nun entwickelte, bewegte sich – mit der Frau des Erfinders »an Bord« – anlässlich eines Wintersportfestes in Bayern vor begeistertem Publikum mit 45 km/h. Valier brachte es mit seinem zweiten Modell schließlich bis auf 400 km/h, allerdings in unbemannter Fahrt (Februar 1929). 1929 sieht Valier neue Hoffungsschimmer, als sich Dr. P. Heylandt von der Gesellschaft für Industriegasverwertung bereit findet, seine Ideen zu unterstützen. Heylandt stellt Valier seine Räumlichkeiten sowie auch finanzielle Mittel und Material zur Verfügung, und Valier beginnt mit der Entwicklung eines Flüssigkeitsraketenmotors. Mitwirkender Assistent der Firma ist Klaus Riedel. Valier erzielt ermutigende Erfolge. Rak 6 und Rak 7 sind die ersten Raketenfahrzeuge mit Flüssigkeitsmotor (Frühjahr 1930).

Die Finanzmisere führt Valier zwangsweise auf einen neuen Raketenbrennstoff: Paraffin. An der Verwendung dieses Brennstoffs war der Generaldirektor des Shell-Konzerns interessiert, und er knüpfte daher die Erfüllung von Valiers Bitte um finanzielle Unterstützung seiner Versuche an die Bedingung, Paraffin zu testen.

Die schwierigere Handhabung des Paraffins im Vergleich zum bis dahin von ihm verwendeten Spiritus ist ihm klar. Dennoch beginnt er mit den Versuchen. Ungenügende Sicherheitsmaßnahmen führen zu einem tragischen Ende: Am 17. Mai 1930 explodiert die Brennkammer von Valiers Paraffinmotor. Valier steht unmittelbar daneben. Ein Splitter, der die Lungenschlagader des Forschers durchbohrt, macht seinem Leben jäh ein Ende.

Im Unterschied zu Valier, der neben unermüdlicher Propagandaarbeit mit Fahrzeugen aller Art experimentierte, wollte Nebel unmittelbaren

Kurs auf die Raumfahrt nehmen. Auch ihn hatten einst – wie Oberth – die Phantasiegestalten des Jules Verne für diese Idee entflammt. Doch nach Oberths Rückreise in die Heimat stand Nebel vor der gleichen Frage, wie alle Enthusiasten der damaligen Zeit: Woher war das Geld zu nehmen, das für ernsthafte Versuche unbedingt benötigt wurde?

Johannes Winkler (1897–1947), Sohn eines Tischlers aus Schlesien, kam durch zwei utopische Bücher des Romanautors Otto Willi Gail auf den Gedanken der »Raumschiffahrt«: Im Herbst 1926 las er in der »Schlesischen Zeitung« als Fortsetzungsabdruck »Der Stein vom Mond« und dann noch Gails Buch »Der Schuß ins All«. Der auf Wunsch seiner Eltern zum Theologen ausgebildete Winkler – damals als Finanzexperte der Breslauer Kirchenbehörde tätig – studierte nun auch die Werke von Valier, Oberth und Hohmann, bekannte sich rückhaltlos zu seiner neuen Leidenschaft und beschloß, sich »ganz dafür einzusetzen«.

Ab 1929 war Winkler bei den Junkers-Werken in Dessau beschäftigt, dorthin hatte ihn Prof. Hugo Junkers, der Chef der Motorenbau GmbH, geholt. Wie schon im Falle von Oberths Zusammenarbeit mit Fritz Lang, waren es völlig unterschiedliche Zielrichtungen die zu einer zeitweisen Zusammenarbeit des Forschers Winkler mit dem Techniker Junkers führten.

Junkers hatte erkannt, daß dem Propellerantrieb von Flugzeugen prinzipielle Grenzen gesetzt waren. Für ihn als kapitalistischen Großunternehmer in einer erbarmungslos auf Konkurrenz orientierten Gesellschaft kam es darauf an, durch einen möglichst weitgespannten Forschungsvorlauf einen größeren nutzbaren Transportraum der Flugzeuge bei gleichzeitiger Verringerung der Betriebskosten zu erzielen. Für Junkers war in diesem Zusammenhang vor allem die Motorenfrage vorrangig zu bearbeiten. Als anzustrebendes Ziel sah er dabei den Ersatz des üblichen Luftschraubenantriebs durch Strahltrieb eines rotierenden Gebläses.

Möglicherweise hat Junkers diese Tendenz schon um 1917/18 erkannt – ein Beweis für eine weit vorausgreifende Denkweise des Technikers, die als unabdingbare Voraussetzung für technischen Fortschritt anzusehen ist.

In diesem Zusammenhang ist es nicht verwunderlich, daß Junkers von den zahlreichen Aktivitäten der Raketenpioniere mit großem Interesse Kenntnis nahm.

Am 7. September 1925 fand im Berliner Büro der Junkers-Werke ein aufschlußreiches Gespräch zwischen Max Valier und Firmenvertretern statt, in dem es um die Frage ging, »ob ein Raketenmotor zum Einbau in eines der jetzt gebräuchlichen Flugzeuge gelangen und wirtschaftliche Vorteile erbringen könne«. Die Firma bekundete ihr Interesse am »Raketenmotor«, wollte der Sache aber erst näher treten, wenn der Motor »vorher irgendwo einmal ... praktisch erprobt worden ist«, wie es in einem Protokoll über das Gespräch heißt.

Erst nach Überwindung der Weltwirtschaftskrise, die auch die Firma Junkers bis nahe an den Rand des Ruins führte, entschloß man sich dort, die Entwicklung der Turbinen und Raketen voranzutreiben.

Junkers' Hauptinteresse richtete sich dabei auf die Verwendung von Raketen als kurzzeitig arbeitende schubstarke Antriebe, die lediglich die Funktion von Starthilfen haben sollten. Winkler, der im Jahre 1928 bei seinen Versuchen mit einem Flüssigkeitstriebwerk von der Technischen Hochschule Dessau unterstützt wurde, stellte bald fest, daß er großzügigere Finanziere benötigte.

Doch jenen Kreisen, die durch Sensationsexperimente in der Öffentlichkeit auf sich aufmerksam zu machen suchten, vermochte er sich nicht anzuschließen. »Groß war für mich zuweilen die Versuchung«, schrieb er in diesem Zusammenhang, »den Raketenrummel mitzumachen, dem es weniger auf den wissenschaftlichen Fortschritt als auf den populären Effekt ankam ... Ich bin jedoch meinem Grundsatz treu geblieben, mich nur ernsthaften Forschungen zu widmen. Die vorzeitige Anwendung verdirbt die Forschungsmethode.«

Um dieses anspruchsvolle Ziel zu verwirklichen, gründete Winkler im Jahre 1927 den »Verein für Raumschiffahrt«. Die Idee stammte ursprünglich von Max Valier, der sie dem populärwissenschaftlichen Schriftsteller Willi Ley in einem Brief unterbreitet hatte. Der Zweck des Vereins sollte hauptsächlich darin bestehen, Geld für

# Die Rakete

Zeitschrift des Vereins für Raumschiffahrt E. V.

1. Jahrgang  
1927

Herausgegeben  
von

Johannes Winkler  
Vorsitzender des Vereins  
für Raumschiffahrt E. V.

Breslau

Verein für Raumschiffahrt E. V.

*Titelseite des 1. Bandes der Zeitschrift »Die Rakete«*

Oberths Experimente zu beschaffen. Ley fand die Idee gut und setzte sich mit Winkler, der von Valier ausdrücklich vorgeschlagen worden war, in Verbindung.

Schon im Januar 1927 hatte Winkler die »Deutsche Jugend-Zeitung« gegründet und diese ab April unter dem Titel »Die Rakete, Zeitschrift für Raumschiffahrt in Vereinigung mit der Deutschen Jugend-Zeitschrift« herausgegeben.

»Diese Zeitschrift wurde gegründet mit der Absicht«, heißt es in einer Vorbemerkung zum ersten Heft des Journals, »die Verwirklichung des Weltraumfluges zu fördern ... Sie wendet sich in

erster Linie an das heranwachsende junge Geschlecht, das elastisch genug und für neue große Ideen besonders empfänglich ist.«

Nach der Gründung des Vereins wurde »Die Rakete«, die nur bis zum Jahre 1929 erschien, zum Organ des Vereins. In der Mai-Ausgabe hieß es über die Zielsetzung des Vereins, er solle Fachleute, wie Ingenieure, Astronomen, Flieger, Pressevertreter u. a., »für gemeinsame Arbeit gewinnen und durch Eingaben an Behörden und wohlhabende Männer bzw. durch Veranstaltung von Sammlungen und Lotterien größeren Stiles die Geldmittel« beschaffen.

Die ersten Hefte der »Rakete« vermitteln ein lebendiges Bild von den vielfältigen Anstrengungen, die der Kreis um Winkler damals unternahm. Außer Aufsätzen über die physikalischen Grundlagen künftiger »Raumschiffahrt«, Einsteins Relativitätstheorie und Besprechungen einschlägiger Bücher, darunter viele phantastische Romane, sowie Hinweisen für junge Erfinder enthält das Journal auch Anzeigen. Zum Beispiel: »Düsen für Experimentier-Raketen«, »Valier-Fachvorträge durch das Tournee-Büro Schneider-Lindemann« u. ä.

Schon sechs Monate nach der Gründung des VfR gehörten ihm mehr als fünfhundert Mitglieder an. Auch Hermann Oberth zählte dazu; er war aber an Mediasch fest gebunden und beklagte seine aufreibende berufliche Tätigkeit, die ihm täglich kaum eine halbe Stunde Zeit für die »Raketensache« lasse.

Auch prominente Ausländer waren eingetragene Mitglieder des VfR: Rynin aus der UdSSR, Esnault-Pelterie aus Frankreich, v. Pirquet aus Österreich und andere.

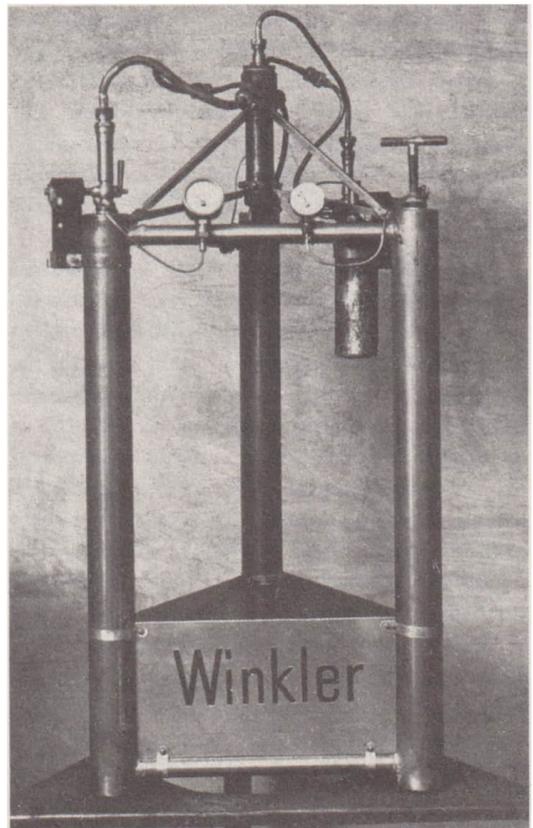
In seinen Glanzzeiten zählte der Verein mehr als tausend Mitglieder; die Wissenschaftler und Techniker waren allerdings keineswegs in der Mehrzahl. Ähnliche Tendenzen hatte es auch in der österreichischen Gesellschaft für Weltraumforschung gegeben, was dort viele Reibereien nach sich zog, weil damit auch widerstreitende Interessen verbunden waren.

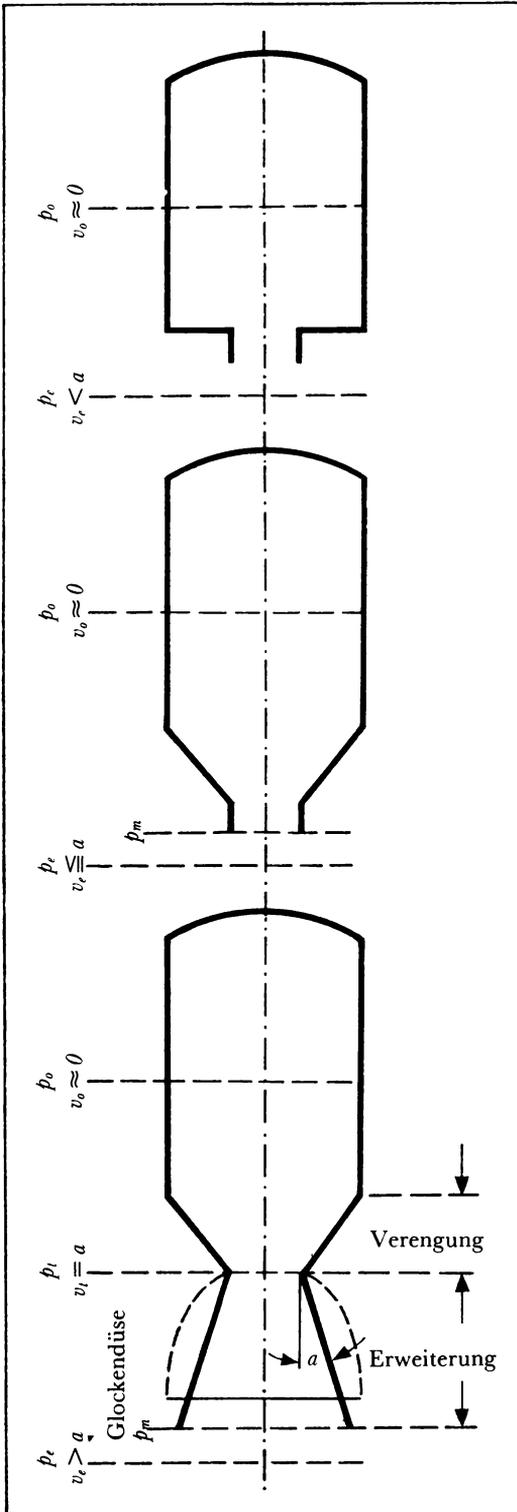
Der eigentliche Zweck des VfR wurde allerdings trotz größter Anstrengungen nur in vergleichsweise geringem Umfang erfüllt. Obwohl sich Geldgeber aus vielen Ländern fanden, unter ihnen auch die Träger sehr bekannter Namen der

Kulturwelt, wie Thomas Mann und George Bernard Shaw, war das Gesamtergebnis nicht hinreichend für umfangreiche Versuchsserien.

Winkler begann am 19. September 1929 seine Tätigkeit bei Junkers, worüber er Stillschweigen zu bewahren hatte. Erst später berichtete er in einem ebenfalls unter Geheimhaltung gestellten Manuskript darüber. Demnach handelte es sich in der Forschungsanstalt von Junkers um Grundlagenuntersuchungen, wie sie, unabhängig von der konkreten Zielsetzung, für die Raketenforschung unabdingbar waren. Im Mittelpunkt der Forschungen standen die Bemühungen, ein leistungsstarkes Triebwerk unter Verwendung geeigneter Treibstoffkomponenten zu entwickeln. Zuletzt wurde die Herstellung eines Startrückstoßes für 250 kg Schub und 12 s Antriebsdauer in Aussicht genommen.

*Erste Flüssigkeitsrakete von Johannes Winkler (um 1927)*





In Privatinitiative begann Winkler schon während seiner Tätigkeit bei Junkers mit Experimenten an »frei fliegenden Raketen«. Hierbei wurde er von Junkers sogar finanziell unterstützt. Am 14. März 1931 gelang es Winkler, zum erstenmal in Europa eine Flüssigkeitsrakete erfolgreich zu starten. Das bemerkenswerte Ergebnis aufopferungsvoller und gründlicher Forschungsarbeit vollzog sich auf dem damaligen Exerzierplatz bei Groß-Kühnau unweit von Dessau. Die »Hückel-Winkler 1« (HW 1) – der Fabrikbesitzer und Hutfabrikant Hückel war einer der Mäzene des VfR und erhoffte sich vom Gelingen der Versuche Winklers eine zugkräftige Werbung für seine Firma – flog etwa 60 m hoch und 200 m weit. Sie wurde aus 50 m Entfernung elektrisch gezündet. Die Startmasse des nur 70 cm hohen Geräts aus drei Aluminiumrohren betrug 5 kg (Treibstoffmasse 1,7 kg).

In der Brennkammer sorgten flüssiger Sauerstoff und flüssiges Methan für den nötigen Schub. Nachdem Winkler noch drei Varianten mit besonderen Vorrichtungen zur Erhöhung der Flugstabilität (HW Ia, HW Ib und HW Ic) weniger erfolgreich ausprobiert hatte, beschäftigte er sich mit der Konstruktion einer wesentlich größeren und leistungsstärkeren Flüssigkeitsrakete, die den bestehenden Höhenrekord von Feststoffraketen brechen sollte. Die HW II, an der auch R. Engel mitarbeitete, sollte fast 2 m Höhe besitzen und bei einem maximalen Außendurchmesser von 40 cm ein Leergewicht von 9,5 kg aufweisen. Als Treibstoff waren rund 4 kg flüssiges Methan, als Oxydator maximal 32 kg flüssiger Sauerstoff vorgesehen.

Anfang 1932 liefen etwa zwanzig Prüfstandversuche erfolgreich ab, so daß der Start für den 6. Oktober 1932 auf der »Frischen Nehrung« (heute VR Polen) festgelegt wurde.

Die für eine Gipfelhöhe von 50 000 m vorgesehene HW II explodierte bereits bei der Zündung

#### Verschiedene Ausströmöffnungen

Prinzipielle Ausströmöffnungen: Unterschall-, Schall- und Überschalldüse.  $p_o$  = Bremskammerdruck,  $p_c$  = Außendruck,  $p_m$  = Mündungsdruck,  $p_t$  = Düsenhalsdruck;  $v_o$  = Geschwindigkeit der Gase in der Brennkammer,  $v_c$  = Ausströmgeschwindigkeit,  $v_t$  = Düsenhalsgeschwindigkeit,  $a$  = Schallgeschwindigkeit

infolge Knallgasbildung und wurde 15 m hoch aus dem Startgestell geschleudert.

Die Finanzen Winklers waren erschöpft – und auch Hückel war zu weiterer Unterstützung nun nicht mehr bereit. Die Ära der praktischen Experimente war für Winkler beendet.

## Ein Raketenflugplatz in Berlin

Inzwischen war Rudolf Nebel nicht untätig geblieben. Durch zahlreiche Vorträge und diverse Bittgänge zu staatlichen Stellen versuchte er, finanzielle Mittel für Versuche zu erhalten; unter anderem sprach er auch im Heereswaffenamt vor. Dort wollte man die Vorführung eines Flüssigkeitsmotors sehen. Nebel bat Oberth, nach Berlin zu kommen, um gemeinsam mit anderen Enthusiasten, darunter einem 18jährigen Studenten namens Wernher von Braun, die UFA-Kegeldüse wieder flottzumachen und den Beweis anzutreten, daß eine explosionsfreie Verbrennung von Benzin mit flüssigem Sauerstoff möglich sei. Am 23. Juli 1930 wurde das Experiment gewagt, und Dr. Ritter von der Chemisch-Technischen Reichsanstalt bestätigte, sozusagen als offizielle »Stimme der Wissenschaft«, daß für fast eine Minute eine konstante Rückstoßkraft von 7 kg ausgeübt worden sei. Für ganz besonders wichtig in diesem Gutachten hielten Nebel, Oberth, v. Braun und Riedel, die entscheidenden Mitarbeiter der Gruppe, den Satz: »Da ein möglichst weites Vordringen in die Stratosphäre mit dem Ziel ihrer weiteren Erforschung von wissenschaftlichem Interesse ist und nach vorliegendem Versuch Aussicht besteht, dieses Ziel mit einer Rakete ... zu erreichen, so kann die Aufgabe, derartige Raketen durchzubilden, als der Unterstützung des Innenministeriums würdig empfohlen werden.«

Nun kam alles darauf an, ein geeignetes Gelände für Raketenversuche ausfindig zu machen, einen richtigen »Raketenflugplatz« mit eigenen Werkstätten und Wohnungen, wie Nebel meinte. Gegen Ende des Jahres 1930 entstand der »Raketenflugplatz Berlin« in Reinickendorf. Nebel hatte ein leerstehendes Gelände von etwa vier Quadratkilometer Fläche mit einigen festen Gebäuden gepachtet, um dort mit Unterstützung

des VfR die Raketenversuche fortzuführen. Die symbolische Pachtgebühr betrug 10 Mark pro Jahr.

Neue öffentliche Sammelaufrufe brachten nicht nur Geld, sondern auch mancherlei nützliches Inventar: »Plötzlich entdeckten die Berliner ihr Herz für Raketen«, erinnert sich Rudolf Nebel in seinem Buch »Die Narren von Tegel«. »Lastwagen ratterten heran, beladen mit Maschinen, Werkzeugen und Materialien, Privatleute schickten Spenden, und ein kleiner Berliner Junge ... wollte sich von seinem liebsten Spielzeug, einem Werkzeugkasten, trennen, um den »Raketenonkels« zu helfen.« Zu den besonders aktiven Finanziers gehörte auch hier der Hutfabrikant Hückel, doch trotzdem blieb »Geld noch immer das Thema Nummer eins«, wie Nebel schrieb.

Was die technische Seite anlangte, so erwies sich die UFA-Kegeldüse doch nicht als perfekte Lösung. Nebel und Riedel entschieden sich, anstelle von Stahl mit Graphitmantel wegen der besseren Wärmeleitfähigkeit Aluminium zu verwenden. Immerhin treten bei der Verbrennung von Benzin mit Sauerstoff Temperaturen von über 3 000 °C auf. Es fehlte jedoch beim Schweißen von Leichtmetall an hinreichenden Erfahrungen. Aber auch hierfür wurden neue und wirkungsvolle Verfahren gefunden. Viele ähnliche »kleine« Probleme mußten gelöst werden, ehe am 14. Mai 1931 die erste Flüssigkeitsrakete vom Startgestell abhob. Sie erreichte eine Höhe von 60 m – knapp drei Monate nach dem Start der ersten Flüssigkeitsrakete von Winkler bei Dessau.

Das Bestreben der »Narren von Tegel« bestand nun verständlicherweise darin, die Leistungsfähigkeit der Raketen zu steigern, nachdem sich gezeigt hatte, daß der beschrittene Weg prinzipiell richtig war.

Besondere Aufmerksamkeit wendete die Gruppe um Nebel dem Problem der Stabilisierung zu. Im August 1931 wurden bereits Steighöhen bis zu fast 1 000 m erreicht.

Nebel gründete nun die kleine Zeitschrift »Raketenflug« als Mitteilungsblatt des Raketenflugplatzes Berlin. In der ersten Ausgabe, die im Januar 1932 erschien, konnte er den Lesern mitteilen: »1 Jahr Raketenflugplatz liegt hinter uns! Wertvolle Entwicklungsarbeit am Raketen-

motor und an den ersten fliegenden Flüssigkeitsraketen, verbunden mit dem gelungenen Innenausbau des Raketenflugplatzes, kennzeichnen die Erfolge des Jahres 1931. Nun gilt es, die Außenorganisation aufzubauen!«

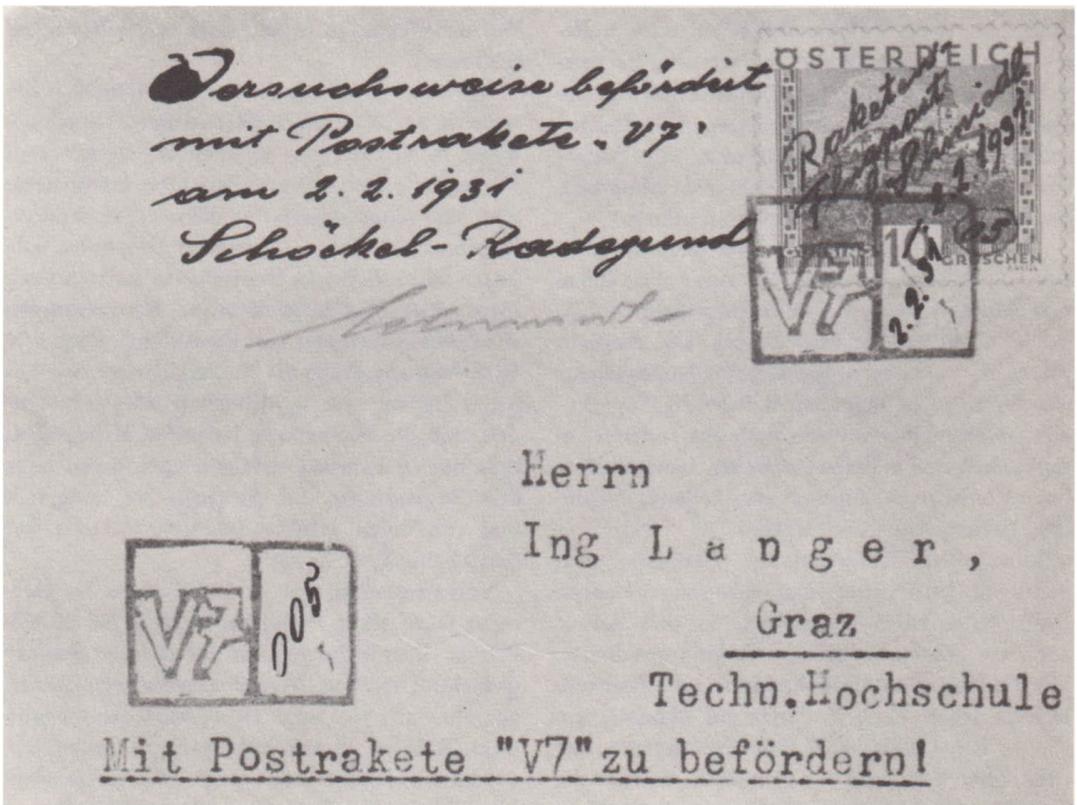
Die Pläne waren nach wie vor weitreichend. Die Nebel-Gruppe versuchte jedoch auch, attraktive Nahziele zu verdeutlichen, um so über einen kurzfristig sichtbaren praktischen Wert ihrer Experimente den Finanzhahn der Öffentlichkeit geschmeidig zu halten.

So brachte Nebel in zahlreichen Vorträgen im Jahre 1931 die Postrakete ins Gespräch, einen rückstoßgetriebenen Flugkörper, der die Strecke Berlin-München in einer knappen Viertelstunde zurücklegen könne. Besonders imposant wirkte die Nennung solcher Flugzeiten des ballistischen Transportmittels wie Berlin-New York: 25 Minuten oder Berlin-Tokyo: 40 Minuten. Außerdem sprach Nebel auch von meteorologischen Registrierraketen, Personenschnellverkehr u. ä.

Ein Mitglied des VfR, beruflich bei der Post tätig, vermittelte daraufhin einen Kontakt mit Vertretern des Postministeriums, die eines Tages auf dem »Flugplatz« erschienen. Zu einem Auftrag des Ministeriums kam es allerdings nicht. Immerhin stellte die Post aber ihren Großen Hörsaal in der Oranienburger Straße zur Verfügung, wo Nebel und seine Mitarbeiter fortan für eine Eintrittsgebühr Vorträge veranstalteten, die viel Zulauf fanden und somit auch finanziell einträglich waren.

Leider hatten sich die einst so guten Beziehungen zu Oberth inzwischen erheblich verschlechtert. Noch im Jahre 1929 hatte Oberth für Nebel eine schriftliche Vollmacht ausgestellt, in der es hieß, Nebel solle alle Maßnahmen durchführen, die zum Abschluß einer Versuchsrakete führen. Nebel besaß damals das volle Vertrauen des VfR. Schon im Frühjahr 1930 aber schrieb Oberth einen bösen Brief an Nebel, in dem er ihm vorwarf, er halte ihn nicht auf dem laufenden über

Raketenpostbrief von 1931



die Arbeiten, nehme seine – Oberths – Vorschläge nicht entgegen, beginne mit Arbeiten, denen er nicht gewachsen sei und benutze auch Oberths Namen unrechtmäßig. Die seitenlangen Vorwürfe endeten schließlich damit, daß Oberth ihm sein Vertrauen entzog. Oberth verlangte sogar, daß die Berliner Versuche nach Mediasch in Rumänien verlegt würden, damit er persönlich die Aufsicht übernehmen könne. Im Sommer des Jahres 1930 übernahm dann Oberth auf Bitten Winklers den Vorsitz des VfR.

Die Berliner Gruppe, von der Kurt Heinisch, einer der entscheidend beteiligten technischen Mitarbeiter, sagte, sie seien »Pröbler« gewesen, arbeitete von dieser Zeit an weitgehend unabhängig vom VfR.

Postraketen flogen tatsächlich nach kurzer Zeit – allerdings nicht als Ergebnis der Aktivitäten Nebels! In Österreich hatte sich der Ingenieur Friedrich Schmiedl mit dem Problem beschäftigt. Zwischen dem 2. Februar 1931 und dem 16. März 1933 schickte Schmiedl insgesamt zehn Postraketen auf den Weg. Abgelegene Bergdörfer sollten auf diese Weise durch Kurzstreckenraketen postalisch besser versorgt werden. Es handelte sich dabei um 25-kg-Feststoffraketen, die Hunderte von Briefen beförderten. Die Ziellandung erfolgte mittels Fallschirmen. Die Postsachen waren mit speziellen Raketenbriefmarken, sogenannten Manuskriptmarken, frankiert.

Am 15. April 1931 flog die erste deutsche Feststoff-Postrakete. Sie stieg bis auf etwa 1800 m und schwebte dann mit Hilfe aufgeklappter Flügel im Gleitflug zur Erde zurück. Die Aufsicht führte die Deutsche Reichspost. Konstrukteur war der deutsche Ingenieur Reinhold Tiling. Binnen weniger Jahre wurden auch aus anderen europäischen und außereuropäischen Ländern ähnliche Versuche bekannt, so aus Holland, Australien, Indien, Kuba und Mexiko.

Einige der Konstrukteure, darunter auch Schmiedl, hatten ihre entsprechenden Versuche recht systematisch ausgeführt, so daß daraus auch ein wissenschaftlicher Gewinn resultierte. Für die Raumfahrtentwicklung und die Raketentechnik lagen diese Experimente dennoch am Rande des Geschehens. Die Experimente machen aber deutlich, wie zahlreich damals die Gruppen der Raketenforschung gewesen sind.

Postraketen kamen schnell wieder aus der Mode, weil die Entwicklung der modernen Luftfahrt und die damit entstehende Möglichkeit der »Luftpost« auf diesem Gebiet rasch die Oberhand gewann.

## Die Nazis und das Ende der Nebel-Gruppe

Die Gruppe um Nebel und der Verein für Raumschiffahrt lagen seit längerem miteinander in Fehde – Ausdruck der allgemeinen Zersplitterung der Kräfte. Im Verein wollte man stärker Einfluß nehmen auf die Arbeiten Nebels. Dieser hingegen entschied selbständig, und Ley bewirkte daraufhin Nebels Rücktritt als erster Vorsitzender des Vereins. Später erstattete der neue Vorstand Anzeige gegen Nebel wegen Unterschlagung von Vereinsgeldern. Diese zahlreichen Animositäten und Kleinkriege untereinander standen der Erzielung rascher Fortschritte natürlich im Wege. Doch bald kam es noch weitaus schlimmer.

Schon im Jahre 1931 hatten sich unter den Besuchern des Raketenflugplatzes Berlin auch leitende Mitarbeiter des Obersts Dr. Becker vom Heereswaffenamt eingefunden. Dort interessierte man sich schon damals für die militärische, Verwendbarkeit rückstoßgetriebener Geschosse. Die neuen Machthaber in Deutschland suchten nach einem Weg, um die eindeutigen Bestimmungen des Friedensvertrages von Versailles zu umgehen. In diesem von ihnen als »Schanddiktat« bezeichneten Vertrag war ausdrücklich festgelegt worden, daß die Herstellung jedweden Kriegsmaterials nur in Fabriken erfolgen darf, deren Lage den Regierungen der Siegermächte mitgeteilt und von ihnen gebilligt ist. Von Raketen war darin keine Rede gewesen.

Von vornherein war in den Kreisen des Heereswaffenamtes in bezug auf Raketen ausschließlich an Entwicklungen für militärische Zwecke gedacht. Dipl.-Ing. Walter Dornberger, damals 35 Jahre alt, war vom Heereswaffenamt beauftragt, Raketen zu entwickeln, die es gestatteten, auf etwa 7000 m Distanz große Flächenziele mit erheblicher »Nutzlast« (sprich: Sprengköpfen) zu

beschießen. Die Einschätzung, die Dornberger später über die verstreut arbeitenden Gruppen von Enthusiasten gab, ist charakteristisch für die gesamte Haltung der faschistischen Behörden gegenüber jenen Männern, die unter Einsatz ihres Vermögens, ihrer Zeit und ihres Lebens die ersten Schritte auf jenem Weg gegangen waren, den die Theoretiker gewiesen hatten. Dornberger schrieb in seinem Erinnerungsbuch »Peenemünde. Die Geschichte der V-Waffen«: »Wir hatten die Nase voll von der phantasievollen Projektmacherei für Weltraumfahrt. Die sechste Stelle hinter dem Komma der Bahnkurvenberechnung für eine Reise zur Venus war damals ebenso gleichgültig wie die Frage der Heizung und Frischluftversorgung in der Druckkabine eines Marsbootes. Wir wollten endlich mit wissenschaftlicher Gründlichkeit Schritt für Schritt in der Praxis vorankommen. Wir brauchten Diagramme der Leistung von Raketenöfen. Wir wollten wissen, mit welchem sekundlichen Treibstoffverbrauch wir zu rechnen hatten, welche Treibstoffmischung die beste wäre, wie man mit den auftretenden Temperaturen fertig würde, durch welche günstigste Form der Einspritzung, der Verbrennungskammer und der Düse ein Optimum an Leistung erzielt werden könnte. Wir wollten die Grundlagen, das Handwerkszeug, die Voraussetzungen schaffen.«

Was anders war denn das Ziel von Winkler und Nebel, Oberth und Valier gewesen? Woran es mangelte, war ein materiell großzügig unterstütztes Forschungszentrum. Weiter nichts. Die Wege waren klar. Das Ziel hieß Raumfahrt. Jetzt aber kamen Männer mit anderen Zielen – und mit den Mitteln dafür. Wenn Dornberger, halb mit dem Unterton des Bedauerns, schreibt: »Die entscheidenden Schöpfungen der gesteuerten Rakete und der Kernspaltung fielen in die Kriegsjahre. Die Forscher waren gezwungen, ihre Arbeit in den Dienst des Krieges zu stellen« – dann muß man dies richtigstellen: Von Anbeginn steuerte das Heereswaffenamt auf nichts anderes als auf eine militärische Nutzung von Raketen zu. Von »Kriegsjahren« konnte beim Beginn dieser Arbeiten überhaupt keine Rede sein. Und schließlich: Keinerlei objektive Umstände haben Deutschland in den Krieg getrieben, außer der unumstößlichen Tatsache, daß der deutsche Im-

perialismus seine größenwahnsinnigen Weltherrschaftspläne zu verwirklichen trachtete. Unter diesen konkreten Bedingungen gab es eine technisch über das Probierstadium tiefgreifend hinausweisende Raketenentwicklung tatsächlich nur im Dienste der herrschenden reaktionären Kreise des Faschismus und ihrer verbrecherischen Ziele. Nebel glaubte wahrscheinlich anfangs noch, das Interesse des Heereswaffenamtes für seine Zwecke »umlenken« zu können – eine abgrundtief naive Annahme, wie sich bald zeigte.

Nach mehreren Besuchen von Vertretern des Heereswaffenamtes erhielt Nebel schließlich am 7. Juni 1932 ein Schreiben, in dem er aufgefordert wurde, sich mit seinem Personal und Gerät morgens um 4 Uhr am Ortseingang des Dorfes Kummersdorf einzufinden. Von dort aus würde die Weiterführung zu einer Stelle erfolgen, von der die Nebel-Rakete unter Aufsicht eines Leiters, den das Reichswehrministerium bestimmt hatte, probeweise abgeschossen werden sollte. Das Heereswaffenamt hatte eine Versuchsstelle für Pulver- und Flüssigkeitsraketen eingerichtet und auch schon einige eigene Experimente ausgeführt. Natürlich wollte man auf die Erfahrungen anderer nicht verzichten.

Schon die Raketenforschung durch die »Reichswehr« stellte letztlich eine Verletzung des Versailler Vertrages dar. Daß man jetzt engste Fühlungnahme mit dem Raketenflugplatz Berlin herstellte, war ebenfalls nach dem Vertrag unzulässig, denn »Vereine dürfen in keiner Verbindung mit dem Kriegsministerium oder irgendeiner anderen militärischen Behörde stehen«, hieß es im Vertrag von Versailles.

Die Vorführung mißglückte. Nachdem sich die Nebelsche Rakete etwa 70 m in die Luft erhoben hatte, bog sie seitlich ab und landete krachend in einem nahe gelegenen Waldstück, noch ehe sich der Fallschirm geöffnet hatte. Die Uniformierten machten aus ihrer Enttäuschung kein Hehl. Nebel versuchte bei mehreren anschließenden Gesprächen, doch noch Stimmung für seine Versuche zu machen, in der Hoffnung, mit den Mitteln des Heereswaffenamtes weiterzukommen. Doch dort hatte man sich bereits eine eigene Meinung gebildet: Öffentliche Raketenversuche in der »Zirkusatmosphäre« des Reinkendorfer Raketenflugplatzes führen nicht wei-

ter. Man solle sich entschließen zu kommen, und dort unter Aufsicht des Heereswaffenamtes weiterarbeiten und vor allem durch systematische Experimente die erforderlichen exakten wissenschaftlichen Grundlagen für eine rasche Entwicklung von Flüssigkeitsraketen legen.

Als erster schloß sich Wernher von Braun dieser Meinung an. Der damals zwanzigjährige unterschrieb zum 1. Oktober 1932 seinen Anstellungsvertrag beim Heereswaffenamt. Riedel und Heinrich folgten später.

Nach der Machtübernahme durch die Nazis im Jahre 1933 wurde rasch kurzer Prozeß gemacht mit allen privaten Raketeninitiativen. Laut Befehl des »Führers« wurde festgelegt: »Für das gesamte Gebiet der Raketenforschung ist ausschließlich das Heereswaffenamt zuständig.«

Wie erging es Rudolf Nebel? Er wurde zunächst 1934 überraschend verhaftet. Beamte der Gestapo beschlagnahmten seine private Korrespondenz und Manuskripte. Der Grund war eine Anzeige des Heereswaffenamtes gegen Nebel. Er habe sich des Landesverrats schuldig gemacht, weil er »geheime« Raketenversuche mit finanzieller Unterstützung des Heereswaffenamtes öffentlich durchgeführt habe. Als Nebel wieder entlassen wurde, war der Raketenflugplatz ein gewöhnliches eingezäuntes Feld in Reinickendorf – nicht mehr. Maschinen, Werkzeuge, Unterlagen fehlten, die weitere Benutzung des Platzes war Nebel ab sofort verboten. Unter den realen Verhältnissen in Deutschland verkehrten sich die Träume der Enthusiasten in ihr Gegenteil. Der Geist unterlag der Macht. Wer ihr willfährig folgte, könnte Raketen bauen. Das Ziel aber bestimmten andere.

## Soziale Träume von Ziolkowski bis Nebel

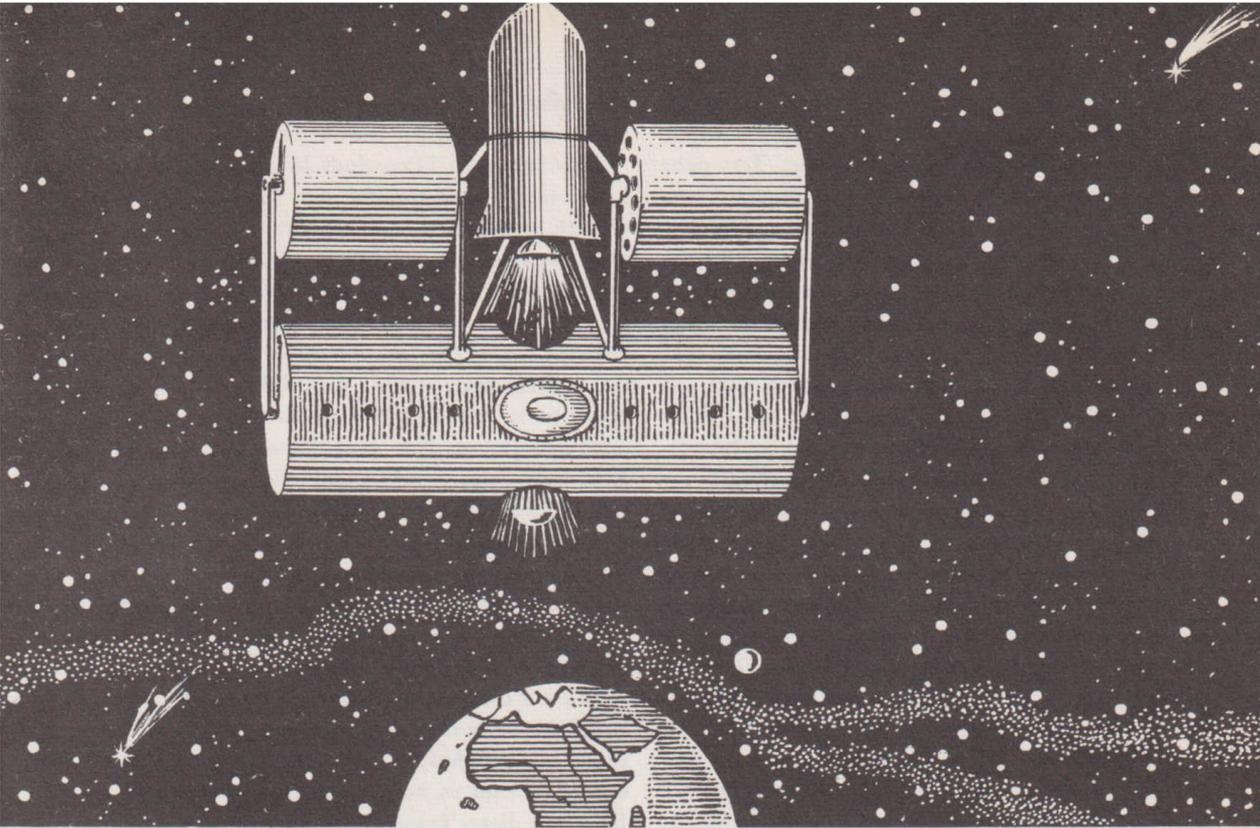
Einer der Ahnherrn der russischen Raketenwissenschaft war der Erfinder Nikolai Iwanowitsch Kibaltschitsch. Er starb am Morgen des 15. April im Jahre 1881 in Petersburg durch den Strang.

Zehn Tage vor seinem Tode notierte Kibaltschitsch diese Zeilen in sein Tagebuch: »Ich sitze im Gefängnis ... und entwerfe dieses Projekt. Ich glaube daran, daß sich meine Gedanken verwirklichen lassen. Dieser Glaube hält mich in meiner furchtbaren Lage aufrecht. Wenn meine Idee, nachdem sie gelehrte Fachleute sorgfältig geprüft haben, als durchführbar anerkannt wird, so werde ich glücklich darüber sein, daß ich meiner Heimat und der Menschheit einen Dienst erweisen durfte ... Meine Idee wird nicht mit mir untergehen, sondern weiterwirken.« Was war das für eine Idee, die den Todeskandidaten so beflügelte? Kibaltschitsch hatte sich seit Jahren gedanklich mit dem Rückstoßprinzip beschäftigt. Der einseitig offene Eisenblechzylinder, gleichsam ein Raketenkörper, erscheint ihm als geeignetes Gefährt, um in große Höhen der Atmosphäre und des Weltraumes vorzustoßen.

Dabei erklärt er die physikalische Wirkung des Raketenantriebs prinzipiell richtig. Natürlich spricht Kibaltschitsch von Pulverraketen, erdenkt aber spezielle langsam abbrennende walzenförmige Pulverstäbe. Um eine Steuerung des Geräts zu ermöglichen, sieht der studierte Chemiker eine schwenkbare »Brennkammer« vor.

Aus dem Gefängnis bittet er um die Prüfung seiner Arbeit durch Sachverständige – ohne Erfolg. Sein Anwalt läßt Kopien von der Ausarbeitung anfertigen und an russische Emigranten in der Schweiz versenden. Auch die Prozeßberichterstatter kommen später auf die Weltraumideen des Todeskandidaten zurück. Natürlich nimmt niemand sie ernst.

Kibaltschitsch hat keinerlei Möglichkeiten mehr, seine Ideen auszuprobieren. Die Papiere werden in die Gerichtsakten geheftet mit dem Bemerkung, der Verfasser sei angesichts seines bevorstehenden Todes in geistige Verwirrung geraten. Erst 1918 werden einige fehlerhafte Ausschnitte aus seinen Darlegungen in einer



*Ganswindts Weltenfahrzeug*

Zeitschrift veröffentlicht. Durch einen verblüffenden Zufall kam das gesamte Projekt im Jahre 1954 wieder ans Tageslicht: In einem Moskauer Archiv ist eine Putzfrau mit dem Verbrennen von Makulatur beschäftigt. Einer der alten Bände mit handschriftlichen Eintragungen erscheint ihr zu schade, und sie bringt ihn einem Mitarbeiter. Dieser sieht die Papiere durch und stellt fest, daß es sich um die alten verlorengeglauten Originalaufzeichnungen von Kibaltschitsch handelt.

Kibaltschitsch bezahlte seine revolutionären Gesellschaftsideen mit dem Leben. Er gehörte zur Gruppe der »Volkstümeler« (Narodniki). Während er tagsüber Übersetzungen fertigte und journalistische Arbeiten für liberale Zeitungen leistete, befaßte er sich geheim in den revolutionären Gruppen mit der Herstellung von Waffen und Bomben, mit deren Hilfe dereinst das Winterpalais gestürmt werden sollte. 1879 hatte Kibaltschitsch dem Exekutivkomitee der revolutionären Organisation »Land und Freiheit« (Semlja i Wolja) seine Hilfe angeboten. Am 13. März 1881

fiel der durch seinen Polizeiterror verhaßte Zar Alexander II. einer dieser Bomben zum Opfer, Kibaltschitsch wurde durch Verrat als Mittäter erkannt. Niemand konnte dem Erfinder und Revolutionär helfen. Selbst ein Gnadengesuch Leo Tolstois für die Angeklagten verfehlte seine Wirkung. Sein Name ist bis heute in den Annalen der Raumfahrtidee lebendig geblieben, obwohl er nicht zur detaillierten Durcharbeitung seiner Vorstellungen gekommen war. Nikolai Iwanowitsch Kibaltschitsch war ein Wissenschaftler, der nicht nur über sein Fach, sondern auch über die Gesellschaft im allgemeinen nachdachte und daraus für sich Konsequenzen zog.

Hermann Ganswindt (1856–1934), ein deutscher Vertreter der Generation von Raumfahrtgedenkern, die Erfinder und Träumer zugleich gewesen sind, setzt diese ehrenvolle Reihe fort.

Ganswindt, in seiner Berliner Zeit als »Edison von Schöneberg« bekannt, trat wohl als erster, noch vor Ziolkowski, für die Verwirklichung eines Weltraumfahrzeugs ein, wenngleich er die

Details nicht im einzelnen wissenschaftlich zuverlässig zu erkennen und auszuarbeiten wußte. Ganswindt hielt im Jahre 1881, dem Todesjahr von Kibaltschitsch, in der Berliner Philharmonie einen öffentlichen Vortrag über sein »Weltenfahrzeug«. Obwohl uns der Text dieses Vortrags nicht überliefert ist, können wir uns doch ein ungefähres Bild von seinem Inhalt machen, denn in den darauffolgenden Jahren hat Ganswindt des öfteren über seine Ideen gesprochen und geschrieben. Besonders in seinem Buch »Das Jüngste Gericht«, das er 1899 im Selbstverlag herausbrachte, ist das Prinzip seines Weltenfahrzeugs mit Rückstoßprinzip ausführlich dargestellt.

Es heißt dort unter anderem: »Die Arbeit wird in der Weise geleistet, daß durch eine besonders konstruierte Dynamitpatrone ein kleines Geschoß von einem größeren Stahlblock aus weggeschleudert wird. Erlangt das kleine Geschoß durch die Explosion eine Anfangsgeschwindigkeit von etwa 1000 m/s, so erlangt der darüber befindliche Stahlblock entsprechend seiner größeren Masse nur eine solche von etwa 50 m/s. An diesem Block nun ist die zylindrische Stahlgondel mit sehr elastischen Verbindungsgliedern befestigt, durch welche sie nur in allmählicher Beschleunigung ohne Stöße mit einer Endgeschwindigkeit von vielleicht 20 m in Bewegung gesetzt wird, bis die lebendige Kraft des Blockes, welcher gemeinsam hier die Rolle eines Schwungrades übernimmt, erschöpft ist, worauf eine neue Explosion automatisch erfolgt, welche die durch die erste Explosion erlangte Fahrgeschwindigkeit verdoppelt. So viel Explosionen also erfolgt sind, so viel mal größer ist die Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeuges, ... Die Lenkung wird durch Neigung des oberen Stahlblocks bewirkt. Lenkt man das Fahrzeug nun außerhalb der Atmosphäre in die Bahn eines die Erde umkreisenden Meteors, so bewegt es sich ohne weitere Explosionen und ohne alle Arbeitsverluste mit der einmal erlangten Fahrgeschwindigkeit in einer kreisförmigen oder elliptischen Bahn weiter ...« Niemand, der heute diese Zeilen liest, würde auf die Idee kommen, Ganswindt als einen unzurechnungsfähigen Spinner zu bezeichnen.

Das Rückstoßprinzip ist richtig erkannt, wenn auch Ganswindt nicht bis zu der Einsicht vorzudringen vermochte, daß ein Rückstoß auch von

mit hoher Geschwindigkeit aus einem Körper ausströmenden Gasen bewirkt werden kann.

Obschon man Ganswindt hinsichtlich seiner konkreten Leistung nicht mit Ziolkowski und Oberth vergleichen kann, gehört er doch zu jenen, die über das rein Phantastische hinauszugreifen wagten und in den Bereich technischer Überlegungen vorstießen und somit den Boden bereiten halfen für alle, die später erste bescheidene Raketenaufstiege verwirklichten. Ganswindt hatte, wie so viele einfache Menschen seiner Generation, Not und Elend aus eigener Erfahrung kennengelernt. Zahlreichen schöpferischen Ideen verschrieben, mußte er erkennen, daß nur diejenigen seiner Gedanken auf fruchtbaren Boden fielen, die sich unmittelbar praktisch verwerten ließen, wie z. B. seine Fahrräder mit Freilauf oder sein Feuerwehrwagen. Was war dagegen das »Weltenfahrzeug«?

In einer Eingabe an den Kaiser und König von Preußen, die er 1892 abfaßte, bekennt sich Ganswindt zu der Aufgabe, das in der Welt herrschende Elend zu beseitigen. Er habe sich viele Jahre mit dieser Frage beschäftigt und ihm seien die »Mittel und Wege klar geworden, ... wie das Elend ohne jede Ungerechtigkeit gegen irgendeinen Menschen oder Stand aus der Welt geschafft werden kann«.

Obschon das »Projekt« zur Beseitigung des sozialen Elends von wenig Einsicht in gesellschaftliche Prozesse getragen ist, sollte man doch Ganswindts Bemühung nicht einfach als »Schrulligkeit« abtun. Vielmehr zeugt sie von dem Gefühl der Verantwortung eines erfinderischen Grüblers der Gesellschaft gegenüber und damit von einer prinzipiellen Haltung, die manchem späteren Vertreter der Wissenschaft und Technik leider fehlte.

Konkreter auf die gesellschaftliche Rolle der Raumfahrt bezogen, finden wir solche Überlegungen bei Ziolkowski. Schon in seinem klassischen Science-fiction »Außerhalb der Erde« (entworfen 1896) stellt er eine internationale Mannschaft als Besatzung seines kosmischen Flugkörpers vor und behandelt wie selbstverständlich das Raumfahrtproblem nicht als die technische Aufgabe einer Nation, sondern der gesamten Menschheit. Die Erzählung, in der viele technische Details aus späteren Arbeiten Ziolkowskis

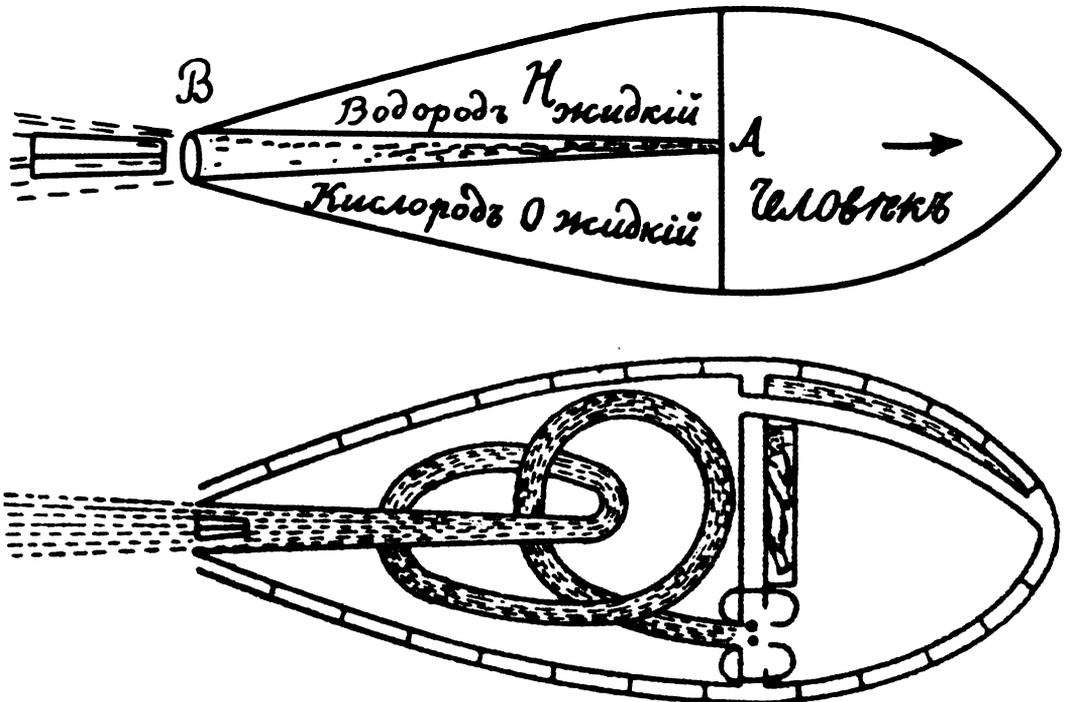
vorweggenommen sind, spielt im 21. Jahrhundert. In dem Kapitel »Der Zustand der Menschheit im Jahre 2017« entwirft Ziolkowski das Bild einer geeinten, friedlichen Menschheit, die sich gerade anschickt, ihre Fähigkeiten zur Eroberung des Weltalls einzusetzen: »Auf der ganzen Erde gab es nur eine einzige Regierung – die aus gewählten Vertretern aller Staaten bestand. Sie existierte schon seit mehr als siebenzig Jahren und löste alle die Menschheit berührenden Probleme. Kriege waren unmöglich. Meinungsverschiedenheiten zwischen den Völkern wurden auf friedlichem Wege beigelegt. Die Armeen waren stark eingeschränkt ... Die Bevölkerung hatte sich unter recht glücklichen Verhältnissen in den letzten hundert Jahren verdreifacht. Handel, Technik, Kunst und Ackerbau hatten einen hohen Leistungsstand. Gewaltige Metall-Luftschiffe mit einer Tragkraft von Tausenden von Tonnen machten Verkehr und Warenbeförderung angenehm und billig ...

Friedlich ging die Menschheit auf dem Wege des Fortschritts voran ... Gedanken an die Mög-

lichkeit, die Weiten des Weltraums zu bezwingen, waren schon längst aufgetaucht ... Aber diese Ideen waren fast vergessen, und erst unsere Gesellschaft von Gelehrten ließ sie wieder auferstehen und setzte sie zum Teil in die Tat um.«

Gewiß finden wir auch hier utopische Gedanken, die nichts ahnen lassen von den außerordentlichen Schwierigkeiten, die einem solch lohnenden Zukunftsbild im Wege stehen. Aber die Verwirklichung von Raumfahrt erscheint als das krönende Ziel einer menschlichen Gesellschaft, die sich von dem Übel des Krieges befreit hat, und keineswegs als ein Mittel, militärische Projekte zu verwirklichen. Von dieser gesellschaftlichen Verantwortung ging Ziolkowski zeit seines Lebens aus. »Mehr als alles interessierte mich«, schrieb der Gelehrte im Jahre 1935 noch kurz vor seinem Tode, »was den Leiden der Menschheit ein Ende setzen könnte, ihr Macht, Reichtum, Wissen und Gesundheit verleiht.« Als kurz nach dem Sieg der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution in Moskau eine Sozialistische Akademie für Gesellschaftswissenschaften gegründet wurde,

Originalentwürfe für bemannte Raketen von Ziolkowski (1903)



erklärte Ziolkowski sofort seine Bereitschaft zur Mitarbeit und unterbreitete den Vorschlag, ein Forschungsthema »Die sozialistische Ordnung der Menschheit« zu bearbeiten. Nach der Ernennung Ziolkowskis zum Mitglied der Akademie konkretisierte er das Thema. Die »Grundlagen der Moral« und »Vergangenheit und Zukunft der Menschheit« erschien für ihn in enger Verbindung mit dem Problem »Der Reichtum des Weltalls«, den die Raumfahrt den Menschen zugänglich machen sollte.

Auch Rudolf Nebel dachte über Sinn und Zweck wissenschaftlicher Neuerungen nach. Besonders nach den Erfahrungen des ersten Weltkrieges erschien es ihm als ein lohnenswertes Ziel, technische Großprojekte für eine friedliche Zukunft der Menschheit zu entwerfen und für deren Förderung einzutreten. Rudolf Nebel traf sich nach dem Ende des ersten Weltkrieges mit Wissenschaftlern, um darüber zu beraten, wie man einen zweiten Weltkrieg verhindern könne. Zu den Gelehrten, die an diesem Treffen teilnahmen, gehörten unter anderem Albert Einstein sowie Dr. F. S. Archenhold, der Gründer und Direktor der Treptow-Sternwarte.

Unter der Losung »Nie wieder Krieg« gründete man eine internationale Forschungsgesellschaft »Panterra«, deren 2. Vorsitzender Nebel wurde, während Archenhold die Geschäftsführung übernahm. Der Katalog der von dieser Gesellschaft angestrebten Projekte liest sich wie die Zukunftsvision einer auf ausschließlich friedliche Ziele gerichteten internationalen Forschungsgemeinschaft. Die Gesellschaft setzt sich unter anderem zum Ziel:

die Entwicklung des Raketenflugs zum Zwecke der Raumfahrt,

die Entwicklung der Atomenergie für friedliche Zwecke,

die Schaffung von Robotern zur Beseitigung körperlich schwerer Arbeit,

Kraftwerke zur Ausnutzung der Erdwärme,

Fruchtbarmachung der Wüste Sahara,

Wind- sowie Ebbe- und Flut-Kraftwerke und Einrichtung einer internationalen Erfinderzentrale und Verwertungsstelle für Erfindungen.

Die Projekte waren keineswegs utopisch. Für alle von der »Panterra« angestrebten Ziele zeigten sich bereits technische Realisierungsmöglich-

keiten. Doch gerade dieses Programm machte deutlich, daß die umfassende Verwirklichung internationaler Forschung zum ausschließlichen Nutzen der Menschheit an gesellschaftliche Voraussetzungen gebunden ist, die damals keineswegs gegeben waren. Dies mußten die Initiatoren der »Panterra« betroffen erkennen, als ihre Vereinigung nach der Machtergreifung der Nazis kurzerhand verboten wurde. Nebel vertrat allerdings auch die illusionäre Auffassung, daß die Entwicklung einer Fernwaffe – er dachte an eine für militärische Zwecke einsetzbare Rakete von rund 1000 km Reichweite – den zweiten Weltkrieg hätte verhindern können. In dieser Hinsicht verfocht er die naive Hypothese von der »technischen Überwindbarkeit des Krieges«, die übrigens auch der bedeutende deutsche Raketenpionier Eugen Sänger später propagierte.

Leider waren die meisten der von den Raketen- und Raumfahrtpionieren entwickelten sozialen und gesellschaftlichen Vorstellungen – bei aller subjektiven Ehrlichkeit – von der Realität weit entfernt. Nichts macht dies deutlicher als die Inbesitznahme der Ideen deutscher Forscher durch die Nazis und die Ausrichtung aller diesbezüglichen Forschungsarbeiten auf rein militärische Ziele. Sie befanden sich damit von Anfang an im krassen Widerspruch zum erklärten Willen jener hervorragenden Denker, die mit ihren Arbeiten die Grundlagen der Raketentechnik geschaffen hatten. Außerordentlich aufschlußreich und erstaunlich weitsichtig ist dies bereits im Jahre 1928 von A. Lowitsch erkannt und ausgesprochen worden. In seinem Aufsatz »Physische und gesellschaftliche Triebkräfte der Rakete« schrieb Lowitsch im fünften Jahrgang der Zeitschrift »Urania« unter anderem: »... Woher stammt nun das leidenschaftliche Interesse an dem Raketenproblem? Ist es nur die sportliche Begeisterung an Geschwindigkeitsrekorden? Oder sollten es nicht doch gesellschaftliche Triebkräfte sein, die diesem Raketenproblem opferbereite Pioniere und auch die Mittel zu Versuchen heranschaffen, trotzdem doch von einer praktischen Verwendbarkeit vorläufig so gut wie nichts abzusehen ist? ... Wir fürchten, es sind die unheimlichen Triebkräfte des Imperialismus, die hier wieder einmal ihr Unwesen treiben könnten. Die Rakete würde dann unter Umständen die

Fortsetzung der »dicken Berta« und des 120-km-Ferngeschützes bedeuten ... Für das Proletariat bringt also auch das Raketenproblem nur die eindringliche Mahnung, die Kluft nicht immer breiter werden zu lassen zwischen technischem Vorwärtsschritt einerseits und gemütlichem Beharren in überholten Gesellschaftszuständen andererseits.« Diese Erkenntnis erinnert unmittelbar an Brechts Schlußmonolog des Galilei, wo es heißt: »Eine Menschheit, stolpernd in diesem tausendjährigen Perlmutterdunst von Aberglauben und alten Wörtern, zu unwissend, ihre eigenen Kräfte voll zu entfalten, wird nicht fähig sein, die Kräfte der Natur zu entfalten ... Wenn Wissenschaftler, eingeschüchtert durch selbstsüchtige Machthaber, sich damit begnügen, Wissen um des Wissens willen anzuhäufen, kann die Wissenschaft zum Krüppel gemacht werden, und eure neuen Maschinen werden nur neue Drangsale bedeuten. Ihr mögt mit der Zeit alles entdecken, was es zu entdecken gibt, und euer Fortschritt wird nur noch ein Fortschreiten von der Menschheit weg sein. Die Kluft zwischen euch und ihr kann eines Tages so groß werden, daß euer Jubelschrei über irgendeine neue Errungenschaft von einem universalen Entsetzensschrei beantwortet werden könnte.«

Die elementare Tatsache, daß letztlich wissenschaftlicher Fortschritt zum Nutzen der Menschen ohne gesellschaftlichen Fortschritt nicht erzielt werden kann, bringt Lowitsch in seiner Betrachtung zu den Triebkräften der Raketenforschung unüberhörbar zum Ausdruck, indem er darauf hinweist, daß die erreichte Stufe der Naturbeherrschung »dringend ein sozialistisches Weltvolk« erfordert, »dem ›Krieg‹ nur noch ein Märchen aus uralten Zeiten bedeutet. Dann könnten Raketen forschend im Raum herum-schwirren ... In einer Welt aber, die noch als Beutestück angesehen wird zwischen kapitalistischen Cliques, liegt die Gefahr sehr nahe, daß die Rakete sich entpuppt als eine neue ›Büchse der Pandora‹.«

## Düstere Wolken über Usedom

Am 1. Mai 1933 auf dem Roten Platz in Moskau: Eine faszinierende Zukunftsvision erklingt aus den Lautsprechern, übertragen von einer eigens für diesen Tag aufgenommenen Schallplatte. Der greise und kranke Vorausdenker der Raumfahrt, K. E. Ziolkowski, hat seine Botschaft zur Maiparade in der sowjetischen Hauptstadt ins Mikrofon gesprochen und ruft der vieltausendköpfigen Menge zu: »Genossen, die Zeit schreitet voran! Heldenmütige Männer werden neue Luftverkehrswege erschließen – von der Erde zum Mond, von der Erde in den Marsbereich.« Unter den aufmerksamen Zuhörern dieser ungewöhnlichen Ansprache befinden sich auch der Botschafter des faschistischen Deutschlands und sein Militärrattaché. Eilfertig wird ein Bericht über die Maifeier und natürlich auch über die Rede Ziolkowskis in die »Reichshauptstadt« geschickt, wo auch Hauptmann Dornberger, der Mitarbeiter der Ballistischen und Munitionsabteilung des Heereswaffenamtes, davon erfährt. Braun, der damals bereits seit einigen Monaten Mitarbeiter bei Dornberger ist, soll auf diesen Bericht geäußert haben: »Wir müssen sehr fleißig sein, sonst kommen uns die Russen zuvor. Ziolkowski träumt unseren Traum. Auch er will das Tor zum Weltall aufstoßen.« Konnte Braun damals wirklich noch glauben, das Heereswaffenamt sei der geeignete Förderer der Idee vom Flug ins Weltall? Dornberger jedenfalls hatte keineswegs Raumfahrt im Sinn.

Braun promovierte inzwischen an der Berliner Universität mit der Arbeit »Konstruktive, theoretische und experimentelle Beiträge zu dem Problem der Flüssigkeits-Rakete.« Das allgemein übliche Verfahren, wissenschaftliche Ergebnisse durch Veröffentlichung der internationalen Gemeinschaft der Forscher zugänglich zu machen, findet auf Brauns Dissertation keine Anwendung. Zwischen dem »Reichswehrministerium« und dem »Ministerium für Wissenschaft, Kultur und Volksbildung« wird vielmehr vereinbart, daß die Arbeit zum »Staatsgeheimnis« erklärt wird und samt den Beurteilungen in den Aktenschränken des »Reichswehrministeriums« verschwindet.

Auf der Versuchsstelle in Kummersdorf-West werden mit einem ständig wachsenden Mitarbei-

terstab Experimente mit Hilfe speziell errichteter Prüfstände für Flüssigkeitsraketen durchgeführt. Wer sich unter den zahlreichen Privatforschern den Bedingungen des »Heereswaffenamtes« fügt und von Dornberger für brauchbar erachtet wird, kann hier mitarbeiten. Die Untersuchungen richten sich vor allem auf zahlreiche technische Detailprobleme, deren Lösung für die Entwicklung einer leistungsstarken Flüssigkeitsrakete entscheidend ist: Mischungsverhältnis, Einspritzsysteme und anderes.

Man ging daran, das »Aggregat 1« (A 1) zu entwerfen. Der Flugkörper wies eine Länge von 1,4 m und einen Durchmesser von 30 cm auf. Am Kopf befand sich ein 40 kg schwerer Rotationskörper zur Stabilisierung. Mit einem Schub von 300 kg betrug die Anfangsbeschleunigung etwa 1 g. Das Triebwerk wurde nach Überwindung zahlreicher Anfangsschwierigkeiten schließlich zum Funktionieren gebracht.

Schon dachte man an größere, leistungsstärkere Triebwerke, zunächst bis 1000 kg Schub. Viele scheinbar schon gelöste technische Probleme traten erneut in den Vordergrund, denn die gewonnenen Erfahrungen ließen sich nicht ohne weiteres auf größere Brennkammern übertragen. Vor allem Kühlprobleme und Stabilisierungsfragen erforderten umfassende Untersuchungen. Im Dezember 1934 erreichten zwei Raketen des Typs A 2 bei Probeaufstiegen von der Nordseeinsel Borkum eine Steighöhe von 2200 m. Die faschistischen Behörden der Reichshauptstadt frohlockten. Sie glaubten sich bereits nahe an dem Ziel einer militärisch einsetzbaren Rakete mit etwa 50 km Reichweite. Davon war man natürlich noch weit entfernt. Die Versuchsstelle Kummersdorf war für derlei großangelegte militärische Entwicklungen zu eng geworden, und Dornberger begann, die Trommeln zu rühren, um Geld für eine neue Experimentierstätte wesentlich größeren Ausmaßes zu erhalten. Als im März 1936 der Oberbefehlshaber der faschistischen »Wehrmacht«, von Fritsch, in Kummersdorf herumgeführt wird, gelingt es Dornberger und Braun, ihn davon zu überzeugen, daß eine umfassende Unterstützung der Arbeiten mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer äußerst brauchbaren Waffe führen würde.

Wenige Wochen später stellte sich auch der

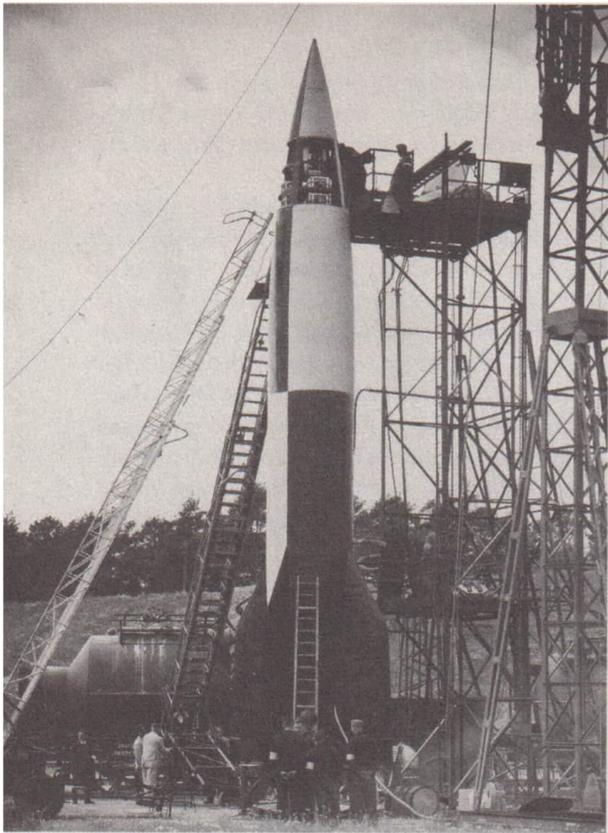
Chef der Entwicklungsabteilung des »Reichsluftfahrtministeriums«, Oberstleutnant von Richthofen, in Kummersdorf ein. Ihm schildern Dornberger und Braun beredt, daß sich Raketen auch gut als Starthilfe für schwere Bomber verwenden lassen – genau das richtige Argument. Richthofen stellt fünf Millionen Mark zur Verfügung. Das Heer bietet sechs Millionen – es will die Führung bei dem Unternehmen behalten.

Von Braun hat an der Nordspitze der Insel Usedom ein stilles Fischerdorf entdeckt, das ihm für die geplanten Zwecke geradezu ideal erscheint: Peenemünde am Usedomer Haken. Schnell einigt man sich, dort die »Heeresversuchsanstalt Peenemünde« (HVA) einzurichten. Für 750 000 Mark verkauft der Wolgaster Bürgermeister das Gelände an den Beauftragten des Luftfahrtministeriums, und bereits im August 1936 beginnen die Bauarbeiten. Im Frühjahr 1937 siedeln die knapp hundert Mitarbeiter von Kummersdorf auf die Ostseeinsel um. Wernher von Braun, gerade 25 Jahre alt, wird der technische Direktor der Kriegeraketen-Forschungsanstalt.

In nur vier Jahren, bis zum Jahre 1940, investierten die Machthaber des Dritten Reiches insgesamt mehr als 500 Millionen Mark in die Peenemünder Einrichtungen. Zeitweise arbeiteten bis zu 20 000 Menschen in Peenemünde. Die gleichgeschaltete Presse der Nazi-Machthaber hatte schon 1935 strikte Anweisung erhalten, das Wort »Rakete« mit keinem Wort zu erwähnen.

In Peenemünde verwirklichten die Nazis ihr Ziel, eine vermeintlich kriegsentscheidende »Wunderwaffe« zu entwickeln, die als »Aggregat 4« (A 4) – und in der Sprache der Nazipropaganda als »Vergeltungswaffe 2« (V 2) – unruhlich in die Geschichte eingegangen ist. Natürlich glaubte niemand in Peenemünde daran, daß hier etwas für die Raumfahrt getan wird. Im Gegenteil: Dornberger hatte von Anfang an nichts anderes als die Waffentechnik im Auge. In seinen Erinnerungen beklagt er sich sogar darüber, daß er seine jungen Mitarbeiter erst vom Raumfahrtgedanken abbringen mußte.

Dornberger als Kommandeur der HVA und v. Braun sowie die anderen leitenden Mitarbeiter taten alles, um das Projekt, eine zum militärischen Einsatz geeignete Rakete großer Reichweite zu schaffen, möglichst rasch und zuverlässig



*Vorbereitungen zum Start eines A4, 1942*



*Start eines A4 vom Prüfstand 7 in Peenemünde, 1943*

sig zum Ziel zu führen. Dies war allerdings angesichts der zu lösenden Probleme und der während des Krieges wachsenden materiellen Schwierigkeiten nicht einfach. So strebten sie für die Entwicklung des A 4 die Einstufung unter die Vorhaben »Besonderer Dringlichkeit« an.

Im März 1939 erschien Hitler auf der Versuchsstelle in Kummersdorf. Er zeigte sich aber von den Vorführungen wenig beeindruckt und strich im Jahre 1940 das Projekt sogar wieder von der Dringlichkeitsliste.

Die bürgerliche Geschichtsschreibung hat in diesem Zusammenhang die Legende entwickelt, es sei vor allem Hitlers Unfähigkeit, diese technische Neuerung in ihrer Tragweite zu erkennen, zuzuschreiben, daß der von den Faschisten angezettelte Weltkrieg schließlich verlorenging. Daß diese Einschätzung barer Unsinn ist, geht schon aus der Tatsache hervor, daß es trotz der vor-

übergehenden Streichung nicht zum Stillstand der Raketenentwicklung kam. Der Oberbefehlshaber des faschistischen Heeres, von Brauchitsch, kümmerte sich nämlich wenig um die Meinung des »Führers« über Raketen und kommandierte sogar noch insgesamt 4 000 Mann Frontsoldaten nach Peenemünde ab. Die faschistische Aggressionsarmee hatte gerade den Sieg über Frankreich errungen, und in den Schubladen der Generäle lag bereits der »Barbarossa-Plan«: Im Blitzkrieg sollte die UdSSR vernichtend geschlagen werden. Binnen zwei Monaten, so glaubten die Nazis, würde es ihnen gelingen, den »Koloß auf tönernen Füßen«, wie sie die Sowjetunion in ihrer Propagandasprache nannten, weitgehend zu besiegen. Die dazu ausgearbeitete Taktik bedurfte keiner Raketen. Die faschistische Generalität war lange davon überzeugt, daß vor allem die Luftwaffe, unterstützt durch schnelle

Panzerverbände, imstande sein würde, auch dieses größtenwahnsinnige Ziel ihrer Eroberungspolitik zu erreichen.

Die in Peenemünde weiterlaufenden Arbeiten, die nach Meinung Dornbergers und v. Brauns schneller hätten vorankommen können, wenn ihnen größere Unterstützung zuteil würde, führten schließlich im Jahre 1942 zur vorläufigen Fertigstellung des »Aggregats 4«, einer 14 m langen Rakete mit einem Startgewicht von 12,9 t. Der größte Durchmesser des Flugkörpers betrug 1,65 m. Die vier Heckflossen zur Flugstabilisierung hatten jeweils eine Spannweite von 3,55 m.

Die Leermasse betrug trotz Verwendung eines mit Stahlblech umhüllten Spantengerüsts immer noch knapp 4 t (Treibstoffmasse etwa 8,9 t). Als Treibstoffe fanden Alkohol und Flüssigsauerstoff sowie Hilfsstoffe für das Turbopumpenaggregat zur Treibstoffförderung Verwendung. Der Startschub des Triebwerkes mit einer maximalen Brenndauer von 68 s betrug 260 kN bei einer Brennschlußgeschwindigkeit von 5600 km/h. Zwecks einer automatisch ablaufenden Steuerung war ein Kreiselssystem eingesetzt. Als Lenkorgane dienten Graphitstrahlruder.

Unbestreitbar stellte das »Aggregat 4« für die damalige Zeit eine beträchtliche Leistung auf dem Gebiet der Raketentechnik dar. Zahlreiche der dort realisierten technischen Einzelheiten sind bis heute fester Bestandteil der modernen Raketentechnik. Die politischen Umstände seines Zustandekommens jedoch und der Zweck seiner Verwendung durch die dunkelsten Kräfte deutscher Geschichte lassen den Januskopf dieser technischen Leistung schmerzlich erkennen.

Hermann Oberth, dessen Ideen die wissenschaftlich-technische Basis für die Peenemünder Entwicklungen darstellten, weilte zu dieser Zeit in Mediasch in Rumänien. Im April 1937 lud man ihn jedoch nach Berlin zu einem Gespräch mit Dornberger, v. Braun und Vertretern des Luftfahrtministeriums. Oberth, der nach wie vor seine Raketenideen realisieren wollte, gab bereitwillig auf manche Detailfrage Auskunft und erhielt das Versprechen, an der Raketenentwicklung bald unmittelbar teilnehmen zu können. Von der Existenz Peenemüdes und dem Zweck der dortigen Arbeiten erfuhr er nichts. Nach Mediasch zurückgekehrt, arbeitete er dort theore-

tisch weiter, denn für Experimente mangelte es vor allem an Flüssigsauerstoff. Daher begab er sich mit einem Forschungsauftrag in der Tasche 1938 nach Wien. 1940 arbeitete er an der Technischen Hochschule Dresden an der Entwicklung einer Treibstoffpumpe.

Schon 1939 waren die faschistischen Truppen in das Memelgebiet eingefallen und hatten auch Rumänien weitgehend unterworfen. Eine Rückkehr nach Mediasch wird Oberth nicht gestattet. Vielmehr wird er im Juli 1941 nach Peenemünde beordert. Von einer entscheidenden Mitarbeit Oberths an den faschistischen »V-Waffen« kann schon deshalb keine Rede sein, weil zu diesem Zeitpunkt die Entwicklung im wesentlichen abgeschlossen war. 20000 Mitarbeiter, alle technischen Einrichtungen und die bereits unmittelbar vor Startversuchen stehende A 4 ließen keinen Zweifel zu: für Oberth gab es hier nichts zu tun! Dies sollte sich bald bestätigen. Oberth erhielt den Auftrag, eine Interkontinentalrakete zu konstruieren. Mit dem Kommentar »Eine sehr interessante und lehrreiche Arbeit« ließ v. Braun sie in den Akten verschwinden. Oberth hatte bald den Wunsch, aus Peenemünde fortzukommen. Seinem Antrag wurde schließlich stattgegeben, und Ende 1943 wurde er nach Reinsdorf nahe Wittenberg versetzt, wo er sich mit der Entwicklung einer Feststoffrakete zu befassen hatte.

Das A 4 wurde am 3. August 1942 erstmals erfolgreich gestartet. Binnen knapp 5 Minuten Flugzeit erreichte es eine Gipfelhöhe der ballistischen Flugbahn von 90 km. Die insgesamt überbrückte Entfernung betrug 192 km. Dornberger feierte das Ergebnis als einen Tag von »entscheidender Bedeutung« in der Geschichte der Technik und meinte: »Wir haben mit unserer Rakete in den Weltraum gegriffen und zum ersten Male, auch das werden die Annalen der Technik verzeichnen, den Weltraum als Brücke zwischen zwei Punkten auf der Erde benützt ... Dieser 3. Oktober 1942 ist der erste Tag eines Zeitalters neuer Verkehrstechnik, dem der Raumschiffahrt!«. Viele bürgerliche Raumfahrtshistoriker haben später in dasselbe Horn geblasen und damit den untauglichen Versuch unternommen, dem faschistischen Deutschland, das gerade dabei war, ganz Europa in Schutt und Asche zu legen, den Beginn der Raumfahrtära als Verdienst

zuzuschreiben. In Wirklichkeit kann von einem »Raumfahrtereignis« im Zusammenhang mit dem Start von A 4 natürlich keine Rede sein. Und Dornbergers stolz hervorgehobene »Brücke zwischen zwei Punkten auf der Erde« erwies sich schon bald als jene Leistung, die den Erwartungen ihrer Auftraggeber entsprach: eine Vernichtungsbrücke auf Raketenbasis gegen »Feindesland«.

Das A 4 markiert nicht den Beginn der Raumfahrtära, sondern vielmehr den Beginn einer unrühmlichen Eskalation der Waffentechnik: der weitreichenden strategischen Raketenwaffen. Am Kriegsverlauf haben die A 4 nichts geändert.

Im Jahre 1943 ließ sich Hitler erneut über den Stand der Raketenentwicklung informieren. Der Hintergrund ist klar: Der »Führer« hatte nicht etwa inzwischen ein neues Verständnis für technische Entwicklungen erlangt; vielmehr waren die Nazitruppen im Januar 1943 bei Stalingrad vernichtend geschlagen worden, und die Offensive der Roten Armee hatte die Wende des zweiten Weltkrieges eingeleitet. Die ganze Hoffnung der faschistischen Heerführer war jetzt eine »Wunderwaffe«, mit deren Hilfe es ihnen gelingen könnte, wenigstens England zum Ausscheiden aus dem Krieg zu zwingen. Deshalb kam es 1943 zur erneuten Einordnung der Raketenentwicklung in die Stufe »höchster Dringlichkeit«.

Eine geradezu hektische Jagd um Erfolge begann: In Nordhausen, am Rand des Harzes, richteten die Faschisten in einem unterirdischen Stollen eine Produktionsstätte für die von der Nazipropaganda nunmehr als »Vergeltungswaffe Zwei« (V 2) bezeichneten Raketen ein. Unter unmenschlichen Bedingungen mußten hier etwa 15 000 Antifaschisten aus verschiedenen Ländern Europas, die man aus dem Konzentrationslager Buchenwald geholt hatte, am Bau der Mordwaffen mitarbeiten, ebenso wie im KZ »Grube Richard« in der Tschechoslowakei.

Sowohl in Peenemünde als auch vor allem in Nordhausen waren mutige antifaschistische Kämpfer trotz der äußerst gefährlichen Umstände aktiv im Widerstand tätig. Durch Sabotageakte versuchten sie, die Produktion der Raketen zu behindern, in der Hoffnung, den Krieg dadurch zu verkürzen. Einer dieser opferbereiten deutschen Antifaschisten beförderte am 3. No-

vember 1939 ein Päckchen in den Briefkasten der britischen Botschaft im norwegischen Oslo. Der Inhalt: zahlreiche Unterlagen über das Treiben in der faschistischen Heeresversuchsanstalt in Peenemünde. Der Urheber dieses warnenden Berichts war Dr. Hans Heinrich Kumerow, Mitglied der bekannten Widerstandsgruppe Boysen-Harnack, der »Roten Kapelle«. Der britische Geheimdienst nahm die Informationen allerdings nicht für bare Münze. Er glaubte vielmehr, Zielscheibe einer von den Faschisten ausgetüftelten Täuschung zu sein. Erst später wurde den Alliierten, besonders aber den Engländern, definitiv bekannt, welche düsteren Wolken sich über der Insel Usedom zusammengezogen hatten.

1942 gelang es der faschistischen Geheimen Staatspolizei die Widerstandsgruppe Rote Kapelle weitgehend aufzudecken; insgesamt wurden 81 Todesurteile verhängt. Auch Heinrich Kumerow und seine Frau zählten zu den Opfern des Widerstands.

Nachdem den Engländern klar war, daß sich die neue deutsche Waffe vor allem gegen sie richten sollte, flogen sie am 17. August 1943 einen Angriff gegen die »Insel ohne Leuchtfeuer«. Insgesamt 600 britische Bomber und 45 Nachtjäger warfen, wie der britische Rundfunk meldete, 1,5 Mill. kg Sprengbomben und Brandbomben über Peenemünde ab. Fast achthundert Menschen starben in dieser Nacht, darunter zahlreiche sowjetische Kriegsgefangene, die von den Faschisten zu Bauarbeiten eingesetzt worden waren.

Der Anlauf der Massenproduktion von »V-Waffen« wurde dadurch jedoch nicht verhindert. Die »V-Waffen« waren vielmehr im Jahre 1944 einsatzbereit, und zwar in erheblichem Umfang. Nach den Mitteilungen von Dornberger wurden 9300 »V 1« gegen England geschossen, von denen etwa zwei Drittel die Küste erreichten. Zehntausende »V 1« wurden gegen andere Ziele gefeuert. Von den 4300 »V 2« wurden etwa 1500 gegen England gerichtet und 2100 gegen den Hafen Antwerpen. Zahlreiche wehrlose Zivilisten wurden Opfer des barbarischen Raketenerrors der Nazis, ohne daß der zweite Weltkrieg dadurch die von seinen Urhebern erwünschte Wende hätte erfahren können. 2724 Tote und 6467 Schwerverwundete lautete die Bilanz der faschistischen »V 2«-Einsätze.

Bis heute behaupten bürgerliche Historiker, daß die ausgebliebene Wende zugunsten der Faschisten einzig an der zu späten Fertigstellung der V-Waffen gelegen hätte. Dornberger scheute angesichts der Millionen Toten des faschistischen Aggressionskrieges nicht davor zurück, in seinem Erinnerungsbuch »Peenemünde« die Entwicklung der »V«-Raketen mit den Worten zu feiern: »Wir wissen ..., daß das, was wir geschaffen haben, neu, einmalig und aus der Geschichte der Technik niemals auszulöschen ist. Wir haben eine der ganz großen Aufgaben der Menschheit, der Umstände nicht achtend, aufgegriffen und eine erste brauchbare Lösung gefunden. Wir haben die Tore geöffnet, den Weg in die Zukunft gewiesen.« – Der Umstände nicht achtend ...

Die Niederlage des Faschismus aber erklärt sich Dornberger so: »Mangelnder Weitblick der führenden Reichsstellen und mangelndes Verstehen der technischen Gegebenheiten waren daran schuld.« Wie hatte doch Lowitsch in seinen Überlegungen zu den Triebkräften der Raketenentwicklungen geschrieben? Es drohe die Gefahr, daß die Rakete sich als eine neue »Büchse der Pandora« entpuppen würde.

Pandora, eine Gestalt der griechischen Mythologie, war jene Dame, die Zeus gegen Prometheus als Plage der Menschheit erschaffen hatte. Die Allbegabte, so die deutsche Übersetzung ihres Namens, war nicht nur klug, sondern auch schön, damit sie von den Männern geliebt werden konnte. Schließlich wurde sie die Braut des Epimetheus, des Bruders von Prometheus. Die Götter hatten ihr einen versiegelten Krug mitgegeben, die »Büchse der Pandora«, die alle Übel enthielt, die die Menschheit jemals bedrohen und plagen sollten. Als nun Pandora, von weiblicher Neugier befallen, diesen Krug öffnete, entwichen alle Sorgen und Schmerzen und kamen über die Menschheit.

In der Tat: Raketen zu entwickeln und zu bauen, das war für viele Techniker zu einer faszinierenden und verlockenden Aufgabe geworden, seit sich gezeigt hatte, daß die technische Entwicklung einen Stand erreicht hatte, der die Verwirklichung dieses Vorhabens in den Bereich des Möglichen rückte. Die dabei entstehenden neuen Erkenntnisse ließen neue Horizonte aufleuchten, die Auseinandersetzung mit der vierten Umwelt

des Menschen, dem Kosmos. Aber in der gesellschaftlichen Wirklichkeit des Faschismus ging es hierbei nicht um Erkenntnisuche, sondern von Anbeginn um eine zweckgerichtete militärische Anwendung wissenschaftlich-technischer Kenntnisse.

Jene Forscher, die sich vom Standpunkt einer nicht existierenden »reinen Wissenschaft und Technik« an der Entwicklung der »V-Waffen« beteiligten, haben sich moralisch mitschuldig gemacht am Tod jener Menschen, die durch ihre Raketen starben.

»Hätte ich widerstanden«, läßt Brecht seinen Galilei am Schluß des Stückes resümieren, »hätten die Naturwissenschaftler etwas wie den hippokratischen Eid der Ärzte entwickeln können, das Gelöbnis, ihr Wissen einzig zum Wohle der Menschheit anzuwenden!«

## Der sowjetische Weg zum Flüssigkeitstriebwerk

Als Ziolkowski im Jahre 1935 seine Augen für immer schloß, waren seine Ideen in der Sowjetunion äußerst lebendig. Zahlreiche Forscher hatten, anfangs teilweise unabhängig von den Arbeiten Ziolkowskis, erhebliche Erkenntnisse auf dem Gebiet der Theorie und Praxis der Rückstoßapparate erzielt. Einer der bedeutendsten von ihnen war Friedrich Arturowitsch Zander (1887–1933).

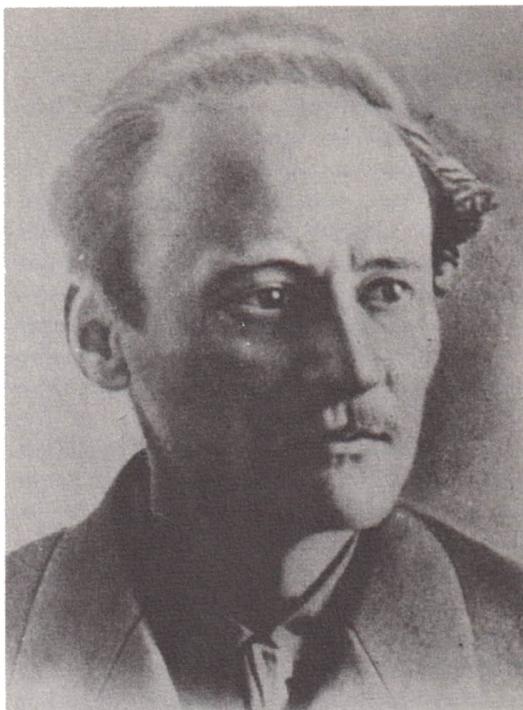
In seinen 1927 geschriebenen autobiographischen Notizen erzählt Zander, daß er schon früh durch seinen naturwissenschaftlich interessierten Vater, einen in Riga ansässigen lettischen Arzt, auf die Idee gebracht wurde, man müsse zu den Sternen fliegen. Zanders Vater hatte oft erzählt, daß möglicherweise auf anderen Himmelskörpern Wesen lebten, die den uns bekannten ganz unähnlich seien. Auch sah Zander im Zoologischen Museum zu Riga unmittelbare Boten aus dem Universum in Gestalt der dort ausgestellten Meteorite. Als Student des Rigaer Polytechnischen Instituts kaufte er sich ein astronomisches Fernrohr und schlug dem Rektor des Instituts die Gründung einer »Studentengesellschaft für Luftfahrt und Flugtechnik« vor. Besonders beein-

druckte ihn die große Annäherung des Planeten Mars an die Erde während der Marsopposition von 1909. Während dieses mit dem Teleskop ausführlich verfolgten Ereignisses reifte in ihm der Gedanke: Der Mensch muß dem Mars einen Besuch abstatten – nicht mit dem Fernrohr, sondern unmittelbar.

Theoretische Untersuchungen über mögliche Flugbahnen und die Berechnung von Rückstoßkräften sowie praktische Experimente zur Einrichtung einer kosmischen Orangerie beschäftigten ihn in den folgenden Jahren neben seiner eigentlichen Berufstätigkeit als Ingenieur-Technologe in einem Moskauer Gummiwerk. Auf einer Erfinderkonferenz in Moskau im Jahre 1920, auf der Zander über das Projekt eines interplanetaren Fluges vortrug, zählte W. I. Lenin zu seinen aufmerksamen Zuhörern. »Anfangs war ich sehr aufgeregt und nervös«, berichtete Zander später einem Freund gegenüber, »aber dann, als ich sah, wie aufmerksam Lenin meinem Vortrag zuhörte, wurde ich ruhiger und erzählte über mein Projekt, über die Möglichkeiten des Fluges des Menschen zu andern Planeten ... Nach dem Vortrag lud mich Lenin ein ... Lenin fragte mich so einfach und herzlich nach meiner Arbeit, daß ich ... sehr ausführlich über meine Arbeiten, meine Träume erzählte ... Am Ende des Gesprächs schüttelte mir Lenin fest die Hand, wünschte mir Erfolg und versprach Unterstützung.« Der Eindruck dieses kurzen Gesprächs auf Zander war außerordentlich. Die ganze Nacht darauf konnte er nicht schlafen: »Es war Krieg, es gab kaum Kohle, kaum Brot, aber der Mensch, der diesen Staat leitet, nimmt sich die Zeit, sich etwas über meine interplanetaren Flüge anzuhören.«

In diesem Bericht enthüllt sich etwas Wesentliches: die Aufmerksamkeit, mit der die junge Sowjetmacht von Anbeginn weitreichenden wissenschaftlichen und technischen Ideen gegenüberstand, die weitsichtige Wissenschaftspolitik, die letztlich entscheidend zur raschen Entwicklung auch des Raumfahrtgedankens in der UdSSR beitrug und insofern den 4. Oktober 1957 vorbereiten half, der heute als Beginn praktischer Raumfahrt in den Annalen verzeichnet steht.

Zander schloß sich gleichgesinnten Enthusiasten an und wurde Mitglied einer Moskauer Ge-



*Der sowjetische Raketenpionier Friedrich Arturowitsch Zander*

sellschaft von Liebhabern der Astronomie. In einem vor den Mitgliedern dieser Gesellschaft 1924 gehaltenen Vortrag setzte er sich begeistert für den Flug zu anderen Planeten ein. Man gründete eine Gesellschaft zum Studium interplanetarer Verbindungen, zu deren Ehrenmitgliedern auch Ziolkowski gewählt wurde. Zander schlug neben theoretischen Arbeiten auch praktische Versuche vor und entwickelte ständig neue Varianten zur Realisierung seiner Vorstellungen. Ende 1927 entwarf er einen Raketenantrieb, der aus einer umgebauten Lötlampe bestand, weil ihm zureichende Mittel fehlten. Bis zum Jahre 1932 führte er mehr als fünfzig Versuche mit diesem simplen »Raketentriebwerk« durch. Sein »OR-I«, das mit Preßluft und Benzin arbeitete, erzeugte zwar nur einen recht unscheinbaren Schub, war aber das erste sowjetische Labortriebwerk.

Außer Zander arbeiteten auch andere Gruppen von Enthusiasten. Die Entwicklung unterschied sich in dieser Hinsicht nicht wesentlich von den etwa gleichzeitigen Vorgängen im zen-

traleuropäischen Raum. So befaßte sich W. P. Wettschinkin, ein namhafter Aerodynamiker aus der Sowjetunion, bereits seit 1921 mit Fragen der Raketentechnik, vor allem mit der Dynamik von Strahlflugzeugen und Flügelraketen.

1925 entstand in Kiew eine Arbeitsgruppe für die Erforschung und Erschließung des Weltraumes. Schon 1927 gab es in Moskau eine interessante Ausstellung zu besichtigen, auf der die Entwürfe von Flugmodellen für den »Verkehr« zwischen den Planeten, aber auch die inzwischen erschienenen Arbeiten namhafter Raumfahrt- und Raketenpioniere aus anderen Ländern zu sehen waren.

Eine in diesen Jahren außerordentlich einflußreiche Gestalt unter den sowjetischen Raumfahrtspezialisten war der damalige Dekan der Fakultät für Flugverkehr an der Technischen Hochschule zu Leningrad, Prof. N. A. Rynin (1877–1942). Rynin leistete vor allem Hervorragendes auf dem Gebiet der Propagierung des Raumfahrtgedankens. Dies war damals von erheblicher Bedeutung, denn vielerorts galt auch in der UdSSR die Beschäftigung mit den Problemen der Raketentechnik und des »interplanetaren Verkehrs« noch als höchst fragwürdig und wenig solide. Der in Tartu lebende Wissenschaftler Gleb Bichele fand 1930 lediglich bei dem berühmten estnischen Astronomen Ernst Öpik Gehör, der grundlegende Untersuchungen über diese Fragen schon in den Jahren um 1910 angestellt hatte, die allerdings niemals veröffentlicht wurden. Bichele kam durch sein Bestreben, auf diesem Gebiet tätig zu werden, in Kontakt mit Rynin, den er als einen »großen Vermittler zwischen Ost und West« auf diesem Gebiet bezeichnete. Rynin beherrschte mehrere Sprachen und stand mit allen namhaften Raumfahrtwissenschaftlern in Kontakt oder in Korrespondenz. In seinem Privatverlag brachte er Übersetzungen ausländischer Fachliteratur über Raumfahrt und Raketentheorie heraus und belebte damit den auf diesem Gebiet damals noch spärlichen internationalen Gedankenaustausch, überbrückte die Isolation zwischen den Zentren der Raumfahrtidee in Zentraleuropa, den USA und der Sowjetunion. Rynin war davon überzeugt, daß die Raumfahrt sich nur auf der Grundlage einer breiten internationalen Zusammenarbeit frucht-

bar entwickeln könne, eine Einsicht, die durch die heutige Raumfahrtpraxis der UdSSR bereits in großem Umfang verwirklicht wird. Schon 1929 schlug Rynin vor, ein internationales Raumfahrt-Forschungsinstitut zu schaffen.

Rynin beschäftigte sich auch selbst mit der Raumfahrtforschung, so auf dem Gebiet der Raketentechnik und der »Raumfahrtmedizin«. Hier interessierte ihn besonders die Auswirkung von Andruckbelastungen, wie sie beim Start von Raketen auftreten, auf den Organismus von Tieren.

Außerdem schuf Rynin in den Jahren 1928 bis 1932 ein umfassendes neunteiliges Werk, das bis zum heutigen Tag zur internationalen Standardliteratur der Raumfahrt zählt: die Raumfahrtenzyklopädie. Vor allem für die Raumfahrtenthusiasten der »neuen Generation« war diese Zusammenstellung von großer Bedeutung, weil sie praktisch alles enthielt, was damals zum Thema Raketentechnik und Raumfahrt bekannt war. Die neun Teile der Enzyklopädie enthalten: Träume, Legenden und erste Phantasien, Raumschiffe in Zukunftsromanen, Strahlungsenergie in der Phantasie von Romanschriftstellern und in Projekten von Wissenschaftlern (Bd. 1); Raketen und Triebwerke mit direkter Rückstoßwirkung, Theorie der Rückstoßbewegung, Superflugzeuge und Superartillerie (Bd. 2); Der russische Erfinder und Wissenschaftler K. E. Ziolkowski. Sein Leben, Werk und Raketen, Raumflugtheorie, Astronavigation. Am Schluß des dritten Bandes findet sich noch eine Chronologie und eine Bibliographie.

Die schwierigen äußeren Bedingungen, unter denen sich der Aufbau des Sowjetstaates vollzog, vor allem die ausländische militärische Intervention, ließen bereits frühzeitig die Idee entstehen, auch an die militärische Tradition der Rakete anzuknüpfen. Bereits im Jahre 1919 – der zeitliche Zusammenhang mit den erbitterten Kämpfen um die Sicherung der Sowjetmacht ist unübersehbar – richtete der Chemieingenieur N. I. Tichomirow (1860–1930) an Lenin als Vorsitzendem des Rates der Volkskommissare die Bitte, moderne Raketenminen entwickeln zu lassen. So wurde Tichomirow 1921 auch der Leiter der ersten sowjetischen Forschungseinrichtung für Raketentriebwerke, des »Gasdynamischen Laboratoriums« (GDL).

Tichomirow hatte sich bereits Mitte der neunziger Jahre des 19. Jahrhunderts mit Raketenexperimenten beschäftigt, ohne daß er damals Gelegenheit erhielt, umfassende systematische Forschungen durchzuführen. Trotz großer materieller Schwierigkeiten gelangen schon in der ersten Zeit einige Erfolge mit rauchlosem Pulver. Das anfangs in Moskau und später in Leningrad arbeitende GDL befaßte sich ab 1929 auch mit der Entwicklung von Flüssigkeitstriebwerken. Allein in der Zeitspanne von 1928 bis Anfang 1933 vergrößerte sich die Anzahl der Mitarbeiter des GDL von anfangs zehn auf zuletzt zweihundert.

Im GDL wurden auch Experimente mit elektrischen Raketentriebwerken unternommen. Das Prinzip elektrischer Triebwerke, von denen man heute eine breite Palette kennt, basiert darauf, daß die eigentliche Stützmasse aus festen oder flüssigen Leitern besteht, die durch elektrischen Strom die erforderliche Energie erhalten. Obwohl dabei hohe Ausströmgeschwindigkeiten erzielt werden können, ist der erreichte Schub wegen des nur geringen Massedurchsatzes sehr klein. Elektrische Triebwerke sind deshalb nicht zum Start von Raketen geeignet. Die Arbeiten des GDL auf diesem Gebiet waren ein Griff in die Zukunft. Erst 1964 wurden erstmals elektrische (Ionen- und Plasma-)Triebwerke in der Raumfahrt benutzt.

Leiter der GDL-Abteilung für die Entwicklung von Flüssigkeitsraketen wurde W. P. Gluschko (geb. 1908), der auch später für die Entwicklung der Flüssigkeitstriebwerke verantwortlich zeichnete und insofern als einer der Väter der sowjetischen Raketentechnik und Raumfahrt gelten kann. Unter Leitung von Gluschko wurden im GDL während der Jahre 1930 bis 1938 wesentliche Fortschritte auf dem Gebiet der Flüssigkeitstriebwerke erzielt. Die systematische Erprobung verschiedener Treibstoffkomponenten brachte schließlich die Erkenntnis, daß Zweikomponententreibstoffe den Anforderungen am besten entsprechen. Zahlreiche Erprobungen des ersten Versuchsraketentriebwerks ORM-1 und ORM-2 sowie Düsenformen und Thermoisolationen für die Brennkammern führten bis 1933 zu Triebwerken, die bei Standbrennprüfungen bis zu 300 kp Schub erreichten.

Im Herbst 1931 war in Moskau die »Gruppe

zum Studium der Rückstoßbewegung« (MOS-GIRD) gegründet worden. Sie stand unter der Leitung des sowjetischen Raketenpioniers Sergei Pawlowitsch Koroljow (1906–1966); zu ihren Mitarbeitern gehörte auch Zander. Besonders er widmete sich dem Bau von Flüssigkeitstriebwerken. Auf einem nahe Moskau gelegenen Truppenübungsplatz in Nachabino wurden diese Triebwerke getestet.

## GIRD-X steigt auf

Unter Leitung von M. K. Tichonrawow experimentierte die GIRD mit der Rakete »09«. Dabei lernte man vor allem, mit dem Oxydationsmittel, flüssigem Sauerstoff, umzugehen. Ähnlich wie die in Deutschland arbeitenden Wissenschaftler stießen auch die sowjetischen Forscher auf das Problem der »Betankung«: So ließ sich eines Tages das Triebwerk nicht zünden, weil durch die tiefen Temperaturen des Sauerstoffs alle Hähne zugefroren waren. Als »Kraftstoff« sollte eingedicktes Benzin, eine Art Paste, Verwendung finden. Neue Probleme tauchten auf: Wie sollte man das Triebwerk zünden? Koroljow und Tichonrawow versuchten es mit herkömmlichen Zündkerzen von Flugzeugmotoren. Trotzdem gab es unvorhergesehene Explosionen. Endlich, am 17. August 1933, war es soweit. Alle Vorbereitungen zum Start waren getroffen. Aufmerksam verfolgen die anwesenden Techniker das Ansteigen des Drucks im Sauerstoffbehälter. Bei 13,5 Atmosphären steht der Anzeiger still. Das Druckminderventil ist durch Vereisung undicht geworden.

Nach kurzer Beratung entschließen sich die Männer, trotzdem zu starten. Zwar würde man nicht die berechnete Flughöhe erreichen können, aber immerhin könnte man sehen, ob sich sonst alles den Erwartungen entsprechend abspielt. Koroljow zündet die Schnur. Senkrecht erhebt sich die Rakete in den blauen Himmel, der erste rückstoßgetriebene Flugkörper auf der Basis eines Hybridtreibstoffs. Sie steigt auf 400 m, kippt dann in den Horizontalflug um und landet nach 18 s in einem nahe gelegenen Wald.

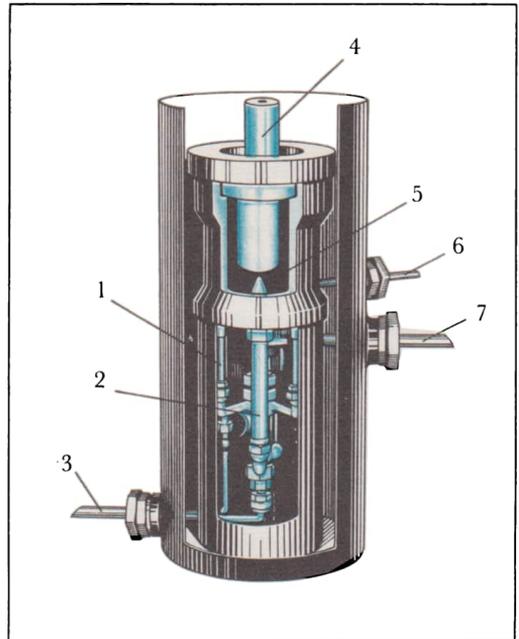
Koroljow beschleunigte umgehend die Arbeiten an der ersten flüssigkeitsgetriebenen Rakete,

die entscheidend unter der Leitung von Zander entwickelt worden war. Das Ergebnis war der Start der ersten sowjetischen Flüssigkeitsrakete GIRD-X am 25. November 1933, sieben Jahre nach dem ersten Start von Goddard und etwas mehr als zwei Jahre nach dem ersten Start einer deutschen Flüssigkeitsrakete. Das Startgewicht des sowjetischen Aggregats betrug 29,5 kg, seine Länge 2,2 m. Mit 8,5 kg Treibstoff erreichte die Rakete eine Höhe von etwa 80 m in senkrechtem Aufstieg, »kippte« dann aber wegen eines Schadens an der Triebwerksbefestigung um und »landete« etwa 150 m vom Startpunkt entfernt.

Gemessen an der Vorgeschichte der Rakete, war der zeitliche Abstand der drei Spitzenreiter gering. Historisch rückblickend, könnte man von einem gleichzeitigen Aufkommen der Flüssigkeitsraketen in drei geographisch voneinander getrennten Zentren ohne wesentliche Kommunikation über die Einzelheiten der Probleme sprechen. Die individuelle Entwicklungsgeschichte der Rakete in Deutschland, der Sowjetunion und den USA hängt freilich sehr eng mit den gesellschaftlichen Bedingungen und Zielstellungen in diesen Ländern zusammen.

Über diesen Erfolgen darf man nicht vergessen, daß die MOSGIRD unter Leitung von Zander, Koroljow sowie unter aktiver Mitarbeit von W. P. Wetschinkin, B. I. Tschernanowski und Pobedonoszew im Grunde eine Enthusiastenvereinigung war. Nicht anders verhielt es sich mit der Ende 1931 in Leningrad gebildeten Gruppe LEN-GIRD, in der J. I. Perelman, Rynin, W. W. Rasmow u. a. mitwirkten. Die LENGIRD z. B. hatte 1932 vierhundert Mitglieder und gleichsam den Status eines Vereins mit einer betont aktiven Öffentlichkeitsarbeit. Die Folge davon war das Entstehen weiterer GIRD-Gruppen in Charkow, Tiflis, Baku und anderen Städten der Sowjetunion.

Man überlegte angesichts der Erfolge, aber auch der unzulänglichen Kontakte der verschiedenen Gruppen untereinander, wie man alle bestehenden Aktivitäten effektiv koordinieren könne, und schon 1932 entstand der Vorschlag, ein Institut zu gründen, das sich mit diesen Fragen beschäftigt und die erfolgreichsten Mitarbeiter an den bisherigen Projekten in sich vereinen soll. Unter der Leitung der »Gesellschaft zur För-



Erstes sowjetisches Flüssigkeitstriebwerk ORM 1

1 Brennstoff-Einspritzdüsen

2 Oxydator-Einspritzdüsen

3 Oxydatorzuleitung

4 Düse

5 Brennkammer

6 Stutzen für Druckmessung

7 Brennstoffzuleitung

derung von Verteidigung und aerochemischer Entwicklungen« (Ossoaviachim) und GIRD wurde dieser Gedanke dann im Jahre 1933 verwirklicht. So entstand noch vor dem Start der GIRD-X das erste Wissenschaftliche Institut für Rückstoßforschungen (RNII RKKA) als Vereinigung von GIRD und GDL. Als Leiter wirkte I. T. Klejmenow (1898–1938), sein Stellvertreter war anfangs Koroljow. Das neue Institut wurde noch im Jahre 1933 der Industrie unterstellt.

Außer mit Flüssigkeitsraketen beschäftigte sich das Institut auch mit Feststoffraketen für Verteidigungszwecke sowie mit Raketenflugzeugen. Die politische Situation in Europa, besonders nach der Machtergreifung Hitlers, ließ es geboten erscheinen, der Rakete als Waffe gebührende Aufmerksamkeit zu schenken. Besonders

Die erste sowjetische Flüssigkeitsrakete GIRD

ЧЕЛОВЕКОМ СОЗДАНЫ ПЕРВЫЕ ВОЗДУШНЫЕ РАКЕТЫ  
 В ДРЕВНЕЙ АРАБСКОЙ РАКЕТНОЙ НАСТАВКЕ  
 В СОСТАВЕ РУССКОЙ АРМИИ ПЕРВОУПОМОЩАЮЩИЙ  
 ИСАИЯ ИВАНОВИЧ БРАСЛАВСКИЙ ОДИНСТВЕННО  
 ВОЗМОЖНО ТЕХНИЧЕСКОМ УСПЕХЕ III ВЕКА  
 А.А. ЗАХАРАНОВ.

СМЕРТЬ АЛЕКСАНДРА II. РАЗРАБОТКА  
 ЦАРЯ АЛЕКСАНДРА II. РАЗРАБОТКА  
 ВОЗДУШНОГО РАКЕТНОГО  
 ДВИГАТЕЛЯ. СНАЧАЛА  
 СДЕЛАНО ОН ВПЕРВЫЕ СНАЧАЛА  
 ТЮРЬМОЙ КАМЕРЫ, А ЗАТЕМ ПЕРВЫЕ  
 С ДЕТАЛЯМИ ТЕХНИЧЕСКИЕ ОН  
 ПРОБЛЕМЫ ОБНАРУЖЕН И ОПУ  
 ЧЕРЕЗ 17 ЛЕТ ПОСЛЕ КАЗНИ ЕГО А

ПЕРВАЯ  
 ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
 ОПЫТНО-  
 КОНСТРУКТОРСКАЯ  
 ОРГАНИЗАЦИЯ  
 ПО РАЗРАБОТКЕ  
 ЖИДКОСТНЫХ  
 РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ  
 СОЗДАНА 12 МАЯ 1929 Г  
 ПРИ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ  
 ЛАБОРАТОРИИ  
 В Г. ЛЕНИНГРАДЕ

В ПЕРИОД  
 С 1929 ПО 1933 ГГ.  
 В ГАЛ  
 СОЗДАЕТСЯ  
 СЕРИЯ  
 ПЕРВЫХ В СССР  
 ОПЫТНЫХ ЖРД  
 И ЗАКЛАДЫВАЮТСЯ  
 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ  
 ОСНОВЫ  
 ОТЕЧЕСТВЕННОГО  
 РЕАКТИВНОГО  
 ДВИГАТЕЛСТРОЕНИЯ

ГИРД-X

ЦАНДЕР  
 ПРОЦЕДУРЫ СТРУКТУРЫ  
 1927-1932

ab 1939 stand daher die Entwicklung beweglicher Mehrfachraketen und Raketenflugzeuge zwangsläufig im Vordergrund der Entwicklungsarbeit. Als am 22. Juni 1941 die berühmte »Operation Barbarossa« und damit der Überfall auf die Sowjetunion eingeleitet wurde, zeigte sich, wie gut die militärische Vorsorge auf dem Raketengebiet gewesen war. Sowohl die mit Raketengeschossen ausgerüsteten Schlachtflugzeuge des Typs Iljuschin, von den Faschisten »Schwarzer Tod« genannt, als auch die Raketenwerfer »BM-13«, vom russischen Volk liebevoll »Katjuscha« getauft, haben mit dazu beigetragen, die faschistischen Eindringlinge aus der Sowjetunion zu vertreiben und ihnen eine vernichtende Niederlage zuzufügen.

So wie die Faschisten in Deutschland die friedliche Erforschung und Entwicklung der Raketentechnik und die von den Raumfahrtpionieren erstrebte Zielrichtung auf die Eroberung des Weltraums strikt unterbanden, weil die gesamte Forschung auf die Entwicklung aggressiver Militärtechnik verlagert wurde, verhinderten sie durch ihre Kriegspolitik indirekt auch die friedliche Entwicklung in der Sowjetunion. Der Zwang, den hochgerüsteten faschistischen Eindringlingen zu widerstehen, ließ eine auf die friedliche Erforschung des Kosmos gerichtete Entwicklungsarbeit der Raketentechniker praktisch nicht zu. Eine zügige Entwicklung des ausgereiften Raumfahrtgedankens wurde so um viele Jahre zurückgeworfen. Milliarden von Rubeln mußten auf sowjetischer Seite in die Rüstung investiert werden.

Der Gedanke an die Nutzung von Raketen für wissenschaftliche Zwecke ging trotzdem auch in den Tagen des Großen Vaterländischen Krieges nie ganz unter. Schon 1934 hatte die Akademie der Wissenschaften der UdSSR in Leningrad eine Konferenz über die Erforschung der Atmosphäre durchgeführt. Ausrufe, wie z. B. »Vorwärts zum Mars«, gehörten zu den Lieblingsäußerungen Koroljows, ohne daß er die diesem Ziel entgegenstehende gesellschaftliche Wirklichkeit aus den Augen verlor. In seinem Buch »Der Raketenflug in die Stratosphäre« (1934) umriß er deutlich die Ursachen des weltweiten Interesses an Raketen, besonders in den kapitalistischen Ländern, indem er darauf hinwies, »daß alle Arbei-

ten, die auf diesem Gebiet in den imperialistischen Staaten durchgeführt werden, ... nur dem Krieg dienen.«

Das von Ziolkowski als »klug, nützlich und inhaltvoll« eingeschätzte Buch umriß klar die bei der Entwicklung der Raketentechnik zu lösenden Aufgaben. Besonders die Schaffung zuverlässiger und leistungsfähiger Triebwerke sei die Kernfrage für die spätere Durchführung von Höhenflügen und »womöglich irgendwann einmal sogar« für Flüge in den interplanetaren Raum. Als Programm verkündete Koroljow die systematische Entwicklung von Raketentriebwerken und den konsequenten Übergang von »allgemeinen Redensarten, Zeichnungen und Schemata zur tiefen wissenschaftlichen Bearbeitung eines jeden einzelnen Themas.«

Als Koroljow gerade an der Entwicklung einer Flügelrakete arbeitete, bat ihn J. I. Perelman, ehemaliges Mitglied von MOSGIRD und vor allem auf dem Gebiet der Popularisierung des Raumfahrt- und Raketengedankens durch zahlreiche Schriften hervorgetreten, sich über das Institut für die Erforschung des Rückstoßes (RNII) schriftlich zu äußern. Der Brief, den er darauf im Frühjahr 1935 von Koroljow erhielt, ist in mehrerer Hinsicht kennzeichnend: »Ihre Bitte brachte mich in eine ziemlich schwierige Lage, denn was kann schon ein einfacher Ingenieur über seine persönliche Arbeit berichten? Die Arbeit meiner Genossen (Gluschko, Tichonrawow u. a.) beurteilen möchte ich auch nicht. Ich kann nur sagen, daß sie Menschen sind, die viel wissen, sich völlig der Raketenforschung ergeben haben und von künftigen Höhenflügen unserer Raketen träumen. Ich persönlich arbeite in der Hauptsache an der Verwirklichung des Höhenfluges des Menschen ...«

Im faschistischen Deutschland gab es um diese Zeit schon niemanden mehr, der das von sich guten Gewissens hätte behaupten können.

Natürlich ging es in den Jahren vor und während des Großen Vaterländischen Krieges hauptsächlich um die militärische Verwendung des Raketenprinzips. Im Vordergrund der Arbeiten von Koroljow stand die Entwicklung von Raketenflugzeugen. Dabei schwebte Koroljow und seinen Mitarbeitern ein Jagdflugzeug vor, das mit mehreren Raketentriebwerken ausgestattet werden

und durch ein Großflugzeug herkömmlichen Typs auf eine Höhe von 8 000 m gebracht werden sollte. Von dort würde das raketentriebene Jagdflugzeug mühelos eine Höhe von vielleicht mehr als 50 km erreichen können und dann zur Erde zurückkehren. Die Projekte erinnern an die heutigen wiederverwendbaren Raumtransporter vom amerikanischen Typ Space Shuttle, wie sie damals in Deutschland auch E. Sänger plante.

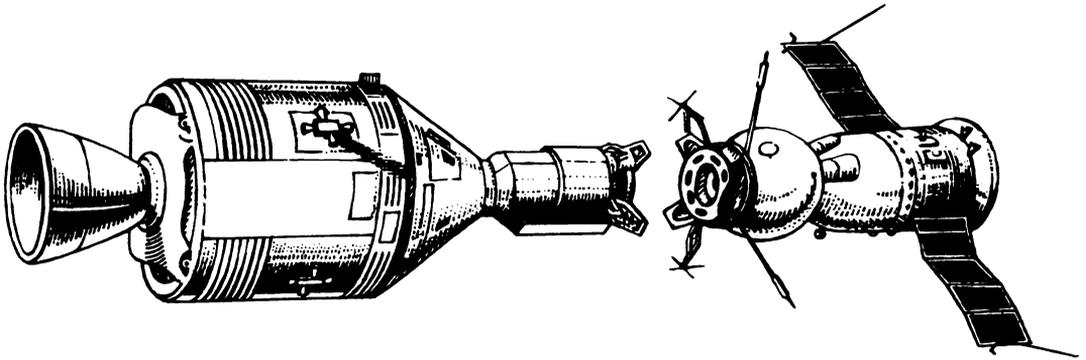
Ein entsprechender Testflug, den der hervorragende Flieger W. P. Fjodorow ausführte, fand am 28. Februar 1940 statt. Es war der erste freie Flug eines raketentriebenen Segelflugzeugs. Aus Sicherheitsgründen wurde das Experiment mit einem kleinen Raketentriebwerk ausgeführt. Das Schleppflugzeug trug den »Raketensegler« in

2 600 m Höhe. Durch den Raketenantrieb stieg Fjodorow bis auf eine Höhe von 2 900 m und kam dann im Gleitflug nun zur Erde zurück.

Eine militärisch einsetzbare Flüssigkeitsrakete gab es während des zweiten Weltkrieges in der Sowjetunion nicht. Die Erprobung von Flüssigkeitstriebwerken diente vor allem der Geschwindigkeitserhöhung von Kampfflugzeugen. Gemeinsam mit W. P. Gluschko entwickelte Koroljow mit seinem Stab im Jahre 1942 das Flüssigkeitsraketenantriebwerk RD-1; die Schubkraft betrug 300 kp.

Die Anwendung von Flüssigkeitsraketen im Zusammenhang mit Kampfflugzeugen war die wichtigste Aufgabe der Raketentechnik der UdSSR während des zweiten Weltkrieges.

# Vom Erdorbit zu den Planetenräumen



*Das sowjetisch-amerikanische Gemeinschaftsunternehmen Sojus-Apollo*

## Auf dem Weg in den Weltraum

Die von den Faschisten entwickelte »V 2« erweckte unmittelbar nach Kriegsende das besondere Interesse der Amerikaner. Ihnen gelang es, zahlreiche V-2-Einzelteile zu erbeuten, die im faschistischen Konzentrationslager »Dora« in Nordhausen von Häftlingen unter unmenschlichen Bedingungen gefertigt worden waren. Der amerikanische Oberst Toftoy, der mit der Sicherstellung der V-2-Teile beauftragt worden war, erledigte seine Aufgabe rasch. Doch das war für die Amerikaner zu wenig. Major Robert Staver erhielt deshalb den Auftrag, eine Liste mit den Namen der führenden Raketenspezialisten von Peenemünde zusammenzustellen, die gesucht werden sollten und schließlich zur Weiterarbeit in den USA vorgesehen waren. Die Karteikarten mit den Namen dieser Peenemünder Spitzenkräfte hatte man durch Büroklammern besonders kenntlich gemacht. Im Sommer 1945 erhielt Toftoy aus den USA die Genehmigung für seinen Plan, der seither unter der Bezeichnung »Action Paperclip« in den Annalen verzeichnet ist.

Anfang August 1945 wurden Wernher von

Braun und seinem engsten Mitarbeiterstab entsprechende Angebote unterbreitet, und bereits Ende September reisten die ersten sieben Raketenfachleute in die USA. Insgesamt folgten bis Februar 1946 noch über hundert weitere. Die Amerikaner wickelten ihre Aktion in größter Eile ab, zumal – den Beschlüssen von Jalta zufolge – im Zuge der Aufteilung Deutschlands in Besatzungszonen Nordhausen zur sowjetischen Besatzungszone gehören sollte. Kurz vor dem Eintreffen der Sowjetarmee verließen die letzten Beutestücke der Amerikaner das Nordhausener Mittelwerk in Richtung USA. Der überwiegende Teil der Dokumente und die führenden technisch-wissenschaftlichen Köpfe aus Peenemünde standen fortan den USA zur Verfügung.

In den USA war man sich voll und ganz darüber im klaren, was ein technologischer Vorsprung auf dem Gebiet der Raketentechnik bedeutet. Die USA hatten sich zum Ende des zweiten Weltkrieges in den Besitz von Atomwaffen gebracht und dadurch eine bis dahin nicht gekannte technische Eskalation des Militärpotentials herbeigeführt. Der bedenkenlose Abwurf der neuen verheerenden Bomben über Hiroshima und Naga-

saki im August 1945 hatte vor aller Welt deutlich werden lassen, in welcher Weise die USA den alleinigen Besitz einer solchen Waffe auszuspielen gedachten. So ist es nicht verwunderlich, daß auch in der UdSSR nach 1945 die raketentechnischen Forschungen zügig fortgesetzt wurden.

Während in den USA Hunderte hochkarätige ehemalige Peenemünder an der Raketenentwicklung mitarbeiteten und teilweise noch heute dort tätig sind, wurden die in der Sowjetunion tätigen relativ wenigen Spezialisten bereits Anfang der fünfziger Jahre wieder in ihre Heimat entlassen. Das Prinzip der Ausführung der »A-4«-Triebwerke, so schätzte der führende sowjetische Triebwerkkonstrukteur W. P. Gluschko ein, »war aussichtslos, denn es öffnete keinen Weg zu einer weiteren wesentlichen Steigerung des Triebwerkschubs und insbesondere seines spezifischen Impulses«. In der UdSSR wurden deshalb im Anschluß an die »A-4«-Analysen gänzlich neue Wege beschritten. Es wurde zu wesentlich höheren Drücken und Temperaturen in den Triebwerkskammern übergegangen; das zog zahlreiche Probleme nach sich. Die hohe Priorität, die J. W. Stalin der Entwicklung solcher Triebwerke zuerkannte, führte zu raschen Erfolgen. Eine gute Grundlage für die raschen Fortschritte über den von »Aggregat 4« repräsentierten Standard hinaus waren natürlich die Erfahrungen, die man in der Sowjetunion mit der Flüssigkeitsraketen-Triebwerkreihe RD 1 bis RD 3 sowie mit den Flugzeugrückstrahlanlagen gesammelt hatte. Bereits um das Jahr 1950 hatte die UdSSR mit der T-1 eine Rakete zur Verfügung, die 35 t Schub entwickeln konnte.

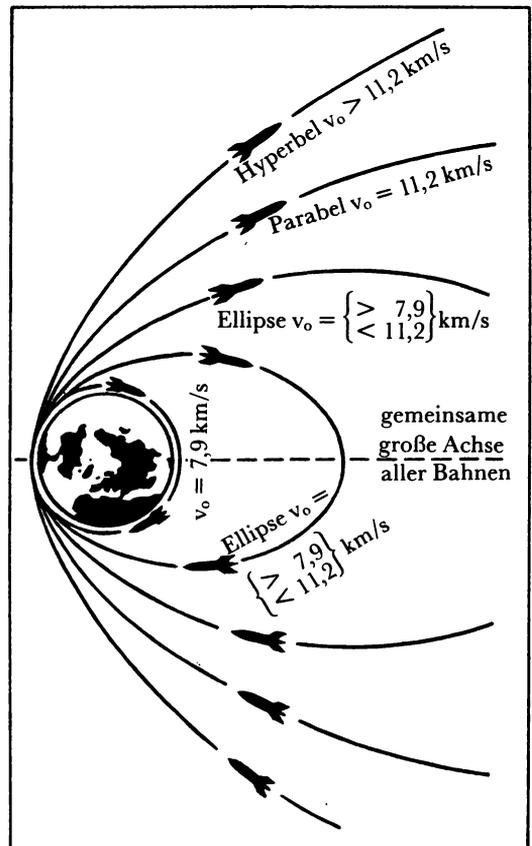
Das Ziel leistungsstarker Raketentriebwerke wurde am Gasdynamischen Laboratorium dadurch erreicht, daß zuverlässige kleinere Triebwerke gebündelt und somit in ihrer Wirkung addiert wurden. Das erste Triebwerk dieser Art wurde unter der Bezeichnung RD-107 bekannt. Vier starr miteinander verbundene Brennkammern bilden den Kern des Antriebssystems. Der Gesamtschub beträgt 100 t (100 kN). Die vier Brennkammern, zu denen sich noch zwei schwenkbare kleinere Triebwerke gesellen, werden durch ein Turbopumpenaggregat mit Flüssigsauerstoff und Kerosin versorgt. Diese »Standard-Trägerrakete« der UdSSR, die auf den

ersten sowjetischen Interkontinentalraketen basierte, fungierte später für eine ganze Reihe von unbemannten Raumflugunternehmen als variables Trägermittel, das man in zwei-, drei- oder mehrstufiger Form zum Einsatz bringen konnte.

In den USA setzte man sich lange und intensiv mit dem deutschen »Erbe«, dem »A 4«, auseinander. Als schließlich Anfang der fünfziger Jahre durch den amerikanischen Präsidenten Truman eine zügige Entwicklung ballistischer Kampfraketen in Gang gesetzt wurde, war es die Gruppe um Wernher von Braun, die für diese Aufgabe herangezogen wurde. Die 1952 als Redstone bekannte gewordene einstufige Flüssigkeitsrakete mit einem Schub von 354 kN wurde zunächst als taktische Boden-Boden-Rakete eingesetzt.

Die Entwicklung dieser und anderer Raketen ließ nun sowohl in der UdSSR als auch in den

*Bahnformen von Raumflugkörpern als Funktion der jeweiligen Geschwindigkeiten*



USA die Träume der »Phantasten« von einem Flug ins Weltall in greifbare Nähe rücken. Einen wichtigen Impuls erhielten diese Bestrebungen durch die Vorhaben, die ein großangelegtes weltweites Forschungsprogramm im Rahmen eines »Internationalen Geophysikalischen Jahres« vorsah. Bereits zweimal hatte sich eine gut koordinierte Zusammenarbeit verschiedener Länder innerhalb eines begrenzten Zeitraumes als äußerst fruchtbar für den Zuwachs an Kenntnissen über unsere Erde erwiesen: im 1. und 2. Internationalen Polarjahr 1882/83 bzw. 1932/33. Es hatten 11 bzw. 48 Länder daran mitgewirkt, durch umfassende Expeditionen und ein Netz von Beobachtungsstationen zahlreiche Fragen der Geophysik, der Meteorologie, der Ozeanographie und anderer Wissenschaftszweige zu bearbeiten.

Anregungen verschiedener internationaler nichtstaatlicher Organisationen, darunter der Internationalen Union für Geodäsie (IUG) und der Internationalen Astronomischen Union (IAU), führten 1951 zu dem UNESCO-Beschluß, vom 1. Juli 1957 bis zum 31. Dezember 1958 ein »Internationales Geophysikalisches Jahr« (IGJ) durchzuführen. Ein Vorbereitungskomitee beschäftigte sich auf mehreren Sitzungen mit den abgestimmten Programmen, um einen möglichst erfolgreichen Ablauf der Forschungen zu garantieren. Bei der Terminierung des IGJ hatte man sich unter anderem auch davon leiten lassen, daß zu dieser Zeit gerade ein Sonnenfleckenmaximum zu erwarten war, so daß zahlreiche Fragen der noch wenig untersuchten solarerrestrischen Beziehungen in das Programm eingegliedert wurden.

Schon 1954 auf der vorbereitenden Tagung des Sonderkomitees in Rom war die Empfehlung ausgesprochen worden, Überlegungen zum Einsatz künstlicher Erdsatelliten im Rahmen des IGJ anzustellen, soweit dies technisch bis zu diesem Zeitpunkt möglich schien. Die USA erklärten daraufhin Ende Juli 1955 ihre Absicht, im Rahmen des IGJ künstliche Erdsatelliten einzusetzen. Die Sowjetunion teilte nur wenige Tage darauf ebenfalls mit, daß Satelliten gestartet werden.

Auf dem 6. Kongreß der »Internationalen Astronautischen Föderation« im Jahre 1955 in Kopenhagen nahm seitens der Sowjetunion unter anderem der Physiker Prof. L. I. Sedow teil. Er erläuterte auf einem Empfang in der sowjetischen

Botschaft das Vorhaben der Sowjetunion, im Rahmen des IGJ künstliche Erdsatelliten einzusetzen. In einem kurz darauf in der »Prawda« veröffentlichten Bericht konnte man erfahren, daß man in der UdSSR darüber hinaus besonderes Augenmerk auf Forschungsprobleme richte, »die mit der Herstellung von Verkehrsverbindungen im interplanetaren Raum« im Zusammenhang stehen. Sedow erklärte mit Blick auf die Zielrichtung der Raketenentwicklung nach dem zweiten Weltkrieg: »Ich glaube, daß der Zeitpunkt gekommen ist, da man die Bemühungen der Vertreter von Wissenschaft und Technik verschiedener Länder, die den Bau eines künstlichen Erdtrabanten zum Ziel haben, vereinen und die Raketentechnik von der militärischen Zielsetzung auf die friedlichen und edlen Ziele der Entwicklung der Weltraumschifffahrt umstellen kann. Ich bin der Ansicht, daß diese Arbeit zur Festigung des Friedens beitragen würde.«

Das von Prof. Sedow in Kopenhagen verkündete Vorhaben der UdSSR ging ebenso durch die Weltpresse wie die amerikanische Absichtserklärung. Doch man kann nicht behaupten, daß diese Ankündigung in den kapitalistischen Ländern ernst genommen wurde. Der Raumfahrtautor Werner Büdeler (BRD) schätzt ein, daß man sich »noch immer nicht daran gewöhnt« hatte, »den Russen ... technische Großtaten wie den Start eines künstlichen Erdsatelliten zuzutrauen«. Doch für jene, die damals die Wirklichkeit nicht sehen konnten oder wollten, gab es bald ein böses Erwachen ...

## Ein Abend in der Botschaft

Der 4. Oktober 1957 ist ein Freitag. Man rüstet sich zum Wochenende. In zahlreichen Ländern der Erde finden diplomatische Empfänge in den Botschaften statt – ein üblicher Vorgang. Auch in der amerikanischen Hauptstadt Washington unterscheidet sich dieser Freitag nicht von vielen anderen. Die sowjetische Botschaft in der 16. Avenue hat Wissenschaftler aus dreizehn Ländern zu Gast, Teilnehmer einer Konferenz anlässlich des Internationalen Geophysikalischen Jahres 1957, die gerade in Washington stattfindet. Auch die Presse ist wie üblich vertreten. Plötzlich wird der

Korrespondent der »New York Times« dringend ans Telefon gebeten. Zurückgekehrt, flüstert er dem anwesenden amerikanischen Wissenschaftler Lloyd Berkner etwas zu. Kurz darauf ergreift Berkner das Wort: »Ich erfahre soeben von der »New York Times«, daß in 900 km Höhe ein künstlicher Satellit die Erde umkreist. Ich möchte unsere sowjetischen Kollegen zu ihrem Erfolg beglückwünschen.«

Nicht ganz so diplomatisch wurde die aufsehenerregende Nachricht in Huntsville (Alabama) an den Mann gebracht, wo gerade Neil McElroy, der neue Verteidigungsminister des Präsidenten Eisenhower, einen Cocktailempfang gab, an dem auch W. v. Braun und General Medaris teilnahmen. Der für die Öffentlichkeitsarbeit zuständige Mitarbeiter des Generals Medaris kam plötzlich hereingestürzt und rief: »General! Der Rundfunk meldet soeben, daß die Russen einen künstlichen Erdsatelliten mit Erfolg gestartet haben. Er sendet auf gewöhnlicher Frequenz Signale aus, und mindestens einer unserer hiesigen Funkamateure empfängt sie.« Niemand sprach darauf ein Wort, bis von Braun seine Verblüffung als erster überwand: »Wir wußten, daß sie das vorhatten ... Wir können unseren Erdsatelliten in 60 Tagen starten ... Sie brauchen uns nur grünes Licht und diese 60 Tage zu geben«, sagte er an McElroy gerichtet. Braun wußte, daß jetzt seine Stunde gekommen war. Anhand des sowjetischen Vorsprungs konnte er dem Verteidigungsminister klarmachen, daß man nur in Huntsville in der Lage war, kurzfristig zum Ziel zu kommen. Die Marine – unerfahren auf dem Gebiet der Raketen – hatte versagt, versagen müssen.

Ein außerordentliches, weltweites Presseecho folgte dem Start des sowjetischen Sputniks, der erste von Menschenhand geschaffene Himmelskörper war die Sensationsmeldung aller Zeitungen der Welt. Extrablätter wurden den Händlern förmlich aus der Hand gerissen, auf allen Rundfunksendern war das kosmische »Piep-Piep-Piep« zu hören.

Stellungnahmen führender Wissenschaftler aller Länder waren zu hören und zu lesen. Ihr Tenor: Ein Wendepunkt in der Geschichte der menschlichen Zivilisation ist erreicht. Die kosmische Ära hat begonnen. Der in Washington erscheinende »Star« stellte fest, »daß der 4. Okto-

ber 1957 ein Meilenstein in der Geschichte, ein wichtiger Wendepunkt in den Taten der Menschen ist.«

Unmittelbar nach dem gelungenen Start wurden die Einzelheiten bekannt: Sputnik 1 war ein kugelförmiger Körper von 83,6 kg Masse und einem Durchmesser von 58 cm. Vier stabförmige Antennen mit 2,4 bzw. 2,9 m Länge übertrugen die Ortungssignale sowie Meßwerte über die Temperatur und den Druck im Innern des kugelförmigen Gehäuses. Der benutzte Sender mit einer Leistung von einem Watt funktionierte auf der Basis elektrochemischer Energiequellen. Die elliptische Erdumlaufbahn führe den Satelliten bis auf 228 km an die Erde heran, im erdfernsten Punkt bis auf 947 km. Damit bot der künstliche Flugkörper gute Voraussetzungen, um aus seiner optischen und funktechnischen Bahnverfolgung Angaben über die Luftdichte der verschiedenen Schichten der irdischen Hochatmosphäre abzuleiten. Der Raumflugkörper drang am 7. Januar 1958 in die dichteren Schichten der Atmosphäre ein und verglühte.

Der Sputnik griff als Sensation ins Alltagsleben der Menschen ein wie kaum ein wissenschaftlich-technisches Ereignis zuvor. In allen Ländern standen die Menschen in der Dämmerung auf den Straßen, wenn der Überflug des »russischen Mondes« angekündigt war und klarer Himmel ermöglichte, seine rasche Bewegung unter den wirklichen Sternen zu verfolgen. Ein breites Interesse an allen Fragen, die mit dem Weltall im Zusammenhang standen, erwachte. Die Hörsäle der Sternwarten waren überfüllt, und allerorts wurde über die Zukunftsaussichten der Raumfahrt lebhaft gestritten. Würden bald auch Menschen ins All fliegen? Gibt es Leben auf dem Mars? Kann man große Raumstationen bauen, die unsere Erde umkreisen und in denen Menschen leben?

In den USA freilich gab es nicht nur die anerkennenden Stimmen von Wissenschaftlern, die sich ehrlich freuten über diesen Erfolg der sowjetischen Wissenschaft und Technik. Ihnen standen jene gegenüber, die lange nicht hatten glauben wollen, daß man in der Sowjetunion über mächtige interkontinentale Raketen verfügte, die hinter den Meldungen über die sowjetische Raketentechnik nichts als Propagandatricks vermu-

teten. Ihnen fiel es jetzt wie Schuppen von den Augen. Auch wenn sie den Sputnik in der Öffentlichkeit als »kosmischen Basketball« glossierten, mußten sie doch eingestehen, daß in der UdSSR eine wissenschaftlich-technische Entwicklung abgelaufen war, die sie nicht erwartet hatten. Auch ihnen erschien daher der Start des sowjetischen Sputniks als Beginn einer neuen Epoche: »Die Ära der Selbstsicherheit war vorüber«, konstatierte der »Washington Evening Star«.

Die »Frankfurter Allgemeine« (BRD) kam zu dem Ergebnis: »Vielleicht hat kein Ereignis seit dem Ende des zweiten Weltkrieges deutlicher sichtbar werden lassen, daß der Aufstieg der Sowjetunion unter die großen Industriestaaten ein säkulares Geschehen unseres Jahrhunderts ist; ausgelöst von der bolschewistischen, der Oktoberrevolution ... Lenin hat sich von der Verschmelzung seines sozialrevolutionären Willens mit der äußersten Forcierung der Technik ... alles versprochen.«

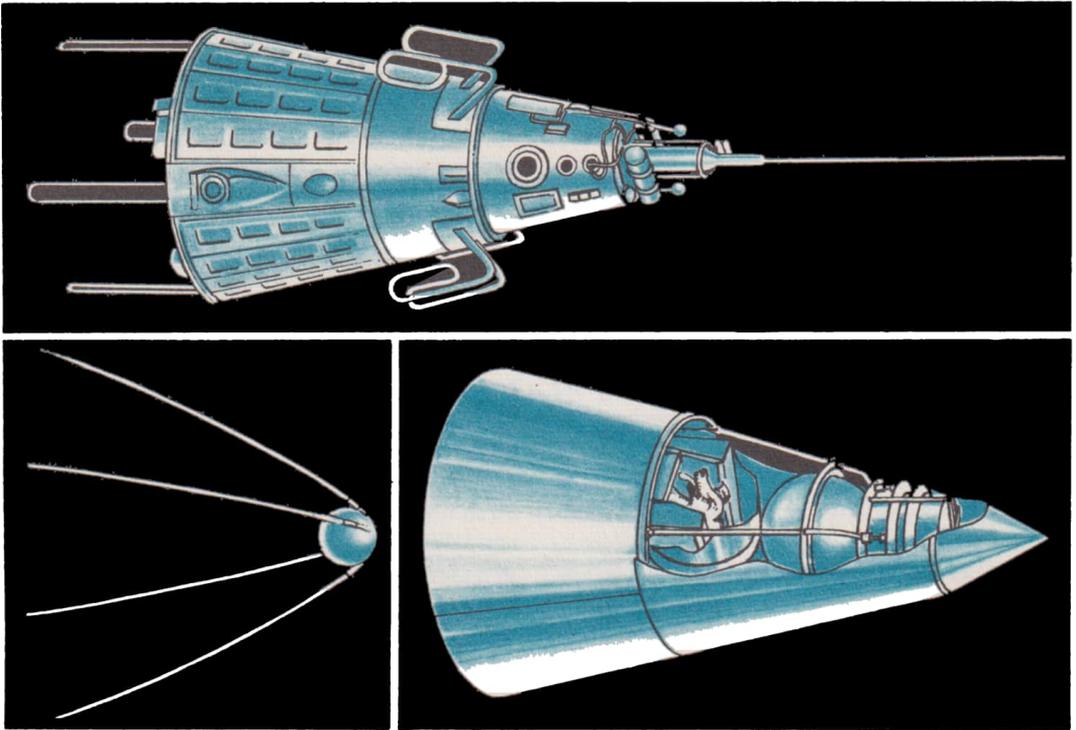
Die Tatsache, daß die UdSSR auf einem wesentlichen Gebiet moderner Wissenschaft und Technik einen offenkundigen historischen Durchbruch erzielt hatte, nutzten US-amerikanische Politiker alsbald zu einer großangelegten politischen Kampagne gegen die UdSSR. Die Rüstungslobby lancierte die Meinung, daß die UdSSR mit dem Start von Sputnik »das Gleichgewicht der Kräfte zerstört« habe, obwohl sie wußten, daß die USA technisch nur wenig hinter dieser Leistung zurück waren. Wer in den USA an Rüstung verdient, dem konnte es nur recht sein, daß es in einer in Chicago erschienenen Veröffentlichung »Wettlauf um den Weltraum« hieß: »Die Öffentlichkeit muß begreifen, daß die Frage für uns heute nicht lautet, existieren oder im Wohlstand leben, sondern, daß es nur eine Wahl gibt – die zwischen Leben und Tod.« Obwohl diese Äußerung an Absurdität kaum zu übertreffen ist, war eine breite Öffentlichkeit in den USA bereit, ihr mit innerer Überzeugung zu folgen. Ein Redakteur der »New York Times« hat die Ursache des »Sputnik-Schocks« später mit den Worten umrissen: »Der erste sowjetische Sputnik hat Millionen Amerikaner bis auf den Grund ihrer Seele erschüttert, denn er rüttelte zum ersten Mal an ihrer Überzeugung, daß die

Vereinigten Staaten völlig überlegen sind und der Sieg Amerikas im kalten Krieg unausbleiblich ist.« Alles, was bis zu diesem 4. Oktober 1957 zur Rubrik »Wissenschaft« zu zählen war – so sahen es die Amerikaner –, bekam plötzlich eine weitreichende politische, psychologische und militärische Bedeutung. Sie hatten jetzt zu lernen, daß ihr gesamtes bisheriges Weltbild nicht der Wirklichkeit entsprach.

Man muß die tiefgreifende Wirkung des »Sputnik-Schocks« durchaus zur Geschichte der Raumfahrt rechnen. Sie zählt zu den Realitäten, die ebenso wesentlichen Anteil an der weiteren Entwicklung der Raumfahrt hatten wie die technische Entwicklung selbst oder die gewaltige motivierende Funktion der Utopisten und Phantasten in früherer Zeit.

Den Vorsitzenden der US-amerikanischen Senatskommission für die Streitkräfte, Richard Russl, erreichten unablässig nachdrückliche Forderungen, sorgfältige Analysen über die Gründe für den amerikanischen Raketenrückstand zu veranlassen. Hektische Aktivitäten setzten ein. In den beiden Häusern des Kongresses begannen Sonderausschüsse für »Wissenschaft und Kosmos« mit ihrer emsigen Tätigkeit. Ein Sonderausschuß für Regierungsorganisationen schlug Anfang März 1958 vor, ein Amt zu schaffen, das für ein »aggressives nationales Raumfahrtprogramm« der USA sorgen sollte. Schon im Juli 1958 entstand daraufhin die »National Aeronautics and Space Administration«, die »Nationale Luft- und Raumfahrtbehörde« der USA, kurz NASA genannt.

Das Budget der neuen Behörde entwickelte sich entsprechend der politischen Einschätzung, die ihr in den USA zuteil wurde: Präsident Johnson sah im 4. Oktober 1957 ein Datum, das die Rolle der Politik im kosmischen Zeitalter deutlich werden ließ. Ja, mancher aus der Gegend um das Weiße Haus meinte sogar, eine »neue Etappe der Weltpolitik« auf sich zurollen zu sehen. Gemessen an der überheblichen Überzeugung von der absoluten technischen Rückständigkeit der Russen und der sicheren Annahme von der völligen Unverwundbarkeit der USA auf militärischem Gebiet, brachte der Sputnik in der Tat auch eine politische Wende. Den USA war – wie schon im Falle der Atombombe – gezeigt wor-



Die ersten künstlichen Erdsatelliten der UdSSR, Sputnik 1 bis 3

den, daß sie die übrige Welt und insbesondere die UdSSR nicht auf ewige Zeiten mittels qualitativ überlegener Militärtechnik erpressen können. Für sie aber gab es nur eine Reaktion: unverzüglich alles nur Mögliche zu unternehmen, um die Eroberung des Weltraumes einzuleiten. »Kontrolle über den Weltraum«, räsionierte der damalige Senator L. B. Johnson, »bedeutet Kontrolle über die ganze Welt, noch dazu eine unzweifelhaftere und vollständigere als jede Herrschaft, die mit Waffengewalt, Truppen oder Okkupation errungen worden ist oder errungen werden kann.«

Von 305 Millionen Dollar im Jahre 1959 entwickelte sich das Budget der NASA auf über 5 Milliarden Dollar um die Mitte der sechziger Jahre.

Der von den USA erfundene »Wettlauf« bei der Eroberung des Weltalls sollte möglichst rasch dahin führen, daß die USA ihn, für jeden sichtbar und eindeutig, gewinnen. Dann hätten sie nicht nur ihr angeschlagenes Selbstbewußtsein wieder hergestellt, sondern auch ein sichtbares

Signal für ihre militärische Überlegenheit gesetzt. Die Entwicklung der Raumfahrt vollzog sich durch diese Haltung der USA zwangsläufig von Anbeginn als Teil der allgemeinen Auseinandersetzung zwischen den sozialökonomischen Systemen auf unserem Planeten, und sie war zugleich ein getreues Spiegelbild dieser allgemeinen Entwicklung.

### Laika, »Spätnik« und so weiter

Die mit Sputnik 1 begonnene Ära der praktischen Raumfahrt zeichnete sich durch eine unerhörte Dynamik aus. Der Sputnik war das Ergebnis einer organischen Entwicklung – kein Paradestück mit Einmaligkeitscharakter. In dichter Folge setzte die UdSSR ihre beeindruckenden Experimente fort. Während die USA in ihrem Bemühen, schnellstens auch einen künstlichen Erdmond zu starten, einen Mißerfolg nach dem anderen verzeichneten, ließ die Sowjetunion bereits am 3. November 1957 den zweiten Kunst-

mond auf. Er war alles andere als eine Wiederholung des klassischen Experiments von vier Wochen zuvor. Der Flugkörper wies vielmehr die bedeutend größere Masse von 508,3 kg auf und blieb während seines Fluges mit der letzten Stufe der dreistufigen Trägerrakete verbunden. Der kegelförmige Satellitenteil mit 1,7 m Basisdurchmesser verfügte über eine hermetisch abgeschlossene Kabine, in der sich zum erstenmal in der Geschichte ein höheres Lebewesen befand: die Eskimohündin Laika. Außerdem war das kleine kosmische Labor mit Meßeinrichtungen zur Untersuchung der UV- und Röntgenstrahlung der Sonne sowie zum Studium der kosmischen Primärstrahlung ausgestattet.

Wichtige physiologische Daten der Hündin, wie Atemfrequenz, Puls und Herzrätigkeit, wurden zur Erde gesendet, so daß erstmals Informationen über das Verhalten eines höheren Lebewesens unter dem Einfluß der Schwerelosigkeit gewonnen werden konnten – eine notwendige Vorstufe zum künftigen Menschenflug ins All. Sputnik 2 umrundete die Erde auf einer elliptischen Bahn mit einem Perigäum von 226 km und einem Apogäum von 1673 km. Der Satellit verglühte, nachdem die Hündin zuvor schmerzlos getötet worden war, am 14. April 1958.

Am 1. Februar 1958 gelang es den USA, ihren ersten Satelliten »Explorer« erfolgreich in eine Erdumlaufbahn zu bringen. Als Satellitenträger rakete diente eine Jupiter C (Juno 1), die im Redstone Arsenal der Ballistic Missile Agency in Huntsville (Alabama) unter Leitung von W. v. Braun entwickelt worden war. Dabei handelte es sich um eine vierstufige Rakete, deren Grundstufe von einer für diesen Zweck modifizierten Redstone gebildet wurde, der taktischen Boden-Boden-Rakete der US-Army. Die Nutzmassekapazität des Explorer 1 war infolge des geringen Schubs der Rakete vergleichsweise minimal. Der erste Explorer verfügte nur über 9,6 kg Masse. Der von westlichen Kommentatoren ironisch als »Spätnik« bezeichnete Satellit verfügte über Meßeinrichtungen zur Bestimmung der Innen- und Oberflächentemperatur sowie zur Untersuchung der kosmischen Strahlung und des kosmischen Staubes. Explorer 1 entdeckte dabei die von Sputnik 2 schon andeutungsweise gefundenen Van-Allen-Strahlungsgürtel der Erde.

Diese und die nachfolgenden Untersuchungen der energiereichen Teilchen in den Gürteln führten zur Kenntnis einer kompliziert strukturierten Magnetosphäre der Erde, vor allem als Folge der Wechselwirkung des Erdmagnetfeldes mit dem Sonnenwind. Auch die Erkenntnis von der Existenz des Sonnenwindes ist ein Resultat der Raumfahrt.

Am 15. Mai 1958 brachte die UdSSR mit Sputnik 3 einen äußerst großzügig ausgestatteten Satelliten in die Erdumlaufbahn, der für mehrere Jahre als unerreichte Spitzenleistung gelten konnte. Die Masse betrug 1327 kg. Zu seinem wissenschaftlichen Programm gehörten Erkundungen über die Zusammensetzung und Dichte der Hochatmosphäre, die primäre kosmische Strahlung und die Verteilung von Mikrometeoriten. Die anfangs aus chemischen Quellen gespeisten Geräte wurden vom zehnten Tage an auf Solarzellenbetrieb umgeschaltet. Sputnik 3 blieb fast zwei Jahre in der Erdumlaufbahn.

Die USA hatten inzwischen noch ihren »Vanguard 1« und »Vanguard 2« gestartet (17. 3. 1958 und 17. 2. 1959). Diese »Vorhut« kam allerdings der Planung gemäß zu spät, denn sie waren als erste amerikanische Meßsatelliten zum Internationalen Geophysikalischen Jahr vorgesehen, aber infolge von Mängeln der Trägerrakete nicht rechtzeitig in den Erdborbit gekommen. Vanguard 1 war denn auch mehr ein Testprojekt; seine Masse betrug nur 1,5 kg. Vanguard 2 mit knapp 10 kg Masse war hauptsächlich für die Erfassung von Großwetterinformationen gedacht, was aber infolge Taumelbewegung des Flugkörpers nur unvollkommen gelang.

Erst im Laufe der sechziger Jahre vergrößerten die USA die Nutzmassen ihrer kosmischen Flugkörper durch die Entwicklung leistungsfähiger Trägerraketen.

## Schildkröten proben die Weltraumfahrt

Schon Ziolkowski, Oberth und andere Pioniere haben den Flug des Menschen in den Kosmos als das eigentliche Ziel von Raumfahrt betrachtet. Ziolkowski entwarf Lebenssysteme für den bemannten Raumflug, beschäftigte sich damit, wie der Mensch sich im schwerelosen Raum ernähren, wie sich sein Stoffwechsel abspielen könne. Oberth hatte sogar Experimente ausgeführt, um die Möglichkeit des Menschenfluges in den Kosmos zu untersuchen. Im Jahre 1954 veröffentlichte er sein Buch »Menschen im Weltraum«, in dem er die Evolution des »Weltraum-Menschen« voraussagte.

Die UdSSR hatte bekanntlich schon mit Sputnik 2 Kurs auf die konkrete Untersuchung der mit dem Flug höherer Lebewesen verbundenen Probleme genommen. Der überraschend frühzeitige Flug der Hündin Laika unterstrich zweifelsfrei das Ziel der sowjetischen Raumfahrt. Doch die eigentliche Phase der experimentellen Vorbereitungen des Menschenfluges hatte bereits früher begonnen. Sieht man von den Versuchen zum Studium der Bedingungen der Schwerelosigkeit ab, die schon in den 30er Jahren mittels Flugzeugen vorgenommen wurden, sind insbesondere die Experimente an Bord von Raketen zu nennen. Bestimmte Aspekte der sogenannten Weltraummedizin wurden auch unter Verwendung von Ballonen studiert. Anfangs wurden Tiere in die oberen Schichten der Erdatmosphäre entsandt. So untersuchten die USA mittels Ballonen, die bis in 30 000 m Höhe der Atmosphäre vorstießen, das Verhalten von Mäusen, Meerschweinchen und Affen unter Einwirkung der kosmischen Strahlung. Bei solchen Aufstiegen wurde auch konservierte Tier- und Menschenhaut mitgeführt. Die ersten Ergebnisse machten deutlich, daß man bei Menschenflügen bis in den Erdorbit dem Strahlenschutz besondere Aufmerksamkeit zu schenken habe.

Dem Flug von Laika rund um den Erdball waren umfangreiche Versuche mit Hunden in Höhenraketen vorausgegangen. Die Tiere wurden dabei teilweise bis in über 200 km Höhe emporgeschossen und gelangten an Spezialfallschirmen

zur medizinischen Untersuchung wieder auf die Erdoberfläche zurück. Kernpunkt dieser Untersuchungen, wie die USA sie unter anderem auch mit Affen und Schildkröten durchführten, war die Frage, wie diese Lebewesen die hohen Beschleunigungsbelastungen beim Start und die sich anschließende Schwerelosigkeit überstehen.

Während die ersten sowjetischen Untersuchungen des Verhaltens von Lebewesen unter den Bedingungen eines Raumfluges 1950 begannen, probierten die USA erstmals 1951 die Wirkung von Raketenanstiegen auf Tierpassagiere aus. Der »Vorreiter« war in diesem Falle ein Papagei, der unversehrt wieder auf der Erde landete. Bei weiteren Experimenten gab es auch Opfer. So gelangte zwar ein Affe an Bord einer Aerobee-Rakete zur Erde zurück und überlebte die Landung. Da er jedoch aus seiner Kapsel erst nach Tagen geborgen werden konnte – die Kapsel war längere Zeit vergebens gesucht worden –, war er inzwischen infolge Überhitzung gestorben.

Insgesamt lieferten die zahlreichen Tierexperimente der UdSSR und der USA an Bord von Raketen im ballistischen Flug hoffnungsvolle Ergebnisse für die Möglichkeit des künftigen Menschenfluges.

Man fand zwar Veränderungen von Puls, Blutdruck und Atmungsfrequenz in den entscheidenden Phasen des Fluges, d. h. beim Start, bei der Schwerelosigkeit sowie während der »Landemanöver«, stellte aber stets eine relativ rasche Normalisierung der Werte fest. Natürlich war, ob schon man die Versuchstiere nach Gattung und Art gezielt den biologischen Erkenntnissen entsprechend ausgewählt hatte, damit keineswegs ohne weiteres die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf den Menschen gesichert. Doch hatte man immerhin wesentliche Hinweise auf das Verhalten biologisch hochentwickelter Lebewesen unter den Bedingungen eines Raumfluges.

Parallel zu den umfassenden Serien von Tierversuchen wurden natürlich auch die Auswirkungen spezifischer Raumfahrtbelastungen auf den Menschen studiert: Hier konnte man sich einerseits auf die Erfahrungen der Luftfahrtmedizin stützen, andererseits wurden aber auch spezielle Experimente durchgeführt. Zu diesem Zweck wurden von den Vertretern verschiedener Wissenschaftsdisziplinen zahlreiche Tests und Trai-

ningsprogramme entwickelt, die die Möglichkeiten und Grenzen des Menschen beim Raumflug feststellen sollten. Man denke in diesem Zusammenhang nur an die Programme in Isolierkammern zur Untersuchung des psychologischen Verhaltens einzelner Menschen und kleiner Gruppen bei langdauernder Isolation. Bekannt wurde auch die Zentrifuge als Hilfsmittel zur Untersuchung komplexer medizinischer Vorgänge bei hohen Beschleunigungsdrücken sowie gleichzeitig als Trainingsgerät.

In der UdSSR bereitete man sich zielstrebig auf den Flug eines Menschen ins Weltall vor. Die äußerst komplexen Probleme, die damit verbunden waren, beschäftigten die Vertreter zahlreicher Wissenschaftsdisziplinen – ein hervorragender Zug der gesamten Raumfahrtentwicklung übrigens. Führend waren an diesen Arbeiten Sergej Koroljow und Mstislaw Keldysch beteiligt. Die erste Beratung zur Lösung aller Probleme in möglichst kurzer Zeit fand zu Beginn des Jahres 1959 statt.

Um dieselbe Zeit sprach man auch in den USA von der bemannten Raumfahrt und entwickelte das Projekt Mercury. Man einigte sich auf einige wesentliche Kriterien für die künftigen Astronauten: Sie sollten jünger als 40 Jahre und kleiner als 1,80 m sein – wegen der Abmessungen der Mercury-Kapseln – und natürlich über eine hervorragende Gesundheit verfügen. Vor allem aber sah man Testpiloten mit mindestens 1500 Flugstunden und den damit verbundenen Erfahrungen als Pilot eines »Düsenflugzeugs« als die geeigneten Kandidaten an.

## Jura, Zeit zum Aufstehen

Auch in der UdSSR gelangte man zu der Erkenntnis, daß vor allem Piloten der strahlgetriebenen Jagdflugzeuge die universell ausgebildeten Kosmonautenkandidaten seien. Sie fliegen in der Stratosphäre in einem einsitzigen schnellen Flugzeug, sind »Mädchen für alles« an Bord: Funker, Navigator, Pilot und Bordingenieur, und schließlich, so entwickelte Koroljow seine Argumente, sind sie Berufssoldaten. Das bringt es mit sich, daß sie auch solche Eigenschaften, wie Disziplin, Konzentrationsvermögen und das »unbeugsame

Streben zur Erreichung des gestellten Ziels, besitzen«.

Die Bereitschaft, den Start in den Kosmos zu wagen, war unter den Militärfliegern groß, aber die Auswahlkriterien waren streng. Schon die anfängliche »Siebung« ließ nur einen von zehn Bewerbern durchkommen. Von Untersuchung zu Untersuchung wurden die Ärzte anspruchsvoller. Zentrifuge und Druckkammer, psychologische Tests und Erprobung der Auffassungsgabe, ja, selbst der Lebenslauf, das Familienleben und die gesellschaftliche Tätigkeit wurden in die Überlegungen diverser Kommissionen mit einbezogen. Solche bislang weniger beachteten Persönlichkeitsmerkmale, wie emotionale Stabilität, kulturelle und soziale Interessen, rückten nunmehr in den Vordergrund. Im März des Jahres 1960 – man hatte inzwischen nahe Moskau eine kleine Stadt zur Ausbildung von künftigen Raumfliegern errichtet – kam die erste Gruppe mit zukünftigen Kosmonauten in das »Sternenstädtchen«: Juri Gagarin, German Titow, Andrijan Nikolajew, Pawel Popowitsch, Waleri Bykowski, Wladimir Komarow, Pawel Beljajew, Alexej Leonow, Boris Wolynow, Jewgeni Chrunow, Georgi Schonin und Wiktor Gorbatko. Einer von ihnen, das war von Anbeginn klar, würde der erste Mensch im Weltall sein. Doch zuvor galt es, ein anspruchsvolles Programm zu absolvieren, nach äußerst ungewöhnlichen Lehrplänen. Vorlesungen über Biologie und Astronomie gehörten ebenso dazu wie ein umfassendes sportliches Trainingsprogramm, technische Übungen, Fallschirmspringen und vieles andere. »Wir wußten nur zu gut«, schrieb später Waleri Bykowski, »daß uns nicht interplanetare Erbauungsspaziergänge erwarteten, sondern eine Arbeit, die von jedem hohe Anspannung seiner Geistes- und Körperkräfte verlangen würde.«

Inzwischen liefen die Vorbereitungen der Techniker und Ingenieure für den ersten Flug eines Menschen ins All. Auf diesem Gebiet leistete Koroljow Pionierarbeit. Die technische Entwicklung war damals in der UdSSR so weit fortgeschritten, daß man ein Raumschiff von 4,5 t Masse durchaus in eine Erdumlaufbahn bis 200 km Höhe zu bringen vermochte. Auch der Übergang auf eine Abstiegsbahn war nicht mehr problematisch. Doch das war keineswegs gleich-

bedeutend damit, daß alle Voraussetzungen zum Menschenflug ins All gegeben waren. Das Eintauchen in die Erdatmosphäre war nach wie vor problematisch. Außerdem gab es kaum Erfahrungen, wie die verschiedenen erforderlichen Geräte im Vakuum arbeiten würden. Daraus resultierte die Notwendigkeit, hermetisch abgeschlossene Zellen zu schaffen. Qualitativ neuartig stellte sich auch die Frage, ob alle Elemente und Baugruppen des Raumschiffes zuverlässig funktionieren werden. Die praktisch hundertprozentige Sicherheit, die jetzt gefordert war, setzte unter anderem die Möglichkeit voraus, jede beliebige Konstruktion auch während des Fluges überprüfen zu können. Hinzu kam die Sicherung der Lebensbedingungen einschließlich der Möglichkeit, den Flug bei eventuellen Havariesituationen in jeder beliebigen Phase ohne Schaden für den Menschen abbrechen zu können.

Nach langen Diskussionen entschloß man sich für einen kugelförmigen Landeapparat. Er bot nach Koroljows Meinung die besten Voraussetzungen für die Unterbringung der zahlreichen Baugruppen, Relais, Schalter und Leitungen und gewährleistete außerdem die nötige dynamische Festigkeit, ohne die es unmöglich gewesen wäre, die außerordentliche Erhitzung beim Eintritt in die Erdatmosphäre zu überstehen.

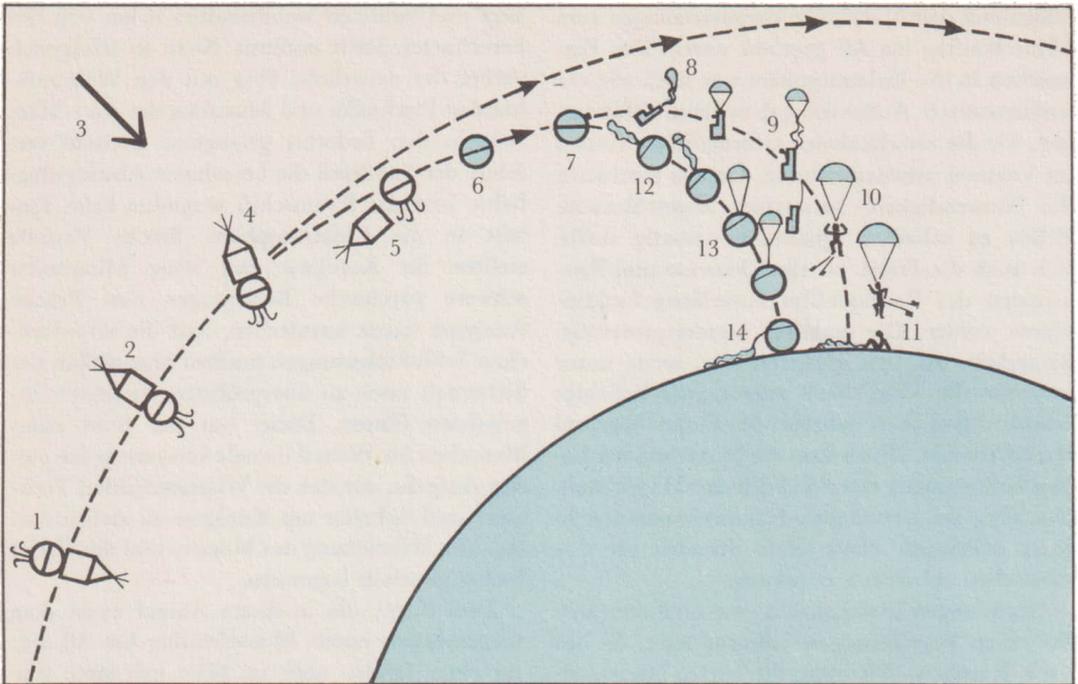
Umfangreiche Erprobungen im Laboratorium und unter den realen Bedingungen des Fluges setzten ein. Sie liefen bis zur Mitte des Jahres 1960. Am 15. Mai 1960 erfolgte ein Probestart mit Mäusen, Drosophila-Fliegen und Algen an Bord. Während des 64. Umlaufs des Satelliten wurde am 19. Mai das Kommando zum Bremsen und Abtrennen des Landeapparats von der Gerätezelle gegeben. Es geschah etwas Unerwartetes: Statt der Erde näher zu kommen, begab sich der Landeteil in eine höhere Umlaufbahn. Das war das erste, allerdings unfreiwillige Manöver eines kosmischen Flugkörpers in seiner Bahn. Die Ursache dafür war ein Fehler im Orientierungssystem, das die Richtung des Bremsimpulses steuern sollte. Beim nächsten Versuch verlief alles wunschgemäß. An Bord befanden sich diesmal die beiden Hunde Belka und Strelka sowie Ratten, Mäuse, Insekten und Pflanzen. Der Start erfolgte am 19. August 1960. Bei der Rückkehr wurden die beiden Hunde gesondert herauskatapul-

tiert und landeten wohlbehalten 10 km von der berechneten Stelle entfernt. Nicht so erfolgreich verlief der neuerliche Flug mit den Weltraumhunden Ptschjolka und Muschka, die am 1. März 1960 in den Erdorbit gelangten. Diesmal verfehlte der Landeteil die berechnete Abstiegsflugbahn, und das Raumschiff verglühte beim Eintritt in die Erdatmosphäre. Solche Vorfälle stellten für Koroljow und seine Mitarbeiter schwere psychische Belastungen dar. Präzise Analysen waren anzustellen, und die erforderlichen Schlußfolgerungen mußten hinsichtlich der Sicherheit rasch zu überprüfbareren positiven Ergebnissen führen. Dabei war der Start eines Menschen ins Weltall damals keineswegs die einzige Aufgabe, der sich die Wissenschaftler, Techniker und Arbeiter um Koroljow zu stellen hatten. Die Erforschung des Mondes und der Venus hatten ebenfalls begonnen.

Zwei Flüge, die in ihrem Ablauf exakt dem vorgesehenen ersten Menschenflug ins All entsprachen, fanden noch im März 1961 statt: Einmal waren der Hund Tschernuschka sowie Meer-schweinchen, Mäuse und Frösche an Bord des Sputniks. Beim fünften und letzten Versuch vor dem historischen Start eines Menschen befand sich außer dem Hund Swjosdtschka auch noch »Iwan Iwanowitsch« in der Kabine des Raumflugkörpers, eine Modellpuppe, die sogar Lieder »sang« – aus dem Repertoire des Pjatnitski-Chores. Beide Flüge verliefen zur vollen Zufriedenheit, und es gab keine Hindernisse mehr auf dem Weg zum ersten Flug eines Menschen ins All.

Am 10. April 1961 kam es zu einer Zusammenkunft zwischen der ersten Garde der Kosmonauten und dem Bodenpersonal für den geplanten Start. Koroljow gab während dieses Treffens bekannt, daß Juri Gararin der erste Kosmonaut sein wird. German Titow wurde zu seinem Double bestimmt. »Wir sind fest davon überzeugt«, schloß Koroljow seine Ansprache, »daß der jetzige Flug gut vorbereitet ist und erfolgreich beendet wird.« Niemand von den Fachleuten, so erinnern sich Teilnehmer an dem historischen Start, soll in der Nacht vom 11. zum 12. April 1961 geschlafen haben. Außer Gagarin und Titow. Gagarin erinnerte sich später, daß er keine Aufregung verspürt, fest geschlafen und nichts geträumt hat.

Um 5 Uhr 30 Minuten betrat A. Karpow, der



*Wiedereintritts- und Landemanöver des sowjetischen Raumschiffs Wostok*

1 Beginn der Ausrichtung, 2 Ausrichtung der Raumkapsel auf die Sonne mit Hilfe eines Sonnensensors, 3 Richtung des einfallenden Sonnenlichts, 4 Zünden der Bremsrakete, 5 Abtrennen der Ausrüstungseinheit, 6 Wiedereintritt, 7 Öffnen der Ausstiegsluke (Absprengung), 8 Herausschleudern des Piloten (mit Schleudersitz), 9 Stabilisierungsfallschirm bringt den Hauptfallschirm zur Entfaltung: Pilotensitz wird abgetrennt, 10 Über Reißleinen sind ein Schlauchboot und ein Versorgungspaket am Piloten befestigt, 11 Landung des Piloten, 12 Entfaltung des Bremsfallschirms der Raumkapsel, 13 Entfaltung des Hauptfallschirms, 14 Landung der Kapsel

ärztliche Betreuer der Kosmonauten, das Schlafzimmer. Mit den Worten »Jura, Zeit zum Aufstehn« weckte er Gagarin und Titow. Auf die Frage »Wie habt ihr geschlafen?« entgegnete Gagarin: »Wie man es uns gelehrt hat.«

Auf dem Kosmodrom Baikonur ragte majestätisch die gewaltige Wostok-Trägerrakete mit dem Wostok-Raumschiff an der Spitze empor. Das 38 m lange Trägersystem mit einer Startmasse von 350 t bestand aus einer dreistufigen Flüssigkeitsrakete, die speziell für den Start der Wostok-Raumflugkörper entwickelt worden war. Sie stellte bis zum Jahre 1965 eine unübertroffene Spitzenleistung unter den Raumfahrtträgermitteln dar. Um eine zentrale 28 m lange Einheit befanden sich vier gleichartige kegelförmige Antriebssysteme. Als erste Antriebsstufe wurde die zentrale Einheit gleichzeitig mit den äußeren

Antriebssystemen gezündet. Nachdem die kegelförmigen Einheiten ausgebrannt waren, wurden sie abgeworfen, und die zentrale Einheit fungierte als zweite Stufe. Unmittelbar auf der dritten Stufe befand sich der Raumflugkörper. Das Raumflugsystem selbst wurde durch die kugelförmige Raumkapsel und eine Gerätezelle in Form eines anschließenden Doppelkegels gebildet.

Zwei Stunden vor dem Start der Wostok betrat Juri Gagarin seine Kabine. Am Einstieg rief er den Zurückbleibenden zu »Auf baldiges Wiedersehen«.

Für die kommenden zwei Stunden stand er in Sprechkontakt mit der Bodenleitstelle. Gagarins Stimmung war gut, und eine Minute vor dem Start erklärte er nochmals seine Bereitschaft zum Flug ins All. Kurz nach 9 Uhr wurde das Kommando zum Start gegeben. Der Kabelmast, die »Nabelschnur« zwischen Erde und Raumschiff,

wurde abgeschwenkt. Die Rakete begann zu erzittern. Das durchdringende Geräusch der aus den Triebwerken schießenden Flammen erfüllte den Startplatz. Allmählich wuchs der Lärm zu einem brüllenden Donner an, vermischt mit dem Getöse der Wasserlawinen, die eine Beeinträchtigung der Startanlage durch die Flammen mindern sollten. Dann ertönte das Kommando »Abheben«. Es war 9 Uhr 7 Minuten. Gagarin antwortete »Po-ja-cha-li« – Los geht's. Er spürte, wie sich der Raketenkörper langsam von der Startvorrichtung löste und die Andruckbelastungen mehr und mehr zunahm. Arme und Beine konnte der Kosmonaut jetzt nur noch mit Mühe bewegen. Aus einem Meer von Rauch und Feuer stieg die Rakete majestätisch in die Atmosphäre empor. Die ersten siebzig Sekunden erschienen Gagarin wie siebzig Minuten.

Nachdem die dichteren Schichten der Atmosphäre passiert waren, wurde der schützende Kegel über dem Raumschiff abgeworfen, und Gagarin sah die ferne Oberfläche der Erde, einen sibirischen Fluß, Inseln und bewaldete Ufer. Der Andruck nahm weiter zu. Eine nur Sekunden dauernde Unterbrechung der Funkverbindung sorgte für Unruhe im Flugleitzentrum. Doch schon meldete sich Gagarin wieder. Endlich teilte er mit, daß die Schwerelosigkeit eingetreten sei: Wostok befand sich in der Erdumlaufbahn. Während Gagarin die Wirkung der Schwerelosigkeit verspürte und sich auf einer noch nie dagewesenen Weltreise rund um den Globus befand, meldete TASS, die sowjetische Nachrichtenagentur: »Am 12. April 1961 wurde in der Sowjetunion das erste bemannte Raumschiff der Welt, »Wostok«, auf eine Umlaufbahn um die Erde gebracht. Pilot des Raumschiffes »Wostok« ist der Bürger der Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken, der Flieger Major Juri Alexejewitsch Gagarin.« Die Uhren zeigten 10 Uhr 13 Minuten. Zwei Minuten später – Gagarin befand sich gerade im Anflug auf den afrikanischen Kontinent – wurde das automatische Kommando zur Vorbereitung des Bremsvorgangs gegeben. Um 10 Uhr 25 schalteten sich die Bremstriebwerke ein, und der Abstieg begann. Gagarin sah durch Blenden der Bordfenster den roten Widerschein tobender Flammen. Er befand sich, wie er selbst formulierte, »in einer niederstürzen-

den Feuerkugel«. Der Hitzeschild bewährte sich ausgezeichnet. In der Kabine herrschten 20 Grad Celsius. Die Schwerelosigkeit war inzwischen wieder einem wachsenden Andruck gewichen. Nach Erreichen der Unterschallgeschwindigkeit wurde das Landungs- und Bergungssystem in Betrieb gesetzt, und die Kapsel landete um 10 Uhr 55 Minuten auf einem Feld nahe der Stadt Engels. Die erste historische Umrundung unseres Planeten auf einer Bahn mit einem Perigäum von 181 km und einem Apogäum von 237 km hatte 108 Minuten gedauert.

Der erfolgreiche Raumflug des sympathischen Juri Gagarin, der 1934 als Sohn eines Bauern auf die Welt gekommen war und nun eine Pioniertat ersten Ranges vollbracht hatte, löste überall in der Welt große Anteilnahme und Begeisterung aus. Man sprach von einem der größten Siege in der Geschichte der Wissenschaft und Technik. Die Epoche der bemannten Raumfahrt hatte begonnen. Der 12. April wird seither als Internationaler Tag der Raumfahrt begangen.

*Juri Gagarin, der erste Mensch im Weltraum*



Der weitere Verlauf der sowjetischen bemannten Weltraumflüge ließ alsbald ein konsequentes Programm deutlich werden, das sich Zug um Zug der Errichtung größerer Raumstationen mit wachsender Besatzungsstärke näherte. Bis zum heutigen Tag zählt das sowjetische Programm der bemannten Raumfahrt im erdnahen Raum zu den wissenschaftlich-technischen Spitzenleistungen von immenser Zielstrebigkeit. Die Hauptkennzeichen dieser Entwicklung sind:

eine ständig bessere Anpassung des Menschen an die Bedingungen des Weltraumes und eine damit verbundene enorme Zunahme der Aufenthaltsdauer des Menschen im Weltall,

eine rasche Ausweitung des Tätigkeitsfeldes des Menschen im Weltraum von vergleichsweise passiven Anfängen bis zur spezifischen Ausführung zahlreicher nützlicher Tätigkeiten an Bord von Raumstationen.

## Menschen im All

Das USA-Programm der bemannten Raumfahrt basierte, wie auch der epochale Erfolg der Sowjetunion mit Juri Gagarin, auf umfangreichen Versuchen mit Tieren. Insgesamt entschlossen sich die Amerikaner zu neun Tierversuchen und zu einem zunächst ballistischen Flug eines Menschen. Statt einer Landung bei der Rückkehr wählten sie für alle bemannten Raumfahrtunternehmen die Wasserung. Ein prinzipieller Unterschied zwischen den beiden Landungsarten besteht nicht. Natürlich waren auch die sowjetischen Kosmonauten auf eine mögliche Wasserung vorbereitet, ebenso wäre den Amerikanern das Aufsetzen auf dem Festland möglich.

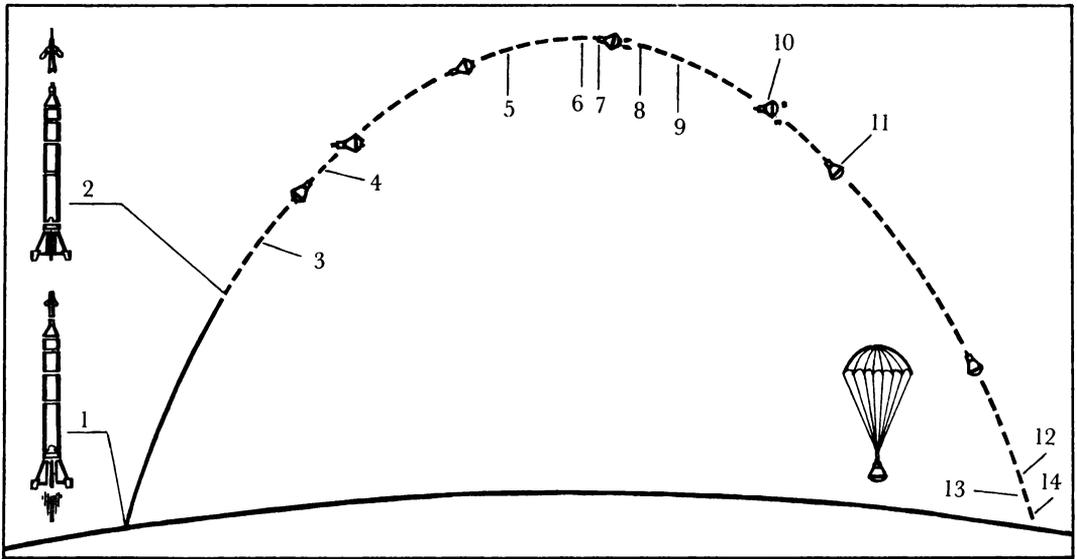
Von den amerikanischen Tierexperimenten ist besonders der ballistische Flug des Schimpansen Ham am 31. Januar 1961 hervorzuheben. Der Affe befand sich bei seinem Flug in der für das amerikanische bemannte Raumflugprogramm entwickelten Mercury-Kapsel an der Spitze der Redstone-Mittelstreckenrakete. Trotz einiger technischer Probleme überstand Ham seinen ballistischen Flug, der ihn über eine Distanz von 212 km und auf eine Gipfelhöhe von 253 km führte, wohlbehalten. Das Tier lebt noch heute als Ehrengast im Zoo zu Washington.

Anfang 1961 trafen auf Cape Canaveral, dem US-amerikanischen »Weltraumbahnhof« an der Südostküste Floridas, die ersten Mercury-Kapseln und Trägerraketen für die vorgesehenen Flüge ein. Noch während der Vorbereitungsarbeiten zu den ersten Starts der Astronauten platzte die Nachricht von der Erdumrundung Juri Gagarins in die Trainingshallen. Als dann am 5. Mai 1961 der 37jährige amerikanische Astronaut Alan Shepard als erster Amerikaner seinen ballistischen Flug 486 km weit in Richtung auf den Atlantik erfolgreich absolviert hatte (Gipfelhöhe 187,5 km), stand diese Leistung der sowjetischen Erdumrundung natürlich in der Öffentlichkeitswirkung sichtlich nach. Denn im wesentlichen vollbrachte bereits Gagarin, was das Mercury-Programm vorsah: einen Menschen in die Erdumlaufbahn zu tragen. Daß Mercury drei Erdumkreisungen vorsah und Gagarin die Erde »nur« einmal umrundet hatte, erschien dabei weniger relevant, zumal man sich darüber im klaren war, daß seine 3fache Erdumrundung prinzipiell möglich gewesen wäre. Tatsächlich war die Kapsel des Wostok-Raumschiffes hinsichtlich der Lebensversorgungssysteme auch für einen längeren Flug ausgelegt.

Der Flug von Shepard wurde am 21. Juli 1961 durch Virgil Grissom weitgehend wiederholt. Auch er durchflog eine ballistische Bahn und wasserte im Atlantik. Schwierigkeiten ergaben sich bei der Bergung, so daß die Kapsel schließlich im Meer versank und der Astronaut sich nur durch energisches Schwimmen retten konnte.

Die beiden weiteren ursprünglich vorgesehenen ballistischen Flüge wurden vom Programm gestrichen, und die unmittelbaren Vorbereitungen für die Dreifachumrundung der Erde begannen. Als Astronaut war John Glenn vorgesehen, ein damals 40jähriger Militärflieger und Marine-Testpilot. Doch aus dem mit der Mercury-Umrundung erhofften Rekord wurde auch diesmal nichts. Am 6. August 1961 flog der 26jährige sowjetische Kosmonaut Nr. 2, German Titow, an Bord von Wostok 2 insgesamt 17mal um unseren Planeten. Die Gesamtflugdauer betrug rund 25 Stunden.

Endlich, am 21. Februar 1962, gelang es den USA, die erste bemannte Raumfahrtmission im Erdorbit auszuführen. Wie vorgesehen, umrun-



*Redstone-Mercury-Flugverlauf (1961)*

1 Start ( $t = 0$ ), 2 Brennschluss des Triebwerks der Trägerrakete ( $t = 2 \text{ min } 23 \text{ s}$ ), 3 Abtrennung des Raumfahrzeugs in  $117 \text{ km}$  Höhe ( $t = 2 \text{ min } 33 \text{ s}$ ), 4 Drehung des Raumschiffs, 5 Beginn der Schwerelosigkeit, 6 Gipfelpunkt der Flugbahn in  $187 \text{ km}$  Höhe, 7 Zündung des Bremstriebwerks, 8 Bremschluss des Bremstriebwerks, 9 Ende der Schwerelosigkeit, 10 Abtrennung des Bremstriebwerks, 11 Fluglageregulierung, 12 Öffnung des Hilfsfallschirms in  $6,3 \text{ km}$  Höhe, 13 Öffnung des Hauptfallschirms in  $3 \text{ km}$  Höhe, 14 Wasserung des Raumfahrzeugs ( $t = 15 \text{ min } 22 \text{ s}$ )

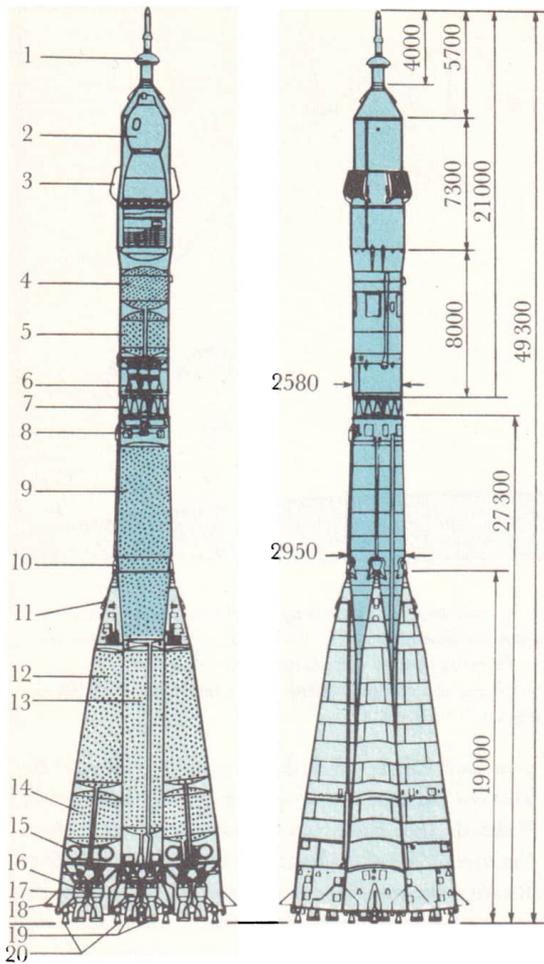
dete Glenn an Bord einer Mercury-Kapsel, die von einer Atlas-6-Trägerrakete in die Umlaufbahn gebracht worden war, dreimal die Erde. Dem Programm entsprechend, wurde das Unternehmen mit dem Astronauten Scott Carpenter am 24. Mai 1962 noch einmal wiederholt. Die Aufenthaltsdauer der beiden Astronauten betrug je knapp 5 Stunden.

Das Mercury-Programm endete mit der 6fachen Erdumrundung von Walter Schirra (1962) und der 22fachen Erdumrundung von Gordon Cooper (1963).

Indessen hatte die Sowjetunion qualitativ neue Elemente in ihre bemannten Unternehmen gebracht: Am 11. August 1962 stieg Andrijan Nikolajew an Bord von Wostok 3 in die Erdumlaufbahn. Ihm folgte einen Tag später mit Wostok 4 Pawel Popowitsch. Erstmals wurde die verblüffte Weltöffentlichkeit Zeuge eines Doppelfluges. Man erprobte die Manövrierfähigkeit von Raumschiffen – eine unabdingbare Voraussetzung für spätere Raumstationen mit wechselnden Besatzungen. Die beiden Kosmonauten umflogen die Erde praktisch auf der gleichen Höhe und näherten sich teilweise bis auf  $5000 \text{ m}$  einander an. Po-

powitsch führte 48 Erdumkreisungen durch, Nikolajew landete nach 4 Tagen mit dem neuen Rekord, die Erde 64mal umflogen zu haben. Starttechnik und Bahnmechanik für künftige Rendezvousmanöver wurden um wertvolle Erkenntnisse bereichert. Selbst die Landstellen der beiden Kosmonauten lagen nur knapp  $200 \text{ km}$  voneinander entfernt.

Auch die weiteren sowjetischen bemannten Raumfahrtunternehmen stellten rasche und prinzipielle Fortschritte dar, die außerordentliches Interesse erweckten. Der Start von Walerij Bykowski mit Wostok 5 fand am 14. 6. 1963 statt, er brachte mit 83 Erdumrundungen einen neuen Dauerrekord von fast 5 Tagen Aufenthaltsdauer im Erdorbit. Diese Bestleistung wurde erst über zwei Jahre später durch die USA eingestellt. Aufsehenerregender als die Dauerleistung von Bykowski war aber die Tatsache, daß zwei Tage nach ihm an Bord von Wostok 6 erstmals eine Frau in den Kosmos startete, die 26jährige Walentina Tereschkowa. Anders als ihre männlichen Kosmonauten-Kollegen hatte sie nicht die Laufbahn eines Militärfliegers hinter sich. Sie war in einem Reifenwerk und später in einem Flachsver-



Aufbauschema Standardträger Rakete Sojus-Version

- 1 Rettungssystem
- 2 Raumfahrzeug »Sojus«
- 3 Stabilisierungsflächen des Rettungssystems
- 4 Brennstoffbehälter der 3. Stufe
- 5 Oxydatorbehälter der 3. Stufe
- 6 Drittstufentriebwerk
- 7 Stufenadapter
- 8 Elektronikausrüstung
- 9 Brennstoffbehälter des Mittelblocks
- 10 obere Aufhängung der Außenblocks
- 11 Einhängpunkt für Startgerüst
- 12 Brennstoffbehälter der Außenblocks
- 13 Oxydatorbehälter des Mittelblocks
- 14 Oxydatorbehälter der Außenblocks
- 15 Helium-Druckgasbehälter
- 16 Triebwerke der Außenblocks
- 17 Triebwerke des Mittelblocks
- 18 Stabilisierungsflächen
- 19 Schubdüsen der Haupttriebwerke
- 20 Steuertriebwerke

arbeitsbetrieb tätig gewesen, hatte dann studiert und als Textiltechnologin gearbeitet. Allerdings war sie im Fallschirmsport außerordentlich aktiv; seit 1959 bis zu ihrem Kosmosstart hatte sie insgesamt 126 Absprünge absolviert. Nach dem Erfolg von Juri Gagarin hatte sie sich als Raumfahrerin beworben wie Tausende Menschen überall in der Welt, die damals in ihrer Begeisterung über den mutigen Flug nach Moskau schrieben, um sich in die Liste der Raumfahrtkandidaten eintragen zu lassen. Walentina Tereschkowa führte gemeinsam mit Bykowski den zweiten Gruppenflug aus und blieb vom 16. bis 19. Juni 1963 an Bord von Wostok 6. Mit ihren 48 Erdumkreisungen verweilte sie weitaus länger im Erdorbit als alle amerikanischen Astronauten bis zum damaligen Zeitpunkt zusammen.

Der Flug von Walentina Tereschkowa war für die Raumfahrtmediziner von außerordentlichem Interesse. Er bewies erstmals, daß auch Frauen den Belastungen eines Weltraumstarts, der Schwerelosigkeit und den sonstigen Bedingungen im Erdorbit gewachsen sind. Walentina Tereschkowa heiratete im Jahre 1963 den Kosmonauten A. Nikolajew, und 1964 erblickte zum erstenmal ein »Kosmonautenbaby« das Licht der Welt.

Die nächste Stufe des bemannten sowjetischen Raumfahrtprogramms umfaßte die Entwicklung und den Einsatz eines mehrsitzigen Raumflugkörpers, der unter dem Namen Woßchod (Aufgang) bekannt wurde. Statt 2,4 t Masse wie beim einsitzigen Wostok-Raumschiff, betrug die Masse jetzt 5,32 t. Woßchod gestattete den gleichzeitigen Raumflug von drei Kosmonauten, die zudem keinen Raumanzug zu tragen brauchten, da die hermetische Kabine mit einem eigenen atmosphärischen System ausgestattet war.

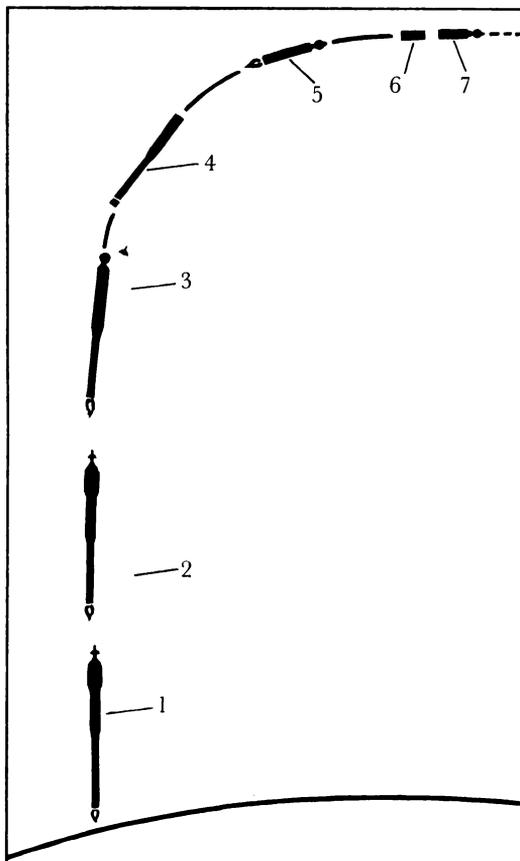
Die erste Dreierbesatzung stieg am 12. Oktober 1964 in die Umlaufbahn empor. Ihr Kommandant war Wladimir Komarow. Außerdem gehörten zur Besatzung Konstantin Feoktistow und zum erstenmal auch ein Arzt: Boris Jedorow. Woßchod 1 führte 16 Erdumkreisungen aus und setzte dann dank einem durch zusätzliche Feststoff-Bremsraketen verbesserten Landesystems weich auf der Erdoberfläche auf. Dadurch konnten die Kosmonauten bis zuletzt im Raumflugkörper verbleiben, während sie zuvor separat am Fallschirm niedergegangen waren.

Auch der knapp ein halbes Jahr später folgende Flug von Woßchod 2 sorgte für internationales Aufsehen. An Bord des Flugkörpers befanden sich diesmal nur zwei Kosmonauten: Pawel Beljajew und Alexei Leonow. Doch schon während des zweiten Umlaufs der insgesamt 17 Erdumkreisungen geschah etwas Außergewöhnliches. Nachdem Leonow, wie übrigens auch sein Kollege, sich an eine reine Sauerstoffatmung angepaßt hatte, verließ er die schützende Kabine seines Raumschiffes durch eine eigens zu diesem Zweck angebrachte entfaltbare Luftschleuse und begab sich in den freien Weltraum. Er war damit der erste Mensch, der frei fliegend selbst einen Satelliten der Erde darstellte. Mit dem Raumschiff blieb er durch eine Kabelschnur verbunden. Bei seinen Orientierungsübungen und seinen Arbeiten mit der Handkamera entfernte er sich maximal 5 m von Woßchod 2. Zum Abschluß des Ausstiegs montierte er eine an der Außenwand des Raumschiffes angebrachte automatische Filmkamera ab, die das Manöver gefilmt hatte. Außerdem war natürlich der Vorgang von Beljajew sorgfältig beobachtet worden, um notfalls rasch Hilfe leisten zu können.

Nach einem 10minütigen Flug bei 28 000 km/h suchte Leonow wieder das Innere des Raumschiffes auf, das durch Beljajew – wegen einer Störung des Orientierungssystems – per Handsteuerung während des 17. Erdumlaufs zur glücklichen Landung gebracht wurde.

Leonow, der auch durch zahlreiche »Kosmosgemälde« bekannt geworden ist, die er teilweise zusammen mit seinem Freund Andrej Sokolow, dem Moskauer »Kosmosmaler«, geschaffen hat, hielt den ersten »Weltraumspaziergang« der Raumfahrtgeschichte später in einem Gemälde fest, das er »Selbstporträt« nannte.

Nach knapp zweijähriger Pause amerikanischer Aktivitäten hinsichtlich der bemannten Raumfahrt begann am 23. März 1965 das »Gemini-Programm« (Gemini = Zwillinge), für das als Trägerrakete die zweistufige Titan eingesetzt wurde, eine Modifikation der gleichnamigen Interkontinentalrakete. Das Gemini-Programm – an den Flügen beteiligten sich jeweils zwei Raumfahrer – galt der unmittelbaren Vorbereitung des Mondlandeunternehmens. Daraus ergaben sich die zu klärenden Fragen zwangsläufig:



Standardträgerrakete – Flugverlauf beim Start von bemannten »Sojus-Raumfahrzeugen«

- 1  $T = 0$ : Zündung der Triebwerke der Außen- und des Mittelblocks  
 $T + 10$  s: Abheben
- 2  $T + 2$  min 00 s...2 min 15 s: Brennschluß der Triebwerke der Außenblocks, Abtrennung der Außenblocks (Höhe: 80...100 km; Geschwindigkeit 1 500 m/s)
- 3  $T + 2$  min 40 s: Abtrennung des Rettungssystems und der Nutzlastverkleidung
- 4  $T + 4$  min 55 s...5 min 20 s: Brennschluß des Triebwerks des Mittelblocks (Brennschlußgeschwindigkeit: 4 500 m/s); Abtrennung des Mittelblocks
- 5  $T + 8$  min 50 s...9 min 00 s: Zündung der 3. Stufe
- 6 Brennschluß des Triebwerks der 3. Stufe; Abtrennung der 3. Stufe
- 7 Einlauf des »Sojus-Raumfahrzeugs« in die Erdumlaufbahn

Untersuchung der Schwerelosigkeit beim Aufenthalt des Menschen im All bis zu etwa 14 Tagen, Leistungsfähigkeit des Menschen im freien Welt- raum sowie die Vorbereitung und Erprobung von Rendezvousmanövern. Nach zwei unbemannten

Erprobungen des Systems starteten mit Gemini-Titan 3 die beiden Astronauten Virgil Grissom und John Young. Innerhalb der nächsten zwanzig Monate wurden insgesamt zehn Starts absolviert. Darunter befand sich auch der erste Ausstieg eines USA-Astronauten in der Umlaufbahn (Gemini-Titan 4) sowie die ersten Doppelflüge, Rendezvous- und Kopplungsmanöver.

Während die USA damit die Vorbereitungen für das Apollo-Projekt schufen, reifte in der Sowjetunion der Bau der ersten Raumstation heran.

## Sonden auf dem Weg zum Mond

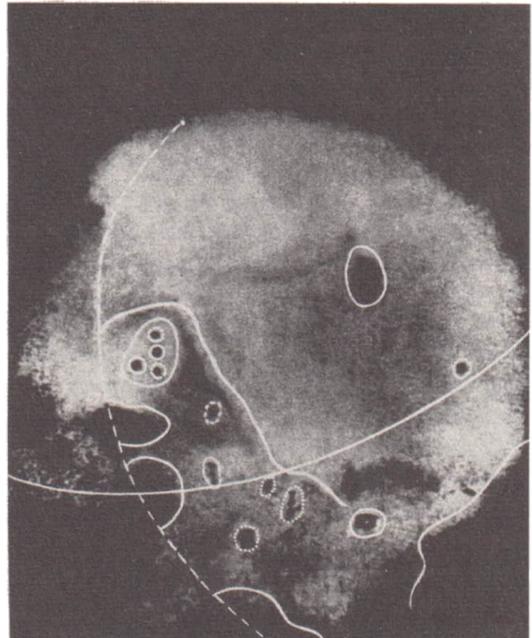
Die Sowjetunion begann frühzeitig mit einem Programm zur Erforschung des Mondes mittels Raumsonden. Die Zielvorstellungen waren anfangs bescheiden. Zunächst ging es darum, den Mond von der Erde aus zu treffen. Da Kurskorrekturen noch nicht möglich waren, bedeutete dies eine außerordentliche Genauigkeit von Startzeit, Startrichtung und Schub der jeweiligen Sonde. Die USA verfolgten Ende der 50er Jahre ein weitgehend ähnliches Programm. Keine der 1958 gestartete USA-Mondsonden (Thor Able 1 sowie Pioneer 1 bis 3) erreichte jedoch ihr Ziel. Auch die erste sowjetische Mondsonde Lunik 1 (1959) verfehlte den Mond um 5600 km. Doch schon die wenig später gestartete Sonde Lunik 2 schlug nach anderthalbtägigem Flug am 13. September 1959 hart auf der Oberfläche des Mondes auf. Dieser erste, wenn auch wenig sanfte irdische Besuch auf dem Nachtgestirn, den Generationen von Raumfahrt pionieren und utopischen Schriftstellern in ihrer Phantasie vorweggenommen hatten, erfolgte immerhin knapp zwei Jahre nach der Eröffnung des »kosmischen Zeitalters«. Allein diese Tatsache läßt den enormen Anspruch der noch jungen, aber sich äußerst dynamisch entwickelnden Raumfahrt der UdSSR deutlich werden. Während des Anflugs auf den Mond wurden bereits wertvolle Daten über den interplanetaren Raum, aber auch aus der unmittelbaren Umgebung des Erdtrabanten gewonnen. Das Fehlen eines merklichen Magnetfeldes beim Mond wurde ebenso nachgewiesen wie der Mangel an jeglicher Mondatmosphäre, da man keinerlei Zunahme der Gasdichte mit der An-

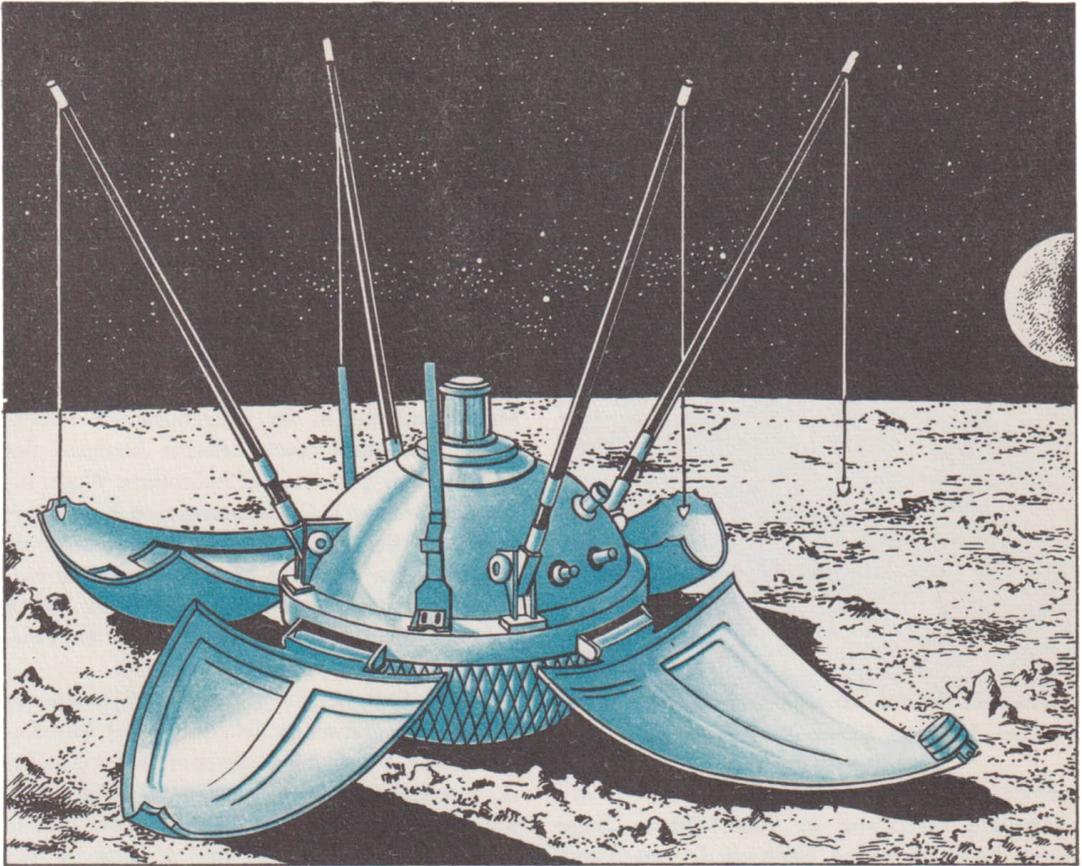
näherung an den Himmelskörper feststellen konnte.

Lunik 3, am 2. Jahrestag von Sputnik 1 gestartet, brachte eine weltweit gewürdigte Sensation: die erste Fotografie der von der Erde aus unsichtbaren Rückseite des Mondes. Mit einem Kamerasystem ausgerüstet und mit den entsprechenden funktechnischen Anlagen zur Bildübermittlung versehen, schwenkte die Sonde (278,5 kg Masse) zunächst in eine über die Distanz des Mondes hinausreichende Ellipse. Während der Annäherung an den Mond bewirkte dessen Anziehungskraft eine Änderung der Bahn des Flugkörpers, so daß dieser schließlich in eine Ellipse mit einem Apogäum von rund 470 000 km und einem Perigäum von 47 500 km gelangte. Aus einem Abstand von etwa 60 000 km wurden während eines Zeitraumes von einer knappen Dreiviertelstunde mehrere hundert Aufnahmen von der Rückseite des Trabanten gewonnen.

Dem damaligen Stand der Technik entsprechend, war es erforderlich, die Filme automatisch zu entwickeln und zu fixieren. Anschließend wurden sie mit einer speziellen Bildröhre abgetastet und die entsprechenden Signale zur Erde übertragen.

*Erste Aufnahme der Mondrückseite durch Luna 3*





*Automatische sowjetische Mondsonde Luna 9*

Die Akademie der Wissenschaften der UdSSR stellte die Ergebnisse in einem Atlas zusammen, der veröffentlicht und damit weltweit allen interessierten Wissenschaftlern zugänglich gemacht wurde.

Ohne auf die Ergebnisse und deren Auswertung hier näher eingehen zu können, sei lediglich vermerkt, daß auf der erdabgewandten Seite des Mondes zwar keine prinzipiell anderen Strukturen gefunden wurden als auf der Vorderseite, jedoch fällt auf, daß die ausgedehnten Ebenen (Mare, dt. »Meere«) dort fehlen. Statt dessen dominieren gebirgige Strukturen, namentlich Krater und auffallende Kraterketten.

Nach weiteren erfolglosen Versuchen, hart auf dem Mond aufzutreffen, begannen die USA im Sommer 1961 ihr Ranger-Programm zur unbemannten Monderforschung. Die »Spürhunde« sollten im Anflug auf den Erdtrabanten detail-

lierte Fotos von der Oberfläche liefern und dann auf dem Mond zerschellen. Doch erst Ranger VII (1964) erreichte das Ziel, während das Programm mit Ranger IX ein knappes dreiviertel Jahr später beendet wurde. Immerhin waren insgesamt über 17000 Fotos zustande gekommen. Das Auflösungsvermögen reichte bis zu Objekten von 30cm Durchmesser. Selbstverständlich ist diese amerikanische Serie von Monderkundungs-sonden im Blickwinkel auf das Apollo-Projekt zu sehen; es sollte die erforderlichen Kenntnisse über die Mondtopographie liefern und die Entscheidung über künftige Landeplätze vorbereiten helfen. Die Sowjetunion setzte inzwischen ihre Lunik-Serie fort (ab Sonde 4 unter der neuen Bezeichnung Luna) und steuerte eine erste weiche Mondlandung an, die nach anfänglichen Mißerfolgen mit Luna 9 im Februar 1966 als neue sowjetische Erstleistung gelang. Die Sonde setzte



*Landesimulation einer Surveyor-Sonde auf der Erde*

auf dem Erdtrabanten auf und lieferte noch drei Tage lang Bilder von der unmittelbaren Umgebung des Landeplatzes. Noch vor der ersten amerikanischen weichen Landung auf dem Mond gelang es der UdSSR, die Sonde Luna 10 in einen Trabanten des Mondes zu verwandeln, d. h. in eine Mondumlaufbahn einzuschleßen, von wo aus zahlreiche Informationen über den Mond zur Erde gelangten.

Als Nachfolgeprogramm der Ranger-Sonden begannen die USA 1966 mit den Surveyor-Sonden (engl. Inspektor) sowie mit den Lunar-Orbiter-Sonden, die den Trabanten aus der Umlaufbahn erforschten.

Surveyor 1 blieb im Sommer 1966 etwa 10 Wochen auf dem Mond aktiv und übermittelte mehr als 12 000 Aufnahmen der Mondoberfläche. Lunar Orbiter 1 (Start August 1966) fotografierte die Mondoberfläche aus der Umlaufbahn, wegen des besseren Auflösungsvermögens wurde herkömmliche fotografische Technik eingesetzt, mit anschließender Entwicklung und elektronischer Bildabtastung. Bei den Orbitern 2 und 3 (1966 bzw. 1967) waren elliptische Bahnen mit sehr

mondnahen Punkten (39 km bzw. 45 km) gewählt worden, um so Detailstudien über geeignete Landeplätze machen zu können.

Das Lunar-Orbiter-Programm endete mit der Nr. 5 (1967); es hat insgesamt eine reiche Ausbeute erbracht: In über 6 000 Mondumläufen wurden rund 99 % der Mondoberfläche für kartographische Zwecke erfaßt und acht Landeplätze für die Apollo-Missionen ausgewählt.

Außerdem setzten die USA in dieser Zeit ihr Surveyor-Programm bis 1968 fort. Nicht alle vorgesehenen weichen Landungen glückten, doch wurden insgesamt etwa 80 000 Fotos von der Mondoberfläche in der Umgebung der Landestellen gewonnen. Auch einfache Analysen des Mondbodens gelangen auf indirektem Wege. Interessant war auch die Zündung eines Korrekturtriebwerks bei Surveyor 6, wodurch die Sonde sich etwa 4 m über den Mondboden erhob und rund 3 m entfernt vom alten Landeplatz wieder aufsetzte. Dadurch wurde eine stereoskopische Bilderfassung der Landestelle möglich.

Die UdSSR befaßte sich indessen langfristig mit der automatischen Erkundung des Mondes. Zu diesem Zweck wurde unter anderem eine Serie von Raumflugkörpern »Zond« (Sonde) entwickelt, die speziell dazu dienten, raumflugtechnische Erprobungen in der Umgebung des Mondes, aber auch im interplanetaren Raum auszuführen sowie den Mond zu untersuchen. Die mit »Sonde 1« 1964 begonnene Serie umfaßte insgesamt acht Raumflugkörper und endete im Jahre 1970. Bis dahin noch nicht erfaßte Teile der Mondrückseite wurden unter anderem 1965 fotografiert.

Bemerkenswert waren die raumflugtechnischen Manöver von Sonde 5 (1968). Durch Bahnkorrektur während des Fluges schwenkte die Sonde um den Mond, und beim Anflug auf die Erde wurde sie nochmals auf den Eintrittskorridor korrigiert. Der Instrumentenbehälter landete am Fallschirm im Indischen Ozean.

Danach erreichte Sonde 6 (Nov. 1968) die größte Mondannäherung mit 2 420 km. Bei ihrem Eintritt in die Erdatmosphäre wurden zwei Eintauchabschnitte benutzt. Dadurch konnte der Bremsandruck von zuvor 10...16 g auf 4...7 g gemindert werden. Die erstmalig gelungene Rückführung eines Raumflugkörpers aus dem Bereich

des Mondes auf die Erde trug nicht wenig dazu bei, daß in den USA die Vermutung entstand, die UdSSR hätten damit ihre »Teilnahme« am Wettrennen zum Mond erklärt. Die Entscheidung, keine bemannten Mondflugunternehmen durchzuführen, war jedoch zu diesem Zeitpunkt in der Sowjetunion schon längst gefallen, wie der weitere Verlauf des sowjetischen Mondforschungsprogramms bald deutlich erkennen ließ.

## Gespensterjagd zum Mond – Apollo

Der Einfluß des sowjetischen Sputniks auf das Leben in den Vereinigten Staaten von Amerika war äußerst vielschichtig. Politiker, Wirtschaftsexperten, Militärs und Soziologen, die sich zuvor beharrlich geweigert hätten, der Sowjetunion irgendeine Führungsrolle in der Welt zuzusprechen, begannen nun damit, diese sorgfältig zu untersuchen, ihre Auswirkungen zu beschreiben und ihre Ursachen zu analysieren. Sogar die Lesebücher und der Unterrichtsstoff der sowjetischen Schulen wurden mit denen der USA verglichen. Aus dem Bundesbüro für Bildung verlautete, daß es den amerikanischen Grundschulen an insgesamt 140 000 Klassenräumen mangle. In der »Überlegenheit der Russen« auf den Gebieten der Wissenschaft, Technik und Bildung sahen die Politiker eine ernste Gefahr nicht nur für das Ansehen, sondern zugleich für die nationale Sicherheit der USA. Die USA gingen davon aus, daß das Land mit der Führung im Weltraum »als das in technischer Hinsicht am stärksten entwickelte, mit der besten Gestaltung des Bildungswesens und dem besten Wirkungsgrad des politischen und ökonomischen Systems insgesamt beurteilt wird«. Diese Einschätzung war keineswegs verfehlt. Hiieß es doch auch in den Thesen des Zentralkomitees der Kommunistischen Partei der Sowjetunion zum 100. Geburtstag Lenins: »Wissenschaft und Technik sind in der heutigen Welt zum wichtigsten Feld für den Wettbewerb der beiden entgegengesetzten sozial-ökonomischen Systeme geworden.«

Allmählich manövierten sich die USA dabei aber in eine ausgesprochene »Gespensterjagd« hinein. Nicht mehr die wissenschaftliche oder technische Zweckmäßigkeit dominierte in ihren

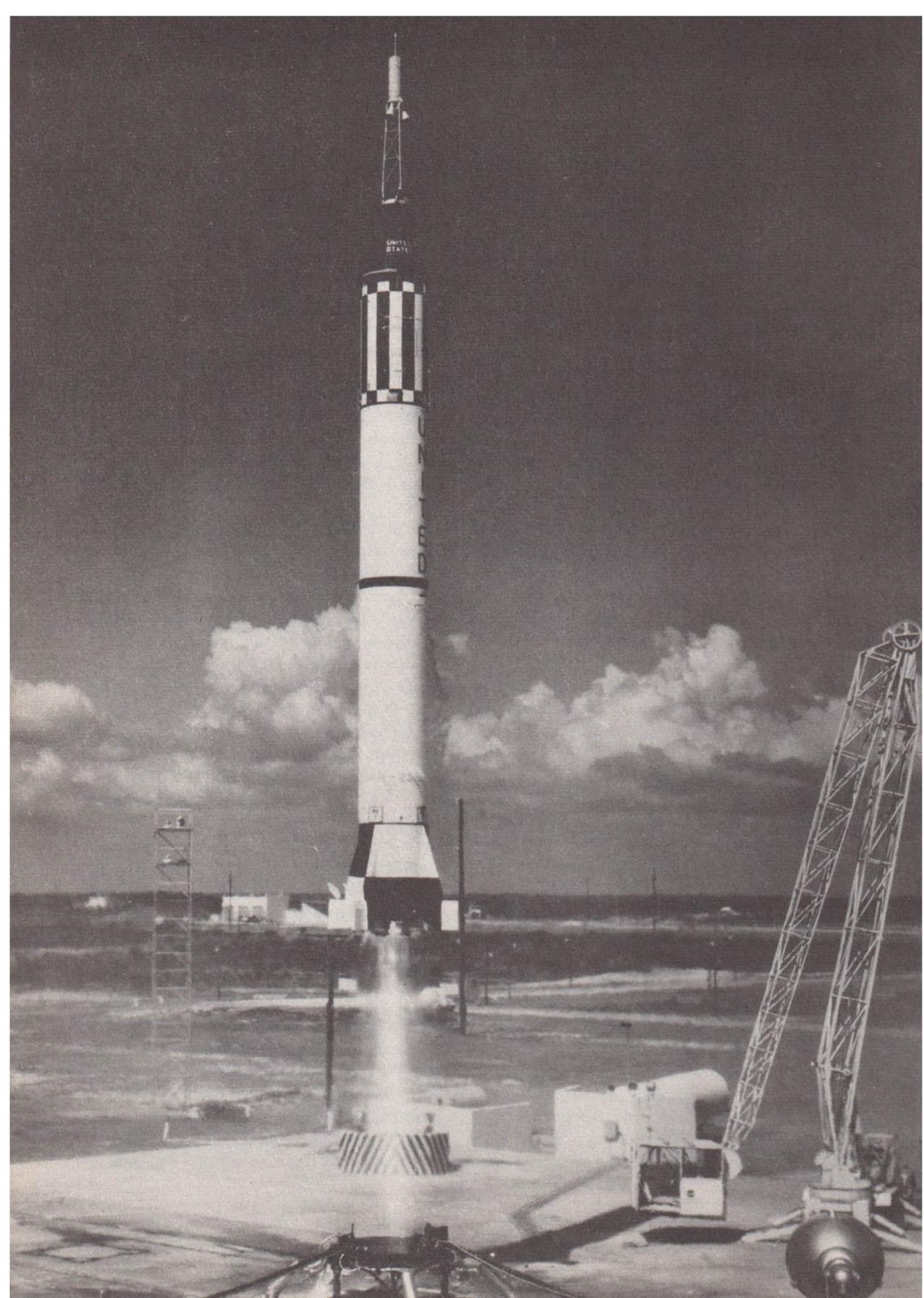
Überlegungen, sondern politische Argumente mit Blick auf mögliche Prestigegewinne. Natürlich verfügten die USA über ein stark entwickeltes System von Wissenschaft und Technik und somit über gute Voraussetzungen, auch auf dem Gebiet der Raumfahrt weitere bedeutende Fortschritte zu erzielen; dennoch ist das enorme Tempo, das sich unter anderem auch in der Entwicklung der Ausgaben für die Raumfahrt niederschlägt, nur unter dem Eindruck des sowjetischen Weltraumprogramms und seiner unübersehbaren Erfolge zu verstehen. Hierbei spielten militärische Überlegungen bereits eine wesentliche Rolle.

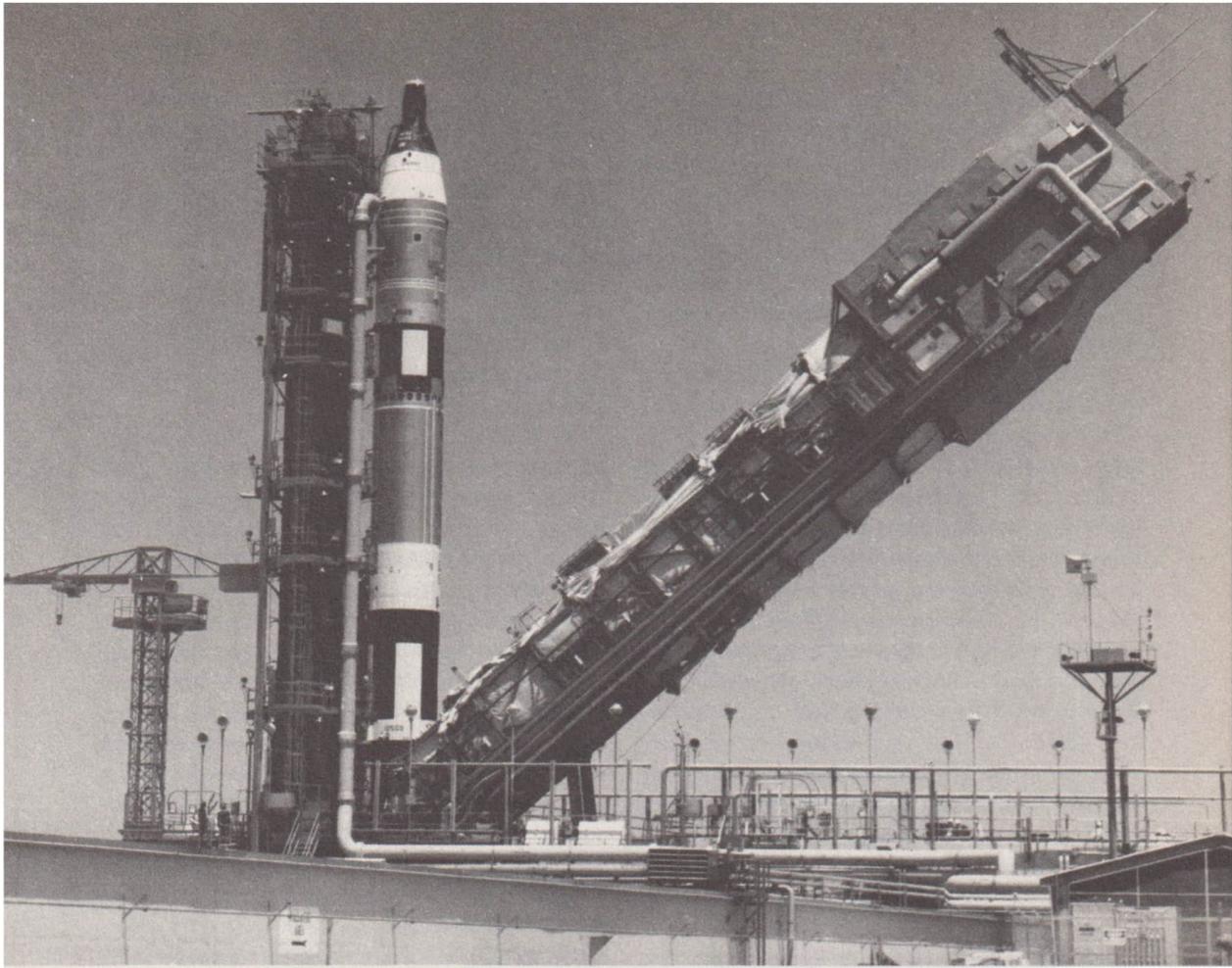
»Wie die Luftüberlegenheit während des zweiten Weltkrieges den Sieg bedeutete«, meinte der amerikanische General Power bereits 1960, »kann es sein, daß die Eroberung des Weltraums im nächsten Krieg zur Eroberung der ganzen Welt führt.«

Es ist deshalb alles andere als ein Zufall, daß der amerikanische Präsident John F. Kennedy am 25. Mai 1961 – sechs Wochen nach dem Flug von Juri Gagarin – vor dem amerikanischen Kongreß das bis dahin ehrgeizigste und aufwendigste Unternehmen der Raumfahrt als »Nationales Programm« verkündete: »Ich bin überzeugt«, sagte Kennedy vor beiden Häusern des amerikanischen Kongresses, »daß unser Land die Verpflichtung eingehen muß, noch vor Ablauf dieses Jahrzehnts einen Menschen auf dem Mond zu landen und wohlbehalten zur Erde zurückzubringen. Kein einziges anderes kosmisches Projekt wird auf die Menschheit in diesem Zeitraum einen stärkeren Eindruck machen, vom Standpunkt der Perspektiven für die Erforschung des Weltraums wichtiger sein und für seine Realisierung so erhebliche Mittel in Anspruch nehmen.«

Diese Rede, mit der die Weichen für *das* zentrale Unterfangen der USA-Raumfahrt gestellt wurden, unterstreicht unübersehbar die Dominanz der Politik gegenüber wissenschaftlich-technischen Überlegungen. Gleichzeitig stellte dieses Programm enorme Anforderungen an Ökonomie, Wissenschaft, Technik und Organisation und gab insofern schließlich eine in der Tat aufsehenerregende und achtungsgebietende Visitenkarte der amerikanischen Leistungsstärke ab.

Das Apollo-Programm stieß innerhalb der





*Gemini-Titan-4 (USA) während einer Simulation (1965)*

USA keineswegs auf einhellige Zustimmung. Vielmehr gab es Kreise im ultrarechten Lager, die den erdnahen Raum für weitaus wichtiger erachteten als einen Prestigeerfolg auf dem Mond. Der Führer der US-Airforce hielt künftige »Luft- und Weltraumstreitkräfte« für ein erstrebenswertes Ziel und sprach sich für eine ständige amerikanische »Himmelspatrouille« im erdnahen Raum, einige hundert Kilometer über der Erde, aus. Doch Kennedy sowie zahllose seiner Berater sahen den Mondflug als das geeignetere Mittel an, die Welt zugunsten der USA zu beeinflussen.

*Redstone-Rakete »Freedom 7«, die den US-amerikanischen Astronauten Alan Shepard zu seinem 25minütigen ballistischen Flug emportrug.*

Man begann natürlich nicht beim Stande Null. Schon unter Präsident Eisenhower waren Mondlandevarianten diskutiert worden. Sogar der Name Apollo für ein Nachfolgeprogramm von Mercury ist damals schon geprägt worden. Als Grund für ausgerechnet diesen Namenspatron aus der antiken Mythologie, den griechischen Gott des Lichts, gab man einfach an, er sei eben attraktiv gewesen. Und was die Saturn-Rakete anlangt, das bisher leistungsstärkste Raumfahrtantriebsmittel überhaupt, so waren die ersten Varianten davon ebenfalls schon 1958 entwickelt worden, immerhin mit einer Startmasse von 500 t, wenn auch nicht im Hinblick auf ein Mondflugprojekt.

Doch auch von einer bemannten Expedition zum Mond war schon früher gesprochen worden.

Allerdings hatte man damals lediglich an eine Umrundung des Erdtrabanten mit anschließender Rückkehr zur Erde gedacht. Nunmehr war jedoch ein wesentlich anspruchsvolleres Ziel im Visier.

Das Apollo-Programm erhielt die Dringlichkeitsstufe DX, also höchste Priorität, wie sie sonst bestenfalls wichtigen militärischen Projekten zuteil wurde.

In den USA begann nun das Gerangel um die fettesten Aufträge im Zusammenhang mit dem »Nationalen Raumfahrtprogramm«. Der Weltraum erwies sich als eine bisher noch nicht gekannte neue Anlagesphäre für Kapital. Man fühlt sich unwillkürlich an die prophetischen Worte von Paul Lafargue erinnert, der zu Beginn des 20. Jahrhunderts geschrieben hatte: »Die Männer der Wissenschaft wollten verhindern, sich an die Industrie zu vermieten, aber sie werden eines Tages dahin kommen, sie werden ihre Hirne in den Dienst der ungebildeten Unternehmer stellen ... Und sie werden sich glücklich schätzen, wenn sie eine bescheidene Belohnung für eine Entdeckung bekommen, die Millionen einbringen wird.« Daß es dabei zu einem erbitterten Konkurrenzkampf ohnegleichen kam, braucht nicht besonders hervorgehoben zu werden.

Für die Vergabe der Aufträge war natürlich mit entscheidend, auf welchem Wege man zum Mond gelangen wollte. Hierfür gab es mehrere Varianten, über die nunmehr lebhaft Debatten entbrannten:

1. Direktflug Erde-Mond-Erde;
2. Flug zum Mond mit Rendezvousmanöver in der Erdumlaufbahn;
3. Flug direkt zum Mond mit Rendezvous im Mondorbit.

Im Sommer 1962 fiel die Entscheidung für die dritte Variante. Ein Direktanflug auf den Erdtrabanten hätte eine Rakete erfordert, die das doppelte Leistungsvermögen der später tatsächlich verwendeten Saturn 5 aufwies. Zwar befand sich ein solch gewaltiges Antriebsmittel unter dem Namen »Nova« in der Diskussion, doch wäre angesichts der zu leistenden Entwicklungsarbeiten wahrscheinlich Kennedys Zeitplan aus den Fugen geraten.

Der Auftrag für die alles entscheidende schubstarke Trägerrakete Saturn V wurde an Boeing und North American Rockwell vergeben. Sie sollten die ersten beiden Stufen bauen. Die dritte Stufe und die Instrumenteneinheit übernahmen Douglas bzw. IBM.

Im Frühjahr wurde entschieden, daß für die geplanten Erprobungen des Apollo-Raumschiffs in der Erdumlaufbahn zunächst die erste Stufe der Saturn I und die Oberstufe der Saturn V eingesetzt werden sollten.

Im August 1961 hatte man das Massachusetts Institute of Technology für die Entwicklung des Apollo-Führungs- und Navigationssystems ausgewählt, während das Apollo-Raumschiff von North American Aviation als Hauptauftragnehmer erstellt werden sollte.

Die Saturn I wurde unter Leitung von Brauns und unter wesentlicher Mitarbeit von rund hundert ehemaligen »Peenemündern« in den Jahren bis 1964 entwickelt. Zu den Mitarbeitern zählten auch noch zahlreiche jüngere Spezialisten aus der BRD, die v. Braun sich nach den USA geholt hatte. Insgesamt arbeiteten während der intensivsten Phase der Raketenentwicklung etwa 7500 Mitarbeiter an diesem Projekt. Schon die Saturn I hatte die beträchtliche Höhe von 58 m und eine Startmasse von über 500 t. Die ersten Starts wurden mit einer Attrappe als zweite Stufe vorgenommen. Erst ab 1964 flog eine echte zweite Stufe in die Erdumlaufbahn. Ab 1966 startete versuchsweise die Saturn IB, immer noch ohne eine dritte Stufe. Zunächst wurden unbemannte Apollo-Raumschiffe in die Erdumlaufbahn getragen. Der letzte Erprobungsstart am 11. Oktober 1968 bedeutete gleichzeitig den Beginn der bemannten Flüge von Apollo.

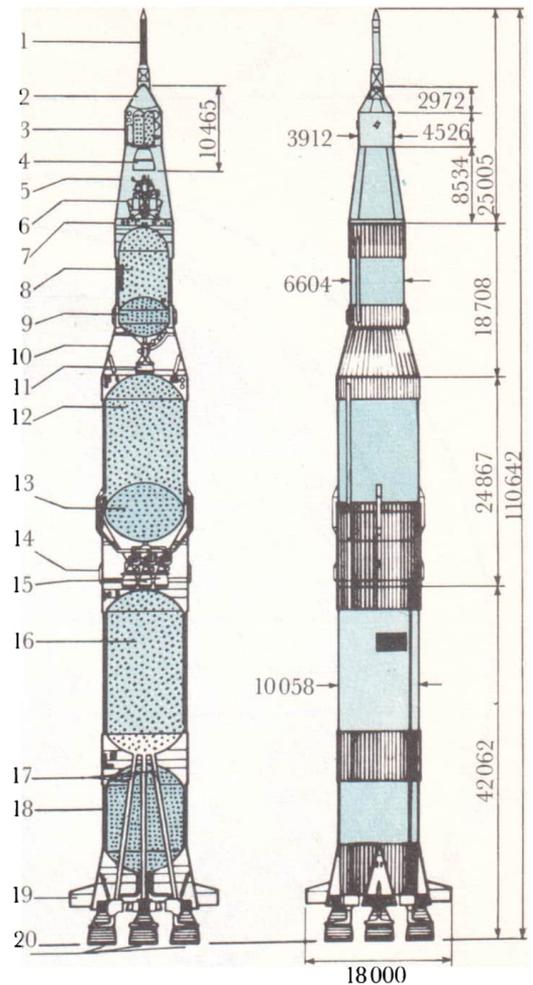
Vorher aber forderte das Apollo-Projekt seine ersten Opfer. Am 27. Januar 1967 verbrannten die drei Astronauten Virgil Grissom, Edward White II und Roger Chaffee bei einem Bodentest in der Apollo-Kapsel. Dieser tragische Zwischenfall hatte eine umfassende Untersuchung der Ursachen zur Folge und warf das Programm insgesamt in seinem Ablauf erheblich zurück.

Die für die Mondexpeditionen vorgesehene Kombination der Saturn V mit dem Apollo-Raumschiff wurde erstmals am 9. November 1967 getestet. Dies war zugleich der erste Start der

ausgereiften Saturn-V-Rakete. Die dreistufige Rakete hatte eine Gesamthöhe von knapp 111 m und eine Startmasse von knapp 3 000 t. Die Vorstufen Saturn I und Saturn IB nicht mitgerechnet, hat allein die Entwicklung der Saturn V etwa 6 Milliarden Dollar gekostet. Nach Angaben der NASA ist dazu noch die Entwicklung des Triebwerks zu rechnen sowie die Herstellung der Saturn-Rakete selbst, d. h. nochmals rund 1 Milliarde Dollar. Nur vierzehn Exemplare dieser aufwendigen und begrenzt einsetzbaren Rakete sind davon insgesamt hergestellt worden.

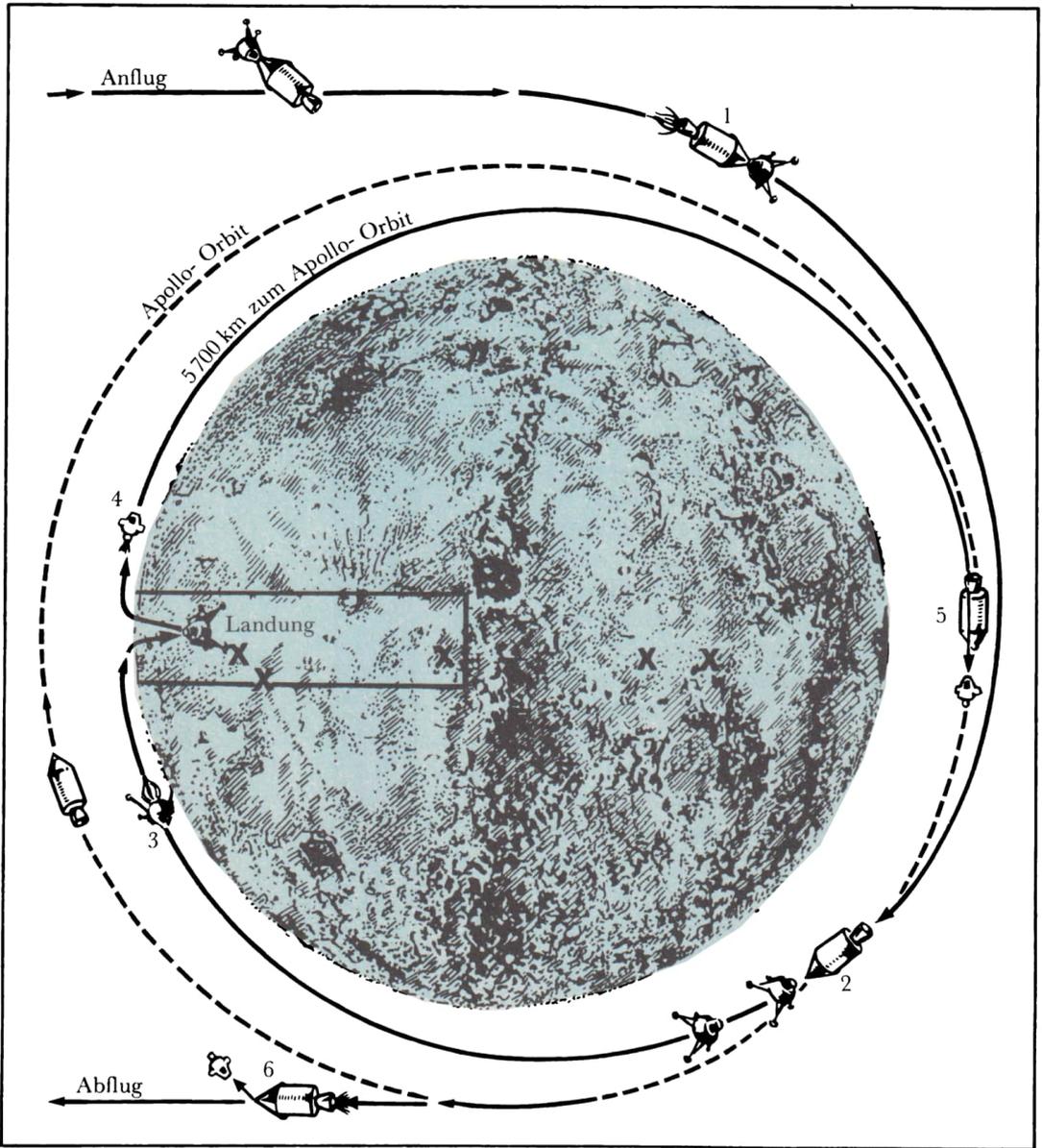
Der erwähnte Ersttest der Einheit Saturn/Apollo verlief zur vollen Zufriedenheit. Auch die Wiederzündbarkeit der dritten Stufe wurde erfolgreich getestet; diese sollte ja nach dem vorgesehenen Missionsprofil aus dem Mondorbit zur Erde zurückschwenken, nachdem der Rückkehrteil des Apollo-Raumschiffs vom Mond wieder aufgestiegen und mit dem Orbiter gekoppelt hatte. Außerdem wurde bei dieser Gelegenheit auch der Eintritt der Apollo-Kapsel in die Erdatmosphäre erfolgreich probiert. Nach diesen Erprobungen mit Apollo 4 hatte bei der Mission Apollo 5 am 22./23. Januar 1968 die Landefähre ihre Feuerprobe zu bestehen. Das Lande- und das Starttriebwerk wurden je zweimal in der Erdumlaufbahn gezündet. Die Einheit war diesmal durch eine Saturn IB in die Umlaufbahn getragen worden. Beim neuerlichen Test der Saturn V mit Apollo 6 (4. April 1968) stellten sich einige Mängel heraus, die noch dringend beseitigt werden mußten, ehe man die Erprobungen fortsetzen konnte; unter anderem handelte es sich um Leitungsrisse im Treibstoffsystem und einen vertikalen Schwingungseffekt der Oberstufe der Saturn.

Die erste bemannte Aktion wurde im Rahmen von Apollo 7 am 11. Oktober 1968 gestartet. Drei Astronauten, unter ihnen Walter Schirra, der bereits seinen dritten Raumflug ausführte, befanden sich 10 Tage im Erdorbit. Sie übten Rendezvousimulationen, führten einige Flugmanöver aus und betätigten sich wissenschaftlich. Das Ergebnis war derart zufriedenstellend, daß man sich entschloß, schon mit Apollo 8 die Nähe des Mondes anzusteuern. Als Motiv wurde von den amerikanischen Experten aber nicht nur der befriedigende Verlauf des Fluges von Apollo 7



US-amerikanische Saturn-V-Trägerrakete (Aufbauschema)

- 1 Rettungssystem
- 2 Besatzungskabine des »Apollo«-Raumfahrzeugs
- 3 Geräteteil des Raumfahrzeugs
- 4 Schubdüse des »Apollo«-Triebwerks
- 5 Mondlandergehäuse
- 6 Mondlander
- 7 Instrumentenring
- 8 Brennstoffbehälter der 3. Stufe
- 9 Oxydatorbehälter der 3. Stufe
- 10 Stufenadapter
- 11 Schubdüse des Drittstufentriebwerks
- 12 Brennstoffbehälter der 2. Stufe
- 13 Oxydatorbehälter der 2. Stufe
- 14 Trenntriebwerke
- 15 Schubdüsen des Zweitstufentriebwerks
- 16 Oxydatorbehälter der 1. Stufe
- 17 Oxydatorzuleitungen
- 18 Brennstoffbehälter der 1. Stufe
- 19 Stabilisierungsflächen
- 20 Schubdüsen des Erststufentriebwerks



*Verlauf der Apollo-Flugmission im Bereich des Mondes*

*1 Einschuss des Systems in den Mondorbit, 2 Abtrennung der Landefähre, 3 gesteuerter Abstieg zur Oberfläche, 4 Rückstart der Aufstiegsinheit, 5 Rendezvous und Kopplung mit dem Mutterschiff, 6 Abtrennung der Aufstiegsinheit und Zündung des Haupttriebwerks zur Erdrückkehr*

genannt; vielmehr unkten die »Kreml-Astrologen« von einer angeblich in der UdSSR entwickelten Großrakete, und sie befürchteten, den von ihnen selbst erfundenen Wettlauf zum Mond noch in letzter Minute zu verlieren. Der Direktor des »Weltraumbahnhofs« der NASA, Dr. Kurt

Debus, erinnert sich, daß es überraschend im Sommer 1968 zu einer Besprechung mit Wernher von Braun kam. In der Gewißheit, daß die UdSSR keinesfalls ein Landegerät für eine bemannte Mondlandung besitzt, beschloß man, noch 1968 eine Mondumkreisung vorzunehmen.

Das Unternehmen wurde zur »Geheimsache« erklärt.

Ohne die Mondfähre startete am 21. Dezember 1968 Apollo 8 mit den Astronauten Borman, Lovell und Anders an Bord in Richtung auf den Erdtrabanten. Noch nie hatten Menschen den Mond so nahe und die Erde aus so weiter Ferne gesehen wie diese drei Männer. Der Auftrag lautete: Umrückung des Mondes und Rückkehr zur Erde. Zunächst schwenkten die Astronauten am 24. Dezember in eine Mondumlaufbahn mit 130 km Mondnähe und 543 km Mondferne ein. Nach dem Zünden der Triebwerke umrundeten sie den Mond schließlich in einer Kreisbahn bei 112 km Höhe. Der vorgesehene erste Landeplatz wurde dabei inspiziert und fotografiert. Nach zehn Mondumrundungen zündete das Triebwerk für exakt 203 s, und die Astronauten schwenkten in die Rückkehrbahn zur Erde ein. Am 27. Dezember kam es zur Wasserung im Pazifik, unweit des vorgesehenen Zielgebiets.

»Seht diese Oase in den Weiten des Alls«, soll Lovell enthusiastisch ausgerufen haben, als er die Erde aus der Distanz des Mondes im Weltall schweben sah.

Während Apollo 9 (Start mit der Saturn V am 3. März 1969) nochmals im Erdorbit operierte, flog Apollo 10 wieder zum Mond, ohne dort zu landen. Mit dieser »Generalprobe« (Start am 18. Mai 1969) wurde durch die Astronauten Stafford, Young und Cernan fast das originale Missionsprofil geflogen. In der Mondumlaufbahn stiegen zwei Astronauten in die Landefähre um und führten den Landeanflug auf die Mondoberfläche aus. Dabei näherten sie sich der Oberfläche des Erdtrabanten bis auf 14,5 km. Bei der wiederholten maximalen Annäherung auf der elliptischen Bahn warfen sie sogar die Abstiegsstufe ab und zündeten dann die Triebwerke der Aufstiegsstufe. Nach der Kopplung mit dem im Orbit verbliebenen Mutterschiff ging es anschließend auf die Rückreise zur Erde, wo die Wasserung am 26. Mai 1969 erfolgte. Nun war der Weg für die erste Landung von Menschen auf dem Mond frei.

Apollo 11 hob am 19. Juli 1969 um 14 Uhr 32 Minuten vor den Augen von etwa einer Million Schaulustiger, die sich entlang der Küste Floridas eingefunden hatten, von der Startrampe

ab. An Bord befanden sich die drei Astronauten Neil Armstrong (Kommandant), Edwin Aldrin (Pilot der Mondfähre) und Michael Collins (Pilot der Kommandoeinheit). Drei Tage später hatte das Raumfahrzeug die Mondumlaufbahn erreicht, und am 20. Juli wurde die Mondfähre »Eagle« (Adler) vom Raumfahrzeug getrennt. In einer Höhe von 150 m über der Mondoberfläche übernahm Aldrin die Handsteuerung, und um 15 Uhr 17 Minuten MEZ setzte die Mondfähre weich auf der Mondoberfläche auf. Das Landegebiet befand sich in einem steinigen Gebiet des Mare Tranquillitatis (Meer der Ruhe), nahe dem Krater Moltke.

Bis zum ersten Ausstieg der Astronauten vergingen noch Stunden. Notwendige technische Überprüfungen sowie eine vom Kontrollzentrum angeordnete Ruhepause füllten die Zeit. Um 3 Uhr 56 Minuten MEZ am 21. Juli war es dann soweit: In einem speziellen Raumanzug und mit den notwendigen Versorgungsgeräten auf dem

*Der erste Mensch auf dem Mond: Neil Armstrong (USA)*



Rücken kletterte der Kommandant der Landeeinheit, Neil Armstrong, aus der Landefähre und betrat als erster Mensch den Mond und damit einen fremden Himmelskörper. Etwa 20 Minuten später folgte ihm Edwin Aldrin.

Armstrong verweilte 2 Stunden 14 Minuten auf dem Erdtrabanten, Aldrin 1 Stunde 44 Minuten. Während dieser Zeit wurde eine Spezialfolie auf dem Mond angebracht, die zur Analyse des ungehindert einströmenden Sonnenwindes diente. Zur Untersuchung eventueller Mondbeben und zur Registrierung von Meteoriteneinschlägen stellten die Astronauten ein Seismometer auf. Außerdem setzten sie einen Laserstrahlenreflektor ab, mit dessen Hilfe über Lasersignale von der Erde aus Präzisionsentfernungsbestimmungen des Mondes geplant waren. Zwei Fernsehkameras, von denen eine fest in die Mondfähre eingebaut war, filmten die Szenerie mit den beiden Männern, die unter nur einem Sechstel der Erdschwere wie Känguruhs herumhüpften. Zum Programm der Astronauten zählte auch, Material von der Mondoberfläche bis zu einer maximalen Tiefe von 13 cm einzusammeln. Insgesamt brachten Armstrong und Aldrin rund 27 kg Mondbodenproben an Bord der Mondfähre und dann zurück zur Erde. Auch die Folie zur Analyse des Sonnenwindes wurde am Schluß ihres Aufenthalts wieder eingerollt und mitgenommen, während die anderen Instrumente auf dem Monde verblieben.

Um 18 Uhr 52 Minuten starteten die Astronauten von der Mondoberfläche in die Umlaufbahn, wo das Kopplungsmanöver mit dem Apollo-Raumfahrzeug exakt gelang. Das »Mondausflugs-Modul« (Lunar Excursion Module, Abk. LEM) wurde nunmehr abgeworfen, und im »Funkschatten des Mondes«, während sich das Raumschiff über der erdabgewandten Seite des Mondes befand, zündeten die Triebwerke, die den Flugkörper wieder auf Erdkurs brachten. Am 24. Juli erfolgte die Wasserung der Astronauten 1500 km südwestlich von Hawaii.

Die Astronauten wurden nach ihrer Bergung 18 Tage unter Isolation gehalten, um auszuschließen, daß sie eventuelle »Mondbakterien« auf die Erde bringen. Die Tests verliefen jedoch negativ. Bei späteren Mondlandeunternehmen wurden deshalb keine Quarantäne-Maßnahmen für er-

forderlich gehalten. Bis zum Jahre 1972 erfolgten sechs weitere Landungen von Astronauten auf dem Mond.

Zu einem ausgesprochenen Risikounternehmen gestaltete sich Appolo 13 mit den Astronauten Lovell, Haise und Swigert an Bord. Das Raumschiff, das in der Fra-Mauro-Hochlandregion des Mondes aufsetzen sollte, befand sich bereits 329000 km von der Erde entfernt, als sich eine Explosion im Sauerstofftank der Versorgungseinheit ereignete. Damit fiel die gesamte Energieversorgung in der Kommandokapsel aus. Das Raumschiff befand sich in akuter Raumnot. Lediglich die Systeme der Mondlandefähre »Aquarius« konnten jetzt noch für Bahnmanöver und zur Lagesteuerung benutzt werden. An eine Landung auf dem Mond war nicht zu denken; vielmehr stand offen, ob es überhaupt gelingen würde, die Astronauten wohlbehalten zur Erde zurückzuholen. Die Bahn, auf der sich das Apollo-Raumschiff befand, gestattete keine automatische Rückkehr zur Erde; vielmehr waren dazu Kursmanöver erforderlich. Die Besatzung begab sich in die Mondlandefähre und führte in ständiger Fühlungnahme mit dem Kontrollzentrum in Houston, wo die Rechenanlagen die besten Varianten ermittelten, eine Mondumfliegung aus. Mit dem »Abstiegstriebwerk« der Mondlandefähre wurde das Raumschiff auf die Rückkehrbahn zur Erde manövriert. Die defekte Versorgungseinheit wurde abgetrennt, und die Astronauten stiegen in die Landekapsel um. Die Wasserung glückte am 17. April südöstlich der Samoas. Die Untersuchung des Defekts und die sich daraus ergebenden Anforderungen führten zu einer etwa neunmonatigen Pause im weiteren Ablauf des Programms.

## Der Wasserhahn wird zuge dreht

Insgesamt waren im Rahmen von Appolo zwölf Astronauten auf den Erdtrabanten gelangt, die sich rund 80 Stunden auf der Mondoberfläche aufgehalten hatten. Die Bilanz der Sammeltätigkeit von Mondgestein belief sich auf 391 kg, darunter Proben aus bis zu 2,4 m Tiefe. Bei den Mondausflügen der Astronauten wurden allein 80 km zurückgelegt, die größten Strecken unter

Verwendung der Mondautos (Lunar Roving Vehicle, Abk. LRV), die bei Apollo 15, 16 und 17 mitgeführt wurden. Die Astronauten haben auf dem Mond sechs automatische Meßstationen errichtet (»Apollo Lunar Surface Experiment Package«, Abk.ALSEP) und zahllose fotografische Aufnahmen und Filmaufnahmen gemacht. Die automatischen Apparaturen lieferten, zeitlich weit über die aktive Tätigkeit des Apollo-Programms hinaus, wertvolle wissenschaftliche Informationen. DieALSEP-Stationen wurden am 30. September 1977 aus Kostengründen (jährlich etwa 1 Mill. Dollar) abgeschaltet.

Das Apollo-Programm stellt insgesamt ein wissenschaftlich wertvolles und in seinem Ablauf beeindruckendes Programm der Raumfahrt dar. Für die USA hatte es zudem eine Reihe von Nebenwirkungen, die auf die weitere Entwicklung der amerikanischen Raumfahrt einen nachhaltigen Einfluß ausübte. Vor allem ist in diesem Zusammenhang die organisatorische Zentralisierung der Raumfahrt zu nennen, aber auch die enorme Verbreiterung der technologischen Basis, ein sichtbarer qualitativer Sprung der Normen und Ideen. Besonders die Mikroelektronik verdankt dem Programm einen deutlichen Schritt nach vorn, von zahlreichen anderen technischen Nebenprodukten abgesehen.

Für die Mondforschung stellen die Ergebnisse von Apollo zweifellos eine wichtige wissenschaftliche Grundlage dar.

Die von den USA gestellte politische Aufgabe war eigentlich schon am 21. Juli 1969 erfüllt, als Armstrong und Aldrin die Nationalflagge der Vereinigten Staaten auf der Oberfläche des Mondes hinterließen und dann zur Erde zurückkehrten. Spürbar sank das Interesse der amerikanischen Politiker an Apollo, nachdem diese »nationale Tat« vollbracht worden war. Schon 1971 gab es Änderungen gegenüber dem ursprünglich gedachten Programmverlauf. Die ersten Landungen hatten deutlich werden lassen, daß die Abstände zwischen den Missionen zeitlich zu kurz waren. Man hätte jeweils wesentliche Ergebnisse der zurückliegenden Mission bei der Vorbereitung der nächsten nutzen müssen. Doch Zeit war hier buchstäblich Geld. Allein die festen Kosten des Projekts betragen 10 Millionen Dollar pro Monat, ob man flog oder nicht. In einflußrei-

chen Gremien machte sich eine »Anti-Apollo-Stimmung« bemerkbar. Dies führte letztlich zu der Verkürzung des Programms von insgesamt zehn geplanten Landungen auf sechs.

Das Apollo-Programm war alles andere als organisch gewachsen. Gerade die seither vergangene Zeit hat inzwischen noch deutlicher werden lassen, daß innerhalb der Raumfahrtentwicklung die Zeit zur bemannten Erforschung des Mondes noch nicht gekommen war. Das künstlich forcierte und vorrangig politisch motivierte Programm bedeutete für die USA zugleich das Ende einer glanzvollen wissenschaftlich-technischen Show, die ohne Fortsetzung bleiben mußte. Eine offenkundige Sackgasse stellte die Entwicklung der Trägerrakete Saturn V dar. Die Bewunderung für die technische Leistung, die dieses Raumfahrtträgermittel darstellt, kann ihre Mängel, geringe Rentabilität und ausgeprägte Diskontinuität nicht verdecken. Anlässlich des 10. Jahrestages von Apollo hat es deshalb auch in westlichen Berichten nicht an deutlichen Kritiken gefehlt, in denen unumwunden ausgesprochen wurde, was viele dachten: Der Beweis, daß man in der Raumfahrt ein Ziel erreichen kann, um damit der Welt die »Führungsrolle« der USA deutlich zu machen, war die 25 Milliarden (!) Dollar nicht wert, die das Unternehmen verschlungen hatte.

Das amerikanische Mondflugunternehmen ist aus der noch jungen Geschichte der Raumfahrt nicht wegzudenken. Es hat beeindruckt, aber nicht überzeugt. Es war nicht das »größte Abenteuer des 20. Jahrhunderts«, wie westliche Journalisten es gern hinstellen suchten. »Von der politischen Motivation her wirkte Apollo eher kleinkariert als epochal«, schrieb der Jenenser Astronom J. Dorschner in einer Retrospektive zum 10. Jahrestag der ersten amerikanischen Mondlandung.

Bittere Jahre für die US-amerikanische Raumfahrt folgten auf dem Fuße. Das riesige Potential an Spezialisten, dessen Anstrengungen die Apollo-Erfolge überhaupt erst ermöglicht hatten, war nicht mehr gefragt. Was sollte man nach dem Abschluß des »Nationalen Programms« mit 100 000 hochbezahlten Spezialisten? Es konnte nicht anders kommen, als es nun kam: Sie flogen auf die Straße, und niemand mehr interessierte

sich für das Schicksal dieser »Helden von gestern«. Natürlich war diese Entwicklung nicht nur voraussehbar gewesen, sie war geradezu ein Bestandteil des Programms. Wernher von Braun brachte es auf die knappe, aber die Schicksale Tausender umreißende Formel: »Es war uns immer klar, daß nach dieser Gewaltanstrengung ... gewisse Rückschritte eintreten werden ... Wir ... sehen unsere große Aufgabe darin, jetzt immer wieder in Vorträgen den Menschen einzuhämmern, daß man ein solches Programm nicht wie einen Wasserhahn auf- und zudrehen kann; daß jedesmal, wenn man den Wasserhahn zudreht, unendliche Verluste an Kenntnissen und Erfahrungen in den Ausguß gehen und daß es sehr teuer ist, ein solches Programm wieder anzukurbeln, und daß es für das Land sehr viel besser wäre, ein stetiges, über Jahre fundiertes und finanziertes Programm zu haben, als immer diese Spitzen und Fehler, die soviel Flurschaden anrichten.«

## Das Kabinettstück von Luna 16 und die Forschungsmobile auf dem Mond

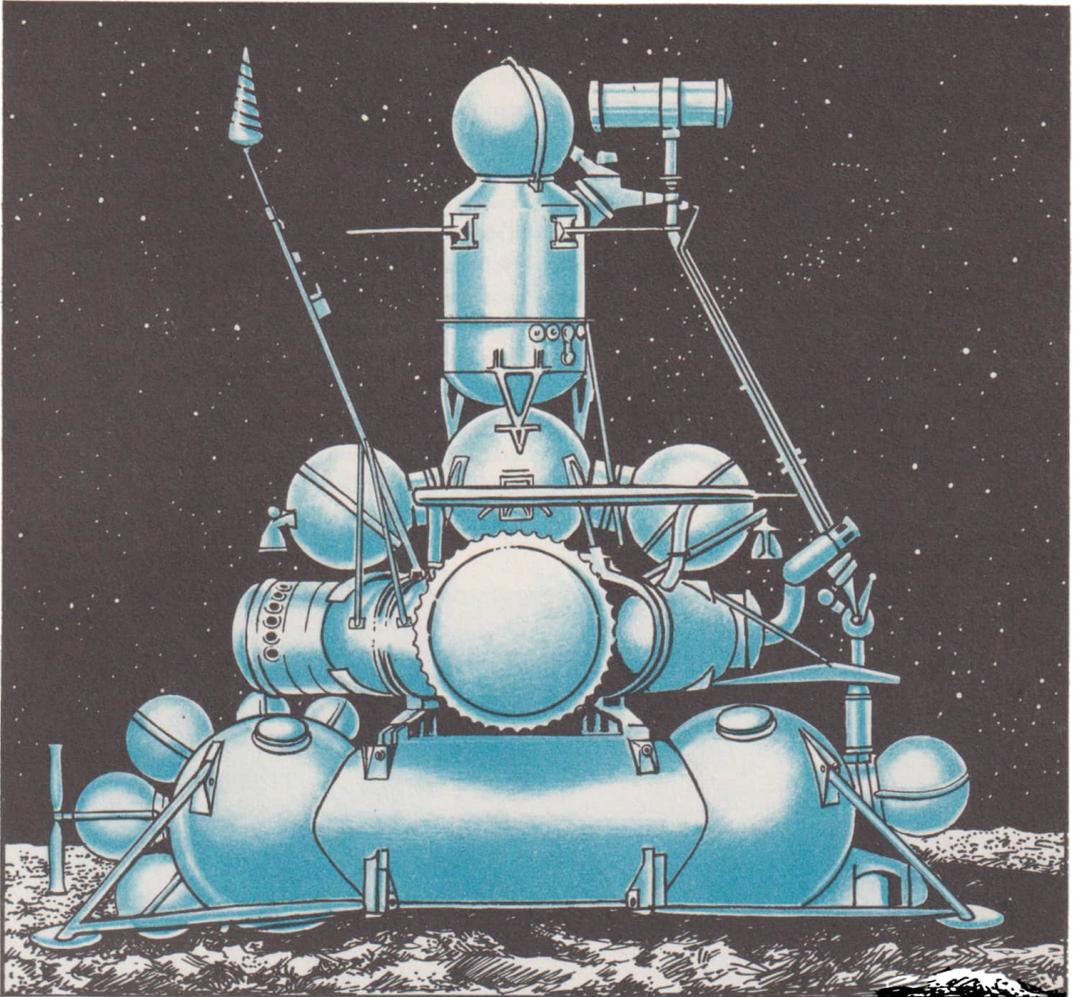
Am 12. September 1970 startete die Sonde Luna 16. Eine schubstarke Trägerrakete brachte eine Masse von 5,5 t in Richtung Mond. Entsprechend den früheren Erprobungen mit der Serie von »Zond«-Raumflugkörpern, wurde zunächst eine Mondumlaufbahn mit einem mondfernten Punkt von 115 km und einem mondnächsten Punkt von 15 km eingeschlagen. Durch Zündung des Hauptlandtriebwerks wurde das Landemanöver eingeleitet; 600 m über der Mondoberfläche wurde der Fall erneut durch Zünden des Triebwerks gebremst. In einer Höhe von 20 m schaltete sich die Präzisionsbremsregelung ein. Aus 2 m Höhe setzte das Gerät dann im freien Fall weich auf dem Mond auf. Am 20. September 1970 um 6 Uhr 18 Minuten MEZ befand sich Luna 16 mit einer Gesamtmasse von 1880 kg auf der Nachtseite des Mondes im Gebiet des Mare Foecunditatis (Meer der Fruchtbarkeit). Auf der Landestufe befand sich eine Rückstartstufe mit Treibstoffbehältern und Triebwerk. Neben zahlreichen wissenschaftlichen Geräten zur Samm-

lung verschiedenartiger Informationen war die Landestufe als Kernstück mit einem Spezialgerät zur Entnahme einer Bodenprobe ausgestattet. Hierbei handelte es sich um ein elektrisch angetriebenes kleines Bohrsystem, das sich an einem schwenkbaren Ausleger befand und für eine Bodentiefe bis zu 35 cm vorgesehen war. Der Hohlmeißel des Bohrers drang auf Funkkommando von der Erde in den Mondboden ein und entnahm eine Probe in einer Entfernung von mehreren Metern neben der Landestelle. Dadurch konnte gesichert werden, daß die Probe von den Landetriebwerken weitgehend unbeeinflusst war. Nach dem Bohrvorgang wurde das Gerät mit dem entnommenen Material in eine evakuierte Rückkehrkapsel gebracht. Die auf dem Landeteil aufgesetzte Rückstartstufe gelangte direkt von der Oberfläche des Erdtrabanten in eine Bahn zur Erde. Die Rückkehrkapsel mit der kostbaren Fracht von etwa 100 g Mondbodenprobe wurde vom Flugkörper vor dem Eindringen in die Erdatmosphäre abgetrennt und – mit einer verstärkten Hitzeschutzschicht voran – auf die Erdoberfläche gelenkt, wobei in der letzten Phase vor der Landung Brems- und Hauptfallschirme in Aktion traten. Das in der gesamten Raumfahrt bis dahin einzigartige Kabinettstück endete mit dem Eintreffen der Kapsel am 24. September, knapp zwei Wochen nach dem Start, unweit von Dsheskasgan in Kasachstan. Nach diesem aufsehenerregenden Erfolg wiederholte die UdSSR-Raumfahrt die automatischen Probenahmen mit anschließender Rückkehr zur Erde noch zweimal, nämlich in den Jahren 1972 und 1976 mit Luna 20 bzw. Luna 24.

Die neue Serie von Raumflugkörpern zur Erprobung stationärer und mobiler Forschungsmittel des Erdtrabanten ohne direkte Mitwirkung des Menschen »vor Ort« wurde 1970 mit Luna 17 bravourös fortgesetzt.

Luna 17 startete am 10. November 1970 und landete sieben Tage später im Gebiet des Mare Imbrium (Meer des Regens) auf der Nordhalbkugel des Mondes. Auf einen Funkbefehl von der Erde rollte zum erstenmal in der Raumfahrtgeschichte ein Fahrzeug auf die staubbedeckte Oberfläche des Mondes herab: Lunochod, der »Mondgeher«.

Das in umfangreichen Testserien auf der Erde und im Laboratorium erprobte Spezialfahrzeug,



*Sowjetische automatische Station Luna 16*

als mobiles Forschungslabor konzipiert, wurde von einer fünfköpfigen Mannschaft von der Erde aus befehligt. Die Gesamtmasse des Lunochod betrug 756 kg und seine Höhe 1,54 m. Die acht Räder des Fahrzeugs verfügten jeweils über einen eigenen Antrieb und konnten für den Fall einer Havarie auch einzeln ausgekuppelt werden. Das 2,2 m lange Mondauto mit einer Spurweite von 1,6 m wurde durch verschiedene Laufgeschwindigkeiten der Räder gesteuert. Für die erforderliche Bordenergie sorgten Solarzellen, die sich an der Innenseite eines ausklappbaren Deckels von 2,5 m Durchmesser befanden. Die Ausstattung des Lunochod mit wissenschaftlichen und technischen Geräten ermöglichte eine Fülle von Erkun-

dungen an der Oberfläche des Erdtrabanten. An der Vorderseite des Gerätebehälters befanden sich zwei Fernsehkameras sowie seitlich außerdem zwei Bildfunkkameras für Panoramaaufnahmen. Die von der Erde zum Lunochod laufenden Kommandos und ebenso die Übertragung von Meßdaten zur Erde wurden über zwei Spezialantennen bewerkstelligt.

Für die wissenschaftlichen Untersuchungen standen folgende Spezialgeräte zur Verfügung: Halbleiterdetektoren und Zählrohre zur Erfassung von kosmischer Teilchenstrahlung, ein Röntgenfluoreszenzspektrometer zur chemischen Analyse des Mondbodens, ein Röntgenteleskop zur Erforschung kosmischer Röntgenquellen so-

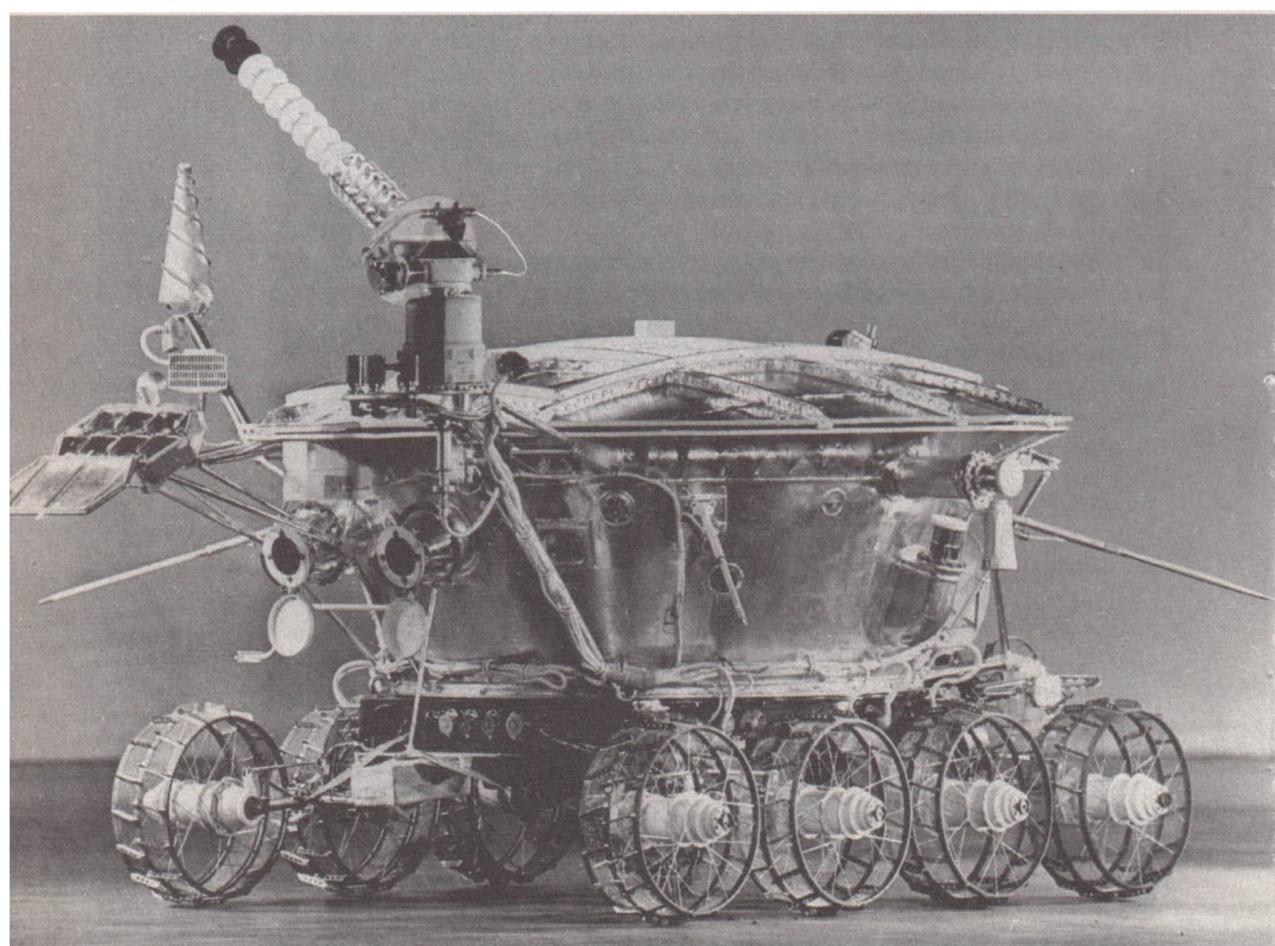
wie ein Laserstrahlenreflektor zur Hochpräzisionsvermessung der Mondentfernung. Der Reflektor, der weitgehend unabhängig vom Einfallswinkel der Laserstrahlen diese in sich selbst zurückwirft, so daß sie auf der Erde am Ort ihrer Aussendung wieder empfangen werden können, wurde von Frankreich geliefert. Gegenüber den üblichen astronomischen Meßmethoden gestattet die Benutzung der Laserstrahlenreflexmethode eine Bestimmung der jeweiligen Entfernung des Mondes durch Präzisionsmessung der Zeit zwischen der Aussendung des Impulses und dem Empfang seines Reflexes bis auf einige Zentimeter genau. Die Genauigkeitssteigerung liegt bei etwa drei Zehnerpotenzen.

Länger als ursprünglich vorgesehen, blieb Lu-

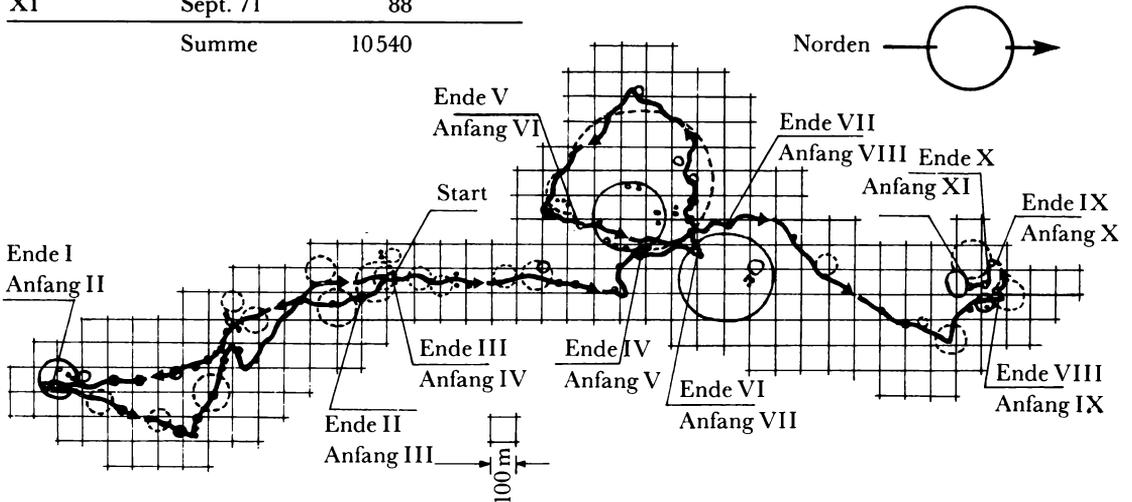
nochod 11 Monate lang in Aktion. Es legte insgesamt eine Strecke von 10 540 m zurück und konnte dabei 80 000 m<sup>2</sup> Mondboden als Untersuchungsfeld verbuchen. Von den Kameras wurden mehr als 20 000 Fotos übertragen.

Im Januar 1973 brachte die Sowjetunion ein zweites mobiles Monderkundungslabor auf die Oberfläche des Erdtrabanten, Lunochod 2. Schwerer als sein Vorgänger, zeichnete es sich auch sonst durch zahlreiche Verbesserungen aus, obschon es von gleichem konstruktivem Grundtyp war. Die auf dem Mond zurückgelegte Fahrstrecke übertraf mit 37 000 m erheblich die von Lunochod 1, obwohl die Gesamtfunktionsdauer mit 138 Tagen beträchtlich hinter der von Lunochod 1 zurückblieb. Insgesamt wurden 80 000 Bil-

*Das sowjetische Mondmobil Lunochod 1*



Pos. Nr.	Datum	Weg m
I	Nov. 70	195
II	Dez. 70	1524
III	Jan. 71	1936,5
IV	Febr. 71	1572,5
V	März 71	2015
VI	April 71	1022
VII	Mai 71	192
VIII	Juni 71	1560
IX	Juli 71	220
X	Aug. 71	215
XI	Sept. 71	88
Summe		10540



der zur Erde übertragen, zuzüglich mannigfache weitere Informationen über Sternhelligkeiten, die Röntgenstrahlung der Sonne u. a.

Die beiden sowjetischen Mondmobile hatten den Nachweis erbracht, daß man auch ohne die unmittelbare Anwesenheit des Menschen auf dem Mond wertvolle Informationen erlangen kann. Die Lunochods können gleichzeitig als wegweisende Experimente für die Erforschung der erdähnlichen Planeten des Sonnensystems in der näheren Zukunft angesehen werden.

Entsprechende Vorarbeiten von sowjetischen Experten in Auswertung der Erfahrungen mit den Luna-Sonden und den beiden Lunochods liegen vor. Ob und wann sie eingesetzt werden, hängt von zahlreichen Faktoren ab. Wie stets bei der Entscheidung über raumfahrtstrategische Ziele kommt es darauf an, die Notwendigkeit solcher Missionen und die dabei auftretenden ökonomischen Aspekte gegeneinander abzuwägen.

Sicherlich ist es kein Zufall, daß sowohl die UdSSR als auch die USA seit dem Ende ihrer Mondprogramme keinerlei raumfahrttechnische Missionen zum Erdtrabanten mehr unternommen haben. Einerseits ist eine Fülle zuvor bestehender Fragen über den Erdmond durch die thematisch und technologisch breitgefächerten Unternehmen der beiden Weltraummächte beantwortet worden. Andererseits lassen sich bei vertretbarem ökonomischem Aufwand gegenwärtig wohl keine qualitativ wesentlich über das bereits Geleistete hinausreichenden Aktivitäten realisieren.

Die Zielpunkte der sowjetischen Kosmosforschung liegen gegenwärtig und sicher auch in der absehbaren Zukunft zweifellos im erdnahen Raum. Auch die USA haben sich jetzt entschlossen, diesem wichtigen Ziel in der Raumfahrt, wenn auch mit z. T. andersartigen Zwecken und Absichten, mehr Priorität einzuräumen.

## Raumstationen auf kosmischen Gleisen

Mannschaften an Bord von kosmischen Behausungen auf Erdumlaufbahnen gehören zum klassischen Repertoire der Raumfahrt-pioniere. Schon im Jahre 1869 – Ziolkowski war damals 12 Jahre alt – ließ der englische Pfarrer E. E. Hale einen künstlichen Erdtrabant für die Zwecke der Nachrichtenübermittlung, militärischen Aufklärung und Navigation durch seine phantastische Erzählung »The Brick Moon« (Der Ziegelmond) geistern. Die kosmische Kreation bestand aus Ziegelsteinen und trug drei Dutzend Männer, Frauen und Kinder an Bord, für deren Ernährung durch mitreisende Hühner und Schweine gut gesorgt war. Hales ungewöhnlicher Kunstmond war letztlich Ausdruck unbegrenzten Vertrauens in die Möglichkeiten von Wissenschaft und Technik.

Erstaunlich an dieser und anderen Geschichten namhafter Autoren ist die Selbstverständlichkeit, mit der – anders als später in der Realität – von Anbeginn Menschen als agierende Wesen in die ausgedachte Raumfahrt einbezogen wurden.

Die ersten mit seriösem wissenschaftlichem Gedankengut ausgearbeiteten Versuche über bemannte Stationen in der Erdumlaufbahn stammen von Ziolkowski. Er sah sogar die Möglichkeit einer weitgehend autarken Existenz von Menschen in Raumstationen voraus, deren Versorgung mit Lebensmitteln, aber auch mit Wasser und Sauerstoff durch bordeigene Kreisläufe aufrechterhalten werden könne. Auch Energie in Form von intensiver, durch keine irdische Atmosphäre geschwächter Sonnenstrahlung sei ausreichend vorhanden, meinte Ziolkowski. Als einen der Verwendungszwecke von Raumstationen sah Ziolkowski den »Weltraumbahnhof«: Von solchen Stationen aus könne man zu fernen Planeten des Sonnensystems starten.

Auch Oberth sprach in seinen Veröffentlichungen bereits von Weltraumstationen.

Geradezu berühmt wurden die technisch begründeten und ausgearbeiteten Ideen des Tschechen Hermann Potocnik, der seine Veröffentlichungen unter dem Pseudonym Hermann Noordung herausbrachte. Unter dem Titel »Das

Problem der Befahrung des Weltraums« publizierte er 1929 eine von ihrem Umfang relativ unscheinbare Arbeit, die unter anderem die ersten exakten Vorschläge zur Realisierung einer Raumstation enthielt.

Im Mittelpunkt seiner Überlegungen stand das »Wohnrad«, ein überdimensionaler »Reifen« mit Wohn- und Arbeitsplätzen, Laboratorien und Luftschleusen – idealer Aufenthaltsort für eine größere Gruppe von Menschen in der Erdumlaufbahn. Das Prinzip, eine künstliche »Gravitation« durch Rotation der Station zu erzeugen, ist bis heute nicht verwirklicht. Das liegt aber einzig daran, daß die bisherigen Stationen hinsichtlich ihrer Abmessungen zu klein und die erforderlichen Rotationsgeschwindigkeiten folglich viel zu groß gewählt werden müßten, um von vertretbaren Aufenthaltsbedingungen für die Menschen im Weltall sprechen zu können.

Im Jahre 1952, also sozusagen bereits an der Schwelle des Raumfahrtzeitalters, präsentierte auch W. v. Braun eine Raumstation. Ähnlich der von Noordung, sollte sie reifenförmig aufgebaut sein. Ihr Durchmesser war auf 75 m veranschlagt; v. Braun hatte an eine Mannschaft von etwa achtzig Personen gedacht, die in 1750 km Höhe im Erdorbit tätig werden sollten. In den USA wurde das Projekt mit großem Interesse aufgenommen. Nachdem das Atombombenmonopol der USA durch die Sowjetunion gebrochen worden war, meinte man dort, die militärische Überlegenheit durch die besseren Trägersysteme und neuartige Einsatzvarianten für solche Vernichtungswaffen erzielen zu können. So weist v. Braun z. B. direkt darauf hin, daß eine Raumstation in »einen wirksamen Atombombenträger verwandelt« werden könne, von dem aus Raketingeschosse mit atomaren Sprengköpfen abgefeuert werden könnten. Das war 1952. Die Entwicklung der Raumfahrt von Sputnik I bis zu Gagarin hatte allerdings gezeigt, wie illusionär diese Vorstellungen gewesen sind. In seinem Buch »Bemannte Raumfahrt« von 1968 erwähnt v. Braun im Kapitel »Raumstation« den militärischen Aspekt nur noch unter »ferner liefern«. Wie gut, wenn es dabei geblieben wäre.

Die praktische Raumfahrt in der Folge von Sputnik I griff die alten Ideen wieder auf, und insbesondere die sowjetische Raumfahrtstrategie

verfolgte sie zielstrebig. Das sowjetische Programm der bemannten Raumfahrt steuert die kosmische Dauerstation der Erde an und bewegt sich auf das Ziel größerer Raumstationen mit umfangreicheren Besatzungen zu.

Daß es sich hierbei um eine sorgfältig durchdachte und langfristige Konzeption handelt, geht aus einem Zeitplan hervor, den die Akademie der Wissenschaften der UdSSR bereits nach den Erdumfliegungen des zweiten Kosmonauten, German Titow, im Jahre 1961 veröffentlichte. Darin ist von drei großen und zeitlich erstaunlich genau umrissenen Phasen der bemannten Raumfahrt die Rede, deren Zielstellungen kurz, aber präzise benannt sind:

#### 1. Etappe (1961–1970)

Studium der wissenschaftlichen und technischen Voraussetzungen für den 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 damit zusammenhängenden Grundprobleme

- Zubringersysteme
- monatelange Flüge
- binationale Flüge

#### 3. Etappe (1981–1990)

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

In die erste Etappe fallen solche Ereignisse wie die ersten Drei-Mann-Kapseln des Typs Woščod und der erste Ausstieg in den freien Weltraum durch Leonow (März 1965). Ab 1967 kamen die bemannten Raumfahrzeuge vom Typ Sojus zum Einsatz. Als technische Nachfolgeentwicklung von Wostok und Woščod dienen sie unmittelbar der umfassenden Erprobung aller notwendigen Schritte zum Aufbau größerer Raumstationen. Im Unterschied zu ihren Vorläufern besitzen die Sojus-Raumschiffe die volle Ma-

növrierfähigkeit im Erdorbit. Sie sind für eine Flugzeit bis zu dreißig Tagen ausgelegt. In der letzten Phase der Landung wird die Kapsel an Fallschirmen zur Erde getragen, während kurz vor dem Aufsetzen zusätzlich noch Bremstriebwerke in Aktion treten. Der Bremsandruck beträgt für den Kosmonauten nur noch 3 bis 4 g.

Die für mehrere Kosmonauten ausgelegten Sojus-Raumschiffe haben eine Gesamtlänge von 13 m bei einer Masse von knapp 7000 kg. Entsprechend den erforderlichen Funktionen sind diese Raumschiffe aus drei Abschnitten aufgebaut, der Orbitalsektion, einer Kommandokabine und der Gerätesektion. Die etwa kugelförmige Orbitalsektion, die mit vier Sichtfenstern versehen ist, kann durch eine hermetische Luke mit der Kommandokapsel verbunden werden. Auch verfügt sie über eine Ausstiegsluke. Auf der Vorderseite ist die Anbringung eines Kopplungsadapters möglich. Die Kommandokabine enthält alle Geräte und Anzeigearmaturen für die Flugführung einschließlich der Knüppelsteuerungen für die Flugmanöver im Orbit. Die folgende sogenannte Servicesektion umfaßt alle notwendigen technischen Aggregate, wie z. B. die Energieversorgungssysteme, zwei Haupttriebwerke für größere Bahnkorrekturen und die Bremsung beim Abstiegsmanöver sowie zwei ausklappbare Solarzellenausleger (insgesamt 14 m<sup>2</sup> Fläche) für Langzeitflüge. Die Gerätesektion ist als zylindrischer Teil mit der Kommandokapsel verbunden.

Das erste Sojus-Raumschiff wurde am 23. April 1967 gestartet. An Bord befand sich der bereits als Kommandant von Woščod 1 hervorgetretene Kosmonaut Wladimir Komarow. Er umrundete die Erde 18mal auf einer elliptischen Bahn zwischen 185 und 211 km Höhe und führte drei Ausstiege in den freien Weltraum durch. Nach dem erfolgreichen Abschluß der Erprobung wurde die Abstiegsphase einwandfrei eingeleitet. Im letzten Teil des Unternehmens versagte jedoch der Fallschirmmechanismus. Sojus 1 stürzte aus 7000 m Höhe ab, wobei Komarow den Tod fand. Der Name Komarows ist für immer in den Annalen der Raumfahrtgeschichte verzeichnet als Symbol für alle kühnen Kosmonauten und Astronauten, die dem Fortschritt der Menschheit unter Einsatz ihres Lebens zum Durchbruch verhelfen.

Ein halbes Jahr später fand das Programm seine Fortsetzung mit einem Rendezvousmanöver, wie sie zum künftigen Aufbau größerer Stationen unbedingt beherrscht werden mußten. Zu diesem Zweck wurde Sojus 2 unbemannt in die Erdumlaufbahn gebracht, während einen Tag später Sojus 3 mit dem Kosmonauten Georgi Beregowoi an Bord nachfolgte. Schon während des ersten Erdumflugs wurde eine automatisch ausgeführte Annäherung an das unbemannte Raumschiff ausgeführt; später übernahm der Kosmonaut durch Handsteuerung ähnliche Operationen.

Folgerichtig wurde im nachfolgenden Unternehmen mit Sojus 4 und Sojus 5 ein erstmaliges Kopplungsmanöver zweier bemannter Raumschiffe ausgeführt. Der Startabstand der beiden Raumschiffe betrug wiederum einen Tag. An Bord des Raumschiffs Sojus 5 befanden sich jedoch diesmal drei Kosmonauten (Wolynow, Chrunow und Jelissejew), während der bei den folgenden Manövern aktive Raumflugkörper Sojus 4 mit Schatalow flog. Vier Stunden flogen die beiden Raumschiffe in Kopplung. Nach zwei Ausstiegsmanövern begaben sich Jelissejew und Chrunow an Bord von Sojus 4 und kehrten mit diesem Raumschiff zur Erde zurück, während die beiden anderen Kosmonauten mit Sojus 5 landeten.

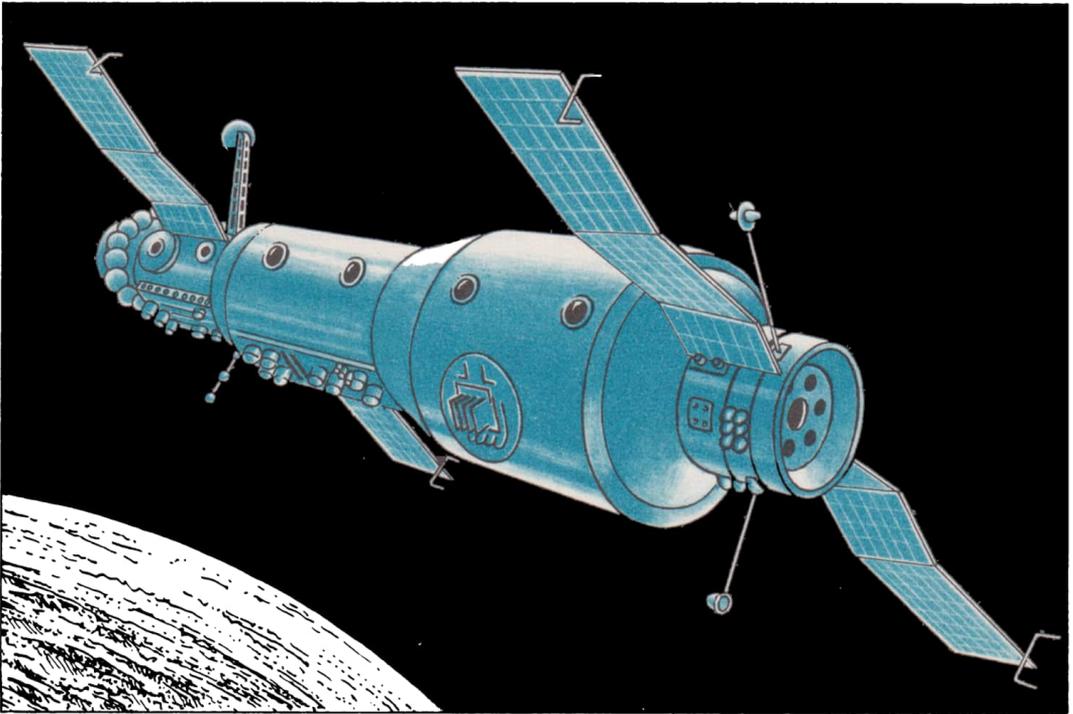
Im Oktober des Jahres 1969 erlebte das Orbital-Programm der UdSSR einen vorläufigen Höhepunkt mit dem nacheinander folgenden Start von Sojus 6, Sojus 7 und Sojus 8. An Bord von Sojus 7 befanden sich drei Kosmonauten, an Bord der beiden anderen jeweils zwei. Außer Rendezvousmanövern absolvierten die beteiligten sieben Kosmonauten auch ein umfangreiches Programm wissenschaftlicher Experimente und technischer Erprobungen. Besondere Aufmerksamkeit erregte dabei ein Versuch, in der vollständig entlüfteten Orbitalsektion von Salut 6 unter »Weltraumbedingungen« zu schweißen. Für die später unabdingbar werdenden Reparaturarbeiten an größeren Stationen erwies sich dieses Experiment als grundlegend.

Die Aufenthaltszeiten waren bei diesen Experimenten relativ kurz – entsprechend den zu lösenden Aufgaben zwischen einem und etwas mehr als vier Tagen.

Um jedoch größere Raumstationen dereinst in Betrieb nehmen zu können, galt es auch, eine Fülle von Fragen zu klären, die mit dem Daueranfang von Menschen unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit verbunden sind. Diese für den »zweiten Abschnitt« der ersten Etappe vorgesehenen Erprobungen begannen mit Sojus 9 am 1. Juni 1970. Die Kosmonauten Andrijan Nikolajew und Witali Sewastjanow hielten sich insgesamt fast 425 Stunden (d. h. 18 Tage) in der Erdumlaufbahn auf. Es versteht sich von selbst, daß bei diesem neuen Dauerrekord vor allem raumfahrtmedizinische Fragen im Vordergrund des Interesses standen. Außer solchen Daten wie Atemfrequenz, Pulsfrequenz und Blutdruck wurden auch die Sehfähigkeit, die Schmerzempfindlichkeit und die Reaktionsfähigkeit einer ständigen Kontrolle und Beobachtung unterzogen – Eigenschaften, die als Ausdruck der Arbeitsfähigkeit unter Weltraumbedingungen gelten können. Insgesamt bestätigte sich die hohe Einsatzfähigkeit auch bei einem solchen für den damaligen Entwicklungsstand der Raumfahrt langdauernden Flug.

Am 19. April 1971 wurde – exakt nach dem zehn Jahre zuvor veröffentlichten Zeitplan – zum erstenmal in der Geschichte der Raumfahrt eine Raumstation in die Erdumlaufbahn gebracht. Die Geburtsstunde der berühmten sowjetischen Salutstationen hatte geschlagen.

Die Station Salut 1 verfügte über eine Masse von knapp 19 t und eine Länge von 13 m. Nachdem beim viertägigen Flug des Moduls Gewißheit darüber bestand, daß alle Systeme der Station normal funktionierten, startete das bemannte Raumschiff Sojus 10 in den Erdorbit. An Bord befanden sich die drei Kosmonauten Schatalow, Jelissejew und Rukawischnikow. Die bereits in Gruppenflug und Manövrierfähigkeit erprobte Sojus-Technik wurde nun zum erstenmal in Kombination mit einer Raumstation angewendet. Das Raumschiff manövrierte mit der Raumstation als Zielsatellit und koppelte schließlich, ohne daß ein praktisch und theoretisch bereits durchführbarer Überstieg der Besatzung an Bord von Salut 1 erfolgte. Die beiden Raumschiffe blieben fünfeinhalb Stunden miteinander verbunden. Nach insgesamt 35 Erdumläufen kam Sojus 10 zur Erde zurück, während die Raumsta-



*Sowjetische Salut-Station*

tion im Erdorbit verblieb. Der nächste Schritt bestand folgerichtig im erneuten Ankoppeln eines Raumschiffs mit Überstieg der Mannschaft an Bord der Station. Dies geschah erstmalig mit dem Start von Sojus 11 noch im Sommer des Jahres 1971.

Die Kosmonauten Dobrowolski, Wolkow und Pazajew, die ersten Bewohner einer künstlichen Raumstation, blieben 23 Tage im Erdorbit und stellten damit den bestehenden Langzeitrekord ein. An Bord der Station wurde jedoch nicht nur die medizinische Verträglichkeit des Fluges getestet – hierüber lagen ja bereits einschlägige Erfahrungen vor, – sondern auch ein vielseitiges Arbeitsprogramm absolviert. Zum erstenmal konnte man jetzt die Palette der von Bord einer Raumstation aus möglichen Forschungsthemen erahnen, die später in perfekterer und detaillierterer Form den Arbeitsalltag der Kosmonauten sowjetischer Salut-Stationen beherrschen sollten. Vor allem astrophysikalische und biologische Aufgaben sowie Erderkundungsprobleme standen im Zentrum der Forschung.

Die Ergebnisse des relativ lang dauernden Fluges von Sojus 9 hatten raumfahrtmedizinische Fragen aufgeworfen. Den Kosmonauten von Sojus 9 war das Gehen nach der Rückkehr auf die Erde recht schwergefallen. Die Schwierigkeiten hatten sogar längere Zeit angehalten. Ein ausgedehnteres sportliches Trainingsprogramm schien daher angezeigt. Vier Stunden täglich wurden daher von den Sojus-Kosmonauten Klimzüge absolviert, federspannende Massen bewegt und der neuartige mit Spannvorrichtungen versehene Raumanzug »Pinguin« an- und ausgezogen. Auch ein automatisches Laufband befand sich an Bord der vergleichsweise geräumigen Station. Es diente vor allem dem Training der Muskeln der unteren Körperhälfte, die beim Gehen auf der Erde besonders beansprucht werden.

Die drei Kosmonauten führten insgesamt 380 Erdumrundungen aus, ehe nach knapp 24 Tagen die Abtrennung von Sojus 11 die Rückkehr zur Erde einleitete. Über dem Atlantik zündeten sie Bremstriebwerke, der Eintritt in die Erdatmosphäre erfolgte programmgemäß. Die

Orbitalsektion wurde von der Gerätesektion und der Kommandokabine abgesprengt, und die Kapsel ging schließlich – wie üblich die letzten Kilometer an einem Fallschirm – in der Kasachischen Steppe nieder. Als die Bergungsmannschaften die Landekapsel öffneten, fanden sie die drei Besatzungsmitglieder tot vor. Der erschütternde Opfertod der drei Raumfahrtpioniere war durch einen technischen Defekt ausgelöst worden, der mit plötzlichem Druckabfall in der Kabine während der Rückkehr verbunden war. In der Geschichte der bemannten Raumfahrt aber leben sie fort als wagemutige Bezwingler des Weltalls.

Die Raumstation Salut 1 vollendete insgesamt 2800 Erdumrundungen und verblieb nahezu sechs Jahre im Orbit, ehe sie in die dichteren Schichten der Erdatmosphäre eintrat und verglühte.

## Skylab kreuzt am Firmament

Die USA hatten inzwischen ihr Mondlandeprogramm vorzeitig beendet und sahen sich den reichen Erfahrungen der Sowjetunion im erdnahen Raum gegenüber.

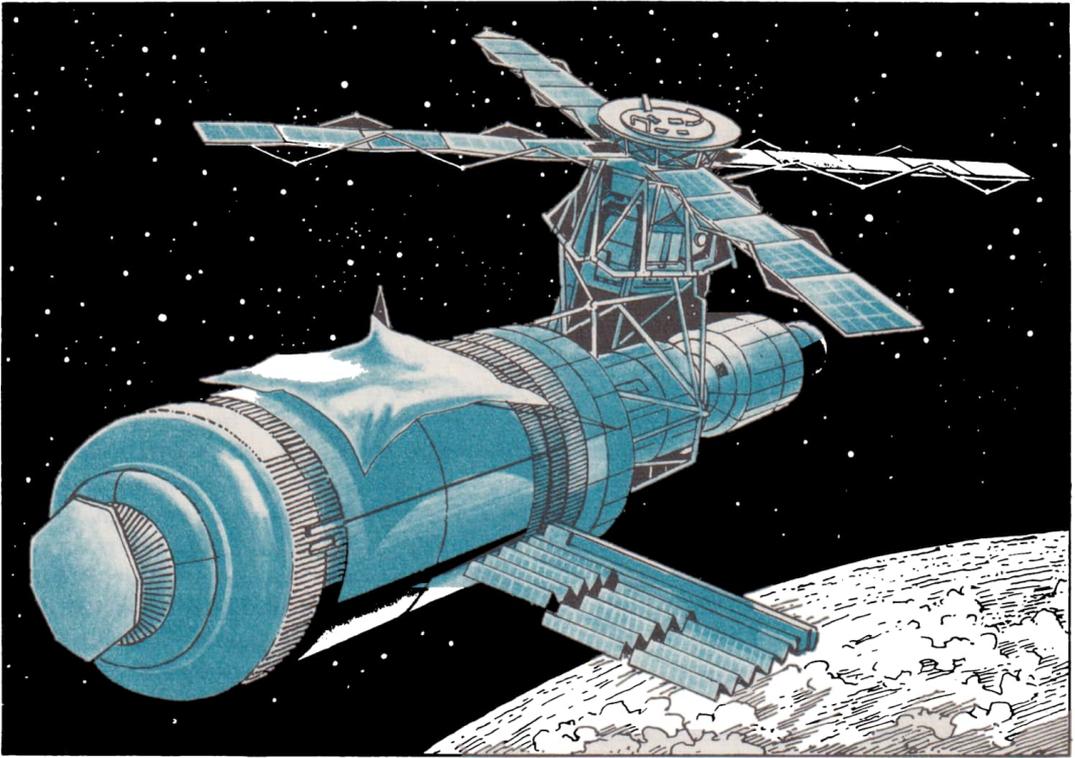
Der Langzeitrekord wurde damals durch die UdSSR mit 570 Stunden gehalten; die maximale Aufenthaltsdauer von USA-Astronauten lag hingegen bei 330 Stunden und datierte aus dem Jahre 1965. Der alte Gemini-Titan-7-Rekordflug von Borman und Lovell bestand acht Jahre lang in den USA.

Natürlich hatte man sich auch in den USA schon seit Jahren mit dem Projekt einer Raumstation befaßt. Eine der ersten Ideen dazu sah vor, eine leergebrannte Raketenstufe als Kern einer Raumstation zu verwenden. Man wollte z. B. eine S-IVB-Oberstufe von knapp 19 m Länge mittels einer Saturn IB in den Erdorbit bringen. Als Nutzlast war an eine Apollo-Einheit mit drei Astronauten an Bord gedacht. Nachdem die große Saturn leergebrannt und vom restlichen Treibstoff befreit war, sollten die Astronauten daran ankoppeln und in den leeren Tank übersteigen. Das »Himmelslabor« mußte dann allerdings erst mühsam aus dem Vorderteil in den leeren Tank befördert und installiert werden,

eine gewiß sehr anstrengende Tätigkeit. Deshalb beschloß man schließlich, die S-IVB-Stufe bereits auf der Erde als Labor auszurüsten und mittels einer Saturn V in die Umlaufbahn zu befördern. Angesichts der Masse der voll instrumentierten Saturn-Labor-Stufe von 85 t war nur eine extrem schubstarke Rakete in der Lage, diese Aufgabe zu übernehmen. So entstand aus der Saturn IVB das erste amerikanische Himmelslabor »Skylab« mit 18 m Länge, 6,7 m Durchmesser und einem Volumen von rund 300 m<sup>3</sup>, davon wurde jedoch nur ein Zehntel klimatisiert. Um das Apollo-Kommandoteil an dieses Kernstück der Station anlegen zu können, kam ein speziell entwickelter Kopplungsadapter zum Einsatz. Die Energieversorgung wurde durch zwei Solarzellenausleger von 130 m<sup>2</sup> Fläche und einer Leistung von etwa 10,5 kW übernommen. Zusätzliche Energieversorgungseinheiten, z. T. ebenfalls mit Solarzellen, aber auch über Nickel-Cadmium-Sekundärbatterien, kamen außerdem zum Einsatz.

Das amerikanische Himmelslabor wurde am 14. Mai 1973 in eine nahezu kreisförmige Umlaufbahn im Abstand von etwa 440 km Höhe über der Erdoberfläche gebracht. Der geplante unmittelbar darauffolgende Start der ersten dreiköpfigen Besatzung mußte jedoch verschoben werden, da eine der beiden Solarzellenflächen abgerissen war. Am 25. Mai startete dann die erste Mannschaft, die entgegen dem ursprünglich vorgesehenen Forschungsprogramm zunächst Reparaturarbeiten an der Solarzelleneinheit vornehmen mußte. Durch intensive Außenbordarbeiten gelang die Beseitigung des Defekts.

Zu den bedeutendsten wissenschaftlichen Aufgaben gehörte die Inbetriebnahme eines speziellen Sonnenobservatoriums (ATM). Bestandteile dieses Forschungsinstruments für extraterrestrische Sonnenbeobachtungen waren ein Koronograph, zwei Kameras für den Spektralbereich der H-Alpha-Linie des Wasserstoffs, drei Spektrographen für den ultravioletten Spektralbereich und zwei Röntgenstrahlenteleskope. Erstmals in der Geschichte der Astronomie wurde die Sonne über einen längeren Zeitraum in dem weiten Wellenlängenbereich von  $3 \cdot 10^{-10}$  m bis  $3 \cdot 10^{-7}$  m ununterbrochen beobachtet. In engem Kontakt mit irdischen Sonnenobservatorien konnte die Aufgabenstellung operativ beeinflusst werden, so



Amerikanisches Himmelslabor Skylab

daß maximale Resultate für die Sonnenforschung erzielt wurden, vor allem im Hinblick auf eine Reihe von Fragen, die sich von der Erde aus nicht beantworten lassen.

Die erste Besatzung, Ch. Konrad, J. Kerwin und P. Weitz, kehrte nach 28 Tagen (404 Erdumrundungen) zur Erde zurück. Insgesamt hatte das Unternehmen außer einem neuen Dauerrekord im Weltall mehr als 30 000 Sonnenaufnahmen, Fotografien von 10 Mill. km<sup>2</sup> der Erdoberfläche, unter anderem auch mit Hilfe einer Multispektalkamera, und andere Resultate erbracht.

Im Juli 1973 begab sich die zweite Mannschaft mit den Astronauten A. Bean, O. Garriot und J. Lousma an Bord der Raumstation.

Wiederum stand ein vielfältiges Forschungsprogramm auf der Tagesordnung, darunter sechs Aufgaben zur Erderkundung, fünf zur Sonnenforschung, siebzehn zur Raumfahrtmedizin sowie andere z. T. technische Experimente. Die Aufenthaltsdauer wurde auf 59 Tage ausgedehnt, das bedeutete einen neuen Rekord.

Die raumfahrtmedizinischen Erfahrungen mit der zweiten Skylab-Mannschaft ließen eine weitere zeitliche Ausdehnung des Aufenthaltes an Bord der Station für die dritte und letzte Crew zu. Am 16. November 1973 starteten G. Carr, E. Gibson und W. Pogue zum »Himmelslabor« und hielten sich dort 84 Tage (1214 Umrundungen) auf. Die Tätigkeit im freien Weltraum belief sich bei diesem Einsatz auf insgesamt mehr als drei Tage.

Nach Abschluß dieser drei Flüge konnten die USA, allein aufgrund der Arbeit in dieser Station, auf 12 500 Mannstunden Erfahrung im Erdorbit zurückblicken. Die zahlreichen Resultate auf den unterschiedlichsten Gebieten hatten nachhaltig die Wirksamkeit von Raumstationen für Wissenschaft und Technik nachgewiesen. Ursprünglich hatten die USA die Absicht, Skylab so lange im Orbit zu belassen, bis das wiederverwendbare Transportraumschiff Space Shuttle zur Verfügung stünde. Dann sollte überprüft werden, welche weiteren Aktivitäten eventuell noch mög-

lich wären, bzw. wie mit Hilfe des Space Shuttle ein kontrollierter Abstieg der Station hätte durchgeführt werden können.

Doch es kam anders. Die Entwicklung des Space Shuttle verzögerte sich erheblich, während gleichzeitig durch erhöhte Sonnenaktivität eine Veränderung der äußersten Schichten der irdischen Atmosphäre bewirkt wurde, die zu einer Abbremsung und damit zur Erdannäherung der Station Skylab führte. Eine Beeinflussung war nicht mehr möglich. So stürzte die Station schließlich am 12. Juli 1979 über Westaustralien ab und verglühte dabei z. T. in der Erdatmosphäre.

Für die USA blieb der Aufenthalt der letzten Besatzung von Skylab im Erdorbit mit Ausnahme des Sojus-Apollo-Testprojekts 1975 für rund sieben Jahre das letzte bemannte Raumfahrtunternehmen.

## Triumphe des Salut-Programms

Die UdSSR verfolgten inzwischen konsequent ihr Vorhaben, die bemannte Raumfahrt im erdnahen Raum weiter systematisch auszubauen. Nach dem kurzzeitigen unbemannten Flug von Salut 2 folgte die dritte Station im Juni 1974 für die Dauer von sieben Monaten. Sie wurde von Popowitsch und Artjuchin in Betrieb genommen. Noch ehe die Station im Januar 1975 wieder stillgelegt wurde, gelangte Salut 4 am 26. 12. 1974 in den Orbit. Sie existierte mehr als zwei Jahre und erhielt zweimal Besuch von Kosmonautenmannschaften. Dabei erreichten P. Klimuk und W. Sewastjanow mit knapp 63 Tagen einen neuen Dauerrekord. Angesichts der Langzeitflüge der UdSSR muß immer wieder darauf hingewiesen werden, daß es sich hierbei keineswegs um Rekorde im Sinne sportlicher Leistungsdemonstration handelt, sondern um echte Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Raumfahrt. Es gibt keinen anderen Weg, um die Möglichkeiten des Menschen im Weltall tatsächlich exakt kennenzulernen, als den der Dauerflüge. Sowohl das Programm der bemannten Dauerstationen als auch jenes künftiger bemannter interplanetarer Reisen ist prinzipiell an solche Erkundungen gebunden. Die Vielzahl raumfahrtmedizinischer Untersu-

chungen bildet zugleich die entscheidende wissenschaftliche Grundlage, um gezielt auf negative Auswirkungen von Langzeitaufhalten im Weltall reagieren zu können. Die Station Salut 5, die für knapp 14 Monate (1976 bis 1977) im Erdorbit verblieb, beherbergte zwei Mannschaften. Der Kopplungsversuch eines Salut-Raumschiffes mißglückte – ein Hinweis darauf, daß man noch immer nicht von einem einfachen Routineunternehmen sprechen kann, zumal die Raumstationen inzwischen eine Reihe technischer Veränderungen erlebt hatten, um sie den jeweiligen Aufgaben stets besser anzupassen.

Eine neue Phase der bemannten erdnahen Raumfahrt begann in mehrerer Hinsicht mit dem Start der Station Salut 6 am 29. September 1977. Diese Station war auf wesentlich längere Aufenthalte ausgelegt. Bemerkenswert ist ein zweiter Kopplungsstutzen, der ein gleichzeitiges Ankoppeln zweier Raumschiffe ermöglicht. Zum anderen sind ganze Geräteeinheiten austauschbar gestaltet, so daß sie bei Bedarf gegen neue ausgewechselt werden können. Die Aufenthaltsbedingungen für die Kosmonauten wurden in vielerlei Hinsicht spürbar verbessert – ein wichtiger Gesichtspunkt für längere Arbeitsphasen im Weltraum. Zu Recht sprechen wir von Salut 6 als dem ersten Vertreter einer neuen Generation von Raumstationen.

Die Masse der neuen Stationen einschließlich der beiden koppelnden Raumschiffe beträgt 32 t, ihre Länge 32 m. Der konstruktive Aufbau der Station ist durch drei hermetische Sektionen gekennzeichnet; die eine dient als Arbeitsraum, die andere zum Umstieg und die dritte als Zwischenkammer. Für die Aufnahme wissenschaftlicher Geräte und Aggregate sind zwei weitere nichthermetische Teile vorhanden.

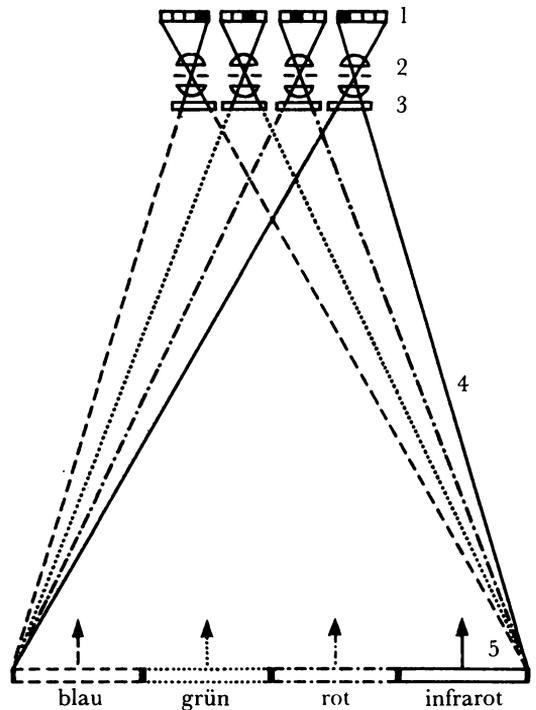
Durch die Entwicklung von Einweg-Transportraumschiffen (Progress) ist die Belieferung der Station mit Ausrüstungen und Materialien sowie Treibstoff möglich. Die wichtigste Forschungseinheit umfaßt eine Masse von über 1,5 t. Dazu gehört unter anderem die in der DDR hergestellte Multispektralkamera MKF-6 M (170 kg) sowie der universelle Spezialofen »Splay 01« und ein vielseitig verwendbarer medizinisch-biologischer Ausrüstungskomplex.

Die Arbeitsphase der Station begann nach

einem mißglückten Kopplungsversuch mit Sojus 25 im Dezember 1977 mit dem Start von Sojus 26. Das Raumschiff koppelte nach 21 Erdumrundungen, und die beiden Kosmonauten Romanenkow und Gretschko hielten sich insgesamt 96 Tage und 10 Stunden im Weltraum auf, das bedeutete neuen Dauerrekord. Aufsehen erregte das erstmalige Ankoppeln eines zweiten Raumschiffs (Sojus 27), in dem sich die Kosmonauten Dschanibekow und Makarow befanden, an die Station. Zum erstenmal in der Raumfahrt umrundete ein aus drei Raumflugkörpern bestehender bemannter Komplex unseren Planeten. Die Stammbesatzung der Salut-Station landete erstmals nicht mit dem Raumschiff, das sie an Bord des Komplexes gebracht hatte, sondern mit Salut 27, während einen Tag später die »Besuchsmannschaft« mit Salut 26 zur Erde zurückkehrte.

Nunmehr begann eine Zeitspanne intensiver Aktivitäten. Nie zuvor hatten so viele Kosmonauten binnen so relativ kurzer Zeit im Erdbit ge weilt wie nach dem Start von Salut 6. Während der vierjährigen Betriebszeit der sowjetischen Station konnten an Bord des Orbitalkomplexes insgesamt etwa 35100 Mannstunden verbucht werden. Dieser erstaunlich hohe Betrag – er entspricht einem vierjährigen ununterbrochenen Aufenthalt eines Kosmonauten – umfaßt die Summe aller Mannstunden sämtlicher in den USA bis zum Jahre 1990 vorgesehenen Space-Shuttle-Flüge.

Das sowjetische Programm der bemannten Raumfahrt belegt die große Effektivität von langlebigen Raumstationen. Nahezu alle interessierenden Wissenschaftsbereiche, von der Physik bis zur Biologie, von der Medizin bis zur Astronomie, und viele Zweige technologischer Disziplinen haben von diesen Flügen profitiert. Unschätzbar sind die Langzeiterfahrungen, die beim Aufenthalt im Weltraum und von der Arbeitsfähigkeit des Menschen unter diesen Bedingungen gewonnen wurden. Das Shuttle-Programm ist dem Salut-Konzept in dieser Hinsicht, ungeachtet seines hohen technischen Niveaus, eindeutig unterlegen, da es jeweils nur kurzzeitige Aufenthalte der Mannschaften im Orbit gestattet. Von den Höhepunkten des Salut-6-Programms seien hier nur exemplarisch genannt: Der erste Raumtransporter (Progress 1) startete im Januar 1978



Prinzip der Multispektralaufnahmetechnik

- 1 – Filmbene
- 2 – Objektive
- 3 – Filter
- 4 – Beleuchtung des Geländes, das aufgenommen werden soll
- 5 – farbig reflektierende Geländeobjekte

und wurde von der Stammbesatzung nach der Kopplung ent- und beladen. Eine Rückkehr des Transporters zur Erde war nicht vorgesehen. Progress 1 wurde nach Erfüllung seiner Aufgaben in eine Abstiegsbahn geleitet, er verglühte in den dichteren Atmosphärenschichten über dem Stillen Ozean. Die Entwicklung eines Transportraumschiffs, weitgehend angelehnt an die Konzeption der bewährten Sojus-Raumschiffe, war eine wesentliche Voraussetzung für die Erhöhung der Flugdauer, denn man kann davon ausgehen, daß während eines Jahres – zumal bei wechselnden Besatzungen – etwa 10 Tonnen Nachschub erforderlich sind. Die zu transportierenden Güter umfassen wissenschaftliche Geräte und Ausrüstungen, Filmmaterial, Versorgungsgüter für die Mannschaft, Ersatz für verbrauchte Bordeinrichtungen verschiedenster Art sowie Treibstoff für die Triebwerke der Station. Die Auslegung

der Sojus-Raumschiffe gestattet bei den gegenwärtigen Aufgabenstellungen an Bord von Salut, die Arbeitsergebnisse in der Rückkehrkapsel von Sojus unterzubringen, so daß auf alle Aggregate und Systeme zur Rückkehr von Progress (Bremstriebwerke, Hitzeschutzschild, Treibstoff u. a.) verzichtet werden konnte. Von den 7020 kg der Masse des Transporters entfallen 2300 kg auf die Nutzlast.

## Neue Raumfahrtnationen

Die UdSSR und die USA werden oft als »Raumfahrtnationen« bezeichnet; sie haben als erste und mit außerordentlichem materiellem Aufwand die Grundlagen der Raumfahrt entwickelt und vereinigen praktisch alle Pionierleistungen auf sich, – zweifellos eine Folge der gewaltigen ökonomischen Potentiale, über die beide Staaten verfügen.

Nummehr aber wird die Tendenz einer immer breiteren Beteiligung zahlreicher anderer Länder an der Entwicklung der Raumfahrt sichtbar. Einige von ihnen, wie z. B. Japan, China und Westeuropa, entwickeln sogar eigene Trägermittel. Andere beteiligen sich entsprechend ihren Möglichkeiten an der Weltraumforschung. Neue »Raumfahrtnationen« bilden sich heraus.

Zehn Jahre nach dem Start von Sputnik 1 begann eine fruchtbare und intensive Etappe der Zusammenarbeit der sozialistischen Länder auf dem Gebiet der Raumfahrt im Rahmen des sogenannten Interkosmosprogramms. Neun sozialistische Länder beschlossen im April 1967 diese enge Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Erforschung und Nutzung des Weltraums für friedliche Zwecke: die VR Bulgariens, die Ungarische VR, die DDR, die UdSSR, die Mongolische VR, die VR Polen, die SR Rumänien, die ČSSR und die Republik Kuba. Verständlicherweise stellten die Leistungen der UdSSR die Grundlage für diese internationale Zusammenarbeit dar. Entsprechend den internationalistischen Prinzipien der sowjetischen Politik, wurde den anderen sozialistischen Staaten dadurch die aktive Beteiligung an der Erforschung des Kosmos mit den entwickelten Hilfsmitteln der Raumfahrt ermöglicht. Die Bedeutung dieser Entwicklung für die

beteiligten Länder kann nicht hoch genug veranschlagt werden, stellt doch die Weltraumforschung insgesamt einen modernen technischen Bereich dar, der extreme Anforderungen an interdisziplinäres Zusammenwirken, wissenschaftlich-technische Perfektion und Organisation und Planung voraussetzt. Von dieser zukunftssträchtigen Entwicklung ausgeschlossen zu sein, würde sich ebenso verhängnisvoll auswirken, als wollte ein moderner Industriestaat ohne elektronische Datenverarbeitung oder Kernenergie auskommen versuchen. Die Mitwirkung an der Weltraumforschung ist somit alles andere als eine formale Prestigefrage. Sie bedeutet vielmehr einen starken Impuls für die wissenschaftlich-technische Entwicklung und wirkt durch ihre Resultate auf zahlreiche Gebiete der Wissenschaft, Technik und Volkswirtschaft zurück.

Die Mitwirkung der im Interkosmosprogramm beteiligten Länder ist vielgestaltig. So waren die Interkosmosländer ab 1968 an der Ausstattung zahlreicher geophysikalischer Raketen und Satelliten der »Kosmos-Serie« beteiligt.

Am 14. Oktober 1969 erreichte die Zusammenarbeit mit dem Start des Satelliten »Interkosmos 1« ein neues Stadium; an der apparativen Ausrüstung war unter anderem auch die DDR mit einem Lyman-Alpha-Fotometer und einem Meßwertsender zur Übertragung der gewonnenen Daten beteiligt. Dieser Satellit war vornehmlich der Erforschung der Sonne und der Struktur der oberen Atmosphäre gewidmet. Es folgten zahlreiche weitere Satelliten mit differenzierter Aufgabenstellung. Mikrometeoritenströme wurden ebenso untersucht wie die Magnetosphäre der Erde, selbst biologische Forschungen standen auf dem Programm, z. B. bei den Satelliten »Kosmos 782« und »Kosmos 936« (1975 bzw. 1977). Die Satelliten mit dem biologischen Objekten wurden zur Erde zurückgeführt. Sie dienten vor allem dem Studium der Wirkung kosmischer Strahlung als auch künstlicher Schwerkraft auf biologische Prozesse. An der Ausrichtung der Experimente waren außer der UdSSR und der ČSSR auch die USA und Frankreich beteiligt.

Wie bereits dieses Beispiel zeigt, tritt die UdSSR für eine internationale Zusammenarbeit zwischen allen Staaten, unabhängig von ihrer Gesellschaftsordnung, ein. Eine solche Koopera-

tion liegt nicht nur im Interesse der verschiedenen Staaten, weil dadurch eine effektivere Arbeit geleistet werden kann, die aufwendige Doppelarbeiten ausschließt, sie stellt auch einen stabilisierenden Faktor in den internationalen Beziehungen dar. Beispiele einer solchen internationalen Zusammenarbeit sind Raumfahrtprojekte der Sowjetunion, an denen die USA, Frankreich und Indien beteiligt waren.

Die Kooperation mit Frankreich geht bereits auf ein 1966 unterzeichnetes Abkommen zurück. Als wichtigste Vorhaben werden in diesem Programm Untersuchungen des erdnahen Raumes, des interplanetaren Raumes, des Mondes sowie der Planeten bezeichnet. Hierbei kamen vor allem französische Ausrüstungen auf sowjetischen Satelliten und Raumsonden zum Einsatz. Auch wurde vorgesehen, französische Satelliten mittels sowjetischer Trägerraketen zu starten. Zahlreiche Experimente mit Ballonen, Raketen und Satelliten ließen sich aufzählen, die Zeugnis für eine langjährige und enge wissenschaftliche Zusammenarbeit der beiden Länder ablegen. Besonderer Anteil kam den französischen Geräten bei der Erforschung des Planeten Venus und des Erdmondes zu.

Indien und die UdSSR vereinbarten im Jahre 1970 eine bilaterale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Weltraumforschung. Sie begann mit hochatmosphärischen Untersuchungen mittels Raketen und wurde, einer weiteren Vereinbarung von 1972 entsprechend, mit dem Start eines indischen Erdsatelliten erfolgreich fortgesetzt. Daraufhin erfolgte im Jahre 1975 der Start eines nach dem indischen Mathematiker und Astronomen Aryabatha benannten Forschungssatelliten, dessen Hauptaufgabe darin bestand, außer der Erforschung der Ionosphäre vor allem die Sonne hinsichtlich ihrer Röntgenstrahlung, Gammastrahlung und des Neutronenflusses zu untersuchen.

Die Tendenz einer zunehmenden Internationalisierung der Raumfahrt ist auch in den kapitalistischen Ländern zu beobachten. Betrachtet man die mit amerikanischen Trägerraketen gestarteten Anwendungssatelliten, so fällt auf, daß bereits Ende der sechziger Jahre gemeinsame Unternehmungen mit anderen kapitalistischen Staaten realisiert wurden. Hierbei handelte es sich

vor allem um Kommunikationssatelliten, Wetter-satelliten, militärische Raumflugkörper und Orbiter für spezielle wissenschaftliche Zwecke. An solchen Projekten beteiligten sich auch unter anderem Kanada, Frankreich, die BRD, Japan, Großbritannien, Italien und die Niederlande.

Daneben entwickelten sich in zahlreichen Ländern eigene Forschungszentren auf den Gebieten der Raumfahrt und Weltraumforschung. Das Ziel besteht dabei z.T. nicht nur in der Ausarbeitung von Experimenten, die als Nutzmasse mit den Trägermitteln der USA oder der UdSSR zum »kosmischen Zielort« gebracht werden, sondern in einer Reihe von Staaten werden auch eigene Trägermittel entwickelt. Neue »Raumfahrtnationen« bilden sich heraus. Hier sind in erster Linie Japan, Indien, Frankreich, China und die westeuropäischen kapitalistischen Staaten zu nennen.

Die japanische Raumfahrt hat eine bis in das Jahr 1955 zurückreichende Tradition in der Entwicklung von Trägerraketen. Allerdings startete damals nur ein recht unscheinbares Probeaggregat von 1,45 m Länge. Im Jahr nach dem Sputnik-Start jedoch erreichten die Japaner mit ihren zweistufigen Kappa-Raketen bereits 1000 km Höhe, und 1970 gelang es ihnen, den ersten japanischen Erdsatelliten »Osumi« in eine Umlaufbahn zu bringen.

Nach diesem aufsehenerregenden Erfolg bewies Japan rasch, daß es sich keineswegs um eine »Eintagsfliege« oder gar einen Zufallstreffer gehandelt hatte: In Zusammenarbeit zwischen der japanischen Raumfahrtbehörde NASDA und dem Tokioter Universitätsinstitut für Raumfahrt ISAS wurden bis 1983 insgesamt 27 Satelliten in die Umlaufbahn gebracht. Der NASDA obliegt die Aufgabe, schubstarke Raketen zu entwickeln sowie Anwendungssatelliten zu konzipieren, während man an der Universität in Tokio hauptsächlich auf dem Gebiet wissenschaftlicher Satelliten tätig ist. Anerkennung und Beachtung wurde vor allem dem japanischen geostationären Erdsatelliten (1977) zuteil.

Die künftigen Pläne der Japaner auf dem Gebiet der Raumfahrt sind ehrgeizig: Einerseits beabsichtigt Japan, sich mit erheblichen finanziellen Mitteln an der weiteren Entwicklung des US-amerikanischen Raumtransporters zu betei-

gen. Japanische Astronauten-Kandidaten, die dann mit dem Shuttle in die Erdumlaufbahn gelangen sollen, werden bereits trainiert. Andererseits arbeiten sie an einer Trägerrakete für Nutzlasten um etwa 15 t, d. h., Japan bereitet eigene bemannte Raumflüge vor. In Kürze soll eine japanische Venus-Sonde gestartet werden, die in großen Höhen der Atmosphäre des Planeten einen Ballon abstoßen wird, der dann längere Zeit messend in der Atmosphäre des Planeten driftet. Auch Jupiter- und Saturn-Orbiter sowie die automatische Rückführung von Mondgestein sind im Gespräch, wenn die Vorhaben genannt werden, die bis zum Ende des Jahrtausends auf der japanischen Projektliste stehen. Wer wollte angesichts der bisherigen Stellung Japans unter den Industrienationen, den Erfolgen auf dem Gebiet der Raumfahrt und dem bewundernswerten Entwicklungsstand der Mikroelektronik in Japan daran zweifeln, daß es sich hierbei um ernst zu nehmende Programme handelt.

Einen erstaunlichen Weg hat auch die VR China auf dem Gebiet der Raumfahrt eingeschlagen. Sie beansprucht gegenwärtig nach der UdSSR und den USA hinsichtlich ihres Potentials auf dem Gebiet der Raumfahrt unbestritten einen führenden Platz in der Welt.

Im Jahre 1970 gelang es China, einen künstlichen Mond der Erde mit einer Masse von 173 kg auf die Bahn zu bringen. Bereits am 3. März 1971 folgte ein weiterer Satellit mit einer Masse von 221 kg. Keiner anderen Weltraumnation ist es bei ihrem ersten Satellitenstart gelungen, derartig hohe Nutzmassen in den Orbit zu bringen.

Die VR China konnte bei der Entwicklung ihrer Trägermittel für die Satelliten China 1 und China 2 allerdings auf die Erfahrungen der UdSSR zurückgreifen, insbesondere auf die sowjetischen Mittelstreckenraketen der fünfziger Jahre. Nach einer Pause von vier Jahren gelang es der VR China, einen Satelliten mit 3,5 t Masse aufzulassen und bei weiteren Flugkörpern auch Teile davon weich zur Erde zurückzuholen. Damit war die VR China bereits 1975 technologisch in die Nähe eigener bemannter Raumflugunternehmen gerückt. Vom chinesischen Weltraumbahnhof in der Wüste Gobi aus sind inzwischen auch bereits Tierexperimente durchgeführt worden, und man weiß, daß es chinesische Anwärter

auf einen bemannten Raumflug gibt, die sich bereits im Training befinden.

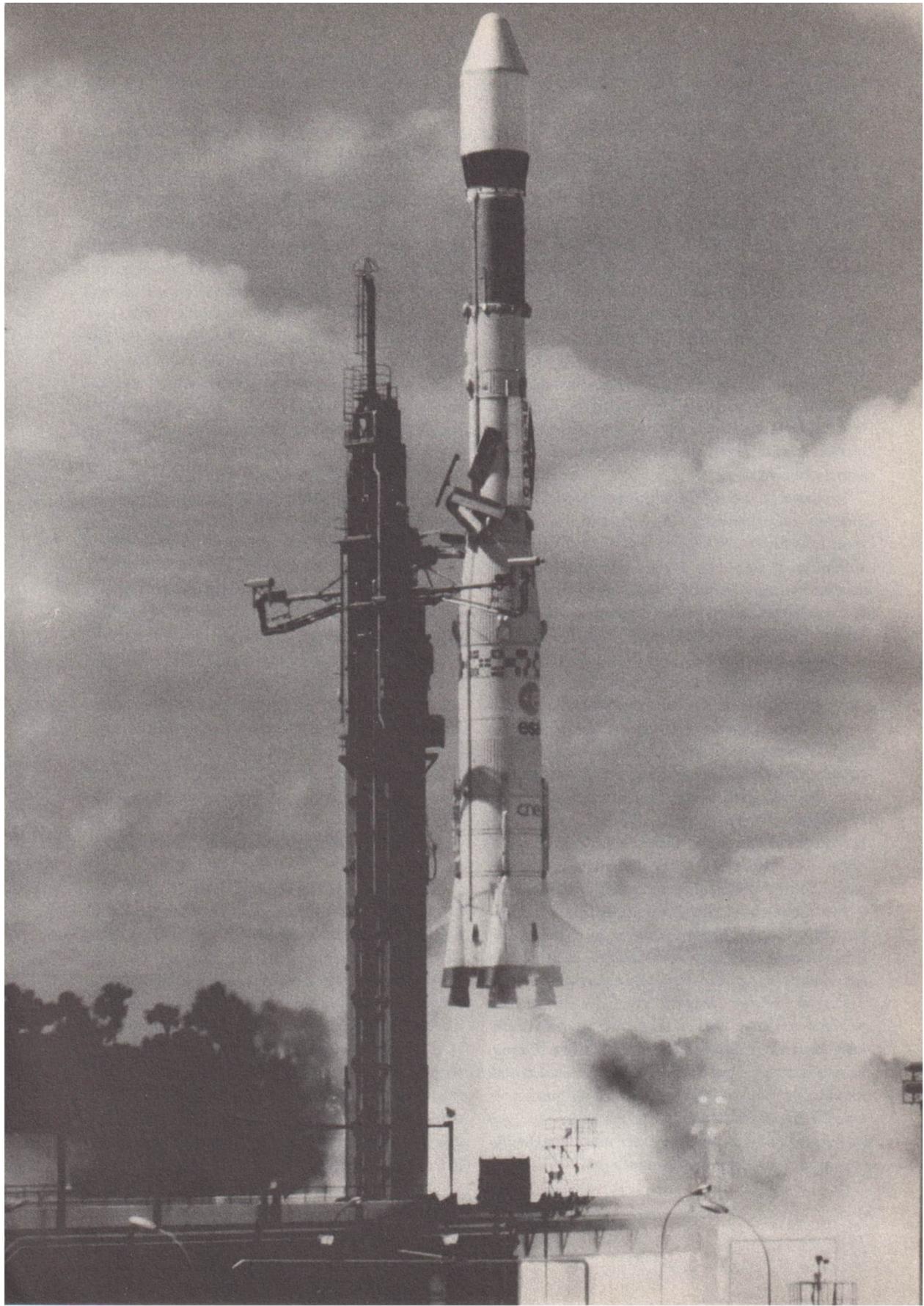
Während Australien und Großbritannien nur singuläre Versuche mit eigenen Raketenstarts unternahmen, ist Frankreich erfolgreich bemüht, eine nationale Raumfahrt aufzubauen. Außer den Höhenforschungsraketen Erudan und Veronique entwickelte Frankreich vor allem die Trägerrakete Diamant. Ab 1962 wurden mehrere Varianten dieser drei- und vierstufigen Raketen erprobt und zahlreiche Testsatelliten in die Erdumlaufbahn gebracht. Die letzten Varianten der Diamant BP4 starteten im Jahre 1975 und brachten die französischen Satelliten »Starlette«, den Doppelsatelliten »Castor & Pollux« sowie »D-2B Aura« in den Orbit. Seitdem sind keine eigenen französischen Satelliten mehr aufgelassen worden, und die Diamant-Raketen erfuhren auch keine Weiterentwicklung mehr.

Frankreich setzt statt dessen wie kein anderes Land auf internationale Kooperation in der Raumfahrt, allerdings betont unter Wahrung der nationalen Souveränität.

Einzigartig ist die intensive Zusammenarbeit, die Frankreich mit der Sowjetunion pflegt. Gerade auch unter politischem Aspekt ist diese Kooperationsbeziehung kaum zu überschätzen, macht sie doch deutlich, daß bei gegenseitiger Anerkennung politischer Tatsachen eine fruchtbringende Zusammenarbeit zwischen Staaten unterschiedlicher Gesellschaftsordnung möglich ist. Frankreich pflegt außerdem auch die Zusammenarbeit mit den USA, mit verschiedenen europäischen kapitalistischen Staaten und mit der ESA, deren Mitglied Frankreich ist.

Schließlich ist im Zusammenhang mit den neuen »Weltraumnationen« noch von den westeuropäischen kapitalistischen Staaten zu sprechen, die, ähnlich wie das Beispiel der sozialistischen Staaten mit Interkosmos, Unternehmen gegründet haben, an denen sich mehrere Staaten beteiligen. Im Mai 1964 wurde die erste diesbezügliche Organisation, die ELDO (European Launcher Development Organization), mit dem Ziel gegründet, eine »Europa-Rakete« zu entwickeln, zu bauen und zu starten. Mitgliedsländer

*Ariane-Rakete beim Start in Kourou am 24. 12. 1979*



wurden Belgien, die BRD, Großbritannien, Frankreich, Italien und die Niederlande. Das Startgelände sollte Australien bereitstellen.

Der für das Jahr 1968 vorgesehene erste Start einer solchen Rakete fand jedoch nicht statt. Sowohl die Kostenabschätzung wie auch der Zeitplan waren unrealistisch. Die zügige Entwicklung des geplanten Vorhabens wurde durch zahlreiche vom Konkurrenzdenken der beteiligten Staaten bestimmte Querelen verhindert. Schließlich schlug Frankreich 1972 vor, die geplanten Vorhaben zugunsten des Baues der französischen Trägerraketen einzustellen, die dann den Namen »Ariane« erhielten. Inzwischen waren 2,5 Milliarden Mark ohne ein greifbares Resultat ausgegeben worden. Westliche Raumfahrtshistoriker sehen die Ursache für dieses Debakel nicht in technischer Unfähigkeit, sondern in politisch-organisatorischen Mängeln.

Weniger risikoreich war hingegen das Unternehmen »Europäische Organisation für Weltraumforschung« (ESRO), weil das Ziel dieser Vereinigung von zehn kapitalistischen Industriestaaten Europas lediglich in administrativen und techniktheoretischen Maßnahmen bestand. Heute gehören die verschiedenen in Frankreich, der BRD, Italien und in den Niederlanden angesiedelten Institutionen der 1975 ins Leben gerufenen »Europäischen Weltraumorganisation« (European Space Agency = ESA) an. Zu den in der ESA-Konvention skizzierten Zielen der Organisation gehört die Entwicklung der Zusammenarbeit der Mitgliedstaaten auf dem Gebiet der friedlichen Erforschung des Weltalls, der Weltraumtechnologie und deren umfassende Nutzung. Die ESA soll eine langfristige (west-)europäische Weltraumpolitik ausarbeiten und verwirklichen und die diesbezüglichen Maßnahmen mit anderen internationalen und nationalen Programmen abstimmen, besonders hinsichtlich der Entwicklung von Anwendungssatelliten.

Erneut wurde jedoch von der ESA mit »Ariane« wieder eine Rakete auf das Entwicklungsprogramm gesetzt. Diese dreistufige Flüssigkeitsrakete mit einer Höhe von 47,4 m und einem maximalen Durchmesser von 3,8 m gestattete, eine Nutzmassekapazität von 1500 kg in eine geostationäre Bahn zu bringen oder rund das Dreifache in eine niedrige Erdumlaufbahn.

Zwei geplante Starts der Ariane mußten aus technischen Gründen abgesagt werden, ehe zum erstenmal eine 210-t-Rakete in Französisch-Guayana am 24. Dezember 1979 von der Rampe abhob. Damit war aber noch nicht der erste Durchbruch gelungen; schon der zweite Start endete mit einer Zerstörung der Rakete in 25 km Höhe. Die weiteren geplanten zwei »Entwicklungsschüsse« wurden später absolviert als geplant, brachten aber Erfolg: mit Ariane LO3 wurde unter anderem der Wettersatellit »Meteosat-2« auf die Umlaufbahn gebracht, während mit dem Start von Ariane 4 am 20. Dezember 1981 das Qualifikationsprogramm abgeschlossen wurde.

Im Vordergrund der Ariane-Entwicklung stehen eindeutig kommerzielle Interessen. Nach dem letzten Probestart behauptete denn auch die BRD-Zeitschrift »ASTRONAUTIK«: »Europa ist die dritte Weltraummacht«, womit gesagt sein sollte, daß die in der ESA zusammengeschlossenen kapitalistischen Staaten Westeuropas das Monopol der USA und der Sowjetunion gebrochen hätten. Eine multinationale Vertriebsgesellschaft, die sich unter dem Firmenzeichen »Arianespace« dieser Fragen annimmt, konnte schon 1981 mitteilen, daß 17 Starttermine bereits bestellt oder durch Option belegt seien. Die Ariane-Serienfertigung bezweckt, eine erhebliche Anzahl von Nutzsatelliten zu spürbar niedrigeren Preisen anzubieten als die USA. Die optimistischen Analysen weisen einen Umsatz von etwa 7 Milliarden DM bis 1990 aus. Angesichts der Situation auf dem »Arbeitsmarkt« in den westeuropäischen Staaten komme dies, so erklärten Experten, einem Arbeitsvolumen von 12000 Beschäftigten gleich.

Ein anderes Projekt der ESA betrifft das eigene Weltraumlaboratorium »Spacelab«. Dabei handelt es sich um die Entwicklung und den Bau eines Weltraumlaboratoriums, das als Nutzlast bei den Flügen des amerikanischen Space Shuttle mitgeführt werden soll. Dadurch wollten sich die ESA-Länder zugleich – in Abstimmung mit der NASA – Zugang zur bemannten Raumfahrt verschaffen. Die ursprünglichen Analysen sahen sehr günstig aus. 1976 schätzte man ab, daß Spacelab zwischen 1980 und 1991 insgesamt rund 230mal in den Erdorbit gelangen sollte, in 36 Fällen sogar mit einer Verweilzeit von dreißig Ta-

gen. Das Programm geriet jedoch inzwischen erheblich ins Hintertreffen, vor allem wegen der großen Zeitverschiebungen, mit denen die NASA ihre Space Shuttle realisierte. Statt im Jahre 1980 flog Spacelab zum erstenmal drei Jahre später Ende 1983 mit dem BRD-Astronauten Ulf Merbold an Bord.

## Koexistenz im Erdorbit

Ein besonderer Höhepunkt internationaler Zusammenarbeit zwischen zwei Staaten unterschiedlicher Gesellschaftsordnung auf dem Gebiet der Raumfahrt war das Sojus-Apollo-Test-Projekt (SATP) im Jahre 1975. Natürlich stellt das gemeinsame UdSSR-USA-Unternehmen »Sojus-Apollo« vor allem ein Ergebnis politischer Entwicklungen dar. Es liegt ganz auf der Linie des vom XXIV. Parteitag der KPdSU beschlossenen Friedensprogramms. Das Unternehmen war ein Resultat der in den siebziger Jahren dank der sowjetischen Entspannungspolitik deutlich spürbaren Verbesserung des internationalen Klimas auf dem Wege von der Konfrontation zur Kooperation und zur friedlichen Koexistenz. In diesem Sinne wurde das Sojus-Apollo-Projekt von Anfang an als ein Sieg über die Gegner der Entspannungspolitik gesehen, wenn es auch nur einen, allerdings in der Weltöffentlichkeit sehr wirksamen und sichtbaren Ausdruck dieser Politik darstellt.

Dem Unternehmen lag ein Abkommen zugrunde, das am 24. Mai 1972 in Moskau zwischen der UdSSR und den USA abgeschlossen wurde. Der Vertrag sieht eine umfassende Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Weltraumforschung vor. Über das SATP heißt es darin: »Die Abkommenseiten haben Arbeiten zur Entwicklung vereinheitlichter Mittel für die Annäherung und Kopplung sowjetischer und amerikanischer Raumschiffe und Stationen vereinbart, um die Sicherheit bemannter Raumflüge zu erhöhen und die Möglichkeit künftiger gemeinsamer wissenschaftlicher Experimente zu gewährleisten. Der erste Experimentalflug zur Erprobung solcher Systeme, der die Kopplung eines sowjetischen Raumschiffs vom Typ »Sojus« mit einem amerikanischen Raumschiff vom Typ »Apollo«

mit gegenseitigem Überwechseln von Kosmonauten vorsieht, ist für das Jahr 1975 vorgesehen.«

Ohne in die von der UdSSR und den USA entwickelten Typen von Raumflugkörpern grundsätzlich einzugreifen, war an ein Kopplungsmanöver zwischen Sojus und Apollo gedacht. Ausreichende wissenschaftliche und technische Erfahrungen auf dem Gebiet der Rendezvoustechnik waren sowohl in der UdSSR als auch in den USA vorhanden: 38 Kosmonauten und 68 Astronauten hatten bis zum Mai 1975 in insgesamt 56 bemannten Raumschiffen der UdSSR bzw. der USA wertvolle Erfahrungen gesammelt – ein kostbarer Schatz, auf dem nunmehr aufzubauen war. Bei 46 Flügen waren Annäherungs- und Kopplungsmanöver trainiert oder erfolgreich realisiert worden. Natürlich ging es nunmehr um etwas Neuartiges in der Raumfahrtgeschichte: Bis zum Sojus-Apollo-Unternehmen waren stets aufeinander abgestimmte Verbindungselemente gleichartiger Raumschiffversionen miteinander gekoppelt worden. Das vorgesehene Dockingmanöver aber betraf zwei unterschiedliche Raumschiff Typen, die sich in mannigfacher Hinsicht voneinander unterscheiden. Insgesamt ergab sich daraus ein umfangreicher Katalog von erforderlichen technischen Änderungen und Neukonstruktionen.

Einer der wesentlichen Unterschiede der sowjetischen und der amerikanischen bemannten Raumfahrt bestand darin, daß die UdSSR in ihren Raumschiffen mit Luft normaler Zusammensetzung bei normalem Druck arbeitet, während in den USA reiner Sauerstoff bei  $2,6 \cdot 10^4$  Pa üblich war. Ohne entsprechende Veränderungen hätte der Umstieg der Mannschaften in eine Druckschleuse viel Zeitverzug wegen der erforderlichen Anpassung mit sich gebracht. Die sowjetischen Experten veränderten deshalb in Vorbereitung des SATP die bis dahin übliche Zusammensetzung des Atemgases, indem sie es bis auf 40 % mit Sauerstoff anreicherten und gleichzeitig den Druck auf  $5,2 \cdot 10^4$  Pa absenkten. Eine vorbereitende Erprobung des Raumfluges unter diesen Bedingungen wurde mit Sojus 16 (Dezember 1974) in einem knapp sechs Tage währenden Raumflug durchgeführt. Die wesentlichste Aktivität der USA in Vorbereitung auf das Gemeinschaftsunternehmen bestand in der Ent-

wicklung des Dockingmoduls zur Verbindung der beiden Raumschiffe. Auf diese Weise wurde die sogenannte Kompatibilität der beiden unterschiedlichen Raumschiffotypen hergestellt. Die dabei gewählte technische Variante ist von weitreichender Bedeutung auch für zukünftige Raumfahrtprojekte. Sowohl die Sowjetunion als auch die USA hatten bis dahin stets Kopplungssysteme verwendet, die mit einem aktiven Kopplungsstutzen und einem passiven Kopplungskegel ausgestattet waren. Die sowjetisch-amerikanische Gemeinschaftskonstruktion eines »zweigeschlechtlichen« Dockingmoduls hingegen gestattet jedem der beteiligten Raumschiffe, sowohl die passive wie auch die aktive Rolle zu übernehmen. Ohne auf die technischen Einzelheiten dieses Systems näher einzugehen, muß gesagt werden, daß seine Ausarbeitung langwierig und kompliziert gewesen ist, jedoch ein zukunftsträchtiges Ergebnis der modernen Raumfahrt darstellt.

Das bereits erwähnte Unternehmen Sojus 16 diente unter anderem auch zur Erprobung des Kopplungsmechanismus, der außerdem bei zwei unbemannten Flügen mit Kosmos-Satelliten versuchsweise eingesetzt war.

Am 15. Juli 1975 begann dann das umfangreiche vorbereitete und weltweit beachtete Unternehmen mit dem Start des sowjetischen Raumschiffes Sojus 19 in Baikonur; siebeneinhalb Stunden später erfolgte die Apollo-Einheit von Cape Canaveral aus. An Bord der beiden Raumschiffe befanden sich die Kosmonauten Leonow und Kubasow bzw. die Astronauten Stafford, Slayton und Brand. Sojus erreichte mit großer Präzision die theoretisch geforderte Umlaufbahn. Der erdnächste Punkt der Anfangsbahn lag bei 186,35 km, der erdfernste Punkt bei 220,35 km. Die Umlaufzeit betrug 88,49 Minuten und die Bahnneigung 51,78 Grad. Nach der Überprüfung verschiedener Systeme wurde das Haupttriebwerk für sieben Sekunden gezündet, um das Raumschiff auf eine neue Bahn anzuheben. Sechs Stunden nach dem Start wurde der Druck in den Sojus-Kabinen in Vorbereitung auf den Austausch der Besatzungen gesenkt, und kurz vor 20 Uhr begannen die sowjetischen Kosmonauten mit drei biologischen Experimenten, die das Untersuchungsprogramm vorsah.

Beim Start des Apollo-Raumschiffs verlief ebenfalls alles normal. Nach dem Einschwenken in die Flugbahn und dem Umkehrmanöver in Vorbereitung der geplanten Kopplung kam es jedoch zu einem Schaden am Kopplungsstutzen zwischen der Kommandokabine und der Druckschleuse, der jedoch unter Mitwirkung der amerikanischen Bodenstation behoben werden konnte.

Der kommende Tag brachte die Anpassung der beiden Raumschiffbahnen durch erneutes Zünden des Sojus-Haupttriebwerks. Die Bahndaten lauteten jetzt: Apogäum 225,4 km und Perigäum 222,7 km; Umlaufzeit: 88,9 Minuten und Bahnneigung 51,8 Grad. Die Differenz zu den geforderten Normwerten ist sehr gering: gegenüber 1500 m zulässiger Toleranz beträgt die Entfernungsabweichung nur 250 m, und die Zeitabweichung ist noch geringer: nur 7,5 Sekunden gegenüber 90 Sekunden als zulässigem Wert.

Am 17. Juli trat das Unternehmen in seine entscheidende Phase. Der Abstand der beiden Raumfahrzeuge verringerte sich so weit, daß schließlich Funkkontakt auf UKW hergestellt werden konnte. Die weitere Annäherung und die erforderliche Drehung von Sojus 19 um seine Längsachse verlaufen so, daß die Kopplung vollständig programmgemäß erfolgt, während sich die beiden Raumflugkörper gerade über Mitteleuropa befinden. Das System der Kopplung funktioniert ausgezeichnet, und drei Minuten vorfristig ist um 17 Uhr 12 Minuten das Manöver abgeschlossen. Drei Stunden später beginnt der Kontakt der Mannschaften mit dem Handschlag der beiden Kommandanten Leonow und Stafford. Zunächst begeben sich die amerikanischen Astronauten Slayton und Stafford in das Sojus-Raumschiff. Kosmische Zeremonien beginnen: Der Austausch von Geschenken und die Übergabe einer Fahne der Vereinten Nationen stehen auf dem Programm. Slayton soll sie nach seiner Rückkehr dem UNO-Generalsekretär übergeben. Dann folgt ein wohlverdientes »kosmisches Abendessen« mit typisch russischem Kolorit. Gemeinsam mit Kubassow wechselt Slayton in die Druckschleuse, wo ein Experiment mit dem Universalschmelzofen obsolviert wird.

Der Generalsekretär der KPdSU, Leonid Breschnew, grüßt die Mannschaften in der Erdumlaufbahn mit den Worten: »Die ganze Welt

verfolgt mit größter Aufmerksamkeit und Begeisterung Ihre gemeinsame Arbeit bei der Ausführung des komplizierten Programms wissenschaftlicher Experimente ... Man kann sagen, daß Sojus-Apollo ein Prototyp künftiger internationaler Orbitalstationen ist.« Auch der amerikanische Präsident, Gerald Ford, sendet seine Glückwünsche.

Am kommenden Tag begibt sich Leonow an Bord von Apollo, während Brand Gast des Sojus-Raumschiffes ist.

Neue gemeinsame Experimente stehen auf dem Programm und – eine Pressekonferenz aus dem All. Per Bild und Ton sind die kosmischen Repräsentanten einer Politik der friedlichen Koexistenz mit Journalisten aus aller Herren Ländern auf der Erde verbunden. Nach dem Experiment »Mikrobenaustausch«, bei dem Leonow und Stafford Mikroben von ihrer Haut aufnehmen, kehren die Astronauten und Kosmonauten jeweils in ihre Raumschiffe zurück.

Am 19. Juli trennen sich die beiden Raumschiffe für dreißig Minuten voneinander. So verlangt es das Experiment »Künstliche Sonnenfinsternis«. Dieses Experiment hatten sowjetische Experten vorgeschlagen. Apollo sollte die Rolle des Mondes spielen, d. h. die Sonne abdecken, während Sojus sich im Kernschatten von Apollo befand, also gleichsam die Erde während einer Sonnenfinsternis darstellte. Da sich der Versuch außerhalb der irdischen Atmosphäre abspielte, gab es keinerlei störendes Streulicht. Von Sojus aus konnte die weit in den kosmischen Raum hinausreichende feine gasförmige Hülle der Sonne, die Sonnenkorona, ungestört fotografiert und gefilmt werden. Unabhängig von den gemeinsam durchgeführten Weltraumexperimenten arbeiteten die beiden Mannschaften vor und nach der Kopplung auch noch an eigenen Aufgaben. So standen z. B. für Leonow, der sich inzwischen als »Michelangelo des Kosmos« weltweit einen Namen gemacht hat, auch noch Erdbeobachtungen mit dem Auge des Malers auf dem Programm. Die einzigartige Möglichkeit, während eines Raumfluges nicht nur binnen kurzem unseren Planeten im Wechsel von Tag und Nacht, sondern auch in den verschiedensten Jahreszeiten beobachten zu können, reizte ihn. Für Wissenschaftler besitzt dieses »kosmische

Hobby« von Leonow durchaus Interesse. Lassen sich doch dadurch der Einfluß der Schwerelosigkeit auf die Sehschärfe und Kontrastempfindlichkeit sowie das Farbsehen studieren. Diese Kenntnisse sind nun wiederum für die Aussagekraft der Beobachtungen von Kosmonauten aufschlußreich. Denn die weitaus meisten Informationen von Menschen im All werden über die Augen vermittelt, so daß man deren Zuverlässigkeit unter kosmischen Bedingungen unbedingt kennen muß.

Auch das Apollo-Raumschiff führte nach der Abkopplung eine Reihe autonomer Versuche aus; unter anderem bezogen sich vier der insgesamt dreißig Untersuchungen auf astronomische Fragen. Zu diesem Zweck befanden sich im Apollo-Raumschiff auch ein Ultraviolett-Teleskop und ein Gerät zur Sondierung kosmischer Röntgenquellen.

Das Raumschiff Sojus 19 landete am 21. Juli 1975 programmgemäß nach insgesamt 96 Erdumläufen wohlbehalten in Kasachstan. Die Landung wurde im sowjetischen Fernsehen direkt übertragen. Die Apollo-Kapsel wasserte drei Tage später nach insgesamt 138 Erdumläufen im Pazifik unweit Hawaii. Dabei ergab sich kurz vor dem Abschluß des Unternehmens noch eine kritische Situation: In die Kabine eingedrungene Giftgase gefährdeten das Leben der drei Astronauten.

Das Unternehmen wurde weltweit begrüßt und sowohl wissenschaftlich wie auch vor allem politisch als ein bedeutsamer Erfolg eingeschätzt. Mit Sojus-Apollo war zudem der Beweis angetreten, daß der Vertrag aus dem Jahre 1968 über die Rettung in Not geratener Raumfahrer keine leere Absichtserklärung mehr war, sondern tatsächlich die konkreten Voraussetzungen für Rettungsmaßnahmen im Erdorbit bestanden.

Nach dem Abschluß der SATP bestand zwischen der UdSSR und den USA wohl Einigkeit darüber, daß der mit diesem Unternehmen eingeschlagene Weg fortzusetzen sei und beiden Seiten Nutzen bringe. Angesichts der außerordentlich kostenaufwendigen Entwicklung auf dem Gebiet der Raumfahrt wurde es als sinnvoll betrachtet, die Erfahrungen und Ergebnisse der jeweils anderen Seite zu nutzen und in geeigneten Projekten zusammenzuführen.

Das 1972 geschlossene Abkommen über die Zusammenarbeit zwischen den USA und der UdSSR hatte eine Gültigkeitsdauer von fünf Jahren und konnte selbstverständlich, entsprechend den Absichten der beiden Staaten, verlängert werden. Ohne daß konkrete Einzelheiten über gemeinsame bemannte Unternehmen im Orbit definitiv bekannt wurden, steuerte man doch eine Kooperation zwischen dem damals in der Entwicklung befindlichen wiederverwendbaren Raumtransporter der USA, Space Shuttle, und der Raumstation Salut an. Gemeinsame Operationen im Orbit, eventueller Außenbordumstieg u. a. lagen im Bereich der Möglichkeiten.

Die Zusammenarbeit zwischen den USA und der Sowjetunion wurde auch auf anderen Gebieten fortgeführt. Die USA brachten zweimal wissenschaftliche Nutzlasten auf sowjetischen Biosatelliten unter, die UdSSR übergab den USA Mondbodenproben aus dem Luna-Rückkehrsonden u. a. mehr. Für interplanetare Missionen dachte man z. B. an abgestimmte Experimentalprogramme

Bedauerlicherweise haben die USA den Weltraumvertrag mit der UdSSR nicht verlängert, sondern sind bereits gegen Ende der siebziger Jahre von der Politik der Kooperation und friedlichen Koexistenz sichtbar zur Politik der Konfrontation umgeschwenkt. Unter diesen Bedingungen sind bislang keine weiteren größeren Projekte der Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Raumfahrt zustande gekommen.

## Raumtransporter mit Januskopf

Nach dem Flug der amerikanischen Skylab-Station und dem Sojus-Apollo-Gemeinschaftsunternehmen mit der Sowjetunion haben die USA für lange Zeit keinerlei bemannte Raumfahrtunternehmen gestartet.

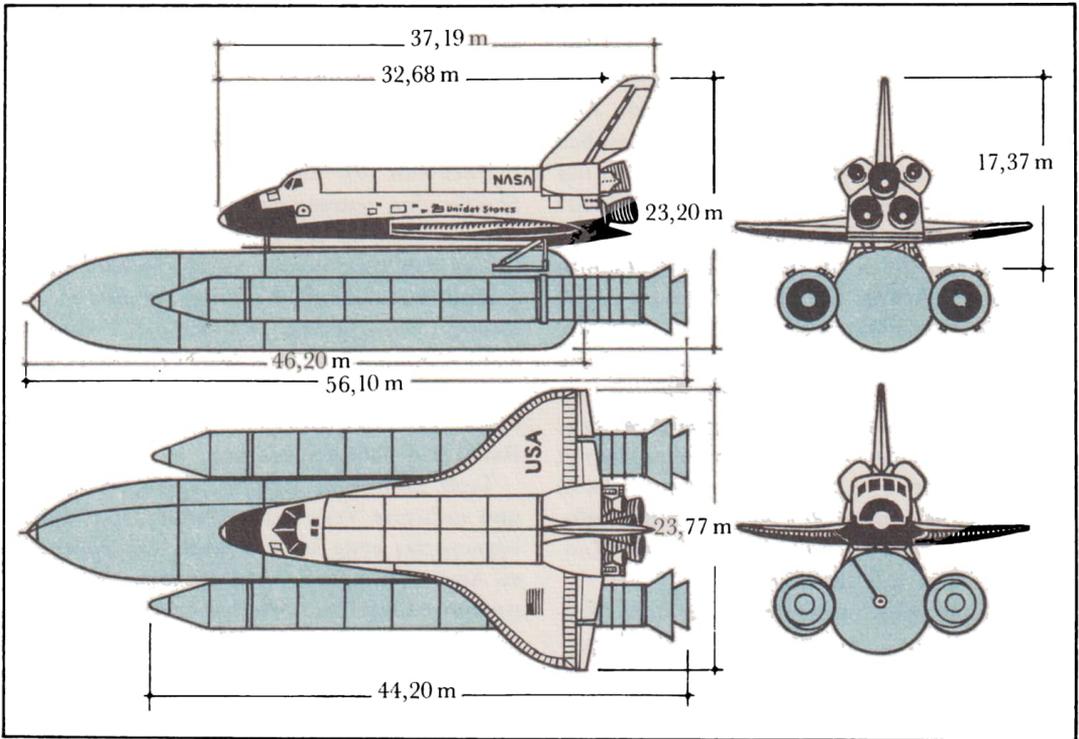
Seit dem Jahre 1968 jedoch befaßte man sich in den USA mit einem neuartigen Raumtransportsystem, das als mehrfach verwendbares Raumschiff konzipiert wurde und unter dem Namen Space Shuttle bekannt wurde. Das Ziel war, künftig auf die Einweg-Wegwerfrakete verzichten zu können. Man erhoffte sich dadurch eine bedeutende Verbilligung von Raumfahrtaufgaben

in niedrigen Umlaufbahnen. Auch die außerordentlich hohen Kosten für die Nutzlast sollten deutlich gesenkt werden. Die Überlegungen gingen davon aus, daß man bei Vorhandensein eines Shuttle weniger hohe Zuverlässigkeitsanforderungen an verschiedene Nutzlasten stellen könne, da Satelliten an Ort und Stelle repariert oder sogar auf die Erde zwecks Überarbeitung zurückgebracht werden könnten.

Nachdem man anfänglich an ein zweistufiges »Huckepack«-Raketenflugzeug gedacht hatte, dessen beide Stufen senkrecht starten und horizontal landen sollten, wurde dieses Projekt aus Kostengründen wieder fallengelassen. Deshalb entschloß man sich, ein nur teilweise wiederverwendbares System zu entwickeln. Anstelle der bemannten Antriebsstufe kam nun ein unbemannter Booster ins Spiel, ein schubstarkes Starttriebwerk mit Feststoffantrieb. Die Besatzung gelangt mit dem Orbiter in die Erdumlaufbahn. Er bezieht seinen Startschub, der durch die Booster verstärkt wird, aus einem externen Tank (Wasserstoff und Sauerstoff), der nach dem Ausbrennen verlorengeht. Anders die Feststoffbooster: sie werden geborgen und können zur Wiederverwendung aufbereitet werden.

Die einzige vollständig rückführbare Stufe des Systems ist der Shuttle selbst – Raumschiff und Flugzeug zugleich. Der Orbiter hat die Größe eines Verkehrsflugzeugs. Seine Länge beträgt 37,2 m, die Spannweite 23,77 m. Der 68 t schwere Orbiter kann eine Nutzlast von knapp 30 t in den Orbit bringen. Obwohl die Standardbesatzungsstärke bei vier Personen liegt, können notfalls auch bis zu zehn Personen mitfliegen. Die Einsatzdauer je Aufstieg ist auf sieben Tage festgesetzt, kann aber bis zu dreißig Tagen ausgedehnt werden.

Der Raketenmotor des Orbiters, der aus dem externen Tank gespeist wird, setzt sich aus drei Triebwerken zusammen. Der Einschub in die niedrige Erdumlaufbahn dauert etwa acht Minuten. Während eines Viertels dieser Zeit sind die Booster mit in Betrieb. In 116 km Höhe erfolgt der Brennschluß, und das Einschwenken in die endgültige Bahn wird durch die Manövertriebwerke bewerkstelligt, die von einem Treibstoffvorrat an Bord des Orbiters gespeist werden. Dann beginnt der Freiflug. Nach Beendigung des



*Aufbauschema des US-amerikanischen Space Shuttle*

Auftrags wird der Orbiter gedreht, so daß er mit dem Heck nach vorn liegt, durch das Manöversystem kann eine Abbremsung herbeigeführt werden, die das Abstiegsmanöver einleitet. Mit zunächst steilem Anstellwinkel ( $38^\circ$ ) geht es abwärts. Jetzt spielen die Elemente des wiederverwendbaren Wärmeschutzes eine wichtige Rolle, jene rund 34 000 speziell geformten Silizium-Faser-Kacheln, die an den heißesten Stellen, an der Nase und den Vorderkanten der Flügel, Temperaturen bis zu  $1600^\circ\text{C}$  überstehen müssen. Speziell dort wird noch ein kunststoffimprägniertes Kohlefasergewebe aufgebracht. Es ist bis zu 7,5 cm dick, während die Kacheln – je nach ihrer thermischen Belastung – eine Dicke bis zu 6,25 cm aufweisen. Der Raumgleiter landet mit einer Geschwindigkeit von rund 350 km/h wie ein normales Flugzeug.

Die anfänglich hohen, ja in zahlreichen amerikanischen Veröffentlichungen geradezu euphorisch formulierten Erwartungen haben sich allerdings nur bedingt erfüllt. Einerseits zeigte es sich

während der Entwicklung des Shuttle, daß die Kosten ursprünglich viel zu optimistisch angesetzt waren. Das gleiche traf auf die zeitlichen Vorstellungen zu. Gegenüber dem geplanten ersten Testflug des Shuttle im Jahre 1979 hob der erste Raumgleiter erst im April 1981 von seiner Startrampe im Kennedy-Raumzentrum der USA ab. Das außerordentlich flugintensive Programm, das die NASA bereits im Jahre 1974 ausarbeitete, sah insgesamt 578 Flüge von zwei Startplätzen bis zum Jahre 1991 vor. Da diese Flüge umfangreicher Vorbereitungen, Überwachungen und Auswertungen bedürfen, spricht inzwischen niemand mehr von diesen verhältnismäßig hohen Zahlen. Ganz davon abgesehen, daß die kommerzielle Nutzung des Shuttle natürlich den gewinnträchtigen Verkauf von Frachtraum voraussetzt. Die angespannte ökonomische Situation in den kapitalistischen Ländern hat jedoch das Interesse an zahlreichen Projekten der Grundlagenforschung drastisch zurückgehen lassen.

Die Nachteile des Shuttle im Vergleich mit

den langlebigen Raumstationen sowjetischer Konzeption sind ebenfalls augenfällig geworden, vor allem sind es die begrenzte Flughöhe des Gleiters und seine zeitlich eingeschränkte Aufenthaltsdauer im Orbit. Die außerordentlich hohe Nutzlastkapazität von 30 t gilt nämlich nur für eine erdnahe Bahn. Wegen zusätzlicher Treibstoffbehälter nimmt die Nutzlast für größere Höhen deutlich ab. Für eine Kreisbahnhöhe von 100 km beträgt die Nutzlast beispielsweise nur noch 7 t, und ohne jegliche Nutzlast kann der Shuttle höchstens bis auf eine 1350 km hohe Kreisbahn aufsteigen. Für höhere Bahnen, wie sie von zahlreichen Satelliten benötigt werden, sind zusätzliche Antriebseinheiten vonnöten, mit deren Hilfe der Flugkörper vom Shuttle aus in seine eigentliche Bahn gelangt. Das treibt natürlich die Startkosten wieder, entgegen dem Konzept des Gleiters, in die Höhe.

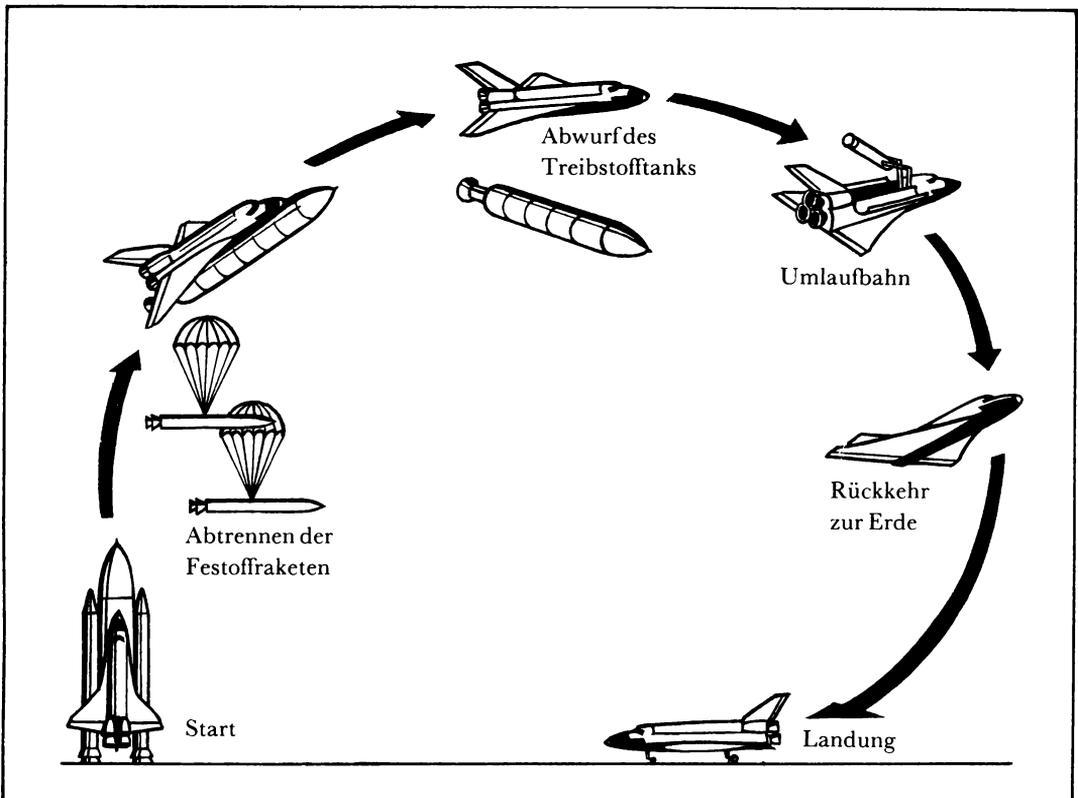
Eine Fülle von Untersuchungen erfordert längerzeitige Aufenthalte unter Weltraumbedingun-

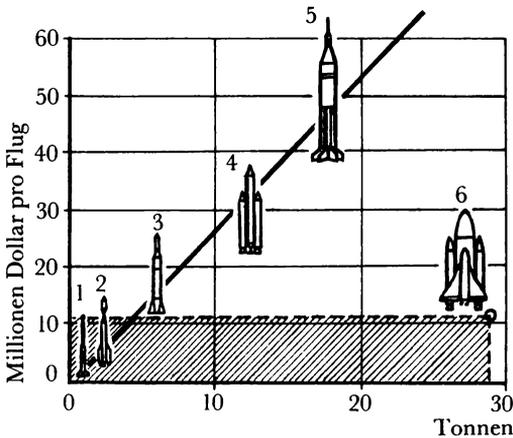
gen. Die Ausnutzung der maximalen Flugzeit des Orbiters andererseits bringt wiederum unliebsame Einschränkungen der Nutzlast mit sich, da man Treibstoff, Wasser, Sauerstoff und Nahrungsmittel zusätzlich an Bord nehmen muß.

Zweifellos ist die Entwicklung des Space Shuttle eine erstrangige wissenschaftlich-technische Leistung. In der Raumfahrtgeschichte handelt es sich um das erste wiederverwendbare bemannte Raumschiff. Neuartige Werkstoffe kamen zur Anwendung, und stärkere Triebwerke wurden geschaffen. Doch diese Tatsachen dürfen nicht dazu verführen, den Raumgleiter als das ideale Zukunftsraumschiff für den erdnahen Raum schlechthin anzusehen.

Trotz zahlreicher technischer Schwierigkeiten und mehrerer Verschiebungen der Starttermine begann das erste Unternehmen schließlich am 12. April 1981. Ohne vorherige unbemannte Erprobungen mit den hochexplosiven Feststoffboostern hoben an Bord der »Columbia« die beiden

*Missionsverlauf eines Raumtransporter-Unternehmens*





*Ursprünglich erwartete Relation von Flugkosten und Nutzlastkapazität zwischen herkömmlichen Verlust-Trägerraketen und dem wiederverwendbaren Raumtransporter (1971)*  
 1 Scout, 2 Thor-Delta, 3 Atlas Centaur, 4 Titan 3 C, 5 Saturn I B, 6 Raumtransporter

USA-Astronauten John Young und Robert Crippen von der Rampe 39A des amerikanischen Weltraumbahnhofs Cape Canaveral ab. Nicht nur westliche Boulevardblätter sprachen in diesem Zusammenhang von einem gewagten »Spiel auf Leben und Tod«. Immerhin mußte bereits beim ersten Landeanflug alles reibungslos ablaufen. Obschon der Gleiter wie ein Flugzeug landet, unterscheidet er sich doch in einem wesentlichen Punkt von diesem bewährten Verkehrsmittel unserer Zeit: Er verfügt nicht über luftatmende Triebwerke und kann folglich auch nicht neu durchstarten und einen zweiten Landeanflug probieren. Aus diesem Grunde mußte das Landemanöver beim ersten Versuch gelingen.

Eigens zur Sicherheit vorgesehene Notlandeplätzen in Japan, auf Hawaii und in Südspanien sowie Neu Mexiko wurden deshalb ebenfalls eingerichtet. Doch es lief alles glatt, und die »Columbia« schwebte, der Planung entsprechend, auf dem zur Landung vorgesehenen ausgetrockneten Salzsee in Südkalifornien nieder. Hierbei dürfte das fliegerische Können des früheren Testpiloten Young keine unwesentliche Rolle gespielt haben, zumal Young als Astronaut mit 20jähriger Erfahrung zu diesem Zeitpunkt der einzige Mensch war, der insgesamt fünfmal im Weltraum weilte, darunter zweimal in Apollo-Raumschiffen.

Leider wurde schon vor dem Start des ersten Shuttle das Janusgesicht des neuen technischen Spitzenprodukts deutlich. Die »International Herald Tribune« meinte, die Raumfähre sei die »Verwirklichung eines Traums bemannter kosmischer Flugkörper für militärische Zwecke«, und der amerikanische Generalleutnant Daniel Graham sah im Shuttle einen »strategischen Vorsprung vor der Sowjetunion«. Das Schlagwort vom »Nachrüsten im Weltraum« kam in den USA auf – in konsequenter Fortsetzung der »irdischen« USA-Politik unter der Administration des Präsidenten Reagan. Bei der Militarisierung des Weltraums soll dem Shuttle eine bevorzugte Rolle zufallen. Zwei von fünf künftigen Einsätzen des Shuttle sollen nach dem Willen der Planer militärischen Aufgaben dienen. Die seit den ersten Raketen zu beobachtende unheilvolle Verwendung brillanter Forschungstechnik für die Zwecke der Militärs ist auch mit dem Shuttle leider nicht abgerissen.

## Kundschafter im Sonnensystem

Zu den ältesten Träumen der Raumfahrt pioniere zählt die friedliche Erforschung der Planeten, jener Geschwister der Erde, die – gleich ihr – das Zentralgestirn unserer kosmischen Heimat auf elliptischen Bahnen umlaufen.

Nach wenig mehr als einem Vierteljahrhundert praktischer Raumfahrt stehen wir vor der imponierenden Tatsache, daß diese kurze Zeitspanne der Erforschung des Sonnensystems mit den Hilfsmitteln der Raumfahrt uns mehr an Informationen über diese Himmelskörper gebracht hat als die jahrhundertelangen Bemühungen der bisherigen erdgebundenen Forschung. Damit sollen die scharfsinnigen Methoden und Resultate der astronomischen Forschung keineswegs abgewertet werden; dennoch ist es unbestreitbar, daß wir selbst mit den modernsten Methoden der traditionellen Planetenforschung an eine Grenze gestoßen sind, die innerhalb dieser Forschungsmethodik nicht mehr zu überwinden war. Das modernste Teleskop, selbst wenn es mit raffinierten elektronischen Zusatzeinrichtungen gekoppelt ist, vermag uns nicht jene detailreichen Informationen zu liefern, die wir den Sonden ver-

danken, die in die unmittelbare Nähe der Oberfläche ferner Planeten gelangen oder sogar auf den Planetenoberflächen aufsetzen und Direktuntersuchungen an Ort und Stelle ausführten. Sowohl die Vorbeiflüge und die Erkundung von Planeten aus dem Orbit als auch die weichen Landungen bestimmen heute das Bild von unserem Sonnensystem in einem Maße, wie es wohl vor einem Vierteljahrhundert selbst Optimisten nicht zu erhoffen wagten.

## Anatomie einer Gluthölle

Die Erforschung des Planeten Venus mit den Hilfsmitteln der Raumfahrt begann im Jahre 1961 mit dem Start der ersten sowjetischen Venussonde »Venera 1«. Die Venus galt verständlicherweise als ein Objekt von besonderem Interesse, da der erdgebundenen Untersuchung in diesem Fall besonders enge Grenzen gezogen sind. Venus ist von einer dichten undurchsichtigen Atmosphäre umgeben, die den Blick auf die Oberfläche des Planeten niemals freigibt. Der Kenntnisstand war entsprechend dürftig, und das spärliche Material, das man aus spektroskopischen Untersuchungen und Radaraufnahmen gewonnen hatte, war teilweise widerspruchsvoll, aber auch von zahlreichen Spekulationen bestimmt. Die Raumfahrt schien geeignet, ein qualitativ völlig neues Kapitel der Venusforschung einzuleiten. Rückblickend können wir heute feststellen, daß sich die Erwartungen der Wissenschaft in dieser Hinsicht vollständig erfüllt haben.

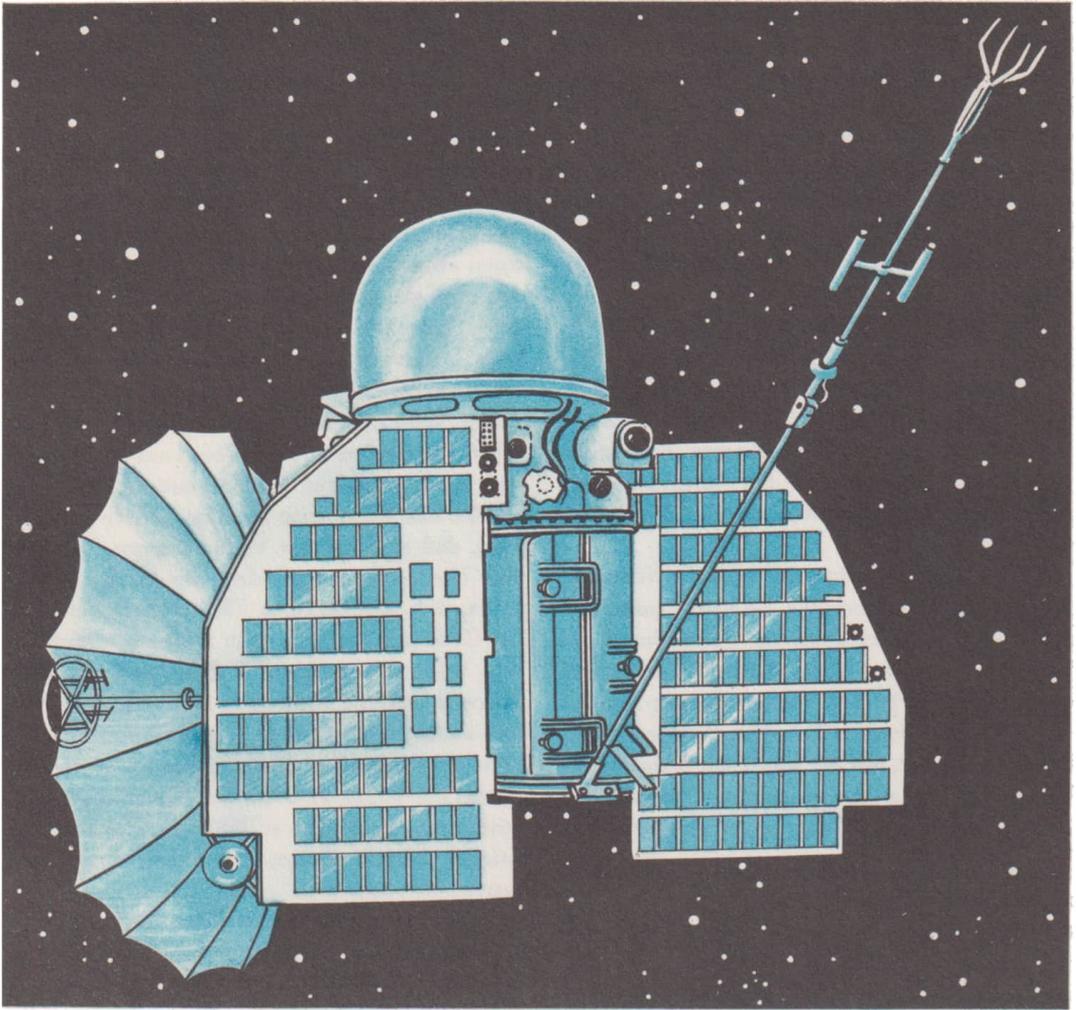
Der erste von der UdSSR geplante Vorbeiflug am inneren Nachbarplaneten der Erde führte bis auf etwa 100 000 km an die Venus heran; leider brach jedoch die Kommunikation mit der Sonde bereits in knapp 8 Mill. km Abstand von der Erde zusammen, so daß die gewünschten Resultate ausblieben. Auch die 1965 gestartete zweite Venussonde, die den Abend- und Morgenstern in nur knapp 24 000 km Abstand passierte, lieferte noch keine Daten. Die nur wenige Tage später gestartete Sonde »Venera 3« führte einen Eintauch- und Landekörper mit, der auf der Oberfläche des Planeten unter Anwendung eines Fallschirmsystems niedergehen sollte. Die Bahnmes-

sungen und Berechnungen zeigten, daß die Sonde mit hoher Zielgenauigkeit nur etwa 450 km vom berechneten Landeort entfernt auftraf. Jedoch gelang auch mit Venus 3 kein Funkkontakt mehr, so daß konkrete Ergebnisse nochmals ausblieben.

Die aus diesen Unternehmungen gesammelten Erfahrungen flossen in die zwei Jahre später gestartete Sonde Venus 4 ein und führten zum Erfolg der Mission. Die Sonde tauchte nach etwa viermonatigem Flug in die Atmosphäre des Planeten ein, und die knapp 400 kg schwere Landekapsel sank an einem Fallschirmsystem mit einer abgebremsten Geschwindigkeit von etwa 3 m/s auf die Oberfläche des Planeten. Während des Dauerfluges durch die Atmosphäre wurden für die Dauer von 96 Minuten wertvolle Daten übermittelt, die erstmals ein aus Direktmessungen resultierendes Bild der Venusatmosphäre vermittelten. Jedoch waren die Meßgeber in Unkenntnis der Situation nicht für die hohen Drücke ausgelegt, die dort herrschten. Deshalb wurde die Sonde bereits in 23 km Höhe über der Planetenoberfläche zerstört. Wiederum als Doppelsonde starteten im Januar 1969 Venus 5 und 6. Sie blieben bis zu 17 km Höhe in Funktion.

Erstmals in der Geschichte gelang es mit Venus 7 im Jahre 1970, Daten von der Oberfläche des Planeten zu übertragen: 23 Minuten lang gelangten von der Venus Daten zur Erde, die Kunde von der Situation am Boden der Venusatmosphäre enthielten. Venus 8 übermittelte im Jahre 1972 sogar 50 Minuten lang Informationen von der Planetenoberfläche. Der Landeapparat vermeldete einen Druck von 9,1 MPa und eine Temperatur von 477 °C. Damit war vorläufig ein neues Bild der Umgebung und Oberfläche des Planeten gewonnen, das die Bezeichnung »Gluthölle« rechtfertigt. Temperaturen um 500 °C und Drücke um das 100fache des irdischen Luftdrucks sowie eine Zusammensetzung der Atmosphäre zu etwa 95 % aus Kohlendioxid sind die charakteristischen Daten am Boden der Venus.

Einen weiteren Durchbruch in der Venusforschung brachten die paarweise kurz hintereinander gestarteten Sonden Venus 9 und 10 im Jahre 1975. Die Landekapseln wurden von jeweils einem Orbiter abgesetzt, der auch nach der Landung die Venus umflog. Es handelte sich hierbei



*Sowjetische Planetensonde Venera 1*

um die ersten künstlichen Satelliten des Planeten. Die beiden Orbiter waren mit einem Ultraviolett-Scanning-Telefotometer ausgestattet. Im UV-Bereich wurden während des Durchflugs der Lander die Wolkenbereiche fotografiert, deren sonstige Daten direkt ermittelt wurden. Deutlich traten dabei jene merkwürdigen hellen Streifen der Atmosphäre hervor, die auch von der amerikanischen Sonde Mariner 10 empfangen worden waren, als diese den Planeten 1974 in knapp 6000 km Entfernung passierte. Bemerkenswert war die rasche Rotation der oberen Wolken-schichten. Die äußeren Wolken jagen in etwa vier Tagen einmal um den Planeten herum.

Größte Aufmerksamkeit fanden die mit den Landern von Venus 9 und 10 erstmals gelungenen Panoramafotos von der Umgebung der Landstellen auf dem Planeten. Venus 9 setzte am Osthang eines ausgedehnten Gebirgsmassivs auf, während Venus 10 in einer ausgedehnten Ebene niederging.

Rein äußerlich unterscheiden sich die Bilder relativ stark: Um die Landestelle von Venus 10 breitet sich ein irdischen Gebirgsplateaus ähnliches Felsland aus, dessen zahlreiche Senken mit schotterähnlichem Material aufgefüllt sind. Um die Sonde Venus 9 – etwa 2200 km von der anderen Landestelle entfernt – sind zahlreiche Ge-

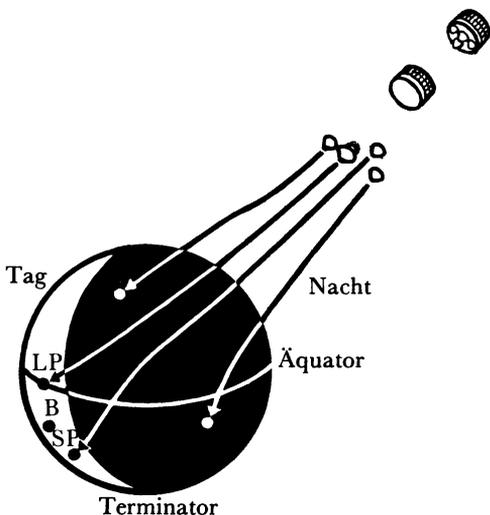
röhlhauen zu sehen, wie wir sie auf unserem Planeten als Ergebnis teilweise zerfallener Felsen kennen. Allerdings zeigte die gelandete Kapsel eine Neigung von  $30^\circ$  gegen die Horizontale, und von einem Felsen war nichts zu entdecken. Offenbar war die Sonde unmittelbar am Abhang eines Gebirges gelandet. Die chemische Zusammensetzung beider Landstellen erwies sich jedoch als sehr ähnlich – es handelte sich um Basaltgestein.

Weitere Erfolge konnte die UdSSR mit ihren jeweils als Doppelsonden gestarteten Unternehmen Venus 11/12 (1978) und Venus 13/14 (1981) sowie neuerdings mit den Venus-Orbitern Venus 15 und 16 (1983) erzielen. Bei mehreren der Sonden waren andere Länder an der instrumentellen Ausstattung beteiligt, unter anderem Frankreich und die DDR.

Nach etwa fünfjähriger Pause in der Venusforschung begannen auch die USA mit einem bemerkenswerten Programm zur Erforschung des inneren Erdnachbarn. Im Mai und August 1978 starteten sie die beiden Sonden Pioneer-Venus 1 bzw. Pioneer-Venus 2. Die erste Sonde war als Orbiter ausgelegt mit der speziellen Aufgabe, die Venus von einer langgestreckten elliptischen Umlaufbahn für die Dauer eines »Venusjahres«

*Einschuf der Sonden und des Sondenträgers (Bus) auf den Planeten Venus bei Pioneer-Venus*

*B = Bus, LP = große Eintauchsonde, SP = kleine Eintauchsonde*



(rund 8 Monate) zu observieren. Besondere Bedeutung kam dabei der UV-Beobachtung der Atmosphäre zu und vor allem der Radarkartierung nahezu der gesamten Planetenoberfläche. Während der Orbiter in der Nachfolge der entsprechenden sowjetischen Erstleistung flog, wies das Missionsprofil von Pioneer-Venus 2 einige neuartige Eigenschaften auf: Es handelte sich um einen »Bus«, von dem aus vier verschiedene Sonden etwa gleichzeitig auf die Oberfläche des Planeten gelenkt wurden, so daß Simultandaten beim Durchflug der Atmosphäre von vier weit entfernten Gebieten gewonnen wurden.

Der Venus-Orbiter lieferte erstmals eine fast vollständige Karte von der Venus auf der Grundlage einer intensiven Radarabtastung. Das vergleichsweise detaillierte Resultat lieferte den Befund, daß sich auf der Venus Ebenen, Gebirge und Niederungen befinden, wobei das »Festland«, d. h. die bergigen Flächen, nur etwa 8 % der Gesamtfläche einnimmt. Drei große Gebiete sind besonders markant: Ishtar-Land mit dem Maxwell-Gebirge, Aphrodite-Land und das Beta-Gebiet, an dessen Osthang die sowjetische Sonde Venus 9 fotografiert hatte. Etwas mehr als ein Viertel der Venus wird von den Niederungen eingenommen. Besonders auffällig tritt das Tiefland Atlantis hervor, dessen Durchmesser 2 500 km beträgt.

Ein nördliches Plateau von Ishtar-Land weist auf seismisch aktive Regionen hin, ähnlich der irdischen Vulkankette auf Hawaii. Das Maxwell-Gebirge ragt gegenüber den tiefst gelegenen Gebieten bis zu 13 000 m empor, gegenüber dem mittleren Niveau etwa 8 000 m.

Venus und Erde unterscheiden sich planetologisch recht deutlich voneinander. Obschon beide Planeten hinsichtlich ihrer Dimension und mittleren Dichte nur wenig voneinander verschieden sind, hat doch die Vielzahl anderer Bedingungen in größerer Sonnennähe offensichtlich dafür gesorgt, daß letztlich zwei in vielerlei Hinsicht voneinander verschiedene Planeten entstanden, die auch eine gänzlich unterschiedliche Entwicklung durchmachten.

Gerade dieser Umstand – einerseits die Ähnlichkeit beider Planeten hinsichtlich Masse und Zusammensetzung der Oberfläche, andererseits aber die extrem unterschiedlichen physikalischen

Bedingungen – läßt die Wissenschaft hoffen, durch die weitere Erforschung der Venus mittels Raumsonden auch mehr über die erdgeschichtliche Entwicklung zu erfahren.

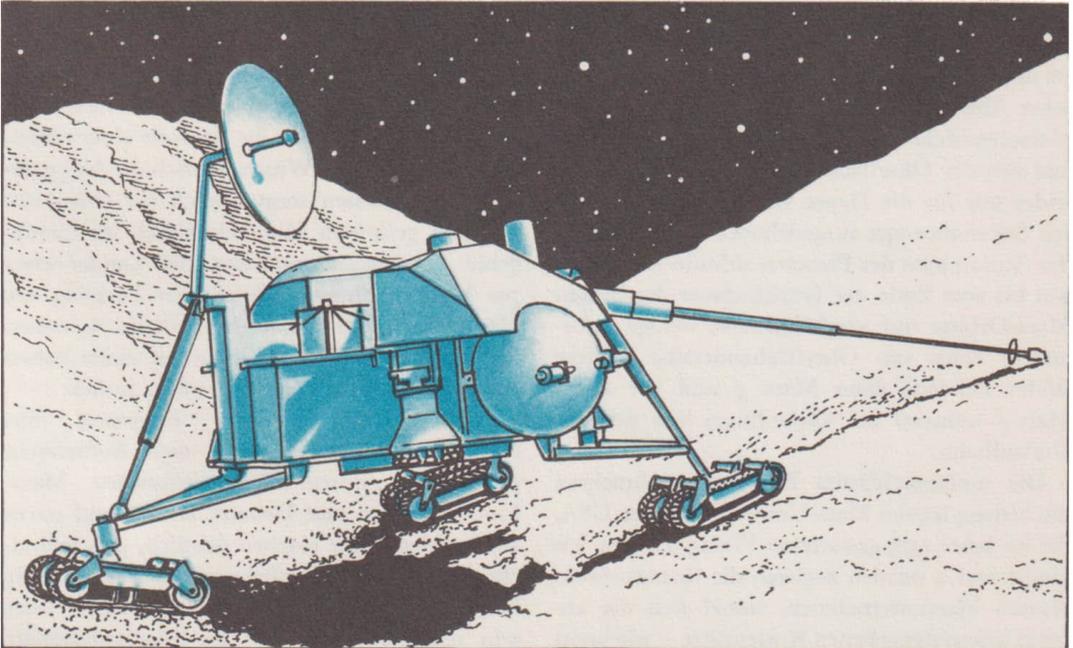
## Visite beim roten Planeten

Mars nimmt unter den Planeten – zumindest kulturgeschichtlich – eine Sonderstellung ein, die er wohl vor allem seiner Farbe verdankt. In der Astrologie zum Kriegstern prädestiniert – rot ist die Farbe des Feuers –, stand er seit den neueren Tagen der Astronomie im Verdacht, eine fremde Zivilisation zu beherbergen. Die Entdeckung der Marskanäle anno 1877 durch den Italiener Giovanni Schiaparelli schien auf mächtige Bauwerke hinzudeuten, die hochintelligente Marsingenieure offensichtlich zu dem Zweck angelegt hatten, die gewaltigen Wassermassen des Planeten nutzbringend für seine Bewohner umzulenken. Doch nichts dergleichen. Je besser die Fernrohre wurden, um so schlechter stand es um die Marskanäle. Aber etliche Besonderheiten blieben, z. B. jahreszeitlich schwankende Fär-

bung, das Abtauen und Anwachsen der weißlichen Polkappen und – recht wirtliche Temperaturen, z. B.  $+30^{\circ}\text{C}$  am Äquator, wenn auch auf  $-70^{\circ}\text{C}$  im nächtlichen Minimum absinkend. Namentlich der Astronom Öpik wies darauf hin, daß nach öfters zu beobachtenden Staubstürmen stets recht schnell wieder die ursprüngliche Färbung des Planeten zu beobachten war. Wie anders sollte man dies erklären als durch die Annahme, es gäbe auf dem Planeten regenerierend wirkenden Pflanzenwuchs. Insgesamt betrachtete die erdgebundene astronomische Forschung den Planeten Mars mehr oder weniger als einen der Erde recht verwandten Planeten, wenn auch mit zahlreichen ungeklärten Absonderlichkeiten. Mit Recht sah man daher den ersten Raumfahrtmissionen spannungsvoll entgegen.

Die Sowjetunion bemühte sich bereits ab 1960 um den Planeten Mars als Raumfahrtziel. Fehlende Erfahrungen und der hohe technische Anspruch einer solchen Mission führten natürlich nicht sofort zu Erfolgen. Auch die USA-Sonde Mariner 3 aus dem Jahre 1963 brachte keine Daten. Erste Erkenntnisse vermittelte die USA-Sonde Mariner 4, die den roten Planeten im Juli

*Der Viking-Lander bei der Erprobung auf der Erde*



1965 in einem Abstand von knapp 10 000 km pas- sierte und zahlreiche Daten, vor allem aber eine Reihe von Nahaufnahmen vom Planeten über- mittelte. Deren Übertragung aus einem Abstand von etwa 220 Mill. km (Übertragungsdauer je Bild 8,5 Stunden) stellte ein Novum in der Raumfahrtgeschichte dar. Einige der insgesamt 21 Bilder wurden aus 17 000 km Entfernung aufge- nommen. Die Fotos riefen in Fachkreisen leb- hafte Bewegung hervor. Der vermeintlich äußerst erdähnliche Planet entpuppte sich hinsichtlich seiner Oberflächenmerkmale eher als ein größe- rer Bruder des Erdmondes. Die Entdeckung zahl- reicher Krater, wenn auch mit geringerer Dichte und in stärker verwittertem Zustand, veränderte das bis dahin übliche Bild vom Planeten Mars reich erheblich. Die dabei gewonnenen Daten und Erkenntnisse wurden sowohl durch die ame- rikanischen Sonden Mariner 6, 7 und 9 (1969 bzw. 1971) als auch durch die sowjetischen Son- den Mars 2 bis Mars 7 (1971 bis 1974) modifiziert bzw. erhärtet.

Das Zwillingsunternehmen »Mars 2« und »Mars 3« sah das Einschwenken der beiden we- nige Tage hintereinander gestarteten knapp 5 t schweren Sonden in eine Mars-Umlaufbahn und das Absetzen von Kapseln auf der Planetenober- fläche vor. Die Kapsel von »Mars 2« gelangte als erster von Menschenhand geschaffener Körper auf die Oberfläche des Planeten Mars. Die Kap- sel der Sonde »Mars 3« wurde nach aerodynami- scher Abbremsung an einem Fallschirm auf die Marsoberfläche getragen. Sie sendete zum ersten- mal von der Oberfläche des Planeten Signale – leider nur für die Dauer von 20 Sekunden. Da seit September 1971 ausgedehnte Staubmassen in der Atmosphäre des Planeten zirkulierten, gelan- gen bis zum Ende der Betriebsdauer der beiden Mars-Orbiter nur vergleichsweise wenige infor- mative Fotos von Oberflächendetails. Weitere Bilder lieferten dann Mars 4 und vor allem Mars 5 während des Vorbeifluges bzw. aus der Umlaufbahn.

Die umfangreichsten Erkenntnisse brachten die bislang letzten Mars-Unternehmen der USA, die im Jahre 1975 gestarteten Viking-Sonden. Vi- king 1 und 2 wurden zugleich die finanzaufwen- digsten Marsunternehmen, zumal sich die an- fangs bekanntgegebenen Kostensätze – wie meist

in den USA – als erheblich zu niedrig erwiesen. Das Viking-Programm sah außer jeweils einem Mars-Satelliten auch zwei Lander mit umfangrei- chem Programm vor. Die Aufgabe der beiden Orbiter bestand vor allem in einer detaillierten fotografischen Erfassung der Marsoberfläche, in Untersuchungen über den Wasserdampfgehalt der Marsatmosphäre sowie differenzierten Tem- peraturbestimmungen an der Oberfläche und an der Wolkengrenze des Planeten.

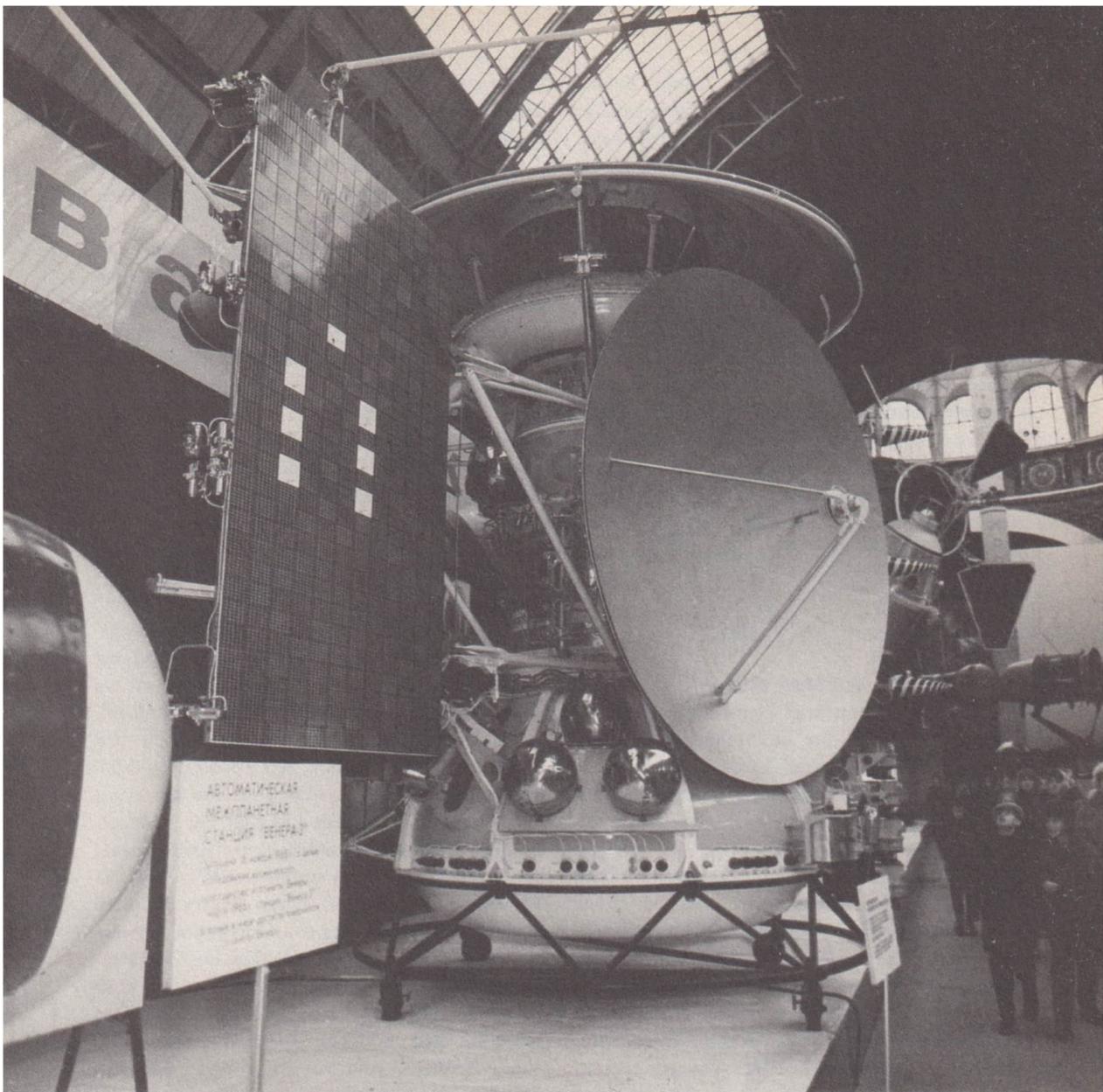
Die beiden Landeapparate hatten ein an- spruchsvolles Programm zu erfüllen. In knapper Zusammenfassung ging es um folgendes:

- fotografische Erfassung des Landgebietes,
- Untersuchung der physikalischen Eigenschaf- ten des Landgebietes durch Fotos und mittels Greifarmer,
- seismometrische Untersuchungen,
- Analyse des Landgebietes hinsichtlich orga- nischer Moleküle mittels Gaschromatograph- Massenspektrometer,
- chemische Zusammensetzung des Marsbodens mittels Röntgenfluoreszenz-Spektroskopie,
- Erforschung der biologischen Aktivität des Marsbodens,
- meteorologische Untersuchungen am Lande- ort.

Das Programm verlief relativ reibungslos und brachte eine außerordentliche Datenfülle.

Das Landegebiet von Viking 1 – es liegt etwa 2 000 m unter dem mittleren Höhengniveau der Marsoberfläche – zeigte auf den hochauflösen- den Panoramafarbfotos die Szenerie einer rötlich gefärbten steinigen Wüstenlandschaft. Aufgewir- belte Staubmassen sorgten auch für einen röt- lich-gelb gefärbten Himmelsanblick im Lande- gebiet. Insgesamt gewannen die Lander etwa 700 Marsaufnahmen. Die rötliche Färbung des Marsbodens und damit das rötliche Aussehen des Planeten überhaupt gehen auf einen hohen Anteil an Eisenoxid (rund 12–16 %) zurück.

Die Orbiter lieferten insgesamt fast 10 000 Fotografien, darunter auch Aufnahmen der beiden unregelmäßig geformten Mars- Monde Phobos und Daimos. Die bis auf 100 m auflösenden Fotos machen deutlich, daß zahl- reiche Details der Morphologie des Planeten die Folge von früher reichlich vorhandenem Wasser sein müssen. Auch muß die Marsatmosphäre



*Die sowjetische automatische Station Mars 3*

(heutiger atmosphärischer Druck an der Landestelle von Viking 1 um 7 mb) früher einmal wesentlich dichter gewesen sein als heute. Mit besonderem Interesse erwartete man die Ergebnisse der Untersuchungen über eventuelle biologische Aktivitäten auf dem Planeten. Im wesentlichen wurden die Untersuchungen durch Probenahme von der Oberfläche bis zu einer Tiefe von 23 cm durchgeführt.

In einem Minilaboratorium werden dann die Fragen beantwortet: Verändert sich die Atmosphäre über einer Bodenprobe? Werden Nährstoffe verbraucht? Werden organische Substanzen produziert? Die Resultate der drei Experimente sahen folgendermaßen aus: Nachdem der entnommenen Bodenprobe Nährstoffe und Wasser zugeführt wurden, setzte sich rasch Sauerstoff frei. Auch bildete sich Kohlendioxid. Die organi-

schen Nährstoffe erfuhren eine rasche Zersetzung. Bei Erwärmung des Marsbodens kam es hingegen nicht zur Nährstoffzersetzung. Auch der Aufbau organischer Substanzen wurde beobachtet, wobei insbesondere Lichteinwirkung fördernd wirkte, Erwärmung indessen hemmend. Alle drei Experimente verliefen also in ihren Reaktionen so, als würde es in unmittelbarer Nähe der Marsoberfläche Mikroorganismen geben. Dem widerspricht jedoch die Tatsache, daß keine organischen Substanzen im Marsboden nachgewiesen werden konnten. Insgesamt kann man demnach feststellen, daß die Experimente sowohl Hinweise auf die Existenz von Mikroorganismen erbrachten als auch Argumente, die dagegen sprechen. Eine endgültige Klärung steht noch aus und könnte erst im Zuge weiterer Raumfahrtunternehmen zum Mars erbracht werden.

## Riesenplaneten im Visier

Jenseits des Planeten Mars bewegen sich mit Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun die Giganten des Sonnensystems. Sie unterscheiden sich von den erdähnlichen Planeten des inneren Sonnensystems nicht allein durch ihre wesentlich größeren Dimensionen, sondern auch durch ihre extrem geringen mittleren Dichten; sie verfügen somit über einen völlig andersartigen Aufbau. Von Raumflugmissionen durfte man sich daher weitaus detailliertere Aufschlüsse über die Situation in der Nähe der Riesenplaneten erhoffen, als dies von der Erde aus möglich ist. Diesem Ziel galten die US-amerikanischen Sonden Pioneer 10 und Pioneer 11 sowie die demgegenüber noch wesentlich verbesserten Sonden Voyager 1 und Voyager 2.

Bei Raumflugmissionen über die Bahn des Planeten Mars hinaus in die Tiefen des Sonnensystems ist der Gürtel der Kleinen Planeten zu durchqueren. Über die dabei möglicherweise auftretenden Gefahren lagen nur geringere Anhaltspunkte vor. Zwar kennt man die Bahnen der größeren Planetoiden, ohne jedoch genügend Kenntnisse über die Häufigkeit kleinerer Körper im Asteroidengürtel zu besitzen. Schon aus diesem Grunde wurde vorgeschlagen, ein Doppelunternehmen vorzubereiten, bei dem die zweite

Sonde erst gestartet wird, wenn die erste bereits den Kleinkörpering passiert hat.

Die 250 kg schweren Raumsonden wurden mit diversen wissenschaftlichen Geräten für eine möglichst umfangreiche Sammlung von Daten ausgestattet.

Pioneer 10 wurde am 2. März 1972 mit einer um eine Stufe erweiterten Atlas-Centaur-Rakete gestartet, wodurch eine extrem hohe Anfangsgeschwindigkeit von 51 500 km/h erreicht wurde. Schon nach elf Stunden ließ die Sonde die Bahn des Erdmondes hinter sich. Nach reichlich vier Monaten erwies sich beim Durchflug durch den Asteroidengürtel eine offensichtlich sehr geringe Konzentration an gefährlichen Kleinkörpern. Daher wurde Pioneer 11 in das nächste »Startfenster« nach dreizehn Monaten eingeschossen.

Die erste der beiden Sonden erreichte ihre größte Annäherung an Jupiter mit einer Geschwindigkeit von knapp 37 km/s (133 200 km/h) am 3. März 1973. Unerwartet starke Strahlungsgürtel der intensiven Magnetosphäre des Jupiter führten allerdings zu erheblichen Störungen bei der Übertragung von Daten und Fotos. Die Bildübertragungseinrichtungen wurden jedoch von November 1973 bis Januar 1974 betrieben, so daß zahlreiche Farbfotos (synthetisiert aus Blau- und Rotaufnahmen) in guter Qualität zur Erde gelangten. Die Präzisionsanalyse des Bahnverlaufs brachte darüber hinaus verbesserte Werte für die Massen von Jupiter und seinen größten Monden sowie durch Feststellung von Gravitationsanomalien auch über den inneren Aufbau der Objekte.

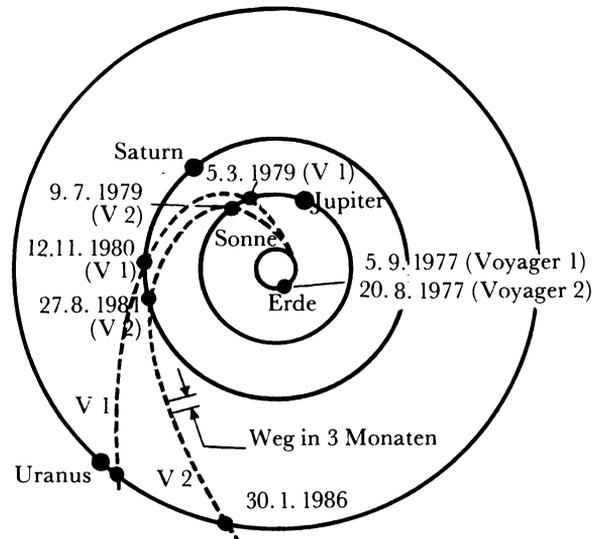
Pioneer 11 passierte den Riesenplaneten etwa ein Jahr später in einer Distanz von rund 41 000 km und übertrug durch die eigens gewählte Anflugvariante vor allem Bilder der Südpolregion des Planeten.

Da beide Sonden unser heimatliches Sonnensystem verlassen (Pioneer 10 stieß im Sommer 1983 über die Grenzen der Planetenwelt in den interstellaren Raum hinaus), wurde ihnen je eine vergoldete Aluminiumplatte im Format 15,2 × 22,9 cm beigegeben, die wichtige Informationen über die Herkunft der Sonde, d. h. den Planeten Erde unseres Sonnensystems, und die Menschen als Schöpfer der Sonde in pikto-grammartiger, leicht lesbarer Form enthalten. Wenn auch die Hoffnung vergleichsweise gering

ist, daß die Sonde jemals anderen intelligenten Lebewesen des Universums in die Hände fällt, so ist doch für diesen Fall der Steckbrief konzipiert worden. Die Sonde Pioneer II erreichte im September 1979 zudem noch den Ringplaneten Saturn und übermittelte auch von dort interessante Informationen, die unsere Kenntnisse vertieft haben.

Eine neue Generation von Planetensonden stellten die beiden »Reisenden« Voyager I und 2 dar. Die 825 kg schweren Sonden wurden am 20. August bzw. 5. September 1977 gestartet. Wie schon bei den Pioneer-Unternehmen wurde auch im Falle der Voyager-Sonden ein Flugführungsverfahren benutzt, das als »Fly-by-Technik« bezeichnet wird. Die Bahn des Raumflugkörpers wird dabei durch die Gravitation natürlicher Himmelskörper gezielt beeinflusst, so daß Bahnen und Flugzeiten erreicht werden, für die man anderenfalls einen wesentlich höheren Antriebsbedarf benötigen würde. Bei sehr nahem Vorbeiflug einer Raumsonde an einem Planeten wird die Sondenbahn verändert, wobei der Umlenkwinkel sowohl vom Abstand der Sonde als auch von ihrer Geschwindigkeit sowie von der Masse des Fly-by-Planeten abhängt. Die Sonde kann dabei an Geschwindigkeit gewinnen, aber auch verlieren. Bei der Mariner-10-Reise zur Venus und zum Merkur wurde z. B. mittels Fly-by-Technik eine Abbremsung der Sonde von 17 000 km/h binnen vier Stunden lediglich durch gezielten Vorbeiflug an der Venus herbeigeführt. Gleichzeitig diente dieses Manöver der Navigation, um die Sonde ohne größere Aktivitäten der Korrekturtriebwerke möglichst nahe an den nächsten Planeten heranzuführen.

Bei der Voyager-Mission war die Fly-by-Technik ein entscheidendes Element für das Gelingen des gesamten Unternehmens. Dank der großen Masse von Jupiter gelang der »Katapultschuß« zum Saturn, der wiederum mit seiner Masse das Einschwenken zum Uranus und weiter zum Neptun bewerkstelligte. Das gesamte Unternehmen ist aufgrund seines ungewöhnlichen Fahrplans auch als »Große Tour« bezeichnet worden. Obschon die anfänglichen Pläne – besonders hinsichtlich der instrumentellen Ausrüstung der Sonden – noch weitreichender waren, dann aber dem Rotstift der Finanzierung zum Opfer fielen,



*Flugbahnen von Voyager 1 und 2 durch das Jupiter- und Saturnsystem bis zum Uranus*

ist das Voyager-Programm doch als ein äußerst anspruchsvolles und erfolgreiches Unternehmen der Raumfahrt einzuschätzen.

Voyager I passierte den Planeten Jupiter am 5. 3. 1979, die zweite Sonde am 9. 7. desselben Jahres. Die erste Sonde gelangte am 12. 11. 1980 zum Saturn, gefolgt von Voyager 2 am 25. 8. 1981.

Die Ergebnisse der beiden Sondenflüge sorgten für erhebliches Aufsehen. Vor allem die zahlreichen Farbfotos wurden rasch berühmt. In Laienkreisen wegen ihrer ästhetischen Ausstrahlung geschätzt, vermittelten die Bilder den Fachleuten eine Fülle von Erkenntnissen, deren theoretische Einordnung noch Jahre beanspruchen wird. Insgesamt kann man sagen, daß die neuen Informationen das Bild von den beiden Riesenplaneten und ihren Satellitensystemen erheblich erweitert, aber auch kompliziert haben. Im folgenden seien lediglich stichwortartig einige der bedeutsamsten Leistungen der beiden Planetensonden genannt:

Beim Jupiter:

- detailliertes Studium der atmosphärischen Vorgänge sowie Entdeckung zahlreicher Einzelheiten der Atmosphäre, die von der Erde aus nicht erfaßt werden können;
- Entdeckung eines Jupiter-Ringes, adäquat dem Saturn-Ring, allerdings weitaus weniger ausgedehnt;

- Erfassung der Oberfläche der großen von Galilei entdeckten Jupitermonde Io, Europa, Ganymed und Kallisto;
- Entdeckung einer intensiv vulkanischen Aktivität auf Io; (vulkanisch aktivster Körper des Sonnensystems)
- Entdeckung weiterer bislang unbekannter Jupitermonde;

Beim Saturn:

- Entdeckung der Feinstruktur des Ringsystems, insbesondere:
- Fehlen von früher angenommenen Lücken in den Ringen, Zusammensetzung des Systems aus Tausenden von konzentrischen Einzelringen eines weitgefächerten Partikelspektrums von Mikroteilchen bis zu Objekten von etwa einem Meter Durchmesser;
- radiale Strukturen in den Ringen, die speichenartig rotieren, anstatt die sonst bei den Ringen übliche Kepler-Rotation zu befolgen.
- Entdeckung zahlreicher Monde mit teilweise exotischen Bahnen.
- Detailuntersuchungen der großen Saturn-Satelliten und Entdeckung mehrerer neuer Monde des Planeten.

Die beiden Voyager befinden sich gegenwärtig auf dem Weg zu den Planeten Uranus und Neptun, die bislang noch niemals von Raumsonden inspiziert wurden. Sollte die Technik der Sonden noch funktionsfähig sein, wenn sie in den sonnenfernen Bereichen der letzten Riesenplaneten eintreffen, darf man spannungsvoll den Resultaten entgegensehen.

Insgesamt haben die Raumsonden als Kundschafter unserer näheren kosmischen Umgebung eine unerwartete Fülle von neuem Wissen über die Planeten unseres Sonnensystems erbracht. Dadurch konnte eine neue und aussichtsreiche Wissenschaftsdisziplin, die vergleichende Planetologie, begründet werden, auf die sich heute zahlreiche Hoffnungen vereinen. Die vergleichende Planetologie stellt fest, welche Eigenschaften die verschiedenen Planeten unseres Sonnensystems besitzen, sie vergleicht ihre Oberflächenstrukturen und Atmosphären miteinander und geht dabei der Frage nach, welche Ursachen für die Mannigfaltigkeit der Erscheinungsformen verantwortlich sind. Warum haben sich zwei Himmelskörper, wie z. B. Venus und Erde, die

sich an Masse, Dimension und mittlerer Dichte außerordentlich ähneln, dennoch so unterschiedlich entwickelt, daß wir heute – besonders nach den Kenntnissen, die uns die Raumsonden vermittelten – von zwei gänzlich unterschiedlichen Himmelskörpern sprechen müssen? Warum ähnelt der Erdmond dem Planeten Merkur, nicht aber dem Mars, aber rein äußerlich dem Jupitermond Ganymed, der aber eine gänzlich andere Zusammensetzung aufweist? Warum ist der Jupitermond Io über und über mit Schwefel und Schwefelsublimaten bedeckt und zeichnet sich durch starken Vulkanismus aus, während der ähnlich aufgebaute Jupitermond Europa dergleichen nicht erkennen läßt? Welche Schlüsse kann man aus der Existenz und den Gesetzmäßigkeiten der Satellitensysteme von Jupiter und Saturn für die Entstehung unseres Planetensystems ziehen? Welche neuen Erkenntnisse vermittelt uns das Studium der Planeten des Sonnensystems über unseren eigenen Heimatplaneten Erde?

Diese und ähnliche Fragen stehen heute auf der Tagesordnung der Forschung. Sie sind bislang nur unzureichend beantwortet, und die Lösung dieser Probleme erheischt eine Fortsetzung weitreichender Programme der Raumfahrt zur Untersuchung unseres Sonnensystems. Es besteht jedoch berechtigte Hoffnung, daß uns diese neuartigen Hilfsmittel letztlich auch qualitativ neue Antworten auf zahlreiche Fragen geben werden, die, schon vor langer Zeit gestellt, bis heute ungelöste Rätsel geblieben sind.

## Raumfahrtpraxis und Wissenschaft

Der Katalog wissenschaftlicher Fragestellungen in der Raumfahrt ist mit diesen zweifellos außerordentlich interessanten Forschungsaufgaben jedoch nur höchst unvollkommen umrissen. Die Raumfahrt leistet heute vielmehr einen außerordentlich großen Anteil an der wissenschaftlichen Forschung auf einer Fülle von Gebieten, während sie gleichzeitig selbst eine Spitzenleistung von Wissenschaft und Technik darstellt und dadurch die Innovation auf zahlreichen Gebieten der Volkswirtschaft fördert. Sie ist somit in der vergleichsweise kurzen Zeit ihres Bestehens zu einem wichtigen Faktor des wissenschaftlich-

technischen Fortschritts der Menschheit geworden. Als der erste Sputnik die Erde umflog, war diese Entwicklung auch für Experten keineswegs in vollem Umfang abzusehen. Mancher verwies damals auf die zahlreichen ungelösten »irdischen« Probleme und fragte kritisch, ob es gut sei, soviel Aufwand an Intelligenz, materiellen und finanziellen Fonds in ein Gebiet zu investieren, das doch für die Menschheit kaum praktisch Nützliches erwarten lasse. Die Maßnahmen, die in den USA nach dem Start des Sputnik ergriffen wurden, ließen allerdings befürchten, daß es bei der Raumfahrt um nichts anderes als Prestige und Demonstration von Überlegenheit ginge.

Doch die tatsächliche Entwicklung der Raumfahrt verlief glücklicherweise anders, wenn auch Prestigedenken und militärische Programme keineswegs daraus verschwunden sind. Der äußere Anlaß für den Startzeitraum des ersten künstlichen Erdsatelliten war bekanntlich das Internationale Geophysikalische Jahr 1957/58, das eine tiefgründige Erforschung unseres Planeten und seiner unmittelbaren kosmischen Umgebung einschließlich der dabei auftretenden Wechselwirkungen auf der Basis einer breiten internationalen Kooperation vorsah.

Die mit den damals gestarteten ersten Satelliten verbundenen Erwartungen haben sich voll erfüllt und bestätigen somit, daß praktische Raumfahrt wissenschaftlichen Nutzen stiften kann. Allein die relativ einfache optische Bahnverfolgung, die damals z. T. von begeisterten Amateuren übernommen wurde, führte zu ersten Aufschlüssen über die Dichte unserer Atmosphäre in großen Höhen. Es ergaben sich durchschnittlich höhere Werte als bis dahin allgemein angenommen. Die ersten amerikanischen Satelliten entdeckten dann bereits außerordentliche Konzentrationen von Strahlung in Höhen knapp unter 1000 km. Der Vergleich dieser Messungen mit den Daten von Sputnik 1 und dem späteren Explorer 3 führte den amerikanischen Wissenschaftler Dr. van Allen zur Entdeckung eines durch ionisierende Strahlung charakterisierten Gürtels um die Erde. Später konnte gezeigt werden, daß dieser Gürtel sich in Wirklichkeit mit unterschiedlicher Aktivität noch viel weiter in den kosmischen Raum hinaus erstreckt und durch Partikelströme von der Sonne gespeist

wird, die im Erdmagnetfeld gleichsam gefangen werden. Die bereits bei Sputnik 2 registrierten Bahnanomalien deuteten darauf hin, daß die Dichte der Hochatmosphäre direkt von der Sonnenaktivität beeinflusst wird, was sich aus dem Ursprung der Strahlungsgürtel erklären läßt und auch zu Intensitätsschwankungen der Gürtel führt.

Inzwischen ist es für jeden offenkundig geworden, daß Raumfahrt ein Unternehmen von größter praktischer Bedeutung ist. Die Anzahl der unmittelbar nützlichen Anwendungen von Raumfahrtsergebnissen hat sich sprunghaft vergrößert, und in bestimmten Bereichen bringt jeder für die Raumfahrt ausgegebene Rubel oder Dollar schon jetzt mehr in die Kasse zurück, als ihr zuvor entnommen wurde.

## Die dritte Entdeckung der Erde

Die Erforschung der Himmelskörper aus großer Ferne war bislang eine Domäne der Astronomie. Diese aus der Not geborene Tugend stellte das methodische Gerüst jeder Art von Aussagen über die näheren und weiteren Objekte des Kosmos dar. Unsere Erde hingegen wurde mit anderen Hilfsmitteln erforscht. Geologie, Mineralogie, Geographie, Meteorologie u. a. sind die klassischen Wissenschaften, die aus Direktuntersuchungen Aussagen über die Physik unseres Planeten und die Eigenschaften seiner atmosphärischen Hülle ableiten. Die Raumfahrt hat hier einen grundlegenden Umschwung herbeigeführt. Sie schuf einerseits Voraussetzungen, andere nahe gelegene Himmelskörper unmittelbar zu untersuchen, andererseits wurde die Erde der Fernerkundung zugänglich. Für die Erforschung unseres Planeten brachte dies qualitativ neuartige Möglichkeiten mit sich, die bereits bedeutungsvolle Resultate gezeitigt haben und große Perspektiven verheißen.

Ein wesentlicher Vorzug von Fernmessungen besteht darin, daß ausgedehnte Flächen und globale Prozesse mit einem Blick überschaut werden können. Die Fernerkundung hat daher die Erforschung der Geologie unseres Planeten, seiner Biosphäre und Atmosphäre, der Erkundung von Auswirkungen der industriellen Tätigkeit der

Menschheit, der Landwirtschaft u. a., zahlreiche prinzipiell neuartige Möglichkeiten erschlossen, auf die man heute nicht mehr verzichten könnte.

Schon unmittelbar nach dem Beginn der praktischen Raumfahrt waren Anwendungssatelliten im Gespräch. Dabei dominierten schon frühzeitig die »Wetterfrösche« unter den künstlichen Erdmonden. Die Vorteile einer Meteorologie aus der kosmischen Perspektive liegen auf der Hand: Mit einem Blick können großräumige meteorologische Prozesse erfaßt werden, die man in der traditionellen Meteorologie nur mühselig aus zahlreichen Daten mosaikartig unter Zuarbeit unzähliger Wetterstationen erkennt. Der Vorteil des Einsatzes von Raumflugkörpern allein für die herkömmlichen Aufgaben der Meteorologie wird bereits darin deutlich, daß für eine Wettervorhersage auf einen Tag im voraus für das DDR-Territorium Wetterinformationen aus dem europäisch-atlantischen Raum benötigt werden, die im Abstand von drei bis sechs Stunden geliefert werden müssen. Die Ermittlung und der Austausch sowie die Auswertung mannigfacher Daten müssen so rasch erfolgen, daß der dafür benötigte Zeitraum stets klein im Verhältnis zum Prognosezeitraum bleibt. Entscheidend für eine qualitativ gute Vorhersage ist die hohe zeitlich-räumliche Dichte umfassender meteorologischer Daten.

Die entscheidenden Informationen, die uns Erdsatelliten liefern können, werden durch die reflektierte und emittierte Strahlung in einem relativ weiten Wellenlängengebiet vermittelt, das vom ultravioletten Teil des Spektrums bis zum Mikrowellenbereich führt. Eine wichtige Rolle spielen dabei die bildmäßigen Darstellungen, die bekannten »Wetterkarten« aus der Erdumlaufbahn.

Verständlicherweise lagen über die Aussagekraft der durch Satelliten vermittelten oder durch sie ermöglichten Informationen zunächst wenig Informationen vor. Es galt daher, aus der Fülle des Möglichen die geeignetsten und für die Meteorologie notwendigsten Informationsquellen überhaupt erst einmal zu ermitteln. Sodann mußte im einzelnen überprüft werden, welche Aussagen sich aus diesen Daten gewinnen lassen. Der heutige Stand der routinemäßigen Nutzung von Wetterbildern im sichtbaren Licht und im Bereich des Infraroten sowie die satellitenvermit-

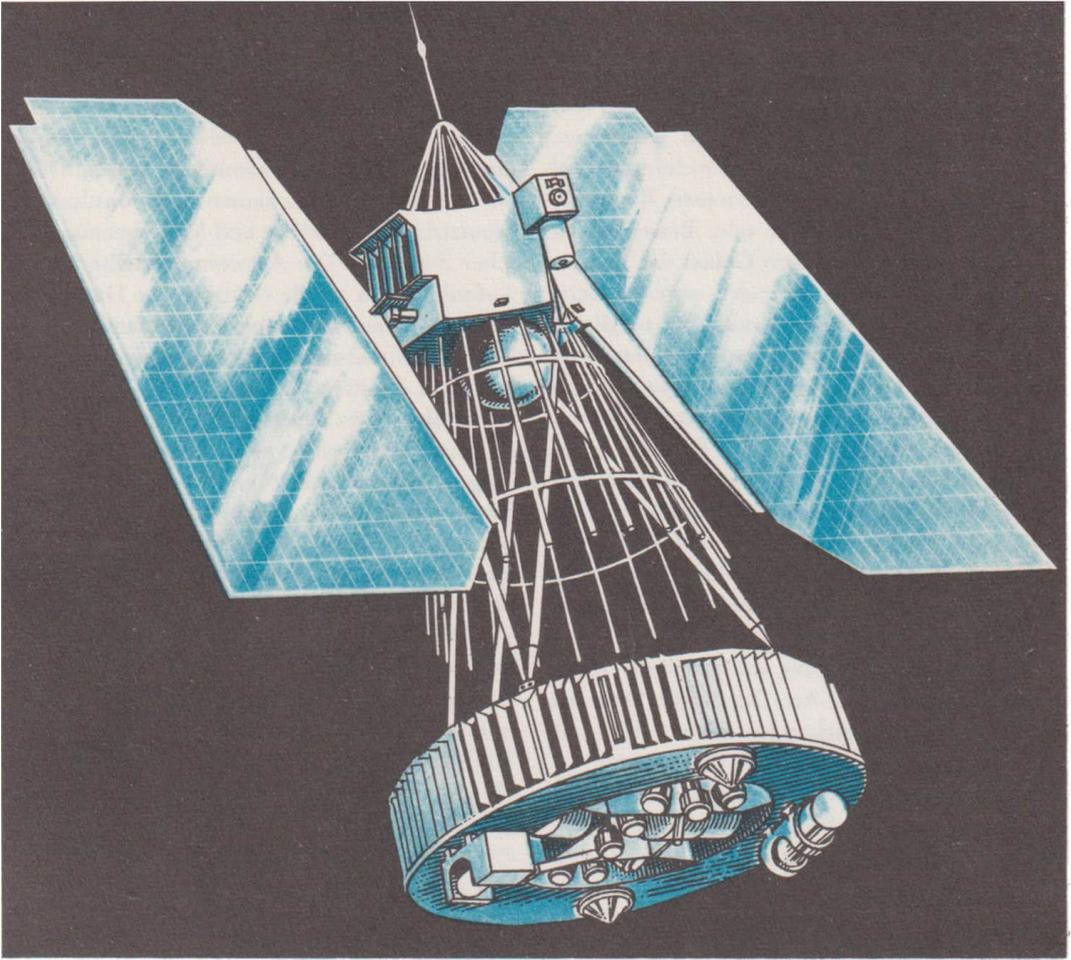
telten Temperaturprofile sind also bereits das Ergebnis von zwei Jahrzehnten enger Zusammenarbeit zwischen Meteorologie und Raumfahrt.

Der erste Wettersatellit TRIOS 1 wurde am 1. April 1960 durch die USA aufgelassen. Er hatte lediglich die Aufgabe, Wolkenansichten zu übertragen. Bis zum Juni des Jahres 1960 wurden insgesamt fast 23 000 Wolkenbilder aufgenommen. Schon dieser Anfang ließ erkennen, daß eine wahre Revolution der Wettererkundung durch Einsatz von meteorologischen Satelliten bevorstand. Die entsprechenden Entwicklungen wurden deshalb auch rasch vorangetrieben. Die TRIOS-Serie wuchs binnen fünf Jahren auf zehn Satelliten an, gefolgt von neun Wettersatelliten des Typs ESSA sowie später von Nimbus, Itos u. a. Einige Serien verfolgten vor allem experimentelle Aufgaben, um die Satellitentechnik den gestellten Aufgaben besser anpassen zu können.

Die UdSSR begann 1969 mit dem Start spezieller Wettersatelliten (Meteor 1). Außerdem sind zahlreiche Satelliten der außerordentlich vielseitigen »Kosmos«-Satellitenserie der Sowjetunion für meteorologische Zwecke genutzt worden.

Mit der Entwicklung von Wettersatelliten stand zugleich die Frage nach einem weltweiten Empfangssystem für die Informationen auf der Tagesordnung. Mit nur einer Bodenstation für einen Wettersatelliten würde man viele Informationen verschenken und müßte zudem später auf der Erde noch die empfangenen Bilder austauschen. Für ein weltweites Empfangssystem wurden deshalb entsprechend einfache Übertragungstechniken eingeführt; eines davon ist als »Automatic Picture Transmission« (APT) bekannt geworden. Ähnlich wie bei der Bildtelegraphie werden die Bilder als Landungsmuster festgehalten, die innerhalb von etwa drei Minuten durch einen Elektronenstrahl abgetastet und dabei zur Erde übertragen werden. Danach wird das Bild wieder gelöscht, und die elektronische Kamera ist für die nächste Aufnahme bereit. Für die meteorologischen Satelliten sind gegenwärtig hauptsächlich zwei Bahntypen charakteristisch: etwa 800 bis 1 500 km Höhe und etwa 36 000 km Höhe.

Die erste der beiden Bahnen wird sonnensynchron genannt. Ein Satellit überfliegt jeweils glei-



*Nimbus-Wetter-Satellit in der Erdumlaufbahn*

che Breitengrade der Erde stets zur gleichen Ortszeit, so daß die gleichen Gebiete jeweils zur selben Tageszeit observiert werden können. Die geostationäre Bahn hingegen garantiert das »Stillstehen« des Satelliten über einem Punkt der Erdoberfläche. Der Satellit bewegt sich annähernd mit der Rotationsgeschwindigkeit der Erde um unseren Planeten. Die gesamte Erde kann mittels fünf geostationären Wettersatelliten (USA, UdSSR, Japan und Westeuropa) beobachtungsmäßig überdeckt werden.

Die Meteorologie hat bereits erheblichen Nutzen aus dem Einsatz von Satelliten gezogen. Die Wettervorhersage wurde wirksam verbessert. Warnungen vor Wirbelstürmen haben bereits

Tausenden von Menschen das Leben gerettet. Darüber hinaus ist die globale Beobachtung meteorologischer Prozesse der Erdatmosphäre ein qualitativ neuartiges Hilfsmittel bei der Wetterforschung. Sie wird mit Sicherheit zu einem besseren Verständnis der äußerst komplexen Vorgänge in der Erdatmosphäre führen, was letztlich zu bedeutsamen praktischen Konsequenzen für langfristige und treffsicherere Wetterprognosen führen soll.

## Erdgestalt im Blick von oben

Die Geodäsie ist eine uralte wissenschaftliche Disziplin. Ihre Aufgabe besteht darin, die Figur und Dimension des Erdkörpers zu erforschen. Lange Zeit lag dieser wichtige Forschungsgegenstand in den Händen der Astronomen. Berühmte Himmelforscher, wie Gauß oder Bessel, waren zugleich erfolgreich auf dem Gebiet der Erdvermessung tätig. Die Forschungen waren äußerst mühselig, kam es doch darauf an, möglichst große Areale der Erdoberfläche mit einem Netz von Dreiecken zu überziehen und diese mit großer Genauigkeit zu vermessen und an astronomische Objekte anzuschließen. Die Raumfahrt hat der alten Wissenschaft Geodäsie buchstäblich ein neues Gesicht gegeben. Die komplexe Erforschung der Erdfigur und deren zeitliche Veränderungen ist durch die Entwicklung der Satellitengeodäsie in eine neue Phase ihrer Entwicklung getreten.

Die geodätische Nutzung von Satelliten erfolgt dabei auf verschiedene Art: Der Satellit kann bei geodätischen Untersuchungen auf der Erde als Hilfsziel dienen. Vermittels der sogenannten dynamischen Methode können aber auch aus den Bahnparametern des Satelliten und den Abweichungen gegenüber theoretischen Erwartungswerten Rückschlüsse auf die Figur und Masseverteilung der Erde gezogen werden.

Die geometrische Satellitengeodäsie leitet aus gleichzeitigen Beobachtungen eines Satelliten von mehreren Stationen der Erdoberfläche aus Richtungen, Entfernungen und Koordinatenunterschiede der Stationen ab, so daß ein Netz von Festpunkten aufgebaut werden kann, das die ganze Erde umspannt. Ein solches Netz wurde z. B. aus Beobachtungen des 1966 gestarteten US-amerikanischen passiven geodätischen Satelliten LAGEOS abgeleitet, der als Ballonsatellit mit 40 m Durchmesser trotz seiner Entfernung von rund 4 000 km relativ leicht zu beobachten war.

Die UdSSR betreibt ein inzwischen weit fortgeschrittenes Projekt »Große Sehnen« in Zusammenarbeit mit den sozialistischen Ländern. Auch das bei weitem genaueste Beobachtungsverfahren zur Distanzmessung, die Laserreflexionsmethode, findet hierbei Verwendung.

Das bisher größte Unternehmen der dynami-

schen Satellitengeodäsie stellt die vom Smithsonian Astrophysical Observatory abgeleitete »Standard-Erde« dar. Um diese Standard-Erde mit ihrem Schwerfeld zu erfassen, waren etwa 100 000 fotografische Satellitenbeobachtungen und Laserentfernungsmessungen von 21 Satelliten erforderlich. Dazu kamen noch Resultate der geometrischen Geodäsie und Meßergebnisse irdischer Stationen. Die Auswertung stellte höchste Anforderungen an die elektronische Datenverarbeitung, da man stets eine außerordentlich große Zahl von Unbekannten mittels numerischer Verfahren zu ermitteln hatte.

Die bisherigen Ergebnisse der Satellitengeodäsie bestehen vor allem in einer spürbaren Steigerung der Genauigkeit aller geodätischen Elemente. Doch dieser scheinbar nur quantitative Gewinn hat qualitative Auswirkungen: Prozesse, die sich zuvor der Beobachtung binnen kurzer Zeit entzogen, sind jetzt zugänglich. So können z. B. Bewegungsvorgänge in der Erdkruste verfolgt werden, daran sind die Geophysiker und Geologen außerordentlich interessiert. Alle Resultate zusammengenommen, sollen zu einem Modell des Erdkörpers führen, das den Tatsachen wesentlich besser entspricht als die gegenwärtigen Vorstellungen. Verwerfungen der Erdkruste, lokale Spannungsfelder in der Erdkruste und möglicherweise eine wissenschaftlich zuverlässige Vorhersage von Erdbeben sind Fernziele dieser Forschungen, die den Aufwand als lohnend erscheinen lassen.

Schon heute besitzen Satelliten für die Ortung vor allem von Schiffen und Flugzeugen eine große praktische Bedeutung. Die zunehmende Verkehrsdichte auf den Weltmeeren und in der Luft hat zu Problemen geführt, die mit herkömmlichen Methoden nur schwer zu lösen sind. Die Verkehrsdichte in der Luft erreicht heute z. B. teilweise 250 Flugzeuge, die sich gleichzeitig über dem Atlantik befinden. Seitliche Ausweichrouten und hohe Abstände sind oft die einzige Alternative, um die erforderliche Sicherheit zu gewährleisten. Ein Erdöltanker hoher Tonnage benötigt auf dem Meer Abbremszeiten bis zu zwanzig Minuten bei eventuell erforderlichen Stopmanövern. Die jährlichen Verluste durch mangelnde Navigation belaufen sich weltweit auf etliche Milliarden Dollar.

Satelliten in Verbindung mit den entsprechenden Ausrüstungen der Flugzeuge und Schiffe sowie den erforderlichen Bodenstationen können hier wirksame Abhilfe schaffen. Geostationäre Satelliten sind in der Lage, genaueste Positionsbestimmungen zu gewährleisten. Die Flugsicherheit kann demzufolge trotz zunehmender Verkehrsdichte sogar noch vergrößert werden. Die Satelliten dienen gleichsam als »Leuchtturm« für die Schiffe und Flugzeuge. Sie strahlen Signale und Informationen über ihre Bahnen ab, die ihnen von Bodenstationen übermittelt werden. Aus den Satellitenorten und den Bahndaten kann ein Bordrechner im Flugzeug oder auf See die eigene Position bestimmen.

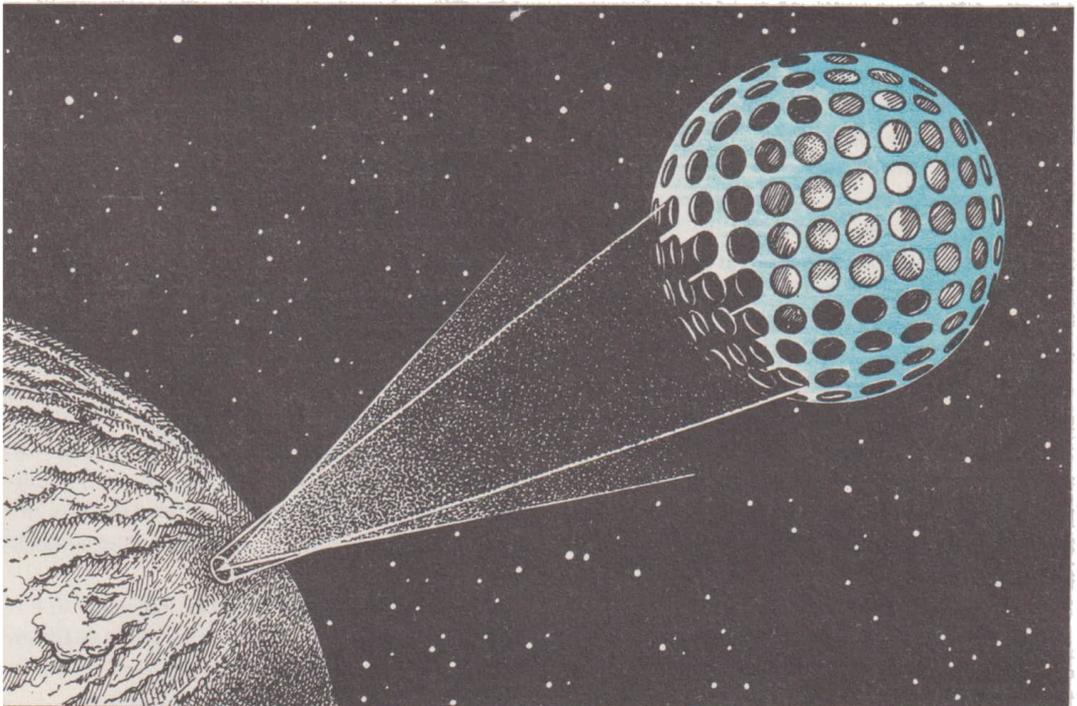
Satelliten können auch dazu dienen, Präzisionsbestimmungen von in Seenot geratenen Schiffen vorzunehmen und somit eine rasche Hilfe unterstützen.

Die sowjetischen Kosmos-Satelliten Nr. 1383 (1982) und Nr. 1447 (1983) gehören zu einem solchen System von Such- und Rettungssatelliten (Sarsat), an dem außer der UdSSR auch die USA

sowie Frankreich und Kanada arbeiten. Sie können SOS-Rufe aus einem 6000 km breiten Streifen empfangen und an ein weltweites Netz von Bodenstationen weiterleiten.

Diese Rettungssatelliten besitzen einen hohen ökonomischen Nutzen. Die Versicherungsgesellschaft Lloyd teilte z. B. mit, daß in dem Dezenium 1971 bis 1980 weltweit fast 4000 größere Schiffe verloren gingen. Von einigen Dutzend hatte man überhaupt keinen Notruf empfangen. Die Erfahrungen zeigen, daß für das Gelingen von Rettungsaktionen der Zeitfaktor entscheidende Bedeutung besitzt. Trifft die erforderliche Hilfe binnen acht Stunden nach dem Notruf ein, besteht eine mittlere Rettungschance von 50 %. Hilfe, die erst nach zwei Tagen kommt, nutzt hingegen nur noch in 10 % der Fälle. Der Einsatz von Rettungssatelliten wird dazu führen, daß jeder Notruf, auch von technisch entsprechend ausgerüsteten Expeditionen in entlegenen Gebieten oder von Bergsteigern, innerhalb von zwei Stunden empfangen werden kann. Obwohl sich Kospas-Sarsat noch in der Erprobungsphase be-

*Passiver geodätischer Satellit LAGEOS*



findet, hat es schon mehrfach als »rettender Engel« gewirkt. Bekannt wurde der Fall des kanadischen Fliegers George Heemskerck, der im September 1982 in einem abgelegenen Gebiet der Rocky Mountains mit zwei Passagieren an Bord seiner Maschine abstürzte. Die schwachen Signale seines Notrufsenders wurden von niemandem empfangen. Suchaktionen blieben ohne Erfolg. Der Satellit Kosmos 1983 jedoch, der in der folgenden Nacht zum erstenmal das Territorium überflog, übermittelte dem kanadischen Rettungsdienst binnen kurzem die präzisen Koordinaten des Absturzortes. Die Passagiere der Maschine, die den Absturz überlebt hatten, wurden dadurch rasch geborgen und somit gerettet.

Bis zum Ende des Jahres 1982 konnten überdies die Koordinaten von zwei havarierten Schiffen und vier verunglückten Flugzeugen bestimmt werden, dies bedeutete ebenfalls die Rettung von Menschenleben. Bereits diese wenigen Beispiele aus der Testphase des neuen Systems machen die außerordentlich praktische Bedeutung klar, die ein abgestimmtes System von Rettungssatelliten künftig zweifellos besitzen wird.

## Hallo Moskau, hier Melbourne

Oft wird in der Raumfahrt von Kosten-Nutzen-Relationen gesprochen. Dies hat jedoch nur für konkrete Projekte einen Sinn. Welchen Nutzen soll die zweifellos aufwendige Erforschung der Venus, ausgedrückt in Rubel, erbringen? Welchen materiellen Gewinn bezieht die Menschheit aus der Kenntnis der Zusammensetzung des Venusgesteins? Wieviel Dollar bringt die Entdeckung der vulkanischen Aktivitäten des Jupitermondes Io? Man fühlt sich hierbei an die Feststellung in Brechts »Leben des Galilei« erinnert, daß die Entdeckung der Jupitermonde nicht die Milch verbillige, deren Einkauf die Hausfrau täglich besorgen müsse. Grundlagenforschung – und darum handelt es sich hier – ist wissenschaftliche Auslotung der uns umgebenden Welt auf lange Sicht und mit bewußtem Verzicht auf sofortigen materiellen Nutzen.

Auf der anderen Seite bietet die Raumfahrt schon heute, in einem historisch frühen Stadium, auch Beispiele für unmittelbare ökonomische

Vorteile. Von einigen solcher Beispiele war bereits die Rede. Ein charakteristischer Sektor praktischer Nutzung von Raumfahrt sind die Kommunikationssatelliten.

Kommunikations- oder Nachrichtensatelliten sind unbemannte künstliche Erdmonde, die hinsichtlich der Informationsübertragung eine passive Rolle spielen. Von ihnen gehen weder die Informationen aus, die übertragen werden, noch werden vom Satelliten irgendwelche Daten verwertet. Der Satellit erfüllt vielmehr die Funktion einer Relaisstation. Allerdings kann ein solcher Satellit auch über Empfangs-, Verstärker- und Sendeanlagen verfügen, so daß der am Boden zu betreibende Aufwand möglichst gering bleibt. Die zu übertragenden Daten gehen von einer auf der Erde stehenden Sendeanlage aus und werden über den jeweiligen Satelliten zu entsprechenden Empfangsstationen auf der Erde zurückgeleitet. Letztlich findet eine Nachrichtenübertragung zwischen verschiedenen Erdfunkstellen statt, die auf drahtlosem Wege sonst keine Kontakte miteinander unterhalten könnten. Dadurch ist es möglich, Hörfunk- und Fernsehsendungen ohne Zeitverzug von Kontinent zu Kontinent weltweit zu verbreiten. Auch andere Informationen, wie z. B. Ferngespräche, Fernschreiben oder Bilder, sind auf diese Art weltweit und schnell zugriffbereit, wenn die entsprechenden konventionellen Netze an die Erdfunkstellen angeschlossen sind.

Häufig verwendet man für die genannten Zwecke geostationäre Satelliten, die über einem Punkt des Äquators festzustehen scheinen. Jede Erdfunkstelle, in deren Sichtbereich sich ein solcher Satellit befindet, ist auch in der Lage, die abgegebenen Informationen zu empfangen, ohne daß die Bodenantennen auf den Satelliten nachgeführt werden müssen. Nichtstationäre Satelliten hingegen erfordern eine Nachführung und können außerdem nur so lange als kosmische Brücke zwischen zwei Erdfunkstellen dienen, wie sie sich gleichzeitig im Sichtbereich beider Stationen befinden. Eine dauernde Verbindung bedarf daher eines Systems von Nachrichtensatelliten.

Die enormen Möglichkeiten, die sich durch die Einführung der Kommunikationssatelliten überhaupt erst ergeben haben, sind aus dem Alltag heute schon nicht mehr wegzudenken.

Die sozialistischen Länder haben Ende 1971 eine internationale Organisation für Satelliten-Nachrichtenkommunikation gegründet, die Interputnik-Vereinigung. Juristische Grundlage des weltweit offenen Systems, das auf Anregung der Sowjetunion zustande kam, ist das Universalitätsprinzip, d. h., jedes Land der Erde kann der Organisation beitreten, auch wenn es zugleich anderen ähnlichen Organisationen angehört. Den Mitgliedern werden jeweils dieselben Rechte und Pflichten garantiert, sowohl bei der praktischen Nutzung als auch bei der Forschung und Entwicklung. Der leitende Rat setzt sich aus je einem Delegierten pro Land zusammen, und Beschlüsse des Rates sind verbindlich, wenn die Zweidrittelmehrheit erreicht ist. Für die diesen Beschlüssen nicht zustimmenden Länder sind andererseits die Beschlüsse nicht bindend. Die UdSSR hat in der ersten Aufbauphase des Systems Kanäle ihrer Nachrichtensatellitentypen Molnija zur Verfügung gestellt. Ab 1974 werden diese für eine Pachtsumme vergeben.

Die USA entwickelten das weltumspannende Nachrichtensatellitensystem »Intelsat« (International Telecommunication Satellite Consortium), das 1965 mit dem kommerziellen Fernmeldesatelliten »Early Bird« ins Leben trat, der auch als »Intelsat 1« bezeichnet wird. Der »Intelsat«-Organisation gehören heute über hundert Nationen an.

Neuerdings entstehen jedoch auch in wachsendem Maße regionale Systeme. Der Kegel der »Funkausleuchtung« eines Gebiets wird dabei vom Öffnungswinkel eines geostationären Satelliten bestimmt. Ein Öffnungswinkel von  $4^\circ$  vermag z. B. den gesamten europäischen Raum zu versorgen. Solche regionalen Systeme bieten sich überall dort an, wo große Territorien über den Ausbau der traditionellen nachrichtentechnischen Infrastruktur nur mit erheblichem Aufwand versorgt werden könnten. Die Bodenstationen spielen allerdings bislang weiterhin eine erhebliche Rolle bei der Verwirklichung solcher Satellitensysteme.

In letzter Zeit rücken aber auch technische Varianten in den Vordergrund, die einen Direktempfang aus dem Orbit ermöglichen. Die Schaffung dieser technischen Möglichkeiten wirft jedoch auch eine Reihe von politischen und juri-

stischen Fragen auf, die gegenwärtig noch nicht endgültig gelöst sind.

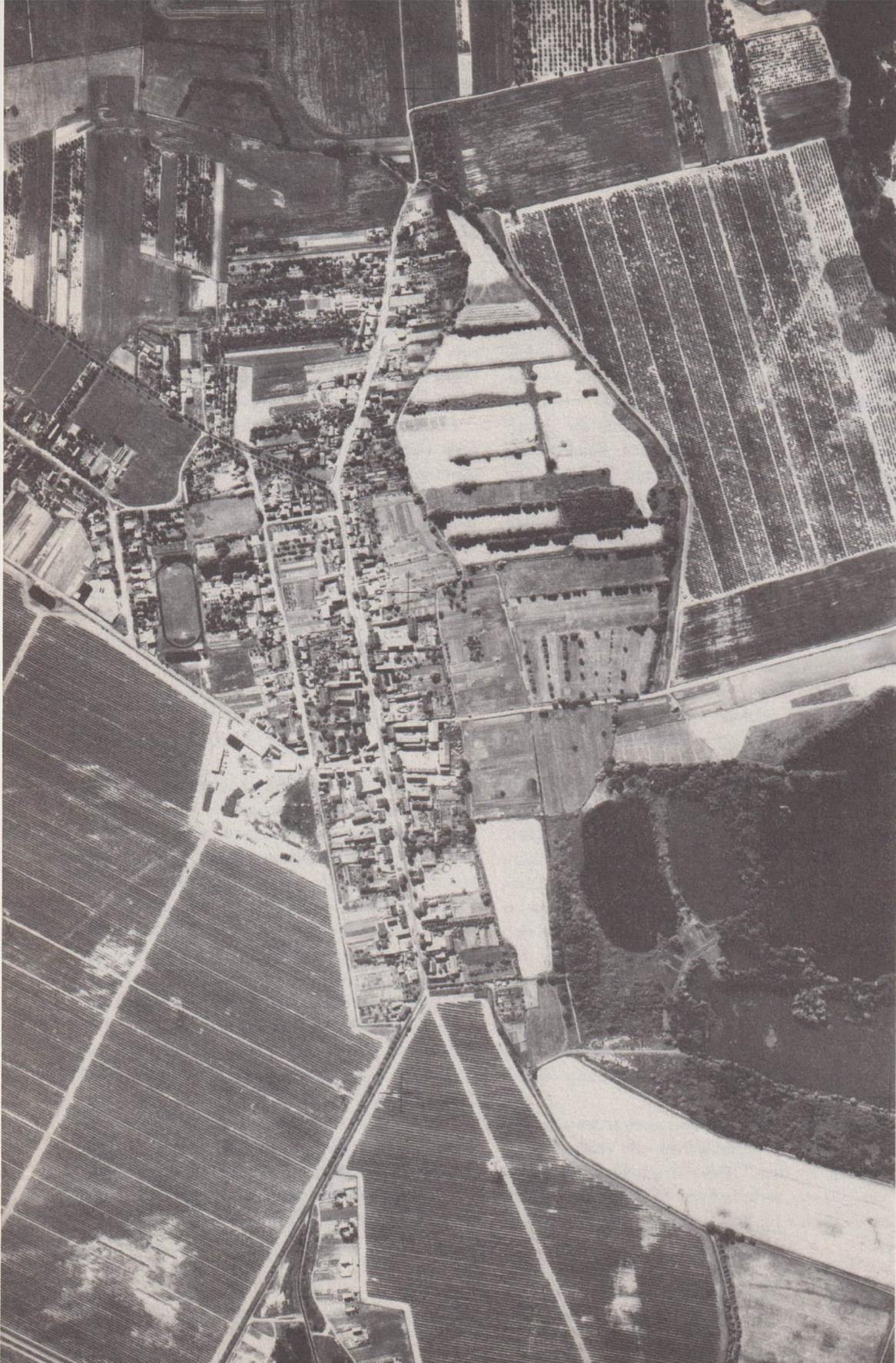
Schon heute herrscht auf dem kapitalistischen Markt ein scharfer Konkurrenzkampf um die kommerziell interessantesten Aufträge, die in nächster Zukunft zu erwarten sind. Projektbezeichnungen wie Brasilsat, Iransat oder Arabsat lassen bereits erkennen, um welche Märkte es hier geht. Darüber hinaus machen einige kapitalistische Staaten, insbesondere die USA, keinen Hehl daraus, daß sie die neuartigen Möglichkeiten eines weltweiten oder über weite Territorien sich erstreckenden Direktempfangs von Rundfunk- und Fernsehprogrammen für ideologisch-politische Zwecke auszunutzen gedenken.

Auch diese neue Technologie der Raumfahrt zeigt also ihr Doppelgesicht: Sie kann bei vernünftigem Gebrauch und internationaler Abstimmung ein mächtiges Hilfsmittel für weltweite Kommunikation und verbesserte Bildungsmöglichkeiten darstellen und der Völkerverständigung auf diesem Planeten unschätzbare Dienste erweisen. Sie kann aber auch als Mittel der Diversion und zum Schüren von Feindseligkeiten benutzt werden; damit wendet sie sich letztlich gegen die Interessen der Völker.

## Die Erde als blauer Planet

Daß unsere Erde ein Wandelstern ist, der sich wie die anderen Planeten um die Sonne bewegt, hat Copernicus zum erstenmal wissenschaftlich begründet ausgesprochen. Doch wahrnehmen konnte der Mensch seinen Planeten als einen Stern am Himmel erst im Zeitalter der Raumfahrt. Inzwischen besteht kein Zweifel daran, daß die Beobachtung und Erkundung des Heimatsterns der Menschheit aus kosmischer Perspektive zu den bedeutendsten Errungenschaften unserer Zeit gehört und eine Fülle wissenschaftlicher sowie praktischer Resultate gezeitigt hat. Nur einige davon können hier skizzenhaft angedeutet werden.

Der entscheidende Vorteil der Erdfernerkundung ist die große gleichzeitige Übersicht über enorme Territorien, die sich mittels herkömmlicher Methoden der Direkterkundung oder aus Flugzeugen nur mit bedeutend höherem Auf-





wand erzielen ließe. Fotografieren wir unsere Erde beispielsweise aus einem Abstand von 400 km, so kann ein Areal von etwa 40 000 km<sup>2</sup> auf einem einzigen Bild erfaßt werden. Aus einem Flugzeug fotografiert, würde man ein Mosaik aus 2 500 Einzelaufnahmen mühsam zusammensetzen müssen, um das gleiche Areal abzubilden. Fotografische Aufnahmen der Erde aus dem Weltraum sind jedoch noch keine Fernerkundung. Vielmehr werden die elektromagnetischen Eigenschaften sowie die Streustrahlung der irdischen Objekte in einem breiten Wellenlängenbereich mit Hilfe speziell ausgearbeiteter Verfahren gemessen. Diese Messungen – und hierin bestand zunächst eine recht komplexe Forschungsaufgabe – müssen dann interpretiert werden hinsichtlich der Aussagen, die sie über die aufgezeichneten Objekte enthalten. Die spektralen Eigenheiten der verschiedenen Objekte waren zu erkunden, um als Kriterien bei der detaillierten Unterscheidung herangezogen werden zu können. Auf diesem Gebiet wurden große Erfolge erzielt. Bei den Untersuchungen stellte sich unter anderem heraus, daß sich auf den Bildern aus dem Orbit sogar Objekte und Phänomene finden lassen, die mittels üblicher Luftbildaufnahmen verborgen bleiben würden. Entscheidend für einen hohen Nutzeffekt der eingesetzten Satelliten, etwa vom Typ »Meteor« (UdSSR), »Nimbus« (USA), »ERTS 1« (USA) oder den

Raumflugkörpern »Apollo«, »Sojus-Salut« und »Skylab«, ist allerdings die gleichzeitige Erfassung der Erde in möglichst vielen Wellenlängenbereichen bis hin zur radiofrequenten Strahlung.

Daß man durch Anwendung solcher Meßtechniken Erscheinungen auf der Erdoberfläche mit hoher Zuverlässigkeit identifizieren kann, beruht auf physikalischen Zusammenhängen, die – ob schon prinzipiell nicht neu – gerade durch die Entwicklung der Fernerkundung in das Zentrum des Interesses und näheren Studiums gerückt sind. So kann man z. B. die seit langem bekannten Gesetzmäßigkeiten für die Beugung von Röntgenstrahlen an Kristallgittern sinngemäß auf die Bestimmung der Wasserwelligkeit der Ozeane anwenden. Es besteht nämlich hierbei ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Welligkeit und den Streu- und Eigenstrahlungseigenschaften der jeweiligen Wasseroberflächen. Auch das Vorkommen von Erdölschichten auf dem Meer beeinflusst die Strahlungseigenschaften spürbar, so daß man einerseits das Vorkommen solcher Schichten, andererseits aber sogar die Mischung des Öls mit dem Wasser aus den entsprechenden Messungen ableiten kann. Mit Hilfe eines vielfältigen und äußerst differenzierten Arsenal von Beobachtungs- und Meßgeräten ist es möglich, die zeitliche Entwicklung zahlreicher für die Praxis wichtiger und für die Forschung bedeutsamer Kenngrößen zu verfolgen und daraus die erforderlichen Konsequenzen abzuleiten. Aus der umfangreichen Liste von Anwendungsbereichen seien hier genannt:

- Geographie und Geologie erhalten Abgrenzungskarten für natur- und kulturlandschaftliche Einheiten sowie umfassende Informationen über geologische und tektonische Fakten.

- Auch Oberflächenformen und deren Veränderung – von praktischer Bedeutung insbesondere in den Küstenbereichen – werden zugänglich.

- Die Bodenkunde kann wichtige Angaben zur Bodenfeuchtigkeit und zu Erosionserscheinungen ableiten.

- Die Land- und Forstwirtschaft wird über Vegetationsphänomene sowie über Waldbestand, allgemeinen landwirtschaftlichen Bepflanzungszustand, Wuchs- und Erntebedingungen, Verteilung negativer Einflüsse (Brände, Feuchte, Dürre, Schädlingsbefall) informiert.

*Seiten 176/177:*

*Typische Ortschaft im Havelländischen Obstanbaugebiet (Schmergow). Die Aufnahme wurde mit einer Multispektralkamera MKF-6 des Betriebes Bildflug der Interflug aufgenommen.*

*Aufnahmehöhe etwa 4 000 m*

*Bildmaßstab des Originalnegativs etwa 1:32 000,*

*Maßstab des Mischbildes etwa 1:6 400*

*Aufnahmedatum: 20. Juni 1983*

*Aus den Aufnahmen der verschiedenen Spektralbereiche mit dem Multispektralprojektor MSP-4 des VEB Kombinat Carl Zeiss Jena wurde ein Falschfarbensynthesebild angefertigt (Standardvariante). Dabei wird der*

*Kanal 2 (540 nm) blau*

*Kanal 4 (640 nm) grün und*

*Kanal 6 (840 nm) rot codiert.*

*Unsere Abbildung zeigt die Auszüge Kanal 2 und Kanal 6.*

*Aufnahme: M. Frubrich/ZIPE*

*Zur Veröffentlichung freigegeben, Mdl d. DDR, LFB-Nr. 48/84*

- Die Umweltforschung vermag Tendenzen, die ökologische Veränderungen anzeigen, zu erkennen und zu analysieren.
- Die Ressourcennutzung erhält ökonomisch bedeutsame Hinweise auf Lagerstätten und Wasservorkommen sowie Materialien über noch vorhandene unbesiedelte Lebensräume.
- Die Hydrologie gewinnt Überblicke über die Gewässer und deren jahreszeitliche oder tendenzielle Veränderungen, deren Verschmutzungsgrad, die Schneebedeckung usw. und vermag Schmelzwasservorhersagen zu entwickeln sowie Wasserreserven und Grundwasserströme aufzudecken.
- Für die Fischerei und Schifffahrt ergeben sich Daten über Wassertemperaturen, Seegang und Strömung sowie Eiswarnungen.

Es ist leicht einzusehen, daß die Kombination der hier nur auszugsweise genannten Anwendungsbeispiele in ihrer Bedeutung noch weit über die einzelwissenschaftlichen Befunde hinausreicht.

Alles in allem vermag die Fernerkundung der Erde einen entscheidenden Beitrag zu jenen vielfältigen Kenntnissen zu schaffen, die wir benötigen, um unseren Planeten auch künftigen Generationen als wohnlichen Stern unseres Sonnensystems zu übergeben und zu hinterlassen.

Unter den zahlreichen instrumentellen Hilfsmitteln zur Erdfernerkundung wurde in den letzten Jahren insbesondere die multispektrale Aufnahmetechnik bekannt, die sowohl von Flugzeugen als auch von Satelliten aus angewendet werden kann. Das Prinzip dieser Aufnahmetechnik mit hoher Aussagekraft besteht darin, daß die zu erkundenden Objekte gleichzeitig in mehreren schmalbandigen Bereichen des elektromagnetischen Spektrums im sichtbaren und nahen ultraroten Bereich fotografiert werden. Dazu dienen mehrere entsprechend genau justierte Einzelkameras mit Filtern, die stets nur einen schmalen Ausschnitt elektromagnetischer Wellen passieren lassen. Bei dem Filmmaterial handelt es sich dabei stets um Schwarz-Weiß-Emulsionen.

Die einzelnen Negative können später als Positive in einem Farbmischprojektor, je nach den gewünschten Informationen auf vielfältige Weise zu Mischbildern synthetisiert werden, darunter auch zu aussagekräftigen Falschfarbenbildern.

Die USA und die UdSSR unternahmen schon frühzeitig Versuche auf dem Gebiet der Multispektralfotografie. Mit Hilfe von vier Hasselblad-Kameras MK 70 erprobte bereits die Besatzung von Apollo 9 (1969) in der Erdumlaufbahn die Multispektral-Aufnahmetechnik. Auch die amerikanische Raumstation Skylab führte eine mit 70-mm-Film arbeitende Multispektralkamera mit. Sie wurde im Rahmen des »Earth Resource Experiment Program« (EREP) eingesetzt. Auch die Satelliten des amerikanischen Landsat-Programms arbeiten mit einem multispektralen Fernsehaufnahmesystem, das ausgewählte Areale jeweils in drei Wellenlängenbereichen abtastet.

In Zusammenarbeit mit der UdSSR wurde im Kombinat VEB Carl Zeiss Jena die hochauflösende Multispektralkamera MKF-6 entwickelt, die erstmals 1976 vom Orbit aus erprobt wurde und dann vor allem an Bord der Raumstation Salut 6 ein umfangreiches Programm absolvierte.

Über den praktischen Ergebnissen sollten wir aber nicht vergessen, daß die Betrachtung der Erde aus dem Weltall und damit ihre globale Untersuchung als Planet mit seiner charakteristischen Morphologie und Meteorologie auch bedeutsame Grundlagen für die Erforschung unseres Sonnensystems liefert.

## Raumfahrt, Krieg und Frieden

In der gegenwärtigen Militärstrategie der Hauptmacht des Imperialismus spielen Raketen eine wesentliche Rolle. Sie sind imstande, nukleare Sprengsätze über große Entfernungen zu tragen. Die technischen Leistungen der Sowjetunion auf diesem Gebiet haben nach dem zweiten Weltkrieg und der anfänglichen Überlegenheit der USA, die bereits zum Ende des Krieges über die Atombombe verfügten, zur Herausbildung eines annähernden Kräftegleichgewichts geführt, das die Entfesselung eines Nuklearkrieges für die USA mit dem Risiko der Selbstvernichtung verbindet. Gegenwärtig streben die Vereinigten Staaten eine globale Veränderung dieses Gleichgewichts an, wie ihre führenden Repräsentanten unumwunden verkünden. Es geht ihnen um die militärstrategische Überlegenheit. In diesem Zusammenhang wurde keine Mühe gescheut, um

einen neuen Typus nuklearer Raketen nach Europa zu bringen. Ihre Reichweite, Geschwindigkeit und Zielgenauigkeit sind so beschaffen, daß sie das Territorium des europäischen Teils der UdSSR in wenigen Minuten erreichen können. Die USA glauben, durch diese Maßnahme einen Kernwaffenkrieg auf Europa begrenzen und letztlich gewinnbar machen zu können, da ihren Erstschlagswaffen vom Typ Cruise Missiles und Pershing II keine sowjetischen Atomraketen entgegenstehen, die binnen derselben kurzen Zeitspanne das Territorium der USA erreichen können.

Seit die USA in dem 1979 gefaßten NATO-Beschluß zur Stationierung dieser neuen Raketen Kurs auf eine neue »Runde« des Wettrüstens genommen haben, sprachen sich die Sowjetunion und die anderen sozialistischen Länder, aber auch viele kapitalistische Länder – und vor allem breiteste Schichten der Bevölkerung in den NATO-Staaten – gegen diese Forcierung des Wettrüstens aus.

Heute steht fest: Die Weltlage ist durch die neuen Raketen in Europa noch gefährlicher geworden, als sie es zuvor war. Milliarden von Dollars und zwangsläufig auch Rubel werden vernünftigeren Zwecken entzogen, und eine globale Verschiebung des militärischen Gleichgewichts wird es dennoch nicht geben. Am 23. März 1983 verkündete USA-Präsident Ronald Reagan die Absicht, ein weltraumgestütztes Raketenabwehrsystem zu entwickeln. Das Ziel dieses Programms, das von seinen Initiatoren als eine Defensiv-Maßnahme charakterisiert wird, ist klar: Die USA wollen sich in den Besitz von Waffen bringen, die ihr eigenes Territorium letztlich unverwundbar machen, während ihnen freie Hand für jedes beliebige militärische Vorgehen gegen die Sowjetunion und die anderen sozialistischen Staaten gegeben ist. Dem soll ein umfangreiches Konzept von verschiedenartigsten Weltraumwaffen dienen, für die zunächst ein Forschungsprogramm vorgesehen ist.

Das gegenwärtig verfolgte Projekt eines Raketenabwehrsystems zielt auf qualitativ neuartige hochspezialisierte Militärtechnik, vor allem auf Strahlenwaffen, die aus dem Weltraum in Richtung Erde operieren können. In diesem Zusammenhang wird in den USA vom Konzept des

»Sternenkrieges« gesprochen, wobei mitunter der Eindruck entsteht, als werde es militärische Konflikte auf der Erde nicht mehr geben, wenn das Zeitalter eines militarisierten Weltraumes erst einmal heraufgezogen ist. Doch in Wirklichkeit geht es gerade darum, militärische Konfrontationen auf der Erde, selbst unter Einsatz von Kernwaffen, für die USA weitgehend risikolos gewinnbar zu machen. Für das »Sternenkriegsprogramm« haben die USA in den Budgets für die kommenden fünf Jahre nicht weniger als 30 Milliarden Dollar vorgesehen. Dabei handelt es sich jedoch noch keineswegs um die Realisierungsphase, sondern lediglich um vorbereitende Forschungs- und Entwurfsarbeiten. Die späteren Stationierungskosten für die heute in der Ausarbeitung befindlichen Systeme sollen mindestens eine Billion Dollar verschlingen!

Das Konzept gilt bis heute als technisch durchaus fragwürdig, militärpolitisch aussichtslos wie alle früheren diesbezüglichen Versuche und ökonomisch für jeden Verantwortlichen. Deshalb geht das Bestreben der Sowjetunion und der anderen sozialistischen Staaten, aber auch die Meinung vieler NATO-Staaten und Länder der »Dritten Welt« heute dahin, diese neue Phase des Wettrüstens mit den unvorstellbar hohen ökonomischen Belastungen und den unkalkulierbaren Risiken für den Weltfrieden bereits im Keim zu ersticken.

Viele Menschen auf unserem Planeten haben angesichts der nicht geringen Existenzprobleme der Menschheit in unserer Zeit kein Verständnis für den Rüstungswahnsinn. Aber viele vermögen noch immer nicht die wahren Urheber zu erkennen, sondern sie suchen die Quelle der Bedrohung in der »Wissenschaft und Technik«. Hermann Oberth fand 1983 in seinem Briefkasten eine Zuschrift, in der ihm eine Dame unverhohlen mitteilte: »Ich wünsche Ihnen von Herzen schreckliche Ausmerzung Ihres und Ihrer Familie Leben durch Raketen.« Sie sieht offensichtlich in der Erfindung der Rakete die Wurzel allen Übels. In Wirklichkeit gilt es, den Kampf gegen eine weitere Forcierung des militärischen Gebrauchs technischer Errungenschaften zu führen, kommt es darauf an, eine weitere Ausdehnung des Rüstens in neue Dimensionen zu stoppen. Die gewaltigen Perspektiven, die eine

## Opportunities in the military space industry

Defense agencies are working on dozens of space programs and technologies. More are proposed. What are they? . . . Who's running them? . . . How do *you* position yourself to participate?

Find out in our exclusive new 150-page report . . .

"Guide to Military Space Programs"

— Yours *free* when you take a no-risk Charter Subscription to **MILITARY SPACE**.

Dear Executive:

Now Washington policymakers face critical strategic choices that could propel military space programs -- and spending -- far beyond current levels.

Just one of these proposals -- the White-House backed "Defense Initiative" -- has the potential to drive the program in startling new directions. It will bring the military and computer industries into new areas of activity and spinoffs.

### The publishers of **MILITARY SPACE**:

Pasha Publications Inc.'s long-established expertise in publishing business information for executives and growing reputation in the space industry stand behind **MILITARY SPACE**.

PPI introduced **SPACE BUSINESS NEWS**, a biweekly newsletter covering commercial space developments, and "Space Processing, Products and Profits — 1983-1990," a 280-page book, in July 1983. PPI also sponsored a highly acclaimed space commerce conference in March 1984. PPI also publishes newsletters, books and data services for energy executives.

### Your benefits as a charter subscriber to **MILITARY SPACE**

1. 25 issues of the first and only publication devoted exclusively to military use of space, including ballistic missile defense, military comsats and space policy.
2. A substantial charter discount on your one-year, no-risk subscription or on a six-month trial subscription.
3. A copy of our exclusive, new 150-page report, "Guide to Military Space Programs" — (a \$97 value), *free* when we get your check.
4. You miss nothing, because you start with Volume I, Number 1.
5. An iron-clad, double guarantee.

Stay up to date on military space programs and policy in just a few minutes a month — and keep an eye on opportunities for your company — with **MILITARY SPACE**.

**MILITARY SPACE** • 1401 Wilson Blvd., Suite 910 • Arlington, VA 22209 • (703) 528-1244

I want to send you our exclusive new report, "Guide to Military Space Programs," *free* (normally \$97). But before I tell you how to get

(over, please)

Werbeprospekt für eine neue Zeitschrift über »Militarisierung des Weltraums« (USA 1984)

Weiterentwicklung der Raumfahrt im Frieden für die Menschheit besitzt, sind klar. An kühnen Projekten für künftige Missionen in die nähere und weitere Umgebung der Erde fehlt es nicht. Doch die Mittel dafür werden sich nur aufbringen lassen, wenn die gewaltige Vergeudung materieller und ideeller Werte in einer die Menschheit bedrohenden Superrüstung beendet wird.

Im Sommer 1982 trafen in Wien die Vertreter von 82 Staaten zur 2. Weltraumkonferenz der Vereinten Nationen »Unispace« zusammen. Es ging darum, ein Vierteljahrhundert praktischer Raumfahrt kritisch zu rešümieren und Wege für die künftige Arbeit auf diesem komplexen Gebiet aufzuzeigen. In dem schließlich verabschiedeten Abschlußdokument, das von allen Teilnehmerstaaten akzeptiert wurde, heißt es bezüglich der drohenden Militarisierung des Weltraumes: »Die Ausdehnung des Rüstungswettlaufes in den Weltraum erfüllt die internationale Gemeinschaft mit tiefer Sorge. Eine solche Entwicklung schadet der ganzen Menschheit und sollte deshalb verhindert werden. Alle Nationen, insbesondere diejenigen mit erheblichen weltraumtechnischen Möglichkeiten, werden dringend aufgefordert, einen aktiven Beitrag zur Verhütung eines Rüstungswettlaufes im Weltraum zu leisten und sich jeglicher Aktionen zu enthalten, die gegen dieses Ziel gerichtet sind.«

Schon während der Entwicklungsphase des amerikanischen wiederverwendbaren Raumtransporters Space Shuttle meldete das Pentagon seine Interessen an dieser Weltraumtransporttechnik an. Bereits beim ersten Flug der »Columbia« wurden von den Astronauten unter anderem auch Zieleinrichtungen für Laserwaffen erprobt, eine neue »nachnukleare Generation« strategischer Zerstörungsmittel. Die Hamburger »Welt« schilderte schon 1981 höchst anschaulich die Absichten, die mit dem Shuttle auf militärischem Gebiet verbunden sind: »Entschlossen, den Sowjets im Weltraum die Stirn zu bieten, schaffen die USA jetzt eine Art »militärische NASA«. Dort sollen Militärastronauten ausgebildet und Konzepte für die Kriegführung im Weltraum ausgearbeitet werden, dort »denkt« und plant man in Dimensionen, die Zukunftsfilmern wie »Krieg der Sterne« alle Ehre machen – nur wird es dort höchst realistisch zugehen ... Amerikas »militäri-

sche NASA« wird derzeit mit großem Aufwand geplant. Die Baukosten werden auf 150 Millionen Dollar veranschlagt; weitere 250 Millionen Dollar sind erforderlich, um das Zentrum einsatzfähig zu machen. Mitte 1985 soll der Komplex fertiggestellt sein. Dieses militärische Weltraumzentrum wird für die Entwicklung und Erprobung von Weltraum-Waffen verantwortlich sein. Das gilt beispielsweise für Laserstrahlwaffensysteme ...«

Die militärstrategische Absicht der USA ist klar: Sie will sowjetische Raketen schon kurz nach dem Start vom Weltraum aus unschädlich machen und somit ihr eigenes Territorium aus jeder Art bewaffneten Konflikts heraushalten. Sie beabsichtigen eine einseitige militärische Überlegenheit statt des bisherigen annähernden militärstrategischen Gleichgewichts. Gerade durch diese Politik wird das Wettrüsten in Gang gehalten, entgegen den Forderungen der Unispace, der überwiegenden Mehrzahl der Wissenschaftler, entgegen dem erklärten Willen der Völker.

Die USA-Rüstungsmonopole versprechen sich von einer solchen Entwicklung außerdem enorme Profite. Seit US-Präsident Reagan das Konzept vom »Krieg der Sterne« verkündet hat, spricht man in Rüstungskreisen der Vereinigten Staaten von »Geld, das vom Himmel fällt«.

Die »Washington Post« ließ wissen, daß der Militär-Industrie-Politik-Komplex der USA den Weltraum fest ins Visier genommen hat: »In Colorado Springs (wo die Raumfahrt- und Flugzeugfiliale des Ford-Industrieimperiums ansässig ist, D.B.H.) äußert sich das in Form eines Bündnisses zwischen äußerst entschlossenen Generalen der Luftwaffe, von Tatendrang besessenen Geschäftsleuten aus den riesigen Raumfahrtkonzernen und dem ehrgeizigen dortigen Kongreßabgeordneten Kramer, der den Vorschlag gemacht hat, die Luftstreitkräfte der USA in »Luft- und Raumstreitkräfte der USA« umzubenennen.«

Für das 1983 begonnene Finanzjahr wurden erstmals dem Pentagon speziell für seine Weltraumpläne mehr Mittel bewilligt als der zivilen NASA, nämlich 9,4 Milliarden Dollar.

Wie fern sind die Träume eines Eugen Sänger, der in seinen Büchern erklärt hatte, man könne das Gebrechen des Krieges durch eine Potenzierung der Technik, insbesondere durch die Hilfs-

mittel der Raumfahrt überwinden. Wenn der Krieg nicht durch gezielte Abrüstungsmaßnahmen und einen konsequent verfolgten Prozeß der Vertrauensbildung aus dem Leben der Völker ausgeschaltet wird, kann er durch die modernste Technik, über die wir Menschen heute verfügen, nur noch grausamer und totaler werden und die Menschheit an den Rand ihrer Liquidation auf diesem Planeten führen.

## Weltraumrecht von der Utopie zur Politik

Das Vordringen des Menschen in seine »vierte Umwelt«, den Weltraum, bringt verständlicherweise auch rechtliche Fragen mit sich. Dies haben weitblickende Juristen bereits zu einer Zeit empfunden, als die Pioniere der Raumfahrt noch für extravagante Phantasten gehalten wurden. Es war der tschechoslowakische Rechtsanwalt Vladimir Mandl, der bereits im Jahre 1932 eine Broschüre mit dem Titel »Das Weltraumrecht – ein Problem der Raumfahrt« herausbrachte und den engen inneren Zusammenhang zwischen einer künftig zu erwartenden praktischen Raumfahrt und Fragen des internationalen Rechts erkannte. Auch in der Sowjetunion waren Rechtsfragen im Zusammenhang mit Flügen in großen Höhen schon 1934 Gegenstand einer Studie von E.A. Korowin »Die Eroberung der Stratosphäre und das Völkerrecht«. Wie auch die Pioniere der Raketechnik und Raumfahrt von Conrad Haas bis Ziolkowski, setzte sich Korowin nachdrücklich dafür ein, den der Menschheit neu zugänglichen Raum nicht mit den »teuflischen Maschinen des Krieges, des Todes und der Zerstörung« zu erfüllen. Mit dem Beginn der praktischen Raumfahrt wurde sichtbar, daß es sich hierbei um ein Unternehmen handelt, das nur durch Vereinigung der Potenzen vieler Länder rasche Fortschritte erzielen kann. Selbst das ökonomisch fortgeschrittenste Land der Erde ist nicht imstande, alle technisch möglichen und wünschenswerten Projekte der Weltraumforschung und -nutzung zu verwirklichen. Internationale Zusammenarbeit großen Stils bedarf jedoch juristischer Regelungen. Deshalb unterbreitete die Sowjetunion schon

1957 den Vorschlag, ein Hilfsorgan bei der Vollversammlung der Vereinten Nationen zu schaffen, daß sich mit den völkerrechtlichen Fragen bei allen internationalen Weltraumaktivitäten beschäftigt. So kam es am 12. Dezember 1959 zur Gründung des »United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space«, kurz »UNO-Weltraumausschuß« genannt. Rund fünfzig Staaten sind heute Mitglied dieses Ausschusses, der sich aus einem wissenschaftlich-technischen und einem juristischen Unterausschuß zusammensetzt.

Die inzwischen entstandenen zahlreichen Fragen, die von diesem UNO-Komitee gelöst werden müssen, wurden verschiedenen Arbeitsgruppen zugeordnet. So existiert z. B. je eine Gruppe für Nachrichtensatelliten, für Navigationssatelliten und für die Fernbeobachtung der Erde.

Der Auftrag des juristischen Unterausschusses besteht darin, die rechtlichen Fragen im Zusammenhang mit den verschiedenen Aktivitäten der Nationen zu untersuchen und Vertragsentwürfe vorzubereiten, die dann letztlich dem politischen Ausschuß der UN-Generalversammlung zur Beschlußfassung vorgelegt werden.

In den vergangenen Jahren wurde vom UNO-Weltraumausschuß intensive Arbeit geleistet. So kamen eine Resolution über die internationale Zusammenarbeit bei der friedlichen Nutzung des Weltraumes (1961), eine Resolution über den Verzicht auf die Stationierung von Massenvernichtungsmitteln im Weltraum (1963), ein Abkommen über die Rettung von Kosmonauten und die Rückführung von in den Weltraum entsandten Objekten (1977) u. a. zustande. Ob diese Abmachungen als Konvention, Vertrag oder Abkommen bezeichnet werden, ist dabei für ihre völkerrechtliche Bedeutung ohne Belang.

Von grundlegender Bedeutung für die Gestaltung der Raumfahrt ist der »Weltraumvertrag«, der im Januar 1967 in Moskau, Washington und London für alle Staaten zum Beitritt und zur Unterzeichnung hinterlegt wurde und der am 20. Oktober 1967 in Kraft trat. Auf Grund der großen Anzahl von Staaten (Stand von 1983: 83 Staaten), die diesem Vertrag beigetreten sind, ist er allgemein verbindlich, auch für jene Staaten, die ihm nicht angehören. Der Weltraumvertrag enthält folgende Grundsätze:

1. Freiheit der Erforschung und Nutzung des Weltraumes und der Himmelskörper;
2. Verbot der nationalen Aneignung des Weltraumes und der Himmelskörper;
3. Durchführung der Erforschung und Nutzung des Weltraumes in Übereinstimmung mit dem Völkerrecht;
4. Teilweise Entmilitarisierung des Weltraumes und vollständige Entmilitarisierung der Himmelskörper;
5. Anerkennung der Hoheitsrechte von Staaten über die von ihnen entsandten Weltraumobjekte;
6. Internationale Verantwortlichkeit der Staaten für die nationale Tätigkeit im Weltraum, einschließlich der Haftung für Schäden, die durch Weltraumobjekte verursacht werden;
7. Verhütung potentiell schädlicher Folgen von Experimenten im Weltraum und auf den Himmelskörpern;
8. Hilfeleistung für die Besatzungen von Raumfahrzeugen bei Unfall, Not und Notlandung;
9. Förderung der internationalen Zusammenarbeit bei der friedlichen Erforschung des Weltraums und der Himmelskörper.

Der zum Teil auf Vorschlägen der UdSSR aus dem Jahre 1962/63 beruhende Weltraumvertrag bildet den Maßstab für die Rechtmäßigkeit aller anderen Normen des Weltraumrechts und stellt somit dessen wichtigste Quelle dar.

Natürlich sind mit diesem wichtigen Gesetzeswerk keineswegs alle juristischen Fragen der Raumfahrt geklärt. Vielmehr gibt es grundlegende Probleme, die nach wie vor offen sind, obschon sie für die weitere praktische Ausgestaltung von Raumfahrt wesentliche Bedeutung besitzen. So bezieht sich der Vertrag zwar auf den Weltraum, er enthält aber keine Definition dieses Begriffs. Die wichtige Frage, wo der unter der Souveränität eines Staates stehende Luftraum endet und der souveränitätsfreie, aber dem Völkerrecht unterliegende Weltraum beginnt, ist also unbeantwortet. Es bestehen auch wenig Aussichten, daß sich dieser Zustand in nächster Zukunft ändert. Die Juristen des Mittelalters konnten es sich noch leisten, das Staatsgebiet »bis zum Himmel« auszudehnen. Heute gibt es eine hochentwickelte internationale Luftfahrt, und ge-

mäß einer völkerrechtlich verbindlichen Konvention von 1944 ist jedem Staat die Souveränität im Luftraum über seinem Territorium zugesichert. Wo jedoch dieser »Luftraum« endet, wurde damals nicht festgelegt. Der Weltraumvertrag fixiert also nur ein Minimum an einzuhaltenden Grundsätzen, zahlreiche Aufgaben harren noch ihrer juristischen Lösung.

Große Aufmerksamkeit galt den Rechtsnormen bezüglich des Mondes, zumal im Zusammenhang mit den zahlreichen bereits abgewickelten und möglicherweise noch zu erwartenden Tätigkeiten der Nationen auf dem Erdtrabanten. Insbesondere war zu fragen: Wer darf die Bodenschätze auf dem Mond und in seinem Inneren unter welchen Umständen ausbeuten? Wie kann man die sich ständig verändernden Übergänge vom Utopischen zum Realen, die mit der wissenschaftlich-technischen Entwicklung verbunden sind, in die Überlegungen einbeziehen?

Seit dem Jahre 1970 standen solche Probleme im Blickpunkt von Erörterungen des Rechtsunterausschusses. Die UdSSR hat im Jahre 1971 den Entwurf eines entsprechenden Vertrages beim Generalsekretär der Vereinten Nationen eingebracht und beantragt, die Ausarbeitung eines solchen »Mondvertrages« zur Tagesordnung der 26. UN-Vollversammlung 1971 zu machen. Der sowjetische Außenminister A. Gromyko übergab die sowjetischen Erläuterungen zum Vertragsentwurf, in denen unter anderem hervorgehoben wird:

1. Bei der Erforschung und Nutzung des Mondes sind die Interessen der lebenden und kommenden Generationen der Menschheit zu berücksichtigen.
2. Auf dem Mond ist es verboten, Gewalt anzuwenden oder anzudrohen sowie andere feindselige Handlungen vorzunehmen oder den Mond zu Feindseligkeiten in Richtung Erde zu mißbrauchen.
3. Bestätigt wird das Verbot, den Mond zur Stationierung von Kernwaffen und anderen Massenvernichtungsmitteln sowie anderweitigen militärischen Aktivitäten zu nutzen.
4. Erforschung und Nutzung des Mondes müssen so betrieben werden, daß keinerlei ungünstige Veränderungen oder Verschmutzungen auftreten.

5. Mondoberfläche und Mondinneres können nicht Eigentum von Staaten, zwischenstaatlichen internationalen Organisationen, juristischen oder individuellen Personen sein.
6. Die Teilnehmerstaaten sollten alles tun, um das Leben und die Gesundheit der Menschen, die sich auf dem Mond befinden, zu schützen.

Außer dem sowjetischen Papier wurden auch zahlreiche weitere Arbeitsdokumente eingereicht, die schließlich dazu führten, daß die UNO-Mitglieder dem nach vielen Debatten entstandenen Entwurf eines »Mondvertrages« zustimmten. Seit dem Jahre 1979 wird das »Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies« von den Staaten geprüft. Es ist bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur von wenigen Staaten unterzeichnet worden, darunter den Philippinen, Chile, Österreich und Frankreich, nicht hingegen von den Führungsnationen der Raumfahrt, UdSSR und USA.

Der Mondvertrag, der bis zur Schaffung speziellerer Rechtsnormen auch auf andere Himmelskörper des Sonnensystems angewendet werden soll, setzt sich zum Ziel, die Zusammenarbeit der Staaten bei der Erforschung und Nutzung des Mondes auf der Basis der Gleichberechtigung zu fördern und die Entstehung von Konflikten in diesem Zusammenhang zu verhindern.

Der Mondvertrag bekräftigt die aus dem »Weltraumvertrag« stammende Forderung, jedwede Tätigkeit in Übereinstimmung mit dem Völkerrecht durchzuführen. Die Rechtmäßigkeit von staatlichen Aktivitäten auf den Himmelskörpern wird danach bewertet, ob diese Unternehmen dem Weltfrieden und der internationalen Sicherheit dienen, ob sie die internationale Zusammenarbeit und das gegenseitige Verständnis fördern und den Interessen aller Teilnehmerstaaten entgegenkommen.

Der Abschluß des Mondvertrages bringt symbolisch die zahlreichen Probleme zum Ausdruck, die generell bei der Entwicklung des Weltraumrechts auftreten. Oft werden in grundlegenden Fragen nicht nur von einzelnen Ländern, sondern vor allem von der Sowjetunion und den USA unterschiedliche Standpunkte vertreten. Während die sozialistischen Staaten z. B. für ein Verbot der Entsendung aller Objekte mit militä-

rischem Auftrag in den Weltraum und zu den Himmelskörpern eintreten, drängen die USA auf eine »Kompromißformel«, derzufolge es nicht verboten sein soll, Militärpersonal für wissenschaftliche Forschungen einzusetzen und jede Art von Ausrüstungen oder Anlagen zu nutzen, die für die friedliche Erforschung und Nutzung des Mondes notwendig sind. Was man dabei unter »friedlich« zu verstehen hat, konnte leider juristisch nicht eindeutig fixiert werden.

Auch auf anderen Gebieten, die z. T. gegenwartsnäher und damit auch brisanter sind, wurde hart gerungen. Denken wir an die heute schon bestehende und in großem Umfang genutzte Möglichkeit, Fernseh- und Hörfunksendungen per Satellit direkt zu übertragen. Das satellitengestützte Fernsehen bringt eine Reihe von grundlegenden Fragen mit sich, die dringend einer juristischen Klärung bedürfen. Die Sowjetunion ging bei ihren Vorschlägen auch hier davon aus, daß der Direktempfang von Fernsehsendungen via Satellit keineswegs »zu einer Quelle internationaler Konflikte und der Verschärfung der Beziehungen zwischen den Staaten« führen dürfe. Sie hielt es für wesentlich, die Souveränität aller Staaten gegen jede Einmischung von außen zu schützen. Dabei verkannte die Sowjetunion aber nicht die positive Bedeutung des Satellitenfernsehens für eine weitere Annäherung der Völker, für den gegenseitigen Kulturaustausch und die Erhöhung des Bildungsniveaus. Obwohl inzwischen durch die Arbeit des Weltraumausschusses mehrere wichtige Prinzipientwürfe festgeschrieben werden konnten, besteht bislang in den Kernfragen noch keine Einigkeit. Die Grundpositionen der Staatengruppen, d. h. der sozialistischen Länder, der Entwicklungsländer und einiger kapitalistischer Länder einerseits und der imperialistischen Staaten, allen voran die USA, die BRD und Großbritannien andererseits, sind trotz jahrelanger Diskussionen noch immer sehr unterschiedlich.

Auch die Fragen der Fernbeobachtung der Erde von Satelliten aus sind verständlicherweise nicht problemlos. Darf man das Territorium eines fremden Staates vom Weltraum aus beobachten? Dürfen die mittels Erdsatelliten erhaltenen Daten und Informationen weitergegeben werden, auch wenn es sich dabei nicht um das

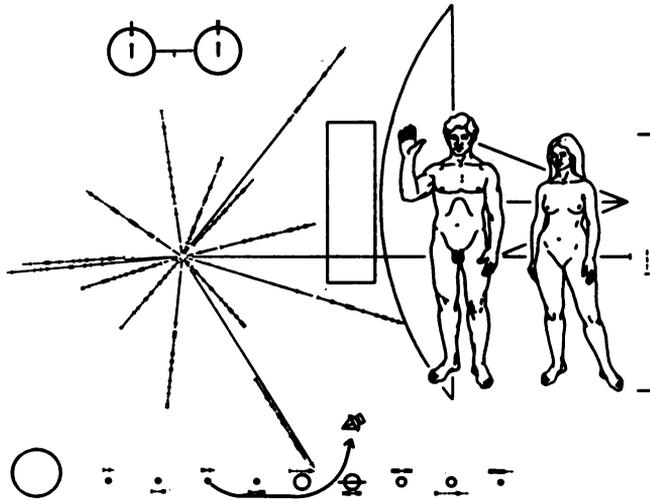
eigene Territorium handelt? Wer darf die gewonnenen Daten in welcher Weise anwenden? Dies sind nur einige ausgewählte Fragen, an denen sich die Brisanz der Thematik ablesen läßt.

Angesichts dieser Sachlage kann es nicht ausbleiben, daß sich die jeweilige internationale Situation spürbar auf den Stand und die Entwicklung des Weltraumrechts auswirkt. Einen besonders neuralgischen Punkt in solchen Auseinandersetzungen stellen stets die Fragen der militärischen Nutzung des Weltraumes sowie Teilen des Weltraumes dar. Wohl wurden auf diesem Gebiet einige wichtige Erfolge erzielt. So konnte bereits im Jahre 1963 der Vertrag über das Verbot der Erprobung von Kernwaffen in der Atmosphäre, im kosmischen Raum und unter Wasser in Kraft gesetzt werden. Darin ist die Ver-

pflchtung aller Teilnehmerstaaten verankert, experimentelle Kernwaffenexplosionen jeder Art in den drei Medien zu verbieten, zu verhindern und nicht vorzunehmen. Dies stellt zweifellos eine wichtige Maßnahme zur Begrenzung der militärischen Nutzung des Weltraumes dar. Solange jedoch wichtige Kernwaffenmächte, wie z. B. Frankreich und die VR China, dem Vertrag nicht beitreten, ist seine Universalität nicht gewährleistet, und das eigentliche Ziel des Vertragswerkes kann nicht uneingeschränkt erreicht werden.

Zweifellos werden die Fragen des Weltraumrechts auch in absehbarer Zukunft für die weitere Entwicklung der Raumfahrt und erst recht für das friedliche Zusammenleben der Völker auf unserem Planeten außerordentliche Bedeutung behalten.

# Zukunftslinien der Raumfahrt



*Plakette  
mit Informationen  
über Sonnensystem,  
Erde und Mensch  
an Bord der  
US-amerikanischen  
Raumsonden  
Pioneer 10 und 11*

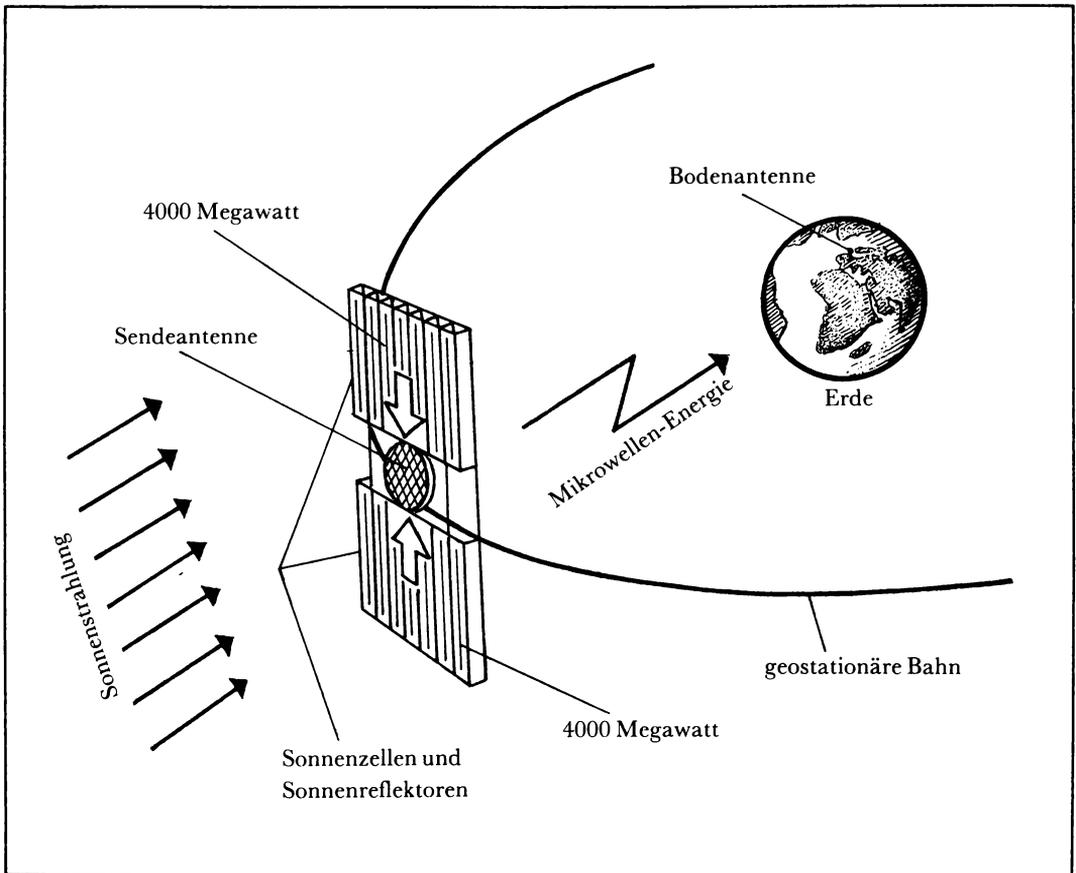


Zweitausend Jahre menschlicher Produktivkraftentwicklung, Kultur-, Wissenschafts- und Technikgeschichte bieten eine überzeugende Basis für optimistische Zukunftsbilder. Die Erfolge der historisch kurzen Spanne seit dem Start von Sputnik I ermuntern uns zu kühneren Visionen. Neue Techniken des Antriebs, künftige Ziele für die Raumfahrt, die Lösung drängender Menschheitsprobleme und selbst die Raumfahrt in die öden Räume jenseits unseres Sonnensystems sind in den Blickpunkt der Überlegungen gerückt. Haben wir Grund, den Verkündern solcher Perspektiven zu trauen, oder sollten wir bescheidener sein und uns auf die unmittelbaren Aufgaben von heute und morgen konzentrieren? Könnte die Raumfahrt künftig globale Probleme der Menschheit lösen helfen? Erfüllt sich vielleicht dereinst sogar das Wort von Ziolkowski, daß die Menschheit nicht ewig auf der Erde leben werde, jener »kosmischen Wiege« ihrer frühesten Jugend?

Es war schon immer ein charakteristisches Merkmal des Menschen, daß er über seine unmittelbare Umgebung in Raum und Zeit hinwegzudenken wagte und mit schöpferischer Phanta-

sie auch fernerer Zielen entgegenstrebte. Marx bezeichnete es geradezu als das Wesen des Menschen, daß der zu erreichende Zustand bereits bei Beginn menschlicher Tätigkeit ideell existiert. Es fragt sich nur, ob alle wünschenswerten künftigen Ziele auch real mögliche Ziele sind. Dies herauszufinden ist ein Teil jeder menschlichen Aktivität. Die Raumfahrt von heute würde über kurz oder lang erstarren, wenn sie nicht über ihre Zukunftswege nachdächte, wie dies ihre Pioniere mit Mut und Phantasie stets getan haben.

Wünschenswerte Ziele für die Raumfahrt gibt es in Hülle und Fülle. Vor allem solche, die der Menschheit helfen könnten, aus zahlreichen gegenwärtigen Schwierigkeiten besser und schneller herauszufinden. So wäre z. B. die Energieversorgung aus dem Weltall oder die Verlagerung der irdischen Produktion in den kosmischen Raum anstrebenswert. Auch die Nutzung von Bodenschätzen der uns umgebenden kosmischen Körper, vor allem des Mondes, würde viele Probleme lösen helfen. Möglicherweise könnten die Menschen der fernerer Zukunft sogar in künstlichen Städten des Weltalls leben, ohne daß es zu Überbevölkerung und Ressourcenproblemen käme.



Schematische Darstellung eines Sonnenkraftwerkes in der Erdumlaufbahn

Auch über Fragen einer interstellaren Raumfahrt lohnt es sich nachzudenken; bisher bewegen wir uns mit unseren Raumschiffen und Sonden doch noch ganz in der Nähe unserer angestammten kosmischen Heimat, gemessen an den gewaltigen Distanzen des uns umgebenden Sternsystems, in dem unsere Sonne nur eine von rund einhundert Milliarden anderen darstellt.

Hat die Menschheit die Kraft, solche kühnen Projekte zu bewältigen? Sind die Ziele den Aufwand an Gedanken und Arbeit wert? Kann man ihre Realisierung ökonomisch sichern? Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit sich dereinst einer Beherrschung der Erde durch den Menschen auch eine Beherrschung des Weltalls anschließt? Fragen über Fragen. Versuchen wir, einigen davon näherzukommen.

## Fabriken zwischen Erde und Mond?

Zu den zahlreichen Experimenten an Bord der bisherigen Raumstationen, besonders im Rahmen des Sojus-Salut-Programms der UdSSR unter Mitwirkung der sozialistischen Länder, zählt das Studium der Auswirkungen der Schwerelosigkeit auf eine Reihe von physikalischen und chemischen Vorgängen. Manche von ihnen – so meinen Experten – könnten eines Tages produktionswirksam werden.

Im Orbit stehen Bedingungen zur Verfügung, die es auf der Erde nicht gibt, allen voran die nahezu erreichte Schwerelosigkeit. Dazu kommt aber das Vakuum des Weltalls – besser als die in unseren Laboratorien erzeugbaren Hochvakua – und der Zugriff auf völlig ungeschwächtes Sonnenlicht.

Klingt schon der Gedanke an die Verlagerung der unsere Umwelt belastenden normalen irdischen Produktion in kosmische Bereiche recht attraktiv, so wirkt die Aussicht auf spezielle »kosmische« Produkte nicht weniger verlockend. Unter kosmischen Bedingungen haben sich bereits neue supraleitende Stoffe herstellen lassen, extrem feste Fasern und dünnste Schichten. Auch die Aufzucht von großen Monokristallen, die man für Halbleiterelemente oder Mikroprozessoren hervorragend gebrauchen kann, ist gelungen. Impfstoffe und Enzyme sowie andere Pharmaka sollen unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit weitaus besser herstellbar sein als auf der Erde. In Experimenten unter Welt-raumbedingungen war es sogar möglich, einzelne biologische Zellen und große Moleküle unter Anwendung eines elektrischen Feldes, d. h. durch Elektrophorese, zu trennen. Würden diese zur Zeit noch den Charakter von Demonstrationsversuchen tragenden Experimente in größerem Maßstab durchführbar sein, so wäre an die Herstellung von Medikamenten zu denken, die bei der Bekämpfung von Herzinfarkten oder Venenentzündungen wirksame Hilfe leisten könnten. Auch die Volkskrankheit »Diabetes« wiese bessere Heilungschancen auf, wenn es in größerem Umfang gelänge, durch Zelltrennung sogenannte Beta-Zellen zu produzieren, die in der Lage sind, die Insulinproduktion in der menschlichen Bauchspeicheldrüse in Gang zu bringen. Doch alle diese durchaus vielversprechenden Untersuchungen an Bord von Raumschiffen befinden sich heute noch in ihrer Anfangsphase. Dasselbe trifft auf die Kristallzüchtung zu. Daß sie unter den speziellen Bedingungen eines Masse- und Wärmetransports, wie er wegen fehlender Konvektion im Weltall möglich ist, außerordentlich günstig verläuft, ist bereits hinreichend gezeigt worden. Von Nutzen sind diese Untersuchungen aber wohl einstweilen lediglich für die Wissenschaft. Eine technische Anwendung steht noch keineswegs in greifbarer Nähe, vor allem wegen der unverhältnismäßig hohen Kosten. Was nützen ideal runde Kugeln für Kugellager, wenn sich der Preis einer gewöhnlichen Waschmaschine dadurch verzehnfachen würde? Und welchen Sinn soll es ergeben, wenn die Kugeln im Lager einer solchen Maschine schließlich zwanzigmal länger halten als alle sonstigen Teile der Maschine?

zigmal länger halten als alle sonstigen Teile der Maschine?

Auch ein im Vergleich mit dem üblichen hundert- bis tausendmal festerer Stahl würde sicherlich hier und da von großem Nutzen sein. Doch wie groß ist der Aufwand?

Die Mikroschwerkraft im Erdorbit eröffnet also durchaus neuartige Perspektiven, aber zunächst eher für die Wissenschaft als für die Produktion. Eingedenk der Tatsache, daß viele in Laborversuchen zur Welt gekommene Verfahren heute großtechnisch angewendet werden und das Gesicht unserer Epoche mitbestimmen, wird man über die Zukunftsaussichten von Produktionsanlagen im All nicht übertrieben zurückhaltend urteilen dürfen. Jedoch stehen sie keineswegs auf dem »Merkzettel« der kommenden Jahrzehnte. Einzig das sowjetische Programm der bemannten Raumfahrt im erdnahen Raum läßt etwa den Umfang realistischer Maßnahmen auf dem Gebiet der Fertigung von Spezialmaterialien im Weltraum erkennen. Dem Plan entsprechend, sollen in den neunziger Jahren größere Allzweckstationen die Erde umlaufen, deren Besatzungsstärke über hundert Kosmonauten umfassen soll. In solchen Stationen sind natürlich auch Kleinfabrikationen denkbar. Der bisherige zeitliche Ablauf des Programms vom Start Juri Gagarins bis zum Bau der Station Salut 7 deutet darauf hin, daß wir gegen Ende unseres Jahrhunderts mit hoher Wahrscheinlichkeit über solche größeren Außenstationen der Erde verfügen werden.

In verschiedenen Studien ist seit längerem auch davon die Rede, die Bodenschätze des Mondes oder sogar erdnaher Planeten abzubauen und somit eine Direktnutzung der Ressourcen fremder Himmelskörper zu beginnen. Doch schon heute ist klar, daß solche Vorstellungen überhaupt nur diskussionswürdig sind, wenn sie nicht generell davon ausgehen, Bodenschätze von raumfahrttechnisch zugänglichen Himmelskörpern auf die Erde zu holen. Selbst wenn die heute noch nicht gelösten technischen Probleme eines solchen Unterfangens geklärt wären, bliebe doch das transportierte extraterrestrische Material bis auf weiteres extrem teuer. »Kosmischen Bergbau« wird man deshalb zunächst nur dann zur Auffüllung irdischer Bedarfslücken betreiben, wenn es sich um dringend benötigte Stoffe

händelt, die irdisch extrem knapp sind und nur in relativ kleinen Mengen benötigt werden.

Prof. H.O.Ruppe (BRD) hat z.B. eine Kosten-Nutzen-Rechnung für die Beschaffung von Uran aus dem uns raumfahrttechnisch zugänglichen Teil des Universums durchgeführt. Dabei wurde von ihm vorausgesetzt, daß Anlagen zum Abbau und zur Anreicherung am kosmischen Zielort der Aktion erbaut werden und ein Transportsystem von und zur Erde existiert. Der Preis für jedes Kilogramm Uran muß dann natürlich niedriger oder jedenfalls nicht wesentlich höher liegen als für irdisches Uran. Dieses ist nämlich auch nach Erschöpfung der heutigen Quellen auf der Erde durchaus noch vorhanden. Allerdings muß es mit erhöhtem Aufwand gefördert werden, und es kommt dann nur noch in Konzentration vor, die nach bisheriger Auffassung als nicht mehr abbauwürdig galten. Schon aus dem Meerwasser gewinnbares Uran würde jedoch für rund 1000 M/kg zu haben sein. Selbst die effektivste Raumfahrttechnik samt allem Zubehör kann vom nächsten Himmelskörper kein Uran zu diesem Kilopreis beschaffen. Soll also »kosmisches Uran« ökonomisch dem Vergleich mit reichlich vorhandenem, aber schwieriger zu gewinnendem irdischem spaltbarem Material standhalten, müßte man von bislang unbekanntem Transportsystemen ausgehen, die jenseits des in nächster Zukunft Realisierbaren lägen.

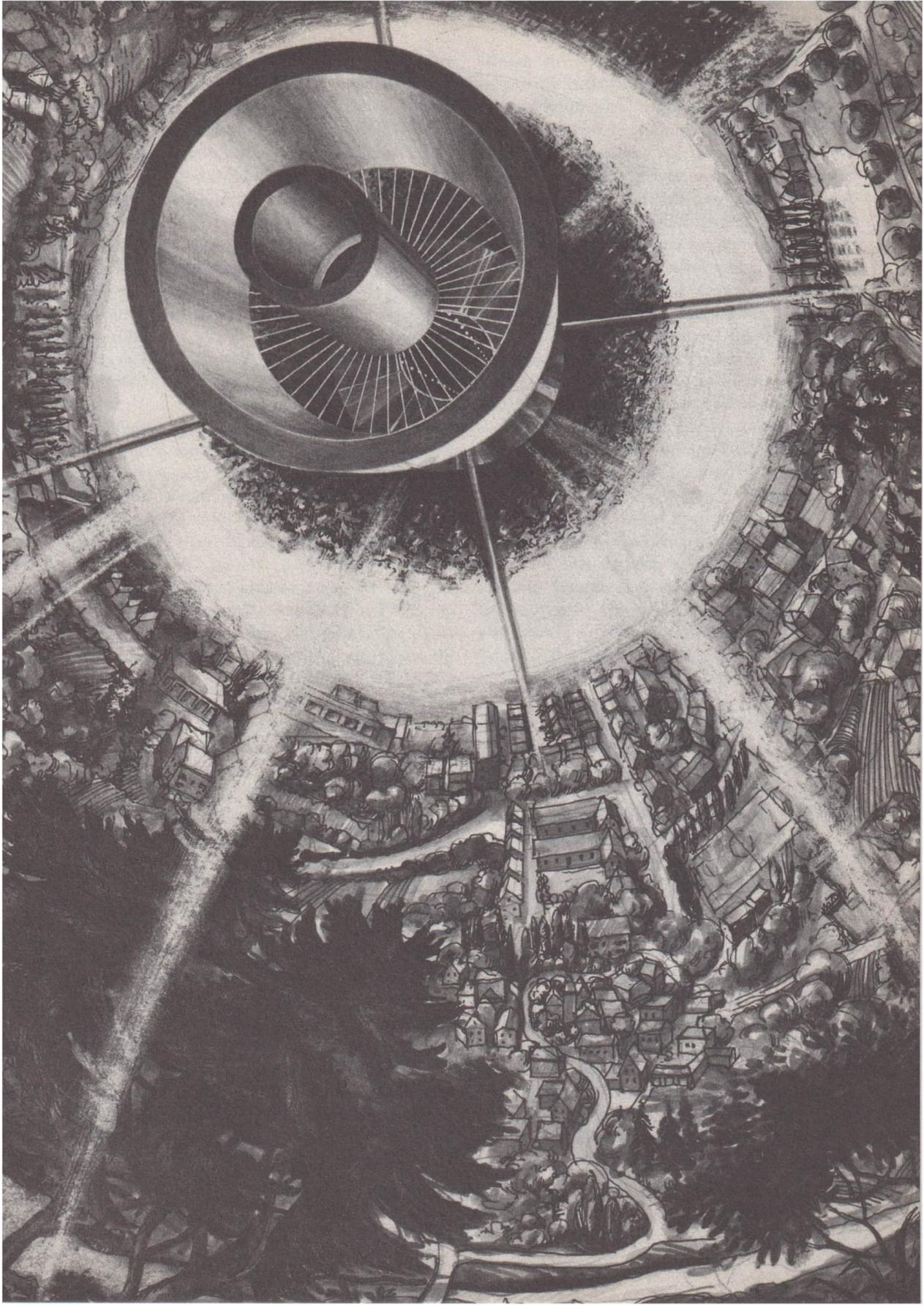
Der Transportaufwand für Materialien vom Mond zu einer Außenstation der Erde wäre hingegen wesentlich geringer als der Aufwand für den Transport auf die Erdoberfläche. Auch im Raum zwischen Erde und Mond gibt es himmelsmechanisch ausgezeichnete Punkte, die ohne allzugroßen Energieaufwand vom Mond aus zu erreichen sind.

## Wird die Menschheit das Weltall besiedeln?

»1988 verlassen die ersten 10000 Bürger die Erde!« – Mit dieser Schlagzeile lockte eine Wissenschaftsillustrierte der BRD noch vor wenigen Jahren ihre Käufer an. Mit Sicherheit hat der Autor dieser Zeile schon damals gewußt, daß es sich hierbei keineswegs um eine wissenschaftlich begründete Prognose handelt. Denn mit diesem knappen Satz war keineswegs ein Hinweis auf kommende »Weltraumtouristik« gemeint; nein, diese Zehntausend sollten umsiedeln. Dorthin, wo es keine qualmenden Schornsteine, keine verseuchten Gewässer und keine giftigen Abfälle gibt – ins Weltall. Die Begründung ist einfach: Auf der Erde verschlechtern sich die Lebensbedingungen. Auch der zur Verfügung stehende Raum wird angesichts der Bevölkerungsexplosion immer spärlicher, und die Nahrungsprobleme sind für große Teile der Menschheit ebenfalls ungelöst. Der »Umzug ins Weltall« ist als vernünftige Alternative gedacht und stellt außerdem einen Beweis für die Nützlichkeit moderner Wissenschaft und Technik bei der Lösung der Probleme dar, vor denen die Menschheit heute steht und denen sie sich nur ungenügend gewachsen zeigt.

Das Projekt ist durchaus keine neue Idee. Schon Ziolkowski hat von solchen Vorhaben gesprochen, und jeder Autor, der sich seither mit Zukunftsprojekten der Raumfahrt auseinandersetzte, brachte in dieser oder jener Version auch die »Aussiedlung der Menschheit« zur Sprache. Neu ist jetzt allerdings, daß der amerikanische Physikprofessor Gerard O'Neill es nicht bei allgemeinen Redensarten bewenden läßt, sondern nach jahrelangen Studien zahlreicher Einzelfragen einen detaillierteren Plan gleich in einem ganzen Buch vorlegt: »Unsere Zukunft im Raum«. Dabei unterläßt er es, auf noch unentdeckte Naturgesetze oder kommende technische Superentwicklungen zu spekulieren. Energiequellen und Technologien à la Science-fiction kommen bei ihm nicht vor. Im Gegenteil: O'Neill

*Besiedlungsprojekt des Amerikaners O'Neill*



baut auf das heute bereits bekannte Arsenal naturwissenschaftlicher und technischer Errungenschaften und bezieht sogar Umweltprobleme in seine Überlegungen ein. Gerade weil sich die natürlichen Ressourcen auf unserem Planeten zu erschöpfen beginnen und gerade weil die Produktionstechnologien der heutigen Industrienationen mit großen irreversiblen Schädigungen der Umwelt verbunden sind, komme es darauf an, um so schneller das Aussiedlungsprojekt ernsthaft zu erwägen. Es sei geeignet, diese Risiken auszuschalten. Ja, er sieht sogar eine »bessere Menschheit« im Ergebnis seiner Pläne und Bemühungen. Wichtiger nämlich, als alle materiellen Vorteile, die eine technische Bewältigung der Aussiedlung bringe, sei »die berechnete Hoffnung, daß das Öffnen eines neuen weiten Lebensraumes das Beste in uns auf den Plan rufen wird, daß das Neuland, das im Weltraum auf seine Entstehung wartet, uns neue Unabhängigkeit in der Suche nach besseren Regierungsformen, Sozialstrukturen und Lebensweisen gewährt und daß unsere Kinder dadurch eine Welt vorfinden mögen, die ihnen dank unserer Anstrengungen während der kommenden Jahrzehnte reichere Möglichkeiten bieten soll«. – Bleiben wir zunächst beim Technischen: O'Neills Grundidee besteht darin, daß vor unserer »kosmischen Haustür«, im interplanetaren Raum zwischen Erde und Mond, alles das reichlich vorhanden ist, woran es auf der Erde zu mangeln beginnt; vor allem Energie und Rohstoffe in großem Umfang. Auf dem Mond gibt es Materialien, die bis zu einem Drittel aus Eisen, Titan, Aluminium und Magnesium bestehen. Genau solche Rohstoffe benötigt man, wenn man größere Raumstationen errichten will, ohne auf die ohnehin spärlichen Vorräte der Erde zurückzugreifen. Das geringere Gravitationspotential des Mondes macht den Transport der Materialien in den Raum zwischen Erde und Mond außerdem noch bedeutend billiger, als es der Transport aus dem »Potentialtopf« unseres Heimatplaneten wäre. Die auf dem Mond erforderliche Fluchtgeschwindigkeit von nur 2,4 km/s läßt sich – und darüber wurden sogar detaillierte experimentelle Untersuchungen angestellt – ohne große Schwierigkeiten durch elektromechanische Katapultmaschinen erzielen. Liegt die zu bauende Station in der Nähe eines

mechanisch ausgezeichneten speziellen Punktes der Mondbahn, dann ist der Energiebedarf besonders gering. Den Ablauf des Gesamtprojekts stellt sich der amerikanische Physiker, kurz gefaßt, folgendermaßen vor: Auf dem Mond erfolgt der Aufbau einer Montanindustrie, die in der Lage ist, die benötigten Rohstoffe für den Bau der Erdaußenstation zu liefern. Von einer außerdem zu errichtenden Arbeitsstation aus wird die erste Einheit der Weltraumwohnstätten errichtet. Sie sollte etwa 10 000 Menschen Platz bieten. Die wichtigste Aufgabe dieses ersten sogenannten Habitats besteht nach O' Neills Vorstellungen darin, weitere Habitate zu errichten und so eine erste »Kolonisationsphase« der Menschheit einzuleiten.

Das Leben auf den großen Weltrauminseln soll mit den Lebensbedingungen der Kosmonauten und Astronauten an Bord der gegenwärtig üblichen Raumstationen, das durch zahlreiche Einschränkungen und Erschwernisse gekennzeichnet ist, nicht das geringste zu tun haben. Im Gegenteil: Viel schöner als auf der verschmutzten Erde ist es im »technischen Himmel« von morgen. Die Hauptaufenthaltsgebiete der Menschen auf den kosmischen Inseln – die Peripherie mächtiger Zylinder von etwa 32 km Länge und 6,4 km Durchmesser (Stufe 4) – weisen die von der Erde gewohnte normale Schwerebeschleunigung auf. Sie wird dadurch künstlich erzeugt, daß der Riesenzylinder in jeweils 114 Sekunden einmal um seine Achse rotiert. Für den Personen- und Gütertransport hingegen sind zylindrische Kanäle längs der Rotationsachse gut geeignet. Dort herrschen nämlich keine Kräfte, und der Energieaufwand für den Transport ist extrem gering. Durch diese Kanäle gelangt man auch zu den außerhalb des Habitats gelegenen Produktionsanlagen.

Die Gestaltung des Lebensraumes an der Innenwand des Zylinders setzt der Phantasie keine Grenzen. Die schönsten landschaftlichen Gebiete der Erde können weitgehend nachgeahmt und großzügig gestaltet werden. Obwohl auf der großen Station des vierten Typs etwa 10 Millionen Menschen leben sollen, steht jeder Familie doch weitaus mehr Fläche zur Verfügung, als dies heute in den meisten Großstädten der Erde der Fall ist.

O' Neill und seine Mitarbeiter haben sowohl Kostenabschätzungen als auch Zeitpläne für das »Aussiedlungsprogramm« vorgelegt. Kritische Analysen ergeben allerdings, daß die Prognosen um Größenordnungen zu optimistisch sind. Zunächst müssen, um die Aktivitäten zur Errichtung großer Erdaußenstationen in Gang zu bringen, Tausende Tonnen von Material von der Erde aus ins Weltall befördert werden. Wenn die erste Station sich reproduzieren soll, benötigt man noch Megatonnen vom Mond dazu. Gestein und Geröll zur Abschirmung der primären kosmischen Strahlung vom Mond ist wahrscheinlich in einem Umfang von 10 Mill. t erforderlich. Der BRD-Raumfahrtexperte Horst E. Köhler kommt daher zu dem Schluß, daß die wirklichen Kosten für das Projekt mindestens hundert-, vielleicht sogar tausendmal größer sein werden, als von O' Neill behauptet. Doch selbst dessen Variante – 100 Milliarden Dollar, verteilt über etwa zwanzig Jahre – dürfte unrealisierbar sein, wie die permanenten Finanzierungsschwierigkeiten und Budgetkürzungen für die gegenwärtig laufenden NASA-Vorhaben zeigen. Außerdem gibt es auch zahlreiche technische Einwände von Experten gegen die Lösungen von O' Neill, die letztlich ebenfalls andere Zeitpläne und Kostenanschläge nach sich ziehen würden.

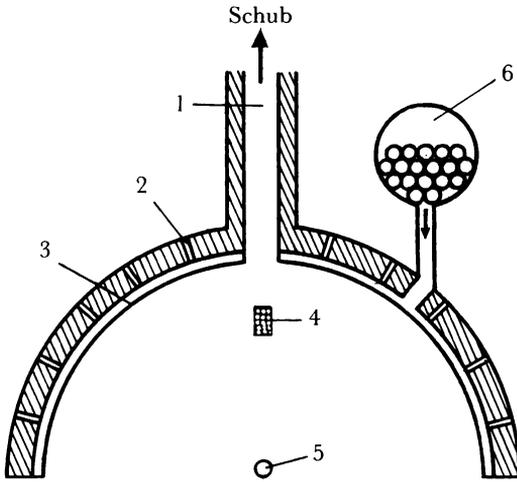
Alles in allem ist es heute vollkommen klar, daß ein Umzug der Menschheit ins Weltall keineswegs bevorsteht. Vielleicht wird die Schaffung erweiterter künstlicher Lebensräume in den kommenden Jahrhunderten tatsächlich eines der großen Menschheitsvorhaben sein. Doch gegenwärtig gibt es keine Chance, derartig gewaltige technische Projekte in Gang zu bringen. Und schon gar nicht erübrigt sich die Lösung der heute vor der Menschheit liegenden dringenden Probleme, weil die Aussiedlung sie angeblich überflüssig macht. Im Gegenteil: Ein so großangelegtes perspektivisches Unternehmen wie das Aussiedlungsprojekt setzt die Lösung der heutigen »irdischen« Probleme geradezu voraus. Warum entwickelt sich die USA-Raumfahrt gegenwärtig weitaus langsamer, als es den Erklärungen und Absichten ihrer führenden Köpfe entspricht? Es ist kein Geheimnis, daß die ständige Eskalation der Hochrüstung immer neue Milliarden von Dollars verschlingt, die friedli-

chen Projekten der Wissenschaft und Technik verlorengehen. Und sollte es der Menschheit nicht gelingen, die Gefahr eines thermonuklearen Krieges zu bannen und die fortschreitende Zerstörung der Umwelt zum Stehen zu bringen, dann wird es künftig mit Sicherheit auch keine Aussiedlung mehr geben. Denn sie setzt ein gesundes internationales Klima einer hochentwickelten Zivilisation voraus, die in internationaler Zusammenarbeit friedliche Vorhaben von Wissenschaft und Technik favorisiert. Die Aussiedlung mag eines der großen Zukunftsabenteuer der Menschheit sein – auch die sowjetischen Autoren Feoktistow und Schklowski halten sie für möglich und wahrscheinlich; doch die These von O' Neill, man müsse aussiedeln, um den irdischen Problemen auf diese Art wirkungsvoll zu entkommen, steht auf dem Kopf: Wir müssen die aktuellen Fragen der Gegenwart lösen, wenn wir überhaupt jemals imstande sein wollen, kosmische Wohnstätten anzulegen und zu bevölkern.

## Triebwerke der Zukunft

Qualitativ neuartige Aufgaben der Raumfahrt erfordern vor allem neuartige Raketentriebwerke. Größere Nutzlasten in kürzester Zeit auf große Geschwindigkeiten zu beschleunigen, das ist eines der erklärten Ziele für die Entwicklung künftiger Triebwerke. Seit längerem bereits werden verschiedene Wege beschritten, um diesem Ziel näherzukommen.

Einen beachtlichen Vorteil vor den bereits weitgehend perfektionierten chemischen Antrieben könnte die Anwendung der Kernenergie-technik bringen. Die Kernenergie würde dabei auf direktem Wege als Wärme auf die zu beschleunigende Teilchenmasse übertragen werden. Ein Arbeitsmedium, z. B. Wasserstoff, wird unmittelbar an den Brennelementen eines Kernreaktors erhitzt und anschließend als Hochtemperaturgas mittels einer Düse entspannt. Der Treibstoff wird also – anders als bei den konventionellen chemischen Triebwerken – thermodynamisch beschleunigt. Man spricht von konvektiven thermischen Fissionstriebwerken. Die technischen Probleme sind allerdings erheblich. Um die erforderlichen hohen Schübe zu erreichen, ist es



Wasserstoffbomben-Triebwerk, vorgeschlagen von F. Winterberg

1 Beschleuniger, 2 Bohrungen für  $H_2$ , 3 Kühlschicht, 4 beschleunigtes Teilchen, 5 Target (Mikro-H-Bombe), 6 Bombenmagazin

notwendig, den Triebwerksreaktor bei etwa 10mal höheren Temperaturen, 100facher Leistung und etwa 1000facher Energiedichte zu betreiben, als dies bei erdgebundenen Leistungsreaktoren üblich ist. Der Reaktor muß binnen weniger Sekunden »hochgefahren« werden können, soll regelbar sein und auch wieder gestartet werden können. Bei den extrem hohen Temperaturen von über 3300 K treten außerdem schwer beherrschbare Material- und Kühlprobleme auf. Außerdem ist ein Kernenergetriebwerk zwangsläufig sehr schwer, so daß ein ungünstiges MasseLeistungs-Verhältnis entsteht. Bislang wurden lediglich aus den USA stationäre Prototypanlagen bekannt. Dort wurde z. B. 1966 erstmals die Anlage NERVA (Nuclear Engine for Rocket Vehicle Applications) in der Wüste Nevada erprobt. 1973 wurden die Experimente infolge Kürzung finanzieller Mittel eingestellt.

Verschiedene Überlegungen gehen dahin, flüssige oder gasförmige Kernbrennstoffe zu verwenden, mit deren Hilfe Ausströmgeschwindigkeiten bis zu 30 000 m/s erreicht werden können.

Vollständig in den Bereich der Utopie fallen bislang nur theoretisch untersuchte sogenannte Atom-Puls-Antriebe und Photonentriebwerke.

Das Prinzip der »Atom-Puls-Rakete« besteht darin, daß ein Raumfahrzeug durch eine periodi-

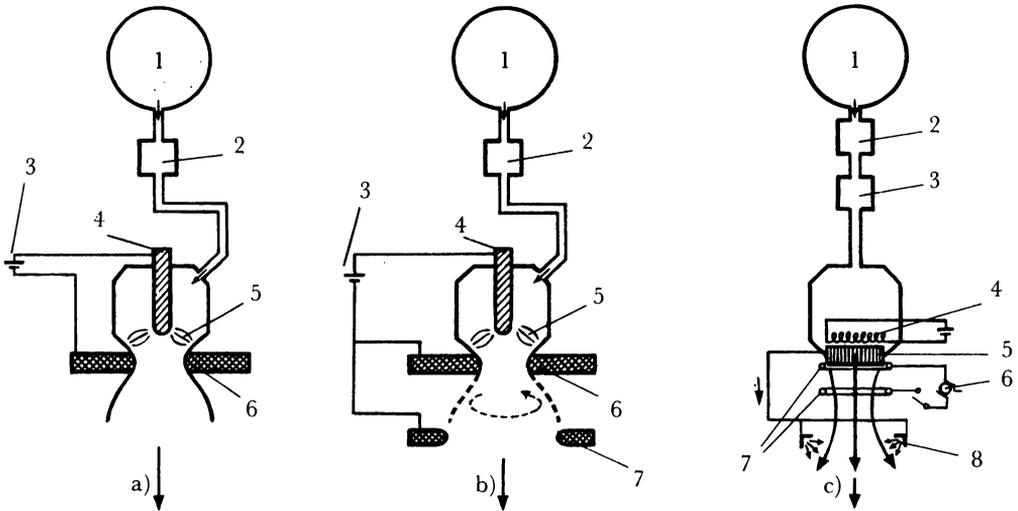
sche Folge von Explosionen kleiner Atombomben hinter einem entsprechend ausgelegten Schutzmantel beschleunigt werden soll. Eine ausgesprühte Stützmasse überträgt den Impuls der Kernreaktion auf das Raumfahrzeug. Bereits in den sechziger Jahren waren in den USA unter strengster Geheimhaltung Versuche mit solchen Antrieben unter der Bezeichnung »Projekt Orion« im Gange.

Der Nachteil besteht in der radioaktiven Verseuchung der jeweiligen Umgebung. Von einem Einsatz beim Start oder in der Nähe der Erde kann daher ohnehin keine Rede sein. Neuerdings hat der amerikanische Professor Friedwardt Winterberg eine Variante des Pulstriebwerkes vorgeschlagen, das mit Mikrowasserstoffbomben arbeitet, die jedoch nicht durch Kernspaltungsbomben, sondern durch Laserstrahlen gezündet werden. Die theoretischen Brennschlußgeschwindigkeiten liegen bei 1600 km/s, woraus sich Schubkräfte bis zu einigen tausend kN ergeben.

Auch von thermischen Fusionsraketen ist – allerdings auch nur auf dem Papier – gelegentlich die Rede. Der Treibstoff heizt sich in diesem Falle am 10 Millionen Grad heißen Fusionsplasma auf und verläßt nach der Entspannung eine entsprechende Düse mit rund 30 km/s.

Schon E. Sänger hatte in seinen theoretischen Arbeiten auch von Photonenraketen gesprochen. Als »Treibstoff« fungieren hierbei »Lichtteilchen« (Photonen), die als Strahl gebündelt das Triebwerk verlassen. Die hierbei entstehenden Schübe sind allerdings bei üblichen Photonengeneratoren, etwa einem starken Scheinwerfer, sehr gering. Erst bei extrem hohen Strahlungsleistungen mit Temperaturen um 30 000 K und mehr kommen Schübe zustande, die für die Lösung von Raumfahrtaufgaben sinnvoll erscheinen. Es lassen sich bislang keine Wege für die technische Realisierung erkennen.

Die thermonuklearen Raketenantriebe kommen möglicherweise in den nächsten Jahrzehnten zur Reife. Die bisher gewonnenen Erkenntnisse über thermonukleare Mikroexplosionen lassen für die beginnenden neunziger Jahre nach Meinung von Experten erste Erfolge erwarten. Sowohl in der UdSSR als auch in den USA und verschiedenen anderen Ländern sind entsprechende Untersuchungen im Gange.



Schema elektrischer Triebwerke (a elektrothermisch, b elektrodynamisch, c elektrostatisch)

Elektrostatische Triebwerke werden auch Ionentriebwerke genannt.

a) 1 - Brennstoff (z. B.  $H_2$ ), 2 - Pumpe, 3 - Spannungsquelle, 4 - Kathode, 5 - Lichtbogen, 6 - Ring-Anode

b) 1 - Brennstoff (z. B.  $H_2$ ), 2 - Pumpe, 3 - Spannungsquelle, 4 - Kathode, 5 - Lichtbogen, 6 - Ring-Anode 1, 7 - Ring-Anode 2

c) 1 - Brennstoff (z. B. Cs, Hg), 2 - Fördersystem, 3 - Verdampfer, 4 - Erhitzer, 5 - Ionisator, 6 - Hochspannungsgenerator, 7 - Elektroden zur Ionenbeschleunigung, 8 - ringförmiger Elektronenemitter (Neutralisator)

Die Auswirkungen auf Raumfahrtmissionen wären außerordentlich bemerkenswert. Die bislang so hochgeschätzten Hohmann-Bahnen für Missionen innerhalb unseres Sonnensystems würden hinfällig werden, da man sich einen energieaufwendigeren Schnelltransport leisten könnte. Ein Raumflugunternehmen bis zum Mars würde nur noch eine Woche beanspruchen, bis zum Jupiter könnte man in einem Monat gelangen.

## Mit Daedalus zur Nachbarsonne?

Der Abstand von einem Planeten unseres Sonnensystems zum anderen ist im Vergleich zu irdischen Maßstäben so groß, daß seine Überwindung mit technischen Hilfsmitteln lange Zeit eine Domäne von Phantasten blieb. Heute ist das anders. Eine Sonde zum Mars, zur Venus oder zum Jupiter mutet uns beinahe alltäglich an und bewegt bestenfalls dann die Gemüter, wenn das Ziel erreicht ist und die Ankunft durch möglichst eindrucksvolle Farbbilder dokumentiert wird. Nicht nur die Distanzen auf unserem Heimatpla-

neten sind durch die Entwicklung der Transporttechnik immer mehr zusammengeschrumpft, auch das Sonnensystem ist »kleiner« geworden im Vergleich mit jenen Zeiten, da wir seine Objekte nur im Okular von Teleskopen betrachten konnten. Stehen wir an der Schwelle zur interstellaren Raumfahrt? Sind am Horizont vielleicht gar die Möglichkeiten für Kreuzfahrten quer durch unsere Galaxis zu erkennen? Immerhin befindet sich die uns im Weltall am nächsten gelegene Sonne bereits rund 300 000mal so weit entfernt wie unsere Sonne von der Erde. Die heute in der Raumfahrt üblichen »Reisegeschwindigkeiten« würden für die Überwindung einer solchen Distanz eine Zeitspanne von rund 50 000 Jahren beanspruchen.

Doch könnten nicht die bereits heute diskutierten qualitativ neuartigen Antriebe der Zukunft eine Lösung des Problems in Aussicht stellen? Gäbe es – solche technischen Möglichkeiten vorausgesetzt – überhaupt eine Motivation für Reisen quer durch die Fixsternwelt?

Vor einigen Jahren wurde durch die »British Interplanetary Society« eine knapp zweihundert Seiten umfassende Studie unter dem Titel »Pro-

ject Daedalus« erarbeitet, die sich mit einem interessanten Fernziel der Raumfahrt beschäftigt, mit einem Flug zu Barnards Stern.

Dieser Fixstern zählt mit 5,91 Lichtjahren Entfernung zu den uns am nächsten gelegenen Sonnen im Weltall. Die Analyse seiner außergewöhnlich hohen Eigenbewegung von 10,31 Bogensekunden pro Jahr läßt darauf schließen, daß Barnards Stern möglicherweise ein Plantensystem aufweist.

Allerdings ist Barnards Stern im Unterschied zu unserer Sonne ein roter Zwergstern, dessen Masse nur etwa 15 % der Masse unserer Sonne ausmacht und dessen Durchmesser mit 250 000 km vergleichsweise deutlich geringer ist. Seine Oberflächentemperatur liegt bei 3 000 K, d. h., sie beträgt den halben Wert, der auf unserer Sonne herrscht. Leben wird man also auf einem der Planeten des vielleicht vorhandenen Sonnensystems kaum erwarten dürfen.

Die Flugmission denken sich die Projektmacher etwa folgendermaßen: Ein nuklearer Pulsantrieb soll das interstellare Raumschiff auf eine Reisegeschwindigkeit zwischen einem Zehntel und einem Sechstel der Lichtgeschwindigkeit beschleunigen. Antriebslos würde es mit bis zu 50 000 km/s auf Barnards Stern zufliegen. Beim Start besteht das gigantische Raumschiff zu 98 % aus Treibstoff. Das Startgewicht beträgt etwa 53 000 t. Nach einigen Jahren Flugzeit hingegen, wenn der Treibstoff aufgebraucht und die Tanks abgesprengt sind, liegt die Masse nur noch in der Größenordnung des 10- bis 40fachen der heutigen Salutstationen.

Das Missionsprofil sieht natürlich allein aus energetischen Gründen keine Rückkehr zur Erde vor. Das Zielgebiet wird im Vorbeiflug nach etwa 52 Jahren Flugzeit passiert. Das Mutterfahrzeug soll einige Jahre vor dem Erreichen von Barnards Stern zahlreiche Sonden ausstoßen, die interessierende Daten zur Erde funken können. Diese treffen sechs Jahre später hier ein, also insgesamt knapp sechzig Jahre nach dem Start von Daedalus.

Natürlich sind sich die Autoren darüber im klaren, daß ein solches Unternehmen keineswegs in der näheren Zukunft verwirklicht werden kann. Eine Fülle heute noch kaum erkannter Probleme harret der Lösung. Allein für die Klärung

der Treibstofffrage werden schier phantastische Vorschläge unterbreitet. Zehntausende Tonnen Deuterium und Helium-3 sollen aus dem Sonnenwind aufgesammelt oder vom »Wasserstoffplaneten« Jupiter beschafft werden.

Die Meinungen der Fachleute zum Projekt Daedalus sind erwartungsgemäß recht unterschiedlich. Einig ist man sich lediglich darüber, daß hier erstmals bis in Details hinein das Vorhaben eines interstellaren Raumflugunternehmens diskutiert wird. Manche Einzelheit ist vielleicht recht realistisch behandelt. Andere Details werfen mehr Fragen auf, als sie beantworten. Kreuzfahren des Homo Sapiens durch die Welt der Fixsterne – das ist jedenfalls kein ausschließliches Thema mehr für Autoren der wissenschaftlichen Phantastik, sondern bereits Gegenstand von Überlegungen phantasiebegabter und vorausdenkender Wissenschaftler. Wer sich mit solch kühnen Zukunftsgedanken angesichts der realen Aufgaben und Probleme, die die Raumfahrt heute hat, schwer anfreunden kann, möge sich an die vagen Vorstellungen und Gedanken erinnern, mit denen die damals verspotteten Pioniere des Sternenflugs noch vor knapp einhundert Jahren aufwarteten. Ihre Gedanken erwiesen sich nicht nur als durchaus realistisch, sondern sie sind heute bereits teilweise durch die Wirklichkeit überholt worden.

Die technische Schöpferkraft des Menschen hat in den letzten Jahrzehnten gerade auf dem Weg ins Weltall Leistungen vollbracht, die wenigen Generationen vor uns noch als Wunder erschienen wären. Doch solche Wunder setzen eine progressive Entwicklung der menschlichen Produktivkräfte voraus. Sie haben nur Sinn, wenn sie dem Wohl des Menschen dienen und wenn sie dazu beitragen, Krieg, Not und Elend, die heute noch ständige Wegbegleiter des Menschen auf diesem Planeten sind, zu beseitigen. Gleichzeitig ist die Orientierung auf eine friedliche Zukunft, auf eine Zusammenarbeit der Völker und Staaten nicht nur die wichtigste Motivation für alle großen Projekte der Zukunft, sondern zugleich die einzig erfolgversprechende Bedingung für ihre Realisierung. Die Raumfahrt läßt großartige Perspektiven für die Zukunft der Menschheit erkennen. Doch alles ist in unsere Hand gegeben.

# Anhang

## Namensverzeichnis

### A

Abul Quasim Abbas Ber Firnas 25  
Agricole, G.A. 28  
Aldrin, E. 133, 134, 135  
Alfon X. 19  
Anaxagoras 17, 21  
Anaximandros 14  
Anders, W. 133  
Archenhold, F.S. 94  
Archimedes 15  
Aristarch von Samos 14, 16  
Aristoteles 15, 16, 23  
Armstrong, N. 133, 134, 135  
Artjuchin, J. 146  
Aryabatha 149  
Assmann, R. 52

### B

Bacon, R. 25, 26, 33  
Baudoin, J. 30  
Bean, A. 145  
Becker, K. 88  
Beljajew, P. 116, 123  
Bellerophon 11  
Berblinger, A.L. 50  
Beregowoi, G. 142  
Bergerac, C. de 29, 30  
Berkner, L. 111  
Bichele, G. 102  
Blanchard, J.P. 49, 52  
Borelli, A. 24, 49  
Borman, F. 133, 144  
Brahe, T. 21  
Brauchitsch, W. 97  
Brand, V. 154, 155  
Braun, W. v. 86, 90, 95, 96, 98, 108, 109, 111, 114,  
130, 132, 136, 140  
Brecht, B. 95, 100  
Breshnew, L. 154  
Büdeler, W. 110  
Bykowski, W. 116, 121, 122

### C

Carpenter, M.S. 121  
Carr, G. 145  
Cayley, G. 54  
Cernan, E. 133  
Chaffee, R. 130  
Charles, J.-A.C. 52  
Chrunow, J. 116, 142  
Cleator, P.E. 74  
Collins, M. 133  
Columbus, C. 26  
Congreve, W. 39, 40, 41, 42  
Cooper, L.G. 121  
Copernicus, N. 16, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 31  
Coulomb, C.A. de 50  
Crippen, R. 159

### D

Däniken, E.v. 12  
Daidalos 8, 12  
Debus, K. 132  
Decartes, R. 24  
Degen, J. 50  
Dobrowolski, G. 143  
Dominik, H. 13, 60, 68  
Dornberger, W. 88, 89, 95, 96, 98, 99, 100  
Dorschner, J. 135  
Dschanibekow, W. 147

### E

Einstein, A. 94  
Eisenhower, D. 111, 129  
Elia 9  
Empedokles 10  
Engel, R. 85  
Engels, F. 10, 19  
Eratosthenes 15  
Esnault-Pelterie, R. 74, 84  
Etana 7, 8  
Euripides 11

### F

Fechtistow, K. 122, 193  
Fjodorow, W.P. 107

Förster, W. 58  
Fo-Kien 51  
Fontana, G. da 34, 36  
Ford, G. 155  
Franklin, B. 52  
Frescheur, F.D. 56  
Fritsch, W. 96

## G

Gagarin, J. 12, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 127, 189  
Gail, O.W. 79, 82  
Galilei, G. 21, 23, 25, 95, 100  
Galle, J.G. 58  
Ganswindt, H. 91, 92  
Ganymed 10  
Garriot, O. 145  
Gauß, K.F. 31  
Gehler, J.T.S. 44  
Gibson, E. 145  
Glenn, J. 120, 121  
Gluschko, W.P. 103, 106, 107, 109  
Goddard, R.H. 76, 77, 78, 79, 104  
Godwin, F. 28, 29, 30  
Goethe, W. 20  
Gonzales, D. 28, 57  
Gorbatko, W. 116  
Graecus, M. 32  
Graham, D. 159  
Greg, P. 60  
Gretschko, G. 147  
Grissom, V. 120, 124, 130  
Gromyko, A. 184  
Guggenheim, D. 79  
Guzman, D. 51

## H

Haas, K. 36, 38, 39, 183  
Haise, F. 134  
Hale, E.E. 140  
Hale, W. 40, 41  
Halley, E. 24  
Harbou, T.v. 74  
Heichen, W. 57  
Heinisch, K. 88  
Helios 11  
Henoch 9  
Hermes 11  
Hesekiel 9  
Hesiod 11, 12

Heylandt, P. 82  
Hipparch 15  
Hitler, A. 97, 99, 104  
Hoeffft, F. 75  
Hohmann, W. 73, 82  
Hooke, R. 24  
Hückel, H.A. 85

## I

Ikaros 8, 10, 25  
Ishtar 16  
Iwan III. 25

## J

Jeffries, J. 52  
Jegorow, B. 122  
Jelissejew, A. 142  
Johnson, L. B. 112, 113  
Junkers, H. 56, 82, 83, 84, 85

## K

Kahl, E. 45, 46  
Kant, I. 31  
Kargalitzki, J. 61  
Karpow, A. 117  
Kennedy, J.F. 127, 129, 130  
Kepler, J. 21, 22, 23, 24, 28, 60  
Kerwin, J. 145  
Kibaltschitsch, N. I. 90, 91, 92  
Klejmenow, I. T. 104  
Klimuk, P. 146  
Köhler, H.E. 193  
Komarow, W. 116, 122, 141  
Konrad, C. 145  
Konstantinow, K.I. 44  
Koroljow, S.P. 103, 104, 106, 107, 117  
Korowin, E.A. 183  
Kramer 182  
Krasser, F. 68  
Kryakuni 52  
Kronecker, L. 58  
Kubasow, W. 154  
Kumerow, H.H. 99  
Kummer, E. 58  
Kyeser, K. 33

## L

Lafargue, P. 130  
Lalande, J.J. 49, 50

Lana, F. 56  
 Lang, F. 74, 75, 76, 82  
 Laßwitz, K. 13, 58, 60, 61, 79, 80  
 Laval, C. G. 47  
 Lavoisier, A. L. 52  
 Leibnitz, G. W. 56  
 Leonow, A. 116, 123, 141, 154, 155  
 Lenin, W. I. 67, 101, 112, 127  
 Ley, W. 73, 79, 83, 88  
 Lilienthal, G. und O. 54  
 Lorenz, H. 74  
 Lousma, J. 145  
 Lovell, J. 133, 134, 144  
 Lowitsch, A. 94, 100  
 Ludwig XV. 43  
 Lukian von Samosate 9, 10, 21, 22, 30  
 Luther, M. 19

## M

Magnus, A. 33  
 Makarow, O. 147  
 Mandl, V. 183  
 Mann, T. 84  
 Marduk 16  
 Marx, K. 12, 187  
 McElroy, N. III  
 Medaris III  
 Menippos 10, 11  
 Merbold, U. 153  
 Mestscherski, I. W. 64  
 Minos 8  
 Montgolfier, J. E. und J. M. 52  
 Mourier, F. P. F. v. 43  
 Müller, J. (Regiomontan) 19  
 Münchhausen 30

## N

Napoleon 28, 40  
 Nebel, R. 79, 80, 86, 87, 88, 89, 90, 94  
 Nergal 16  
 Nero 25  
 Newton, I. 21, 23, 24, 25, 44, 46  
 Nikolajew, A. 116, 121, 122, 142  
 Nobel, A. 47

## O

Oberth, H. 68, 69, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78,  
 79, 80, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 98, 115, 140,  
 180

Öptik, E. 102, 163  
 Offenbach, J. 58  
 O'Neill, G. K. 190, 192, 193  
 Opel, F. v. 80

## P

Pandora 100  
 Pazajew, V. 143  
 Perelman, J. I. 104, 106  
 Peter I. 42  
 Pfaal, H. 54  
 Phaeton II  
 Phillaos 17  
 Piccard, A. 52  
 Piccard, J. 52  
 Pirquet, G. v. 84  
 Plutarch 10  
 Pobedoneszew, J. A. 104  
 Poe, E. A. 53, 54, 57  
 Pogue, W. 145  
 Popowitsch, P. 116, 121, 146  
 Potocnik, H. (Nordung) 140  
 Power 127  
 Prometheus 100  
 Ptolemäus, C. 15, 16, 18, 19, 24  
 Pythagoras 17, 31

## R

Rasumow, W. W. 104  
 Reagan, R. 180, 182  
 Richthofen, W. 96  
 Riedel, K. 82, 86, 90  
 Ritter, I. 86  
 Romanenkow, J. 147  
 Ruggien, C. F. 43  
 Rukawischnikow, N. 142  
 Ruppe, H. O. 190  
 Russl, R. 112  
 Rynin, N. A. 79, 84, 101, 104

## S

Sänger, E. 94, 107, 194  
 Sänger-Bredt, I. 13  
 Sander, F. W. 80  
 Sassjadko, A. D. 42  
 Schatalow, W. 142  
 Schiaparelli, G. K. 60, 163  
 Schirra, W. 121, 131  
 Schklowski, J. S. 193

Schmidl, F. 88  
 Schonin, G. 116  
 Schwartz, B. 33  
 Sedow, L.J. 110  
 Sewastjanow, W. 142, 146  
 Shamash 16  
 Shaw, G.B. 84  
 Shepard, A. 120  
 Siemienowicz, K. 39  
 Sin 16  
 Slayton, D. 154  
 Sokolow, A. 123  
 Stafford, T. 133, 154, 155  
 Stalin, J. W. 67, 109  
 Staver, R. 108  
 Swigert, J. 134

T

Thales von Milet 16, 17  
 Tereschkowa, W. 121, 122  
 Tichomirow, N.J. 102, 103  
 Tichonrawow, M. K. 103  
 Tiling, R. 88  
 Titow, G. 116, 117, 118, 120, 141  
 Tofty, H. 108  
 Tolstoi, L. 91  
 Tscheranowski, B.J. 104, 106  
 Tschijewsky, A. 70  
 Truman, H. 109

U

Unge, W.T. 47

V

Valier, M. 72, 73, 74, 75, 79, 80, 82, 83, 89  
 Verne, J. 13, 57, 58, 60, 61, 63, 68, 76, 82  
 Voltaire (Arouet, F.-M.) 10

W

Weierstraß, K. 58  
 Weitz, P. 145  
 Wells, H.G. 61  
 Wettschinkin, W.P. 101, 104  
 White II, E. 130  
 Wilkins, J. 29  
 Winkler, J. 78, 79, 82, 83, 84, 85, 86, 89  
 Wolkow, W. 143  
 Wolynow, B. 116, 142  
 Wright, O. 54  
 Wright, W. 54, 56

Y

Young, J. 124, 133, 159

Z

Zander, F.A. 67, 100, 101, 102, 104  
 Ziolkowski, K.E. 46, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68,  
 70, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 91, 92, 93, 94, 95, 100,  
 101, 102, 104, 115, 140, 183, 187, 190

