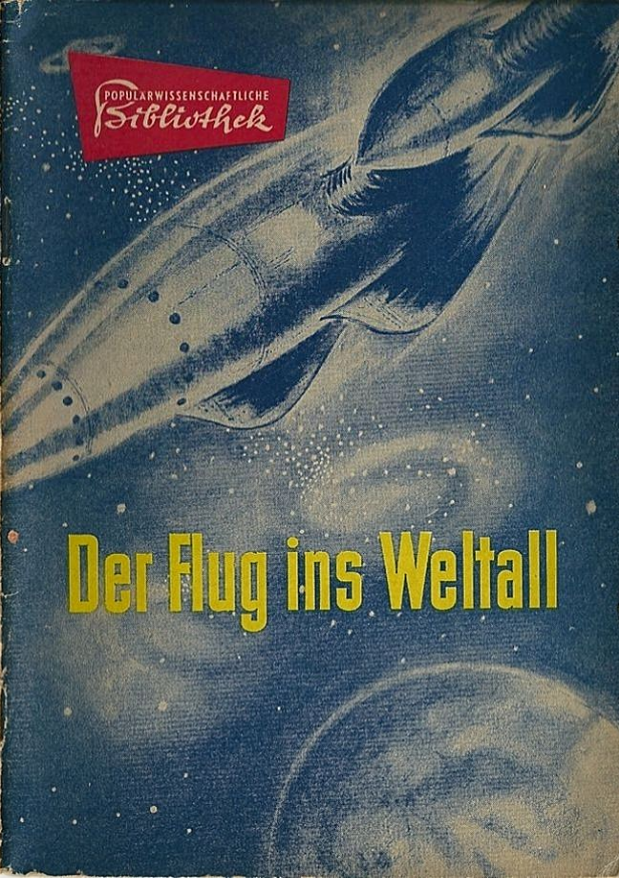




POPULARWISSENSCHAFTLICHE
Sbibliothek

Der Flug ins Weltall

A. A. STERNFELD

DER FLUG
INS WELTALL

VERLAG DES
MINISTERIUMS FÜR NATIONALE VERTEIDIGUNG
BERLIN 1956

Titel der Originalausgabe:

„Межпланетные полёты“

Moskau 1955

Umschlaggestaltung: H. Musculus

Alle Rechte vorbehalten

Verlag des Ministeriums für Nationale Verteidigung

Liz.-Nr. 5/II

Gesamtausführung:

Druckerei des Verlages des Ministeriums für Nationale Verteidigung



Der Raumflug — vom Märchen zur Wirklichkeit

Jahrhunderte galt die Reise zu anderen Himmelskörpern als ein unerfüllbarer Traum. Immer wieder entstanden Sagen vom Flug in den Weltenraum und vom Besuch der Bewohner anderer Welten auf unserer Erde.

Die Mythologie des griechischen Altertums ist besonders reich an solchen Sagen. In der Ikaros-Sage wird erzählt, daß Ikaros an seinem Rücken Flügel aus Federn mit Wachs befestigte und so nahe an die Sonne heranflug, daß das Wachs zerschmolz. Ikaros stürzte ins Meer und ertrank.

Eine andere Sage berichtet, wie der berühmte griechische Feldherr Alexander der Große versuchte, in einem Gefährt, vor das Adler gespannt waren, in den Himmel zu fliegen.

In einer chinesischen Sage heißt es, daß Chinesen von der Erde auf den Mond geflogen sind.

Aus dem Mittelalter ist uns das indische Epos „Ramajana“ bekannt, das dem Wunsch der Menschen, in den Himmel zu fliegen, Ausdruck verleiht. In diesem Epos macht der Held eine Reise durch den Himmel.

In der Renaissance-Zeit erwachte das Interesse für die phantastischen Flüge über die Grenzen der Erde hinaus von neuem. Aber je mehr der Mensch die ihn umgebende Natur erkannte, desto mehr mußten auch die Märchen und Sagen wissenschaftlichen Hypothesen Platz machen.

In das XVII. Jahrhundert gehören die ersten technischen Pläne zur Herstellung einer Verbindung zwischen der Erde und anderen Himmels-

körpern. Doch fehlte diesen Projekten noch immer die wissenschaftliche Grundlage.

Einen Hinweis über die Möglichkeit des Raumfluges in einer Maschine finden wir bei dem englischen Gelehrten Wilkins in seinen „Gedanken über eine neue Welt und über einen anderen Planeten“. Noch weiter ging der französische Schriftsteller Cyrano de Bergerac. Lange vor der Erfindung des ersten Flugzeuges sprach er von der Möglichkeit, Raketen für Raumflüge zu verwenden. Wir haben von ihm sogar die Darstellung eines ganz einfachen Raketenflugzeuges.

Das XIX. Jahrhundert bringt uns eine Reihe phantastischer Romane über interplanetare Reisen. Jules Verne schießt seine Helden mit einer Kanone auf den Mond. Aber er stellt die Lebensbedingungen in dem Mondgeschoß nicht richtig dar, denn die Insassen hätten im Augenblick des Abschusses eigentlich zerquetscht werden müssen.

Am Anfang unseres Jahrhunderts waren die phantastischen Romane des Engländers Wells, des Russen A. Bogdanows und später auch A. Tolstois und A. Beljajews, die von den Bewohnern anderer Welten handelten, sehr beliebt.

Romane und Erzählungen über Weltraumreisen haben aber nicht nur Schriftsteller geschrieben, sondern auch Wissenschaftler, wie zum Beispiel K. E. Ziolkowski.



Heute hat sich die Wissenschaft vom Raumflug – die *Astronautik*¹ – bereits einen festen Platz unter den übrigen Wissenschaften erobert. Ihre Geschichte ist zugleich auch die Geschichte der verschiedensten Gebiete der Wissenschaft und Technik. Die Astronautik ist undenkbar ohne die Astronomie, ohne die Lehre des Nikolaus Kopernikus vom Aufbau des Sonnensystems.

Während Kopernikus nachwies, daß sich die Planeten nicht um die Erde, sondern – wie die Erde selbst – um die Sonne bewegen, stellte Kepler die Gesetze der Planetenbewegung auf und Newton die Hauptgesetze der *Himmelsmechanik* – der Wissenschaft von der Bewegung der Himmelskörper. Newton beschäftigte sich auch mit dem Gedanken, ein Geschoß in einen Miniatur-„Mond“, in einen *künstlichen Erdtrabanten*

¹ Das gleiche wie Kosmonautik; abgeleitet von den griechischen Wörtern „astron“ = Himmelskörper, „kosmos“ = Weltenraum, und „nautika“ = alles, was sich auf die Schifffahrt bezieht.

zu verwandeln und einen Körper von der Erdoberfläche in die Unendlichkeit zu entsenden.

Die Lehre des Kopernikus und die Gesetze Keplers und Newtons sind von außerordentlich großer Bedeutung für die Astronautik, denn die Raumschiffe sind in gewissem Sinne Himmelskörper, die wie der Mond, die Erde und die übrigen Planeten ganz bestimmten Bahnen folgen und dabei den gleichen Gesetzen unterliegen werden wie sie.

Die Entwicklung der Astronomie und der Raketentechnik schufen für die Entstehung der Astronautik die Voraussetzungen.

Verweilen wir etwas bei der Geschichte der Rakete.

Schon in alten Zeiten dienten Pulverraketen in China als Volksbelustigung an großen Festtagen. Im Mittelalter wurden Raketen nicht mehr allein zu Vergnügungszwecken verwandt; man benutzte sie auch als Kampfmittel. Am Ende des XVI. Jahrhunderts treffen wir bereits auf Beschreibungen und Zeichnungen von komplizierten mehrstufigen Raketen, in der Mitte des XVII. Jahrhunderts sogar schon auf die ersten Zeichnungen von Raketen, die mit Stabilisierungsflächen ausgerüstet sind.

Die Theorie der Bewegung einer Rakete im interplanetaren Raum wurde von K. E. Ziolkowski (1857–1935) ausgearbeitet, den man den Vater der Astronautik nennt. Von ihm stammt das erste Schema einer Rakete, die mit flüssigem Brennstoff angetrieben wird. Nachfolger und Fortsetzer seines Werkes waren neben anderen F. A. Zander (1887–1933) und J. W. Kondratjuk (1942 gest.).

Auch viele ausländische Pioniere dieser Wissenschaft, zum Beispiel Esnault-Peltier (Frankreich), Oberth (Deutschland), Goddard (USA) und Sänger (Deutschland) sowie Gesellschaften für interplanetaren Flug (die Britische u. a.), haben viel zur Entwicklung der Astronautik getan.

Goddards Flüssigkeitsrakete erreichte 1929 eine Höhe von 300 Metern. Die erste sowjetische Flüssigkeitsrakete, die von M. K. Tichonrawow konstruiert worden war, stieg im Jahre 1933 auf.

Die stürmische Entwicklung der Raketentechnik veranschaulichen folgende Zahlen. In den dreißiger Jahren waren 13 Kilometer die Rekordflughöhe einer einfachen Flüssigkeitsrakete, im Jahre 1952 217 Kilometer und im Jahre 1954 254 Kilometer.

Die komplizierteren mehrstufigen Raketen stiegen natürlich noch höher: im Jahre 1949 rund 400 Kilometer, im Jahre 1953 etwas über 500 Kilometer. Heute beträgt die größte Höhe mehr als 1000 Kilometer. Selbstverständlich ist dies gegenüber den Entfernungen, die unseren Planeten von anderen Himmelskörpern trennen, noch sehr wenig. Schon

der Mond ist mehrere hundertmal und der nächste Planet sogar mehrere zehntausendmal weiter von uns entfernt. Aber dennoch sind die Leistungen der Raketentechnik sehr bedeutend.

Man brauchte zum Beispiel die Geschwindigkeit einer modernen Rakete nur auf etwa das Doppelte zu steigern, damit sie sich in einen künstlichen Erdtrabant verwandelt. Dieses Ziel wollen die sowjetischen Wissenschaftler noch 1956 erreichen. Noch einen Schritt weiter – Erhöhung der Geschwindigkeit auf das Dreifache – und die Rakete reißt sich aus den Fesseln der Erdanziehung los und fliegt zum Mond.

Praktisch ist dies jedoch nicht so leicht durchführbar. Um solche Geschwindigkeiten zu erreichen, muß die Rakete noch wesentlich leichter sein, einen größeren Nutzkoeffizienten haben, höhere Temperaturen und größere Drücke aushalten als bisher. Auf die Lösung dieser Aufgaben konzentrieren heute die Ingenieure und Wissenschaftler ihre Aufmerksamkeit.

Viele meinen, daß zur Verwirklichung des interplanetaren Fluges eine Revolution in der Technik nötig sei. Das verhält sich nicht so. Schrittweise dringt der Mensch immer weiter in den interplanetaren Raum vor. Es ist in dieser Richtung bereits Beachtliches geleistet worden. Die Leistungen auf dem Gebiet des Raketenbaus, der Funkfernsteuerung, der physikalischen und biologischen Wissenschaften geben Grund zu der Annahme, daß die Menschheit kurz vor der Verwirklichung des Raumfluges steht.

Für die Astronautik interessieren sich heute nicht nur die Fachleute, sondern auch breite Kreise der Öffentlichkeit. In den Jahren nach dem Kriege sind in mehr als zwanzig Ländern astronautische Gesellschaften entstanden.

In der Sowjetunion wurden die ersten astronautischen Zirkel vor mehr als dreißig Jahren gegründet. Am Anfang des Jahres 1954 wurde die Sektion Astronautik beim Zentralen Fliegerklub der UdSSR „W. P. Tschkalow“, in der sich die begeisterten Anhänger des interplanetaren Fluges zusammengefunden haben, gebildet. Von der Akademie der Wissenschaften der UdSSR wurde vor kurzem die Zwischenbehördliche Kommission für interplanetaren Verkehr geschaffen und die Ziolkowski-Medaille zur Förderung der Forschungen auf diesem Gebiet gestiftet. Alles dies wird zweifellos zur schnellstmöglichen Lösung des Problems des Raumfluges beitragen.

In unserer Broschüre werden wir kurz über die realen Möglichkeiten berichten, die in unserer Zeit für den interplanetaren Flug bestehen.

I. Das Raumschiff

1. Was den Weltraumflug erschwert

Werfen Sie einen Blick auf den Plan unseres Sonnensystems (Abb. 1), dessen Räume die Raketen-schiffe durchfliegen werden.

Die Erde ist einer der neun großen Planeten des Sonnensystems. Mit einer ungeheuren Geschwindigkeit rotiert sie im luftleeren Raum auf ihrer fast kreisförmigen Bahn in einem Abstand von rund 150 Millionen

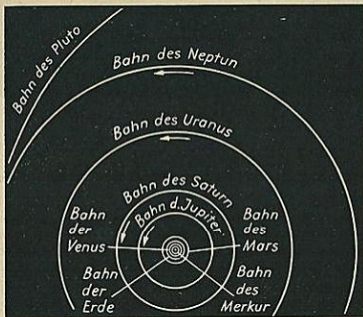


Abb. 1 Das Sonnensystem

Kilometern um die Sonne. Dieser Abstand gilt als eine *astronomische Einheit*. Etwa in der Ebene der Erdbahn bewegen sich auch die übrigen großen Planeten sowie eine große Zahl kleinerer Planeten – der *Asteroiden*. Die Abbildung 2 zeigt das relative Größenverhältnis zwischen der Sonne und den Planeten.

Der interplanetare Raum wird von der Bahn des am weitesten entfernten Planeten, des Pluto, begrenzt, dessen Abstand von der Sonne rund 6 Milliarden Kilometer beträgt. Durch diesen grenzenlosen Raum,

die mächtige Sonnenanziehung meidend oder ausnutzend, die schweifenden Meteorkörper und die Scharen der Asteroiden umgehend, werden die Raumschiffe ihren Weg suchen müssen.

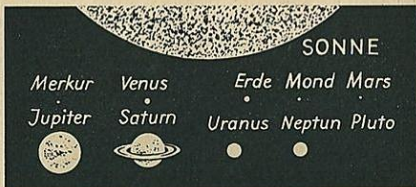


Abb. 2 Die Größenverhältnisse der Sonne, der Planeten und des Mondes

Was erschwert uns, den Flug in den Weltenraum Wirklichkeit werden zu lassen?

Erst einmal die Massenanziehung. Alles, was sich auf der Erde befindet, wird von ihrem Zentrum angezogen. Aber nicht nur die Erde, sondern jeder Körper – sei es ein Sandkorn oder ein Riesenstern – besitzt diese Eigenschaft der Materie, die wir Massenanziehung nennen. Alle Gegenstände in unserer Umgebung ziehen einander an, wir bemerken es nur nicht, weil die Größe der anziehenden Kräfte sehr gering ist. Die Anziehungskraft der Erde dagegen spüren wir ständig.

Wenn es die Massenanziehung nicht gäbe, würden alle Gegenstände von der Erde in den Weltenraum hinausfliegen, die Erde würde sich von der Sonne, der Mond von der Erde unendlich weit entfernen. Die Massenanziehung erschwert auch den Raumflug.

Kann eine Rakete sich von der Erde losreißen und nicht wieder an ihre Oberfläche zurückkehren?

Ja, das kann sie. Stellen wir uns einmal vor, auf einem Berg, der so hoch ist, daß dort die Luft die Bewegung der Rakete nicht mehr hemmt, befindet sich ein horizontaler Startplatz (Abb. 3). Von diesem startet mit einer ganz bestimmten Geschwindigkeit eine Rakete. Sie beschreibt

einen steilen Bogen und fällt dann in einiger Entfernung vom Berg nieder. Verdoppeln wir den Brennstoffvorrat, dann nehmen Geschwindigkeit und Flugweite zu, und die Flugbahn der Rakete wird flacher. Aber man könnte die Geschwindigkeit der Rakete auch so steigern, daß die Krümmung ihrer Flugbahn der Krümmung der Erdoberfläche gleich ist. In diesem Fall fliegt sie einmal um die ganze Erde herum und tritt



Abb. 3 Mit zunehmender Geschwindigkeit nimmt die Flugweite zu und die Krümmung der Flugbahn ab. Wenn die Rakete die Kreisgeschwindigkeit erreicht hat (oberste Flugbahn), fliegt sie parallel der Erdoberfläche und wird zum Trabanten der Erde

dann die gleiche Reise noch einmal an. Und das wiederholt sich immer wieder von neuem. So ist die Rakete wie der Mond ein Trabant unseres Planeten geworden und fällt nie wieder auf seine Oberfläche zurück.

Die minimale Geschwindigkeit, bei der ein Körper anfängt, um die Erde zu kreisen, ohne auf ihre Oberfläche zurückzufallen, heißt *erste astronautische Geschwindigkeit* oder *Kreisgeschwindigkeit*.

Warum fällt ein Körper bei dieser Geschwindigkeit nicht auf die Erde zurück?

Wenn ein Flugzeug die Erde auf der Linie des Äquators oder eines Meridians umfliegt, dann wirkt die Fliehkraft auf das Flugzeug ein, und zwar um so stärker, je höher die Geschwindigkeit ist. Diese Kraft wirkt der Schwerkraft entgegen, die Fliehkraft will das Flugzeug von der Erde losreißen. Bei geringen Geschwindigkeiten ist die Fliehkraft fast kaum wahrnehmbar, aber bei einer Geschwindigkeit von 7,9 Kilometern in der Sekunde wird sie gleich der Schwerkraft und gleicht sich mit ihr aus. Das eben ist die erste astronautische Geschwindigkeit. Ohne

den Luftwiderstand würde ein Flugzeug, das diese Geschwindigkeit erreicht hat, bei abgestelltem Motor unaufhörlich um die Erde kreisen. Es wäre ein künstlicher Trabant der Erde geworden.

Aber welche Geschwindigkeit muß ein Körper haben, um die Erdanziehung zu überwinden und in den Weltraum zu fliegen?

Um diese Frage beantworten zu können, müssen wir uns mit der Wirkung der Massenanziehung näher befassen.

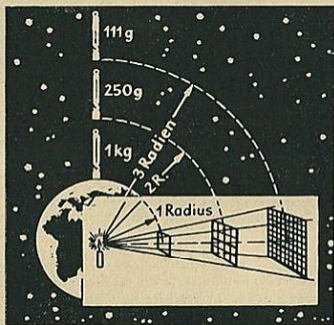


Abb. 4 Die Anziehungskraft der Erde nimmt — wie bei den übrigen Himmelskörpern — proportional der Entfernung von ihrem Zentrum ab

Die Anziehungskraft der Erde nimmt — wie bei den übrigen Himmelskörpern — proportional der Entfernung von ihrem Zentrum ab. Sie wird ebenso schnell schwächer, wie die Helligkeit eines Gegenstandes proportional der Entfernung von der Lichtquelle, das heißt umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung abnimmt (Abb. 4). Mit anderen Worten, im doppelten Abstand vom Erdmittelpunkt beträgt die Anziehungskraft nur noch ein Viertel, im dreifachen Abstand nur noch ein Neuntel usw.

Um einen Körper von der Anziehung der Planeten zu befreien, müssen wir die gleiche Arbeit vollbringen, die dazu nötig wäre, den Körper auf eine Höhe zu heben, die dem Radius des Planeten gleich ist, wenn man annimmt, daß die Schwerkraft sich nicht mit der Entfernung des Körpers vom Zentrum des Planeten verändert. Diese Energiemenge kann man einem Körper vermitteln, wenn man ihm in der Nähe der Erdoberfläche eine bestimmte Geschwindigkeit verleiht. Wenn der Körper diese Geschwindigkeit besitzt, würde er sich auf dem Ast einer Parabel entlang bewegen (Abb. 5). Daher rührt die Bezeichnung dieser



Abb. 5 Die Flugbahnen der Raumschiffe

Geschwindigkeit: *parabolische Geschwindigkeit* oder *zweite astronautische Geschwindigkeit*. An der Erdoberfläche beträgt diese Geschwindigkeit 11,2 Kilometer in der Sekunde.

Wenn man einem Körper eine Geschwindigkeit mitteilt, die größer ist als die Kreisgeschwindigkeit, aber geringer als die parabolische Geschwindigkeit, fängt er an, sich auf einer elliptischen Bahn zu bewegen. Wenn die Geschwindigkeit dagegen größer als die parabolische Geschwindigkeit ist, wird die Flugbahn des Körpers den Ast einer Hyperbel darstellen (Abb. 5).

Der Einfachheit halber haben wir angenommen, daß der Körper nur der Anziehungskraft der Erde ausgesetzt ist. In Wirklichkeit aber wirkt auch die Anziehungskraft der Sonne auf ihn ein. Wie Berechnungen zeigen, muß man dem Körper eine Geschwindigkeit von mindestens 16,7 Kilometern in der Sekunde geben, damit er gleichzeitig von der Anziehungskraft der Erde und der Sonne befreit wird. Das ist die sogenannte *dritte astronautische Geschwindigkeit*.

Die erste, zweite und dritte astronautische Geschwindigkeit zu erreichen, das ist die Aufgabe der Astronautik.

2. Die Rakete — das Urbild des Raumschiffes

Es wird heute allgemein anerkannt, daß der Motor des Raumschiffes die Rakete sein wird. Ein solches Raumschiff kann sich im luftleeren Raum bewegen, da ihm die von der Rakete ausgestoßenen Gase als Stütze dienen. Für die Insassen ist die Bewegung der Rakete ungefährlich, denn im Gegensatz zu einem Geschoß nimmt die Rakete allmählich an Geschwindigkeit zu. Daher sind die Belastungen beim Abflug verhältnismäßig gering und werden den Raumfliegern nicht schaden.

Da die Fluggeschwindigkeit innerhalb der Atmosphäre relativ gering ist, wird das Raumschiff mit dem Raketenmotor keinen großen Luftwiderstand erfahren, und die Erwärmung infolge der Luftreibung wird unwesentlich sein.

Mit Hilfe des Raketenmotors kann man die Bewegung des Raumschiffes im luftleeren Raum beschleunigen oder verlangsamen und notfalls auch die Flugrichtung ändern.

Nach welchem Prinzip bewegt sich eine Rakete?

Bekanntlich schlägt ein Gewehr nach dem Abdrücken den Schützen an die Schulter. Das kommt daher, daß die Gase, die beim Verbrennen des Pulvers entstehen, mit gleicher Stärke sowohl auf die Patrone als auch auf das Gewehr stoßen. Aber da die Masse des Gewehrs weit größer ist als die Masse der Patrone, wird das Gewehr nur mit einer geringen Geschwindigkeit abgestoßen. Diese Erscheinung erklärt sich aus einem der Grundgesetze der Mechanik: aus dem Gesetz der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung (Reaktion). Die Bewegung, die durch die Wirkung der Reaktionskraft ausgelöst wird, heißt *reaktive Bewegung*.

Pulverraketen, wie man sie beim Salut abschießt, eignen sich nicht als Antrieb eines Raumschiffes. Beim Verbrennen des Pulvers dieser Raketen entsteht ein sehr hoher Druck. Um diesen Druck auszuhalten, muß die

Rakete superstabil, also sehr schwer sein. Außerdem läßt sich der Pulververbrauch während des Fluges ebensowenig regulieren, wie die Flamme einer Kerze. Man kann das Verbrennen des Pulvers nicht stoppen und den Motor nicht abstellen, wenn dies nötig wird.

Diese Mängel besitzen die sogenannten *Flüssigkeitsraketen* nicht, die in der modernen Technik allgemein angewendet werden.

Wie aus der Abbildung 6 ersichtlich ist, hat die Flüssigkeitsrakete zwei Tanks: in dem einen befindet sich der *Brennstoff*, zum Beispiel Äthylalkohol, in dem anderen der *Sauerstoffträger*, zum Beispiel flüssiger Sauerstoff.

Zwei von einer Turbine getriebene Pumpen befördern nach und nach

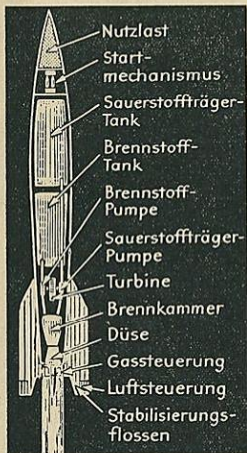


Abb. 6 Die Flüssigkeitsrakete

beide Flüssigkeiten in eine Spezialkammer, wo sich zwischen dem Treibstoff und dem Sauerstoffträger eine chemische Reaktion ereignet (der flüssige Brennstoff verbrennt). Die hierbei entstehenden Gase strömen aus der Kammer hinaus, und durch den Rückstoß fliegt die Rakete vorwärts.

Für die Stabilität der Bewegung sowohl der Pulver- als auch der Flüssigkeitsrakete sorgen Stabilisierungsflossen und Steuerungen.

Aber nun ist die Rakete über die Grenzen der Erdatmosphäre hinausgefliegen. Ihren weiteren Weg legt sie im luftleeren Raum zurück. Die Stabilisierungsflossen und Steuerungen eignen sich jetzt nicht mehr zum Steuern. Wie wird nun die Rakete gesteuert? Dieses Problem hat K. E. Ziolkowski gelöst. Er schlug vor, im Strahl der ausströmenden Gase Steuerungen anzubringen. Diese sogenannten Gassteuerungen können zur Richtungsänderung im luftleeren Raum benutzt werden.

Wovon hängt die Geschwindigkeit einer Rakete ab?

Außerhalb des Anziehungsbereichs, im luftleeren Raum, wird sich die Rakete um so schneller bewegen, je mehr Brennstoff sie verbraucht und je größer die Geschwindigkeit der ausströmenden Gase ist. Daher benutzt man solche Brennstoffe, die den ausströmenden Gasen die größte Geschwindigkeit erteilen. Von diesem Gesichtspunkt aus ist Wasserstoff mit Sauerstoff außerordentlich geeignet. Jedoch ist der Wasserstoff selbst in flüssiger Form leicht und braucht weitaus größere Tanks als anderer Brennstoff. Außerdem kocht er schon bei einer Temperatur von 253 Grad Celsius.

Besser eignet sich Hydrazin mit Salpetersäure (chemische Verbindung von Stickstoff und Wasserstoff). Diese Flüssigkeit – sie ist schwerer als Wasser – kann man in kleineren Tanks unterbringen, und der Umgang mit ihr bereitet keine Schwierigkeiten.

In den Flüssigkeitsraketenmotoren verwendet man als Brennstoff auch Petroleum, Benzin, Terpentin, Paraffin und anderes. Als Sauerstoffträger kann Chlorsäure, Wasserstoffsuperoxyd und anderes benutzt werden.

Die thermochemischen (gewöhnlichen) Brennstoffe ergeben eine Ausströmgeschwindigkeit der Gase von 2,5 Kilometer in der Sekunde. Doch besteht Grund zu der Annahme, daß sich diese Geschwindigkeit auf 4 Kilometer in der Sekunde steigern läßt. Dies erleichtert die Konstruktion eines Raumschiffes.

Es gibt noch ein anderes Verfahren, die Geschwindigkeit einer Rakete und ihre „Deckenhöhe“ zu vergrößern. Die Rakete wird, bevor sie zündet, mit Hilfe einer anderen Rakete, einer Hilfsrakete, beschleunigt. Bei Brennschluß löst sich die Hilfsrakete automatisch und kommt an einem Fallschirm auf die Erde zurück. Dann zündet die Hauptrakete. Sie befindet sich im Augenblick der Zündung bereits in einer gewissen

Höhe und besitzt eine bestimmte Geschwindigkeit, wodurch sie höher steigen kann als eine gewöhnliche Rakete. Diese komplizierte Rakete heißt mehrstufige Rakete (Stufenrakete) (Abb. 7). Wenn man die Zahl der Stufen (der Hilfsraketen) vergrößert, kann man eine weitere Steigerung der Geschwindigkeit der Rakete und der von ihr erreichbaren Flughöhe (oder Flugweite) erzielen.

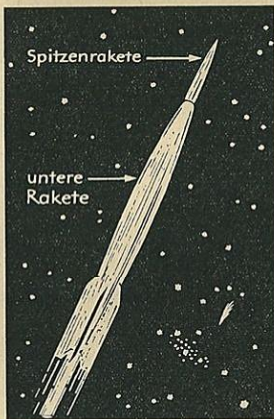


Abb. 7 Die Stufenrakete

Die Praxis der letzten Jahre hat gezeigt, daß man als Hilfsraketen am besten Pulverraketen benutzt, da ihre Schubkraft gegenüber ihrem Eigengewicht sehr groß ist. Wahrscheinlich können diese Raketen auch dazu benutzt werden, einem Raumschiff die Anfangsbeschleunigung zu geben.

auftreten. Hierzu braucht man ein Material, das diese Strahlungen absorbiert und außerdem sehr leicht ist, da sich jede zusätzliche Belastung stark auf den Aktionsradius der Rakete auswirkt.

3. Die Konstruktion des Raumschiffes

Die Konstruktion des Raumschiffes richtet sich danach, wozu es bestimmt ist. Ein Raumschiff, das auf dem Mond landen soll, wird sich sehr von einem Raumschiff unterscheiden, das den Mond nur umfliegen soll; ein Raumschiff für einen Flug zum Mars muß anders gebaut werden als ein Raumschiff, dessen Ziel die Venus sein soll; auch wird ein Raketenraumschiff mit thermochemischem Brennstoff wesentlich anders aussehen als ein Atomraumschiff.

Das Raumschiff gleicht einem Unterseeboot: hier wie dort muß die Besatzung in einer hermetisch geschlossenen Kabine leben. Zusammensetzung, Druck, Temperatur und Feuchtigkeit der Luft im Innern der Kabine werden von Spezialapparaten geregelt werden. Doch ein Vorzug des Raumschiffes gegenüber dem Unterseeboot ist der geringere Unterschied zwischen dem Außendruck und Innendruck der Kabine. Je geringer aber dieser Unterschied ist, desto dünner dürfen die Wände des Rumpfes sein.

Zur Heizung und Beleuchtung der Kabine des Raumschiffes kann man die Sonnenstrahlung benutzen. Die Verkleidung des Raumschiffes hält, wie die Erdatmosphäre, die den interplanetaren Raum durchdringenden ultravioletten Strahlen der Sonne ab, die für den menschlichen Organismus schädlich sind. Wegen des besseren Schutzes bei Zusammenstößen mit Meteoriten ist es zweckmäßig, dem Raumschiff eine doppelte Verkleidung zu geben.

Das mit thermochemischem Brennstoff getriebene Raumschiff, das ein künstlicher Trabant werden soll, wird eine Stufenrakete von der Größe eines Luftschiffes sein.

Beim Start wird das Gewicht dieser Rakete einige hundert Tonnen betragen, das Gewicht ihrer Nutzlast aber nur ein Hundertstel davon. Die dicht aneinander anschließenden Stufen werden zur besseren Überwindung des Luftwiderstandes beim Flug durch die Atmosphäre in einem stromlinienförmigen Rumpf untergebracht sein. Die relativ kleine Kabine für die Besatzung und die Kabine für die übrige Nutzlast werden sich wahrscheinlich in der Spitze des Raumschiffes befinden. Da die Besatzung an Bord dieses Raumschiffes nur eine kurze Zeit (weniger

als eine Stunde) zuzubringen braucht, entfällt die Notwendigkeit der komplizierten Ausrüstung, mit der die für lange Flüge bestimmten interplanetaren Raumschiffe versehen sein werden.

Genau zum festgesetzten Augenblick wird der automatische Starter den Aufstieg der Rakete veranlassen. Die Steuerung des Fluges und alle Messungen werden automatisch erfolgen.

Die Hilfsraketen werden nach Brennschluß entweder an Fallschirmen oder mittels ausziehbarer Tragflächen, die die Rakete in ein Segelflugzeug verwandeln, wieder auf die Erde zurückkehren.

Betrachten wir eine weitere Variante des Raumschiffes (Abb. 10, Mitte). Ein Raumschiff begibt sich von einem künstlichen Trabanten auf einen Flug zum Mond, um dessen Oberfläche längere Zeit hindurch und ohne Zwischenlandung zu erforschen. Nach der Erledigung des Auftrages wird es direkt zur Erde zurückkehren. Wie wir sehen, besteht dieses Raumschiff hauptsächlich aus zwei aneinander gekoppelten Raketen mit drei Paaren zylindrischer Tanks, die den Brennstoff und den Sauerstoffträger enthalten, und zwei Raum-Segelflugzeugen mit ausziehbaren Tragflächen, die auf die Erdoberfläche zurückkehren sollen. Das Raumschiff braucht keine stromlinienförmige Verkleidung, da der Start außerhalb der Atmosphäre erfolgt.

Dieses Raumschiff wird auf der Erde gebaut und erprobt und dann, in einzelne Teile zerlegt, zur interplanetaren Station befördert werden. In einzelnen Frachten werden auch Brennstoff, Ausrüstung, Lebensmittel- und Sauerstoffvorräte hinübergebracht werden.

Nachdem das Raumschiff auf der interplanetaren Station montiert worden ist, wird es weiter in den Weltenraum fliegen.

Der Brennstoff und Sauerstoffträger gelangen aus den zylindrischen Zentraltanks, die die vorübergehend mit Brennstoff gefüllten Hauptkabinen des Raumschiffes darstellen, in den Motor. Die Entleerung dieser Tanks beginnt wenige Minuten nach dem Abflug. Inzwischen hält sich die Besatzung in der weniger bequemen Kabine eines der Segelflugzeuge auf.

Man braucht nur einen kleinen Hahn zu öffnen, der die Tanks mit dem luftleeren Raum verbindet, und die Reste des Brennstoffs verflüchtigen sich augenblicklich. Dann werden die Kabinentanks mit Luft gefüllt, und die Besatzung kommt aus dem Segelflugzeug herüber.

In der Nähe des Mondes angekommen, verwandelt sich das Raumschiff in seinen künstlichen Trabanten. Es wird der in den hinteren

Seitentanks befindliche Brennstoff und Sauerstoffträger verbraucht. Wenn der Brennstoff aufgebraucht ist, werden die Tanks abgehängt.

Wenn es Zeit zur Rückkehr auf die Erde ist, schalten die Raumflieger den Motor wieder ein. Der Brennstoff lagert in den vorderen Seitentanks. Vor dem Einflug in die Erdatmosphäre bezieht die Besatzung wieder das Raum-Segelflugzeug, das von dem übrigen Teil des Raumschiffes, der weiter um die Erde kreist, abgehängt wird.

Das Segelflugzeug gelangt in die Erdatmosphäre und senkt sich, mit den Tragflächen steuernd, langsam nieder.

Beim Flug mit abgeschaltetem Motor haben die Menschen und Gegenstände im Raumschiff kein Gewicht. Das bringt große Unbequemlichkeiten mit sich. Darum werden die Konstrukteure wahrscheinlich für eine künstliche Schwerkraft an Bord des Raumschiffes sorgen müssen.

Das auf der Abbildung 10 dargestellte Raumschiff ist eben nach diesem Prinzip gebaut. Seine beiden Teile, die beim Abflug ein Ganzes bilden, werden später voneinander getrennt, bleiben jedoch durch Trossen miteinander verbunden und werden mit Hilfe kleiner Raketenmotoren in eine kreisende Bewegung um das allgemeine Schwerkraftzentrum versetzt (Abb. 8). Nachdem die er-

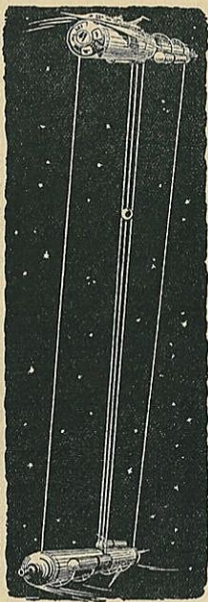


Abb. 8 Die Herstellung der künstlichen Schwerkraft in einem Raumschiff

forderliche Rotationsgeschwindigkeit erreicht worden ist, werden die Motoren abgeschaltet, und die Bewegung setzt sich auf Grund des Trägheitsprinzips fort. Die dadurch entstehende Fliehkraft wird, wie Ziolkowski meint, den Raumfliegern die Schwerkraft ersetzen.

II. An Bord des Raumschiffes

1. Der Abflug

Ein Auto, ein Zug oder ein Segelschiff bewegen sich so lange, wie die treibende Kraft in Tätigkeit ist, der Motor arbeitet oder der Wind das Segel füllt. Aber man braucht nur den Motor abzuschalten, das Segel einzuziehen oder den Kessel der Lokomotive nicht mehr heizen, um die Bewegung zu stoppen.

Zwar bleibt jedes dieser Verkehrsmittel nicht sofort nach dem Ausfall der treibenden Kraft stehen; es fährt auf Grund der Trägheit noch eine gewisse Strecke weiter, aber dies ist eine relativ kurze Strecke, da die aufgespeicherte Energie durch Reibung und Luftwiderstand rasch verbraucht wird.

Anders ist es beim Raumschiff. Sein Motor vermittelt der Rakete innerhalb weniger Minuten eine hohe Geschwindigkeit. Im interplanetaren Raum bewegt sich das Raumschiff auf Grund der Trägheit mit abgeschaltetem Motor fort: denn es trifft dort weder auf Reibung noch auf Luftwiderstand.

Je schneller die kosmische Rakete die erforderliche Geschwindigkeit erreicht, desto weniger Zeit braucht der Motor zur Überwindung der Schwerkraft, desto weniger Brennstoff ist notwendig.

Eine ungeheure Brennstoffersparnis läßt sich erzielen, wenn man dem Raumschiff die erforderliche Geschwindigkeit sofort mitteilt und dann den Flug mit Hilfe der Trägheit, mit abgeschaltetem Motor, fortsetzt. Aber das ist praktisch unmöglich, denn die Rakete kann natürlich den Flug entsprechend dem Brennstoffverbrauch nur nach und nach beschleunigen. Außerdem ist die Aufstiegsgeschwindigkeit durch die Widerstandsfähigkeit des menschlichen Organismus begrenzt.

Häufig sieht man auf den Umschlägen von Büchern über Raumflüge folgendes Bild: eine Rakete auf einer geraden Bahn zwischen Erde und

Mond; sie hat bereits den halben Weg zurückgelegt oder ist gar schon fast am Ziel des Fluges, und ihr Motor arbeitet immer noch. Diese Darstellung ist falsch. In der Praxis wird die Flugbahn eines Raumschiffes keine gerade Linie sein, und sein Motor wird wenige Minuten nach dem Aufstieg, noch in Erdnähe, abgeschaltet werden. Nur unter dieser Voraussetzung kann das Raumschiff die erforderliche Brennstoffmenge mit sich führen.

Von der richtigen Wahl der Aufstiegsflugbahn hängt der gesamte weitere Verlauf des Fluges ab. Die Flugbahnen, bei denen der Brennstoffverbrauch minimal ist, sind sehr kompliziert. Wenn die Rakete sie befliegt, muß sie ständig die Richtung und die Beschleunigung ändern. Wenn sie dagegen eine einfachere Flugbahn befliegt (wenn sie zum Beispiel senkrecht aufsteigt), erhöht sich der Brennstoffverbrauch um ein Mehrfaches.

Von entscheidender Bedeutung für den gesamten Flug ist ferner die genaue Wahl des Aufstiegsmoments, denn nicht nur die Erde, sondern auch der Himmelskörper, der das Ziel des Fluges ist, befindet sich in Bewegung. Es verhält sich damit ähnlich wie mit einem Schiffsgeschütz, aus dem bei hohem Wellengang ein gezielter Schuß abgefeuert werden soll. Das Geschöß wird dann das Ziel treffen, wenn vom Richtschützen der Moment abgepaßt wurde, in dem sich das Geschütz in der entsprechend richtigen Lage befindet. Wird etwas zu früh oder zu spät an der Abzugsleine gerissen, wird das Geschöß vor dem Ziel einschlagen oder darüber hinausgehen. Folglich wird sich der Aufstieg eines Raumschiffes grundlegend vom Start eines Flugzeuges unterscheiden.

2. Während des Fluges

... Eben wurde der Motor ausgeschaltet.

Jetzt, das heißt auf dem Teil der Flugstrecke, der mehr als 99 Prozent des gesamten Flugweges beträgt, bewegt sich das Raumschiff infolge des Beharrungsvermögens weiter. Der Raketenmotor wird zum Beispiel beim Flug zu den nächsten Himmelskörpern nur auf einer zweitausend Kilometer langen Strecke arbeiten, während die Entfernung zum Mond Hunderttausende und zu den Planeten Millionen von Kilometern beträgt.

Auf der Erde bewegen sich nur die Eisenbahnen auf genau festliegenden Wegen; alle übrigen Verkehrsmittel dagegen weichen ständig von der geometrischen Linie der Route ab. Hier sind Unebenheit der

Wege, Bewegung von Wind und Wasser, ungleichmäßige Arbeit der Motoren und viele andere Faktoren wirksam. Anders ist es beim Raumschiff. Fast auf seinem ganzen Wege ist praktisch nur die Anziehung der Sonne wirksam. Außerdem bewegt es sich wie auf unsichtbaren Schienen auf einer streng vorgeschriebenen Route.

Da im interplanetaren Raum Platz genug ist und das Raumschiff keinen Zusammenstoß mit einem ihm entgegenkommenden Raumschiff zu befürchten hat, scheint eine Kursabweichung nicht gar so schlimm zu sein. Aber die Raumflüge verlangen mehr Präzision bei der Steuerung und eine größere Wachsamkeit als die Schifffahrt oder Luftfahrt. Die geringste Abweichung in der Fluggeschwindigkeit oder in der Flugrichtung birgt eine riesige Gefahr in sich. Aus folgenden Beispielen wird dies klar:

Beim Abflug auf den Mond mit einer minimalen Anfangsgeschwindigkeit verkürzt eine Verringerung der Abfluggeschwindigkeit von 1 m in der Sekunde den Aktionsradius des Raumschiffes um 4000 Kilometer. Denn in einer Zehntelsekunde nimmt die Geschwindigkeit des Raumschiffes um 4 bis 5 Meter in der Sekunde zu.

Noch heikler wird die Sache beim Abflug zu einem Planeten: In diesem Fall verändert eine Verringerung der Geschwindigkeit um einen Meter in der Sekunde den Aktionsradius des Raumschiffes um Zehntausende und Hunderttausende von Kilometern.

Nehmen wir zum Beispiel an, daß wir zum Jupiter fliegen wollen, und zwar auf einer Flugbahn, die die geringste Abfluggeschwindigkeit – 14 226 Meter in der Sekunde – erfordert. Wenn sich diese Geschwindigkeit nur um einen einzigen Meter in der Sekunde verringert, werden dem Raumschiff zur Erreichung seines Zieles vierhunderttausend Kilometer fehlen. Wenn der Fehler bei der Geschwindigkeit ein Zehntel Prozent ausmacht, dann wird sich die Verfehlung des Ziels durch Kursabweichung oder Nichterreichen in einem Wert ausdrücken, der fünf Millionen Kilometer übersteigt. Eine Abweichung im Abflugswinkel um ein Zehntel Grad kann zur Folge haben, daß das Raumschiff eine Million Kilometer weit an seinem Ziel vorbeifliegt.

Daher müssen die Piloten den Kurs des Raumschiffes ständig überwachen und seine Flugbahn mit Hilfe eines Miniatur-Raketenmotors immer wieder korrigieren.

Wie wird man den vom Raumschiff zurückgelegten Weg messen?

Beim Flug auf den Mond wird man den Abstand des Raumschiffes sowohl von der Erde als auch vom Mond nach dem Winkel bestimmen können, unter dem die Erde oder der Mond sichtbar ist: je kleiner der Winkel, desto größer die Entfernung. Die Entfernung von der Sonne wird man durch Temperaturmessungen ermitteln können. Die modernen elektrischen Thermometer verzeichnen Temperaturschwankungen bis zu einem Millionstel Grad. Mit ihrer Hilfe kann man schon eine Ortsveränderung des Raumschiffes relativ zur Sonne um 2 bis 3 Kilometer feststellen.

3. Das Leben im Raumschiff

Vor mehr als hundert Jahren schrieb eine englische Zeitschrift in einem gegen den Pionier des Eisenbahnwesens Stephenson gerichteten Artikel:

„Was kann noch lächerlicher und dümmer sein als das Versprechen, eine Lokomotive zu bauen, die doppelt so schnell fährt wie eine Postkutsche! Wer annimmt, daß die Einwohner von Woolwich (Londoner Vorort) sich einer solchen Maschine anvertrauen, könnte ebensogut annehmen, daß sie sich in einer Rakete fortschießen lassen.“

Stephensons Antwort war sehr witzig. Er nannte seine Lokomotive, die damals für den Wettlauf gebaut wurde, „Rakete“, und – seine „Rakete“ fuhr ein paar mal so schnell wie die Postkutsche und lieferte ihre Passagiere wohlbehalten am Bestimmungsort ab.

Aber wie sehr würde selbst Stephenson staunen, wenn er erführe, daß sich der Mensch auch einer Rakete, die eine kosmische Geschwindigkeit entwickelt, anvertrauen kann, wenn er bestimmte Bedingungen beachtet!

Im Augenblick des Starts erfahren das Raumschiff und der Organismus seiner Insassen eine Belastung.

Die Größe der noch möglichen Belastung und folglich auch die Abflugsbeschleunigung werden durch die Widerstandsfähigkeit des menschlichen Organismus begrenzt. Bei einer Belastung, die das 4- bis 5fache der Anziehungskraft auf der Erdoberfläche ausmacht, können kosmische Geschwindigkeiten innerhalb weniger Minuten erreicht werden.

Aus dem täglichen Leben wissen wir, daß der Mensch imstande ist, solche und sogar noch höhere Belastungen auszuhalten, zum Beispiel beim scharfen Bremsen eines Verkehrsmittels oder beim Sprung ins Wasser (im Augenblick des Untertauchens). Piloten ertragen große

Belastungen beim Kunstflug, beim Katapultstart oder bei scharfen Wendungen.

Man hat spezielle Versuche durchgeführt. Es wurde eine Art Karussell von fünf Metern Durchmesser gebaut. Wenn wir uns auf diesem Karussell sechs Minuten lang mit einer Geschwindigkeit von 14 Metern in der Sekunde drehen, erleiden wir etwa die gleiche Belastung wie bei einem Flug von der Erdoberfläche zu den nächstgelegenen Himmelskörpern. Versuche dieser Art haben sich für den Menschen als gänzlich unschädlich erwiesen.

Die Widerstandskraft des Organismus hängt in mehrfacher Hinsicht von der Körperlage im Augenblick der Belastung ab, denn auf einen stehenden Menschen wirkt die Belastung anders als auf einen sitzenden oder liegenden. Wie die durchgeführten Versuche gezeigt haben, hält der Mensch die Belastung am besten aus, wenn er flach auf dem Bauch oder auf dem Rücken liegt.

Heute benutzt man zur Erhöhung der Widerstandskraft des Organismus in Raketenflugzeugen zum Beispiel besondere Liegen („Konturen-Liegen“), die für die Veränderung der Körperform der Piloten unter der Wirkung der Belastung eingerichtet sind.

Eine große Rolle spielt auch das Training: Es gibt Fälle, daß durchtrainierte Menschen, auf dem Rücken liegend, zwei bis drei Minuten lang eine Belastung ausgehalten haben, die das 15fache ihrer Körpergewichts betrug. Das genügt, physiologisch gesehen, nicht nur für einen Flug in den interplanetaren Raum, sondern sogar darüber hinaus.

Wenn sich das Raumschiff im luftleeren Raum auf Grund der Trägheit fortbewegt, fühlen sich seine Insassen gewichtslos. Hier die Erklärung dafür: Das Gefühl eines Gewichts ergibt sich aus dem Druck einer Unterlage (des Fußbodens, des Stuhls, des Betts) auf den Körper und aus dem gegenseitigen Druck der einzelnen Körperteile aufeinander. Fällt die Unterlage fort, dann verschwindet auch das Gefühl des Gewichts.

Wir wollen dies an einem Beispiel erklären. Nehmen wir an, wir befinden uns in einem besonders konstruierten Lift, der sich als ein frei fallender Körper abwärts senkt. Alle Gegenstände in der Kabine fallen mit der gleichen Geschwindigkeit, daher üben sie keinen Druck aufeinander aus. Wenn Sie eine Aktentasche in der Hand haben, würde sie nicht auf den Boden fallen, auch wenn Sie sie losließen; denn die

Tasche hat wie alles, was in der Kabine ist, auch wie Sie selbst, kein Gewicht mehr.

Ein anderes Beispiel. Nehmen wir drei Ziegel und legen sie übereinander. Der oberste Ziegel drückt auf den mittleren mit einer bestimmten Kraft, der mittlere auf den untersten, aber mit einer doppelt so großen Kraft. Wenn wir aber die drei Ziegel zusammen aus dem Fenster werfen, werden sie beim Fallen nicht aufeinander drücken, denn keiner der Ziegel ist für den anderen eine Stütze.

Auf der Erde spüren wir einen Gewichtsverlust beim Sprung ins Wasser, wenn wir nach Verlassen der Stütze durch die Luft fliegen. Das gleiche Gefühl hat der Fallschirmspringer beim Sprung mit verzögerter Fallschirmöffnung. Wenn wir beim Springen etwas Schweres in der Tasche haben, werden wir, solange wir in der Luft sind, das Gewicht dieser Last nicht spüren. Einen teilweisen Gewichtsverlust fühlen wir auch, wenn wir auf Skiern einen Abhang hinunterfahren oder wenn wir schaukeln, dann besonders auf der größten Höhe, die wir erreichen können. Fallschirmspringer, Akrobaten usw. fühlen während der Sprünge das Fehlen der Schwerkraft, ohne dabei die Beherrschung des Körpers und die Orientierung zu verlieren.

In der Astronautik versteht man unter „Gewicht“ gewöhnlich die Kraft, die auf die Gegenstände und Menschen in der Kabine des Raumschiffes relativ zu dessen Boden wirkt. Wenn sie fehlt, üben die Gegenstände keinen Druck aufeinander aus, und die Menschen spüren keine Kraft, verlieren das Gewicht.

Zuweilen wird von einer „scheinbaren“ Zunahme oder

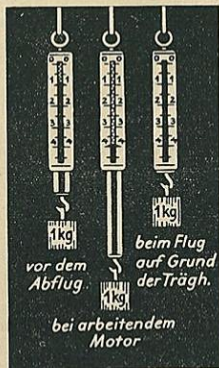


Abb. 9 Die Gewichtsveränderung eines Körpers während des Raumfluges

einem „scheinbaren“ Verlust des Gewichts in der fliegenden Rakete gesprochen. Diese Ansicht ist völlig falsch: Zunahme und Verlust des Gewichts sind ganz reale Erscheinungen, die man mit Geräten feststellen kann.

Die Abbildung 9 zeigt, wie sich das Körpergewicht während eines Raumfluges verändert. Auf der Erde zieht eine Last von einem Kilogramm, aufgehängt an einer Federwaage, den Zeiger bis zur Einteilung „1 kg“. Beim Abflug erhöht sich das Gewicht der Last, wie das Gewicht aller in der Rakete befindlichen Körper, auf ein Mehrfaches, zum Beispiel auf das Vierfache, und der Zeiger der Waage steht dann auf „4 kg“. Während des Fluges dagegen verlieren alle Gegenstände im Raumschiff auf Grund der Trägheit das Gewicht; daher geht der Zeiger der Waage auf Null.

Obwohl die Fragen der Versorgung der Raumflieger mit Sauerstoff, Wasser und Lebensmitteln in der hermetisch geschlossenen Kabine des Raumschiffes schon heute lösbar sind, erfordern sie noch viel Arbeit, denn die ersten Reisen zum Mars und zur Venus können länger als zwei Jahre dauern.

Ungenügend erforscht sind vorläufig auch noch die Fragen der Reinigung von Luft und Wasser an Bord des Raumschiffes, doch liegen hierin keine großen Schwierigkeiten.

4. Die Gefahren des Raumfluges

Die Erde ist ständig dem Bombardement der „Wanderer des interplanetaren Raums“, der Meteorkörper, ausgesetzt. Im Laufe eines Jahres fallen mehrere tausend Meteoriten auf die Oberfläche unseres Planeten. Diese aus Eisen oder Stein bestehenden Körper haben vor ihrem Eindringen in die Erdatmosphäre unterschiedliche Maße; manche Meteoriten haben einen Durchmesser von mehreren Metern. Was dagegen den Meteorstaub anbelangt, so fallen in jeder Sekunde 10 000 bis 100 000 Stäubchen auf die Erde. Das Gesamtgewicht der Meteorkörper, die innerhalb von 24 Stunden auf die Erde fallen, wird auf 10 bis 20 Tonnen geschätzt, ihre Geschwindigkeit bei ihrem Eintritt in die Erdatmosphäre beträgt etwa 10 bis 70 Kilometer in der Sekunde.

Während die Meteorkörper die Atmosphäre durchqueren, erhitzen sie sich durch die Luftreibung und leuchten manchmal mit der Helligkeit der Sonne, zuweilen noch heller. Wenn die Meteorite auf die Erdoberfläche auftreffen, bilden sie mitunter riesige Krater, deren Durchmesser mehrere Kilometer erreicht.

Wenn ein Raumschiff von einem Meteorkörper getroffen wird, kann dies zur Ursache seines Untergangs werden, denn schon bei dem kleinsten Durchschlag ist die Kabine nicht mehr luftdicht geschlossen, und die Luft verflüchtigt sich mit Schallgeschwindigkeit. Wie Versuche gezeigt haben, behält jedoch der Mensch bei schnellem Sinken des Außendrucks noch etwa fünfzehn Sekunden die Herrschaft über seine Sinne, und das genügt, um den Sauerstoffapparat des Skaphanders einzuschalten.

Selbst mikroskopisch feine Meteorkörper können die Verkleidung des Raumschiffes allmählich zerstören. Diese Gefahr ist besonders groß für die künstlichen Trabanten, die lange Zeit die Erde umkreisen. „Steter Tropfen höhlt den Stein“, sagt ein altes Sprichwort.

Bei einem Versuch, der 1953 in den USA in Höhen von 40 bis 140 Kilometern durchgeführt wurde, hat man 66 Zusammenstöße in 144 Sekunden registriert. Auf einem Quadratmeter kamen im Laufe einer Sekunde 4,9 Zusammenstöße. Bei anderen Versuchen wurden auf polierten Metallplatten, die man in große Höhen geschickt hatte, unter dem Mikroskop kleine, durch Mikrometeoriten verursachte Löcher entdeckt.

Wirksame Verfahren zum Schutz des Raumschiffes vor der Meteor-gefahr hat man bis jetzt noch nicht gefunden. Doch die Verteilung der Meteorkörper im Raum und in der Zeit ist unregelmäßig. Es wurden mehrere Meteorströme und die Zeit ihrer Wirkung erforscht. Eingehend untersucht wurden auch die Bahnen zahlreicher Meteorschwärme. Die Raumflieger werden diese Ermittlungen bei der Wahl der Flugbahn und der Flugzeit in Betracht ziehen müssen. Es ist möglich, während einer „Meteorflaute“ auf den Mond zu fliegen und zurückkommen, fast ohne der Gefahr ausgesetzt zu sein, mit einem Meteorkörper zusammen-zustoßen. Die gewöhnliche Verkleidung des Raumschiffes wird vor dem Meteorstaub, eine doppelte oder mehrfache Verkleidung Schutz vor kleinen Meteoren bieten, denen man unterwegs begegnen könnte.

Wenn das Raumschiff über die Grenzen der Bahn des Mars hinaus-geht, wird den Raumfliegern noch die Gefahr drohen, mit kleinen Planeten zusammenzustoßen. Die Astronomen kennen erst rund 1600 dieser Himmelskörper mit ihren Wegen. Diese Asteroiden umkreisen die Sonne vornehmlich zwischen den Bahnen des Mars und des Jupiters.

Die Masse der bekannten kleinen Planeten ist ungefähr der Masse der gesamten Meteormaterie des Sonnensystems gleich (rund ein Tausendstel

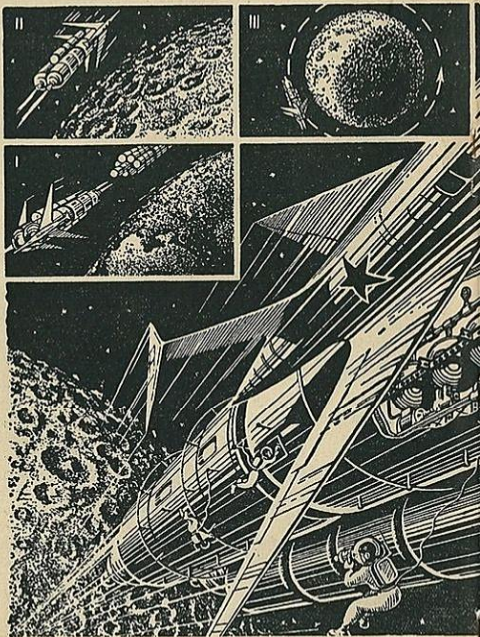


Abb. 10 In der Bildmitte: Wahrscheinliche Konstruktion eines Raumschiffes, das den Mond aus der Vogelperspektive erforschen soll. I — Abflug eines Raumschiffes von einem künstlichen Trabanten der Erde; II — ein Raumschiff wird zum künstlichen Trabanten



des Mondes; III — der Weg des Raumschiffes beim Umfliegen des Mondes; IV — das Raumschiff fliegt vom Mond ab; V — Trennung der Raumsegelflugzeuge vom Raumschiff beim Anfliegen der Erde; VI — Landung der Raumsegelflugzeuge auf der Erde

der Erdmasse). Es ist völlig klar, daß schon der Zusammenstoß mit dem kleinsten dieser Körper, der einen Durchmesser von fast einem Kilometer hat, für das Raumschiff zu einer Katastrophe werden würde.

Zum Schutz gegen diese Gefahr wird man Radaranlagen benutzen, die die drohende Gefahr anzeigen und zugleich automatisch den Kurs des Raumschiffes ändern. Doch angesichts der ungeheuren Geschwindigkeit, mit der sich die Körper im Weltenraum bewegen, ist die Lösung dieser Aufgabe außerordentlich schwierig.

Der interplanetare Raum wird von den ultravioletten Strahlen der Sonne und den sogenannten kosmischen Strahlen durchdrungen. Die ultravioletten Strahlen werden, wie bereits gesagt, von der Verkleidung des Raumschiffes aufgehalten.

Die kosmischen Strahlen dagegen haben eine sehr große Durchdringungsfähigkeit, und Verfahren zum Schutz gegen ihre Wirkung sind bisher nur mangelhaft entwickelt worden.

Zur Erforschung der Wirkung dieser Strahlung auf den menschlichen Organismus wurde folgender Versuch gemacht: Ein kleines Stück konservierter menschlicher Haut wurde in einer Höhenrakete der Wirkung der kosmischen Strahlen ausgesetzt. Nachdem die Rakete zurückgekehrt war, wurde diese Haut auf den Körper eines Menschen verpflanzt, und sie hatte ihre Lebensfähigkeit nicht eingebüßt.

Wie andere Versuche gezeigt haben, die mit Höhenraketen ausgeführt wurden, ist eine kurze Einwirkung ultravioletter und kosmischer Strahlen nicht nur für niedere Organismen, sondern auch für Affen unschädlich. Aber dies, wie auch der Versuch mit der menschlichen Haut, sind nur erste Versuche, aus denen man vorläufig noch keine endgültigen Schlußfolgerungen ziehen kann.

In einer Atomrakete droht den Raumfliegern noch eine Gefahr durch die radioaktiven Strahlungen des Kernbrennstoffs. Einige Teile des Raumschiffes können eine künstliche Radioaktivität annehmen und eine schädliche Wirkung auf den lebenden Organismus ausüben. Daher sind besondere Schutzschirme gegen diese Strahlen erforderlich.

5. Die Landung

Wie wird ein Raumschiff, das vom Raumflug zurückkehrt, landen?

Theoretisch könnte man für die Landung einen Raketenmotor benutzen. Ein „umgekehrter“ Motor würde die Geschwindigkeit nicht

beschleunigen, sondern verringern, da die ausströmenden Gase die Rakete in die entgegengesetzte Richtung stoßen würden. Aber die Rakete kann die ungeheure Brennstoffmenge, die dazu nötig wäre, nicht mit sich tragen.

Man kann zum Bremsen des Raumschiffes den Luftwiderstand benutzen. Doch die ungeheure Wärme, die bei der Luftreibung entsteht, macht hier die Anwendung von Fallschirmen unmöglich, denn sie würden augenblicklich in Flammen aufgehen. Außerdem würde das Raumschiff zu scharf gebremst. Das riesenhafte und nicht stromlinienförmige Raumschiff wäre mit seinen dünnen Wänden überhaupt nicht zur Landung auf der Erde geeignet. Beim Eintauchen in die Erdatmosphäre würde es sich zweifellos bis zur Weißglut erhitzen. Darum wird die Besatzung vor der Landung und noch vor dem Eindringen in die obersten Schichten der Erdatmosphäre in eines der Raum-Segelschiffe hinübergehen, das eine ideale Stromlinienform besitzt. Für das weitere Schicksal des Raumschiffes gibt es zwei Möglichkeiten: Entweder verbrennt es in der Atmosphäre wie ein Meteor oder es verwandelt sich, wenn man den Motor für kurze Zeit anstellt, in einen Trabanten der Erde.

Wenn sich das Segelflugzeug der Erde nähert, taucht es in die obersten Schichten der Atmosphäre ein, um die mehr als elf Kilometer in der Sekunde betragende Geschwindigkeit zu verringern, taucht dann wieder auf und entfernt sich in den luftleeren Raum. Während des Aufenthalts in der Atmosphäre verlangsamt das Segelflugzeug teilweise seine Bewegung und taucht mit geringerer Geschwindigkeit aus ihr auf. Wenn das Segelflugzeug diese Einflüge in die Atmosphäre mehrere Male wiederholt, verringert es allmählich seine Geschwindigkeit. Bei einer solchen Landung wird sich die Verkleidung des Segelflugzeuges nicht auf eine hohe Temperatur erhitzen können.

Mit der abnehmenden Geschwindigkeit reicht die Fläche der kleinen Flügel, der „Stummel“ des Segelflugzeuges, zum Segeln nicht mehr aus. Dann treten die ausziehbaren Tragflächen in Aktion. Allmählich sinkt das Segelflugzeug in immer dichtere Schichten der Atmosphäre. Es dauert mehrere Stunden bis zur Landung auf der Erde. Auf diese Weise wird das Segelflugzeug schrittweise gebremst, wodurch sich die Maschine nicht zu sehr erhitzt und die Temperatur in der Kabine nicht allzu hoch ansteigt. Wenn das Segelflugzeug dann schließlich kaum noch Geschwindigkeit hat, setzt es zur Landung an.

Auf ähnliche Art und Weise kann man von einer interplanetaren Station auf die Erde zurückkehren. Das Segelflugzeug wird durch einen

Miniatur-Raketenmotor mit geringer Geschwindigkeit von der Station „abgeworfen“, und zwar in entgegengesetzter Richtung. Infolgedessen verringert sich die Geschwindigkeit des Segelflugzeuges, und es taucht allmählich in die Atmosphäre ein.

III. Ein künstlicher Erdtrabant

1. Der Bau eines künstlichen Trabanten

Der erste Schritt zur Unterwerfung des Weltenraums wird der Bau eines künstlichen Erdtrabanten sein, eines Flugapparates, der wie der Mond unsere Erde umkreisen soll.

Wie das Raumschiff wird auch der künstliche Trabant auf der Erde gebaut und erprobt werden. Dann zerlegt man ihn in einzelne Teile und schickt diese auf die vorher ausgewählte Bahn zum „Bestimmungsort“, wo sie wieder zusammengesetzt werden (Abb. 11).

Der Bau des Trabanten beginnt mit dem Aufstieg einer drei- oder vierstufigen Rakete.

Stellen wir uns vor, daß an dieser Rakete, die ein künstlicher Erdtrabant geworden ist, eine zweite Rakete anlegt, dann eine dritte, eine vierte ... Alle diese Raketen werden zu einem Ganzen verbunden. Die Kabinen und die vom Brennstoff befreiten und dementsprechend schon auf der Erde ausgerüsteten Tanks dienen als Wohnräume, Laboratorien, Werkstätten usw. In allen diesen Räumen wird eine künstliche Atmosphäre geschaffen, ferner wird die ganze Anlage hermetisch abgedichtet, damit sich die Luft nicht verflüchtigt.

Nach und nach wird die Station mit der Spezialausrüstung ausgestattet, die von der Erde heraufgeschickt wird. Die von den Raketen nach dem Anlegen abgenommenen Gasturbinen, Manometer, Thermometer und anderen Geräte sowie die Brennstoff- und Sauerstoffträgerreste können auf dem künstlichen Trabanten verwendet werden.

Wie im Raumschiff ist auch auf dem Trabanten die künstliche Schwerkraft möglich (Abb. 11). In welcher Höhe wird man künstliche Trabanten bauen?

Die Erdnähe würde die Verbindung zu dem Trabanten wesentlich erleichtern. Wenn sich der Trabant jedoch in den dichten Schichten der Erdatmosphäre befindet, würde seine Bewegung gehemmt und seine Geschwindigkeit allmählich verringert werden. Schließlich würde der

Trabant wieder auf die Erde zurückfallen. Daher muß er außerhalb der Grenzen der dichten Schichten der Lufthülle der Erde liegen.

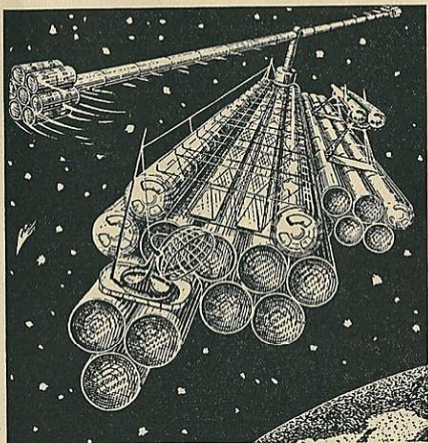


Abb. 11 Die wahrscheinliche Konstruktion eines künstlichen Trabanten. Im unteren Teil des künstlichen Trabanten herrscht Schwerelosigkeit; im oberen Teil des Trabanten entsteht infolge seiner rotierenden Bewegung eine künstliche Schwerkraft

Die Atmosphäre unseres Planeten hat keine genau umrissene obere Grenze, aber die Luftdichte nimmt mit zunehmender Höhe stark ab. So beträgt zum Beispiel die Luftdichte schon auf dem Gipfel des Pik Engels (6800 m) nur noch die Hälfte, in 10 000 Meter Höhe nur noch ein Drittel, in 18 000 Meter Höhe nur noch ein Zehntel der Luftdichte

auf dem Meeresniveau. In den Schichten der Atmosphäre, die über 150 Kilometer hoch liegen, fangen die Meteore nicht an zu glühen, obwohl sie sich zehnmal so schnell vorwärtsbewegen wie der Erdtrabant. In Höhen über 200 Kilometer ist die Luft schon so dünn, daß sie praktisch die Bewegung des Trabanten nicht mehr hemmt. Folglich ist es zweckmäßig, künstlichen Trabanten diese Höhe zu geben.

Der künstliche Trabant kann sich wie ein fallender Körper nur auf einer Ebene bewegen, die durch das Zentrum der Erde geht, zum Beispiel auf einem Meridian (Abb. 12).



Abb. 12 Der künstliche Trabant kann sich nur auf einer Ebene bewegen, die durch den Mittelpunkt der Erde geht

Die künstlichen Trabanten unterliegen den gleichen Naturgesetzen wie andere Himmelskörper. Daher sind die Geschwindigkeit und die Umlaufzeit des Erdtrabanten von der Flughöhe abhängig.

Wenn die Geschwindigkeit auch nur unwesentlich verringert wird, kommt der Trabant von seiner kreisförmigen Bahn ab und fällt in einem langgezogenen Bogen auf die Erde nieder.

2. Trabanten im interplanetaren Raum

Die moderne Meteorologie verfügt noch nicht über ausreichende Angaben zur genauen Bestimmung der Gesetzmäßigkeiten der atmosphärischen Prozesse, da vorläufig nur sehr kurzfristige Beobachtungen in den oberen Schichten der Atmosphäre möglich sind. Hier würden die künstlichen Erdtrabanten gute Dienste leisten, denn mit ihnen könnte man derartige Beobachtungen laufend durchführen.

Der nächste Schritt wird es sein, nicht nur mit Geräten ausgerüstete fliegende Observatorien zu schaffen, sondern solche, in denen sich Menschen aufhalten können.

Als fliegende Observatorien zur Beobachtung der Erdoberfläche wären Trabanten geeignet, die die Pole der Erde überfliegen. Von diesem Trabanten aus könnte man infolge der Drehung der Erde um die eigene Achse im Laufe von 24 Stunden die gesamte Oberfläche unseres Planeten bei Tageslicht fotografieren. In diesem Zeitraum kann der Trabant die Erde sechzehnmal umkreisen.

Besonders bequem kann man von dem Trabanten aus die Verteilung und den Charakter der Wolkendecke über großen Räumen der Erdkugel erforschen, die Grenzen der kalten und warmen Luftmassen feststellen und die Ausbreitung von Stürmen beobachten. Auf den fliegenden Wetterstationen wird man die Temperatur, den Druck, die Dichte der Luft usw. in den oberen Schichten der Atmosphäre genau messen können. Durch die Untersuchung der Sonnenstrahlung kann man den Verbrauch unseres Planeten an Strahlungsenergie periodisch feststellen. Dies wird nicht nur für die Wettervorhersage, sondern auch für die Vorhersage der Bedingungen für die Funkverbindungen eine wesentliche Hilfe sein.

Auf dem künstlichen Trabanten wird fast nie ein Mangel an Sonnenenergie zu verspüren sein. Von K. E. Ziolkowski kommt der Vorschlag, die riesigen Ströme der Strahlungsenergie der Sonne einzufangen und dazu zu benutzen, in außerirdischen Gärten Pflanzen zu ziehen, die den Bewohnern der Himmelsinsel als Nahrung dienen können.

Auf dem künstlichen Trabanten kann man Laboratorien für die Kernphysik einrichten, die im Überfluß über kosmische Strahlen verfügen werden.

Die Möglichkeit, künstliche Trabanten für Fernschendungen und andere Ultrakurzwellen-Sendungen zu benutzen, gilt als unbestritten.

Um die interplanetaren Flüge zu erleichtern, sollte man, wie K. E. Ziolkowski vorschlug, den künstlichen Erdtrabanten als eine Art

„Zwischenlandestation“ benutzen und die Weltraumreise in Etappen einteilen. Eine solche Station könnte dem Menschen als Sprungbrett zum weiteren Vordringen in den Weltenraum dienen.

Von einer solchen Station aus könnte man den Mond und die Planeten viel leichter erreichen als von der Erde aus und sogar über die Grenzen unseres Sonnensystems hinaus fliegen. Um den Mond, die Venus oder den Mars zu erreichen, brauchte man statt der 11,2 Kilometer in der Sekunde beim Start von der Erde nur eine Geschwindigkeit von 3,1 bis 3,6 Kilometer in der Sekunde zu entwickeln, da die Station selbst bereits eine Geschwindigkeit von rund 8 Kilometern in der Sekunde besitzt.

Nach manchen Projekten wird die Rakete, die von der Erde zur interplanetaren Station geflogen ist, auch zum Weiterflug benutzt werden. Auf der Station können sich die Raumflieger mit allem versehen, was sie zur Fortsetzung und Beendigung ihrer Weltraumreise brauchen: mit Brennstoff, Ausrüstung, Lebensmitteln usw.

Anderen Projekten zufolge werden die Raumflieger auf der interplanetaren Station in ein anderes Raumschiff umsteigen, das aus Teilen zusammengesetzt wurde, die von der Erde heraufgeschickt worden waren. Zur Ausrüstung des Raumschiffes wird man dann auch die Motoren und anderen Teile aus den Raketen benutzen, die auf der Station angelegt haben.

Schon lange bevor der Mensch sich zu seinen Flügen durch die grenzenlosen Weiten des Weltalls aufmachen würde, wird man die Bedingungen dieser Flüge auf der interplanetaren Station prüfen können. So läßt sich auf der Station feststellen, ob die lange Schwerelosigkeit für den menschlichen Organismus schädlich ist, wie die künstliche Schwerkraft auf den menschlichen Organismus wirkt usw. Ferner wird man auf der Himmelsinsel Mittel zum Schutz gegen die Meteorgefahr prüfen können. Auf der interplanetaren Station werden die Raumflieger in der komplizierten Steuerung des Raumschiffes im luftleeren Raum praktisch ausgebildet werden können.

Auf der interplanetaren Station wird man auch zahlreiche Daten gewinnen können, die zur Schaffung der rationellsten Konstruktion des Raumschiffes und des Raum-Segelflugzeuges erforderlich sind:

Manche meinen, man könnte den Mond als interplanetare Station benutzen. Doch eignet sich der Mond nicht dazu, denn er ist zu weit von der Erde entfernt. Da außerdem die Masse des Mondes und infolgedessen auch seine Anziehungskraft verhältnismäßig groß ist, würde

ein Raumschiff viel Brennstoff verbrauchen, um auf dem Mond landen und dann wieder weiterfliegen zu können.

Aber hat denn die Erde keinen zweiten, kleineren Mond oder sogar eine ganze Reihe kleiner, natürlicher Trabanten, die man bis auf den heutigen Tag noch nicht entdeckt hat? Es wäre doch verhältnismäßig einfach, auf einem solchen Trabanten ein fliegendes Observatorium und eine interplanetare Station einzurichten.

Wenn es solche Trabanten auch gäbe, so wären sie doch nur ganz kleine Miniatur-Himmelskörper, und es wäre sehr schwer, sie zu entdecken. Infolge der großen Geschwindigkeit seiner Bewegung ist ein solcher winziger Trabant, der überdies nahe der Erde liegt, im Teleskop nicht zu entdecken. So besteht wenig Aussicht, auf einem natürlichen Trabanten der Erde eine interplanetare Station einzurichten.

IV. Raumflüge

1. Der Flug zum Mond

Zweifelloos wird das Ziel des ersten Raumfluges der Trabant der Erde, der Mond sein. Denn die Entfernung zwischen der Erde und dem Mond beträgt nur 384 000 Kilometer, das heißt ein Hundertstel der Entfernung des nächsten Planeten, der Venus, von der Erde, wenn er diese passiert. Selbst in auf die Erde angewandten Maßstäben ist dies ein verhältnismäßig geringer Abstand. Viele Eisenbahner und Matrosen haben eine solche Entfernung schon zurückgelegt. Viele Piloten insgesamt schon größere Strecken geflogen, als die von der Erde bis zum Mond und zurück.

Der Mensch ist imstande, die höchsten Gipfel zu erklimmen. Aber würde er es schaffen; den Mond zu erreichen, wenn von der Erde eine Leiter zum Mond hinaufführte?

In zahlreichen Versuchen wurde ermittelt, daß man einen vollen Arbeitstag braucht, um rund 1550 Meter hoch hinauf zu steigen. Wenn man also den durchschnittlichen Abstand zwischen Erde und Mond durch den Weg teilt, den der „Mond-Alpinist“ am ersten Tage zurückgelegt hat, so ergibt sich, daß 680 Jahre nötig wären, um bis zum Mond zu gelangen. Aber diese Rechnung wäre nur dann richtig, wenn man voraussetzt, daß der gesamte „Aufstieg“ unter den gleichen Bedingungen und der gleichen Temperatur, wie am ersten Tage, vor sich geht. Diese

Voraussetzung ist aber falsch, denn da mit zunehmender Höhe die Schwerkraft nachläßt, würde das Gehen leichter und leichter werden, und das Tempo würde stetig zunehmen, so daß unser „Alpinist“ schon nach elf Jahren am Ziel seiner Reise angelangt wäre.

Wieviel Zeit würde nun ein Raumschiff bis zum Mond brauchen? Wenn das Raumschiff mit einer Geschwindigkeit von 11,2 Kilometern in der Sekunde von der Erde abfliegt, hat es den Mond in 51 Stunden erreicht.

Wie die ersten Erdtrabanten werden wahrscheinlich auch die ersten Mondraketen automatisch gesteuert werden. Dank der von ihnen ausgesandten Funkzeichen wird man ihren Flug verfolgen können. Daß die Rakete ihr Ziel erreicht hat, würden wir zum Beispiel durch das Auf-flammen einer Leuchtladung bei ihrem Aufprall auf der Oberfläche des Mondes erfahren. Besonders gut zu sehen wäre ein solches Aufflammen auf dem nicht von der Sonne beleuchteten Teil der Mondscheibe. Außerdem könnte die Rakete beim Aufprall auf der Oberfläche des Mondes ein weißes Pulver auf einer Fläche ausstreuen, die groß genug ist, daß der Fleck auch von der Erde aus zu erkennen wäre.

Später wird man größere und bemannte Raketen, die von einer interplanetaren Station aufgestiegen sind, in künstliche Trabanten des Mondes verwandeln und ihn lange Zeit umkreisen können, und zwar ohne Brennstoff zu verbrauchen. Daher wäre die Erforschung des Mondes von einem solchen Raumschiff aus sehr vorteilhaft.

Wie Berechnungen ergeben haben, muß eine Rakete, die von einem künstlichen Trabanten zum Rundflug um den Mond aufsteigt und ein Gewicht von 10 Tonnen und eine Ausströmgeschwindigkeit der Gase von 4 Kilometern in der Sekunde hat, insgesamt 12 Tonnen Brennstoff mitnehmen. Beim Abflug von der Erde dagegen müßte sie 150 Tonnen Brennstoff laden. Wenn man eine Ausströmgeschwindigkeit der Gase von 2,5 Kilometern in der Sekunde voraussetzt, brauchte die Rakete im ersten Fall 25 Tonnen, im zweiten Fall 840 Tonnen Brennstoff für den Flug. Hierbei ist die Brennstoffmenge nicht einbegriffen, die das Raumschiff zur Überwindung des Luftwiderstandes brauchte; auch wird vorausgesetzt, daß das Raumschiff sofort auf die erforderliche Geschwindigkeit gebracht wird.

Von der Erde aus sehen wir immer nur die eine Halbkugel des Mondes. Sehr interessant wäre daher die Erforschung seiner anderen Halbkugel, die von der Oberfläche unseres Planeten aus der Beobachtung

nicht zugänglich ist. Man könnte das Überfliegen dieser Halbkugel des Mondes zu der Zeit einrichten, in der sie ganz von den Sonnenstrahlen beleuchtet und daher für die Raumsflieger gut erkennbar ist. Das wäre die Zeit, in der auf der Erde Neumond ist.

Es ist anzunehmen, daß sich die von der Erde aus unsichtbare Hälfte des Mondes nicht wesentlich von der uns zugekehrten Hälfte unterscheidet. Ihr fehlt ebenfalls die dichte Atmosphäre, sie ist trocken und wasserlos. Den Blicken der Raumsflieger werden sich als große dunkle Flecken die Ebenen darbieten, die sogenannten „Meere“, ferner die von tiefen Schluchten durchzogenen Gebirgszüge, die hell beleuchteten Gipfel der Berge, deren Fuß im Dunkeln liegt, die Zacken der riesigen ringförmigen Wälle, die nach innen steiler abfallen als nach außen (die sogenannten „Ringgebirge“), die Ketten der Krater und die schimmernenden Streifen der schneeweißen Vulkanasche (die „Lichtstreifen“).

Stellen wir uns einmal vor, daß das Raumschiff, dessen Konstruktion bereits beschrieben wurde (Abb. 10, I), von einer interplanetaren Station abfliegt, um den Mond zu erforschen. Auf Grund der Trägheit verlangsamt sich während des Fluges allmählich die Geschwindigkeit des Raumschiffes. Nach fünf Tagen erreicht das Raumschiff den Mond und nimmt wieder, sowie es in den Anziehungsbereich des Mondes gelangt ist, an Geschwindigkeit zu. Einige zehntausend Meter über der Oberfläche des Mondes beträgt diese Geschwindigkeit schon rund 2,5 Kilometer in der Sekunde.

Um das Raumschiff in 10 000 Meter Höhe über der Mondoberfläche in einen künstlichen Trabanten des Mondes zu verwandeln, muß es gebremst werden, bis seine Geschwindigkeit nur 1,7 Kilometer in der Sekunde – das ist die Kreisgeschwindigkeit für die angegebene Höhe – beträgt (Abb. 10, II). Die Umlaufzeit des neuen Trabanten beträgt 1 Stunde 50 Minuten, die Horizontweite 186 Kilometer, die minimalen Maße der Gegenstände auf dem Mond, die mit bloßem Auge erkennbar sind, 3 Meter. Das Raumschiff kann den Mond umkreisen, so lange es will, ohne den geringsten Brennstoffverbrauch (Abb. 10, III).

Vor der Rückkehr auf die Erde werden die Motoren eingeschaltet, die Geschwindigkeit des Raumschiffes erhöht sich, und das Raumschiff löst sich aus der kreisförmigen Bahn, auf der die abgehängten Tanks weiterkreisen (Abb. 10, IV). In diesen Tanks kann man selbsttätige Geräte unterbringen, die die Ergebnisse der verschiedensten Messungen systematisch auf die Erde funken.

Nach einigen Erkundungsrundflügen wird man dann später auf dem Mond landen.

Wird es möglich sein, ohne Brennstoffverbrauch auf dem Mond zu landen? Hat der Mond eine Atmosphäre?

Wie Beobachtungen ergeben haben, ist die Atmosphäre auf dem Mond sehr dünn. So beträgt nach vorläufigen Angaben die Luftmasse auf der Mondoberfläche je Quadratzentimeter ein Zweitausendstel der Luftmasse je Quadratzentimeter der Erdoberfläche. Die Dichte der Atmosphäre an der Mondoberfläche entspricht der Dichte der Erdatmosphäre in etwa 60 000 Meter Höhe. Diese dünne Atmosphäre wird man bei der Landung auf dem Mond nicht zum Bremsen benutzen können. Wahrscheinlich wird dafür ein Raketenmotor benutzt werden müssen.

Auf dem Mond, wie auch auf den Planeten ohne Atmosphäre, werden sich die Raumflieger in hermetisch geschlossenen Räumen aufhalten müssen. Beim Verlassen dieser Räume müssen sie dann, wie auf dem künstlichen Trabanten, Spezialkaphander tragen. Trotz dieser hinderlichen Bekleidung werden sich die Raumflieger bequem bewegen können, da die Anziehungskraft des Mondes nur ein Sechstel der Erdanziehung beträgt.

Um von der Mondanziehung frei zu werden, braucht man nur ein Zwanzigstel der Energie, die zur Überwindung der Erdanziehung nötig ist. Folglich ist die zur Rückkehr auf die Erde erforderliche Abfluggeschwindigkeit wesentlich geringer als die Geschwindigkeit, die man benötigt, um von der Erde auf den Mond zu fliegen. Sie beträgt weniger als 2,5 Kilometer in der Sekunde. Die modernen Flüssigkeitsraketen sind imstande, große Geschwindigkeiten zu entwickeln.

2. Der Flug zum Mars

Außerst interessant ist auch ein Flug auf den Mars. Dank seiner Erdnähe und dank seiner Ähnlichkeit mit der Erde hinsichtlich der physikalischen Beschaffenheit gilt dem Mars das besondere Interesse der Astronomen und anderer Wissenschaftler, vor allem in den letzten drei Jahrhunderten. Die Erforschung der Oberfläche des Mars an Hand der winzigen Bilder, die in den riesigen Teleskopen erscheinen, befriedigt die Spezialisten nicht mehr.

Der Landung auf dem Mars werden, wie beim Flug zum Mond, wahrscheinlich auch Erkundungsrundflüge vorangehen. Zu diesem Zweck

atmosphäre fehlt fast gänzlich Ozon, das die ultravioletten Strahlen der Sonne absorbiert; infolgedessen dringen sie bis auf die Oberfläche des Planeten durch, was für die Raumflieger eine Gefahr darstellt.

Für den Rundflug um den Mars sind verschiedene Flugbahnen möglich, die sich sowohl durch die Flugdauer als auch durch die erforderliche Anfangsbeschleunigung unterscheiden.

Wählen wir eine Flugbahn, deren Befliegen zusammen mit der Rückkehr auf die Erde zwei Jahre dauert (Abb. 13). Das Raumschiff fliegt um Mitternacht der Ortszeit von der interplanetaren Station ab, und zwar dann, wenn der Mittelpunkt der Erde auf einer Geraden liegt, die die interplanetare Station mit der Sonne verbindet. Dies ist der günstigste Augenblick, weil dann die Flugrichtung der startenden Rakete mit der Flugrichtung der Station zusammenfällt. Dank diesem Umstand kann die Rakete unter Ausnutzung der der Station eigenen Geschwindigkeit mit der geringsten Geschwindigkeit – 4,3 Kilometer in der Sekunde – abfliegen. Würde das Raumschiff dagegen direkt von der Erde auf den Mars fliegen, müßte es eine Geschwindigkeit von 12,3 Kilometern in der Sekunde entwickeln.

Angenommen, das bemannte Raumschiff sei 10 Tonnen schwer, es müßte dann bei einer Ausströmgeschwindigkeit der Gase von 4 Kilometern in der Sekunde beim Abflug von der interplanetaren Station 19,6 Tonnen Brennstoff, beim Abflug von der Erde dagegen 216 Tonnen Brennstoff mitführen.

Die Geschwindigkeit des Raumschiffes im interplanetaren Raum ändert sich ständig. Beim Abflug ist sie am größten, aber je mehr sich das Raumschiff von der Erdbahn entfernt, desto geringer wird allmählich die Geschwindigkeit.

Wenn das Raumschiff bis auf den vorgesehenen Abstand an den Mars herangekommen ist, fliegt es an ihm vorbei und weiter in den interplanetaren Raum hinein. Während die Raumflieger am Mars vorbeifliegen, können sie seine gesamte Oberfläche fotografieren, da sich der Planet um seine eigene Achse dreht.

Ein Jahr nach dem Abflug erreicht das Raumschiff den entferntesten Punkt seiner Flugbahn – 2,175 astronomische Einheiten. Hier ist seine Geschwindigkeit am geringsten.

Dann nähert sich das Raumschiff mit wachsender Geschwindigkeit wieder der Bahn des Mars. Aber wenn es nun die Bahn des Mars zum zweitenmal schneidet, begegnet es dem Planeten nicht mehr. Die

ellipsenförmige Bahn seines Fluges schließend, kehrt das Raumschiff nach genau zwei Jahren auf die Erde zurück, und zwar mit der gleichen Geschwindigkeit, mit der es sie verlassen hat.

Größere Raketen können auf den Miniatur-Trabanten des Mars, Phobos und Deimos, landen, von wo aus längere Beobachtungen durchgeführt werden können. Der Deimos liegt 23 000 Kilometer vom Mars entfernt, das ist ein Siebzehntel der Entfernung zwischen Erde und Mond. Der Phobos dagegen kreist in einem Abstand von 9000 Kilometern um den Mars. Diese Trabanten rotieren sehr schnell um ihren Planeten; der Phobos legt eine Umdrehung in etwa 8 Stunden, der Deimos in 30 Stunden zurück. Die Größe und Masse dieser Himmelskörper ist gering, ihre Anziehungskraft unbedeutend. Daher ist es einfacher, auf diesen Trabanten zu landen und von ihnen aus wieder zurückzufliegen, als dem Planeten Mars selbst einen Besuch abzustatten.

Nach den Angaben der modernen Astrophysik nimmt man an, daß der Mensch auf der Marsoberfläche Bedingungen vorfinden wird, die denen auf der Erde ähnlicher sind, als denen auf anderen Planeten. Sowjetische Astronomen – vor allem G. A. Tichow – vertreten, auf die Ergebnisse ihrer langjährigen Beobachtungen gestützt, die Ansicht, daß auf dem Mars Vegetation vorhanden ist. Offenbar enthält die Marsatmosphäre Sauerstoff und keine für den menschlichen Organismus schädlichen Gase. Aber auch direkt an der Oberfläche des Planeten ist die Atmosphäre sehr dünn. Daher müssen die Raumflieger auch dort in hermetisch schließenden Räumen leben, in denen man, wie auf dem Mond, Druck und Temperatur der Luft regulieren kann. Wenn die Raumflieger diese Räume verlassen wollen, müssen sie Skaphander anziehen. Wahrscheinlich wird man auf dem Mars auch Wasser finden. Die Intensität der Sonnenstrahlung ist hier nur halb so groß wie auf der Erde, daher herrscht auf dem Mars ein weit rauheres Klima.

Welche Flugbahnen sind für eine Expedition, die auf dem Mars landen will, günstig?

Die kürzeste Verbindung zwischen zwei Punkten im Raum ist die Gerade. Doch die Route des Raumschiffes darf gewöhnlich nicht geradlinig sein. Wie die Erdanziehung die Flugbahn eines unter einem Winkel geschleuderten Steins krümmt, krümmt auch die Sonnenanziehung die Flugbahn eines Raumschiffes im interplanetaren Raum. Natürlich kann die Flugbahn, wenn die Raketenmotoren ständig arbeiten, korrigiert werden, aber dies würde den Brennstoffverbrauch

außerordentlich erhöhen. Nur in dem Ausnahmefall, daß das Raumschiff auf einer Vertikalen relativ zur Sonne fliegt (das heißt auf einem Sonnenstrahl entlang), verzerrt die Sonnenanziehung die geradlinige Flugbahn des Raumschiffes nicht. Doch wäre mit dieser Flugbahn ein unverhältnismäßig großer Brennstoffverbrauch verbunden, weil man die ungeheure Geschwindigkeit, mit der sich das Raumschiff zusammen mit der Erde um die Sonne bewegt – rund 30 Kilometer in der Sekunde –, gleich Null machen müßte. Diese Geschwindigkeit würde das Raumschiff von dem vorgesehenen Weg abführen, ähnlich wie die Strömung eines Flusses ein Boot bei einer lotrecht zum Ufer erfolgenden Überfahrt abtreibt.

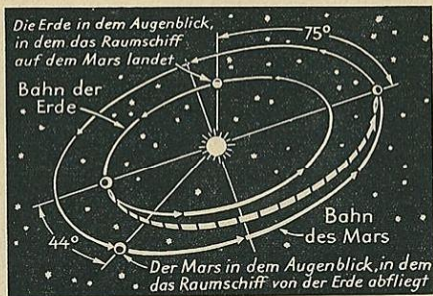


Abb. 14 Der Flug zum Mars auf einer halbelliptischen Flugbahn

Nehmen wir trotzdem an, der Flug zum Mars erfolge auf der kürzesten, auf einer geraden Flugbahn. Der Flug würde dann 85 Tage dauern, aber dazu müßte man die Fahrt des Raumschiffes auf 39 Kilometer in der Sekunde beschleunigen. Wie wir sehen, ist dies eine sehr ungünstige Flugbahn.

Eine minimale Anfangsbeschleunigung beim Start von der Erde braucht ein Raumschiff, das einer halbelliptischen Flugbahn folgt. Die Geschwindigkeit, die es in diesem Fall kurz vor der Landung auf der Oberfläche des Planeten hätte, wäre ebenfalls minimal (Abb.14).

Der Abflug eines interplanetaren Raumschiffes, das einer bestimmten Route folgt, kann, wie bereits gesagt, nicht in jedem beliebigen Augenblick erfolgen. Damit das Raumschiff bei seiner Ankunft auf der Marsbahn dem Mars auch begegnet, muß dieser Planet eine bestimmte Stellung relativ zur Erde einnehmen. Diese gegenseitige Stellung der beiden Planeten tritt durchschnittlich alle 780 Tage ein.

Der Flug auf der halbelliptischen Flugbahn dauert 259 Tage. Um auf einer analogen Flugbahn auf die Erde zurückkehren zu können, muß man eine entsprechende Stellung der Planeten abwarten, die nach 454 Tagen eintritt.

Das Raumschiff, das auf der beschriebenen Flugbahn zum Mars fliegt, muß beim Abflug eine Geschwindigkeit von 11,6 Kilometern in der Sekunde entwickeln. Doch die künftigen Raumflieger werden kaum eine so lange Route wählen. Vielmehr werden sie wohl versuchen, die Flugzeit durch Erhöhung der Anfangsbeschleunigung abzukürzen. Dann könnten sie zum Beispiel eine parabolische Flugbahn benutzen. Bei einer Anfangsbeschleunigung von 16,7 Kilometern in der Sekunde wird der Flug auf dieser Flugbahn nur 70 Tage dauern.

Dies ist eine der hervorstechendsten Besonderheiten der Raumschiffahrt: Erhöht man die Anfangsgeschwindigkeit nur auf das 1,4fache, verringert sich die Flugdauer auf ein 3,7tel.

Am Ende des vorigen Jahrhunderts war weit die Meinung verbreitet, daß auf dem Mars hochentwickelte Wesen existieren. Über dieses Thema wurden nicht wenige Erzählungen und Romane geschrieben, deren Autoren ihre Helden weder mit der Wahl der Abflugzeit noch mit der Wahl der Flugbahn belästigten. In Wirklichkeit aber ist die Sache viel komplizierter. Von einem Planeten zum anderen kann man nur auf bestimmten, „vernünftigen“ Routen fliegen. Diese Routen entsprechen ganz bestimmten gegenseitigen Stellungen der Planeten. Daher stehen auch die Daten des möglichen Starts und der möglichen Rückkunft der Raumschiffe ganz genau fest.

Wenn man einen Fahrplan der möglichen Abflüge zum Mars oder zur Venus und der Landungen auf diesen Planeten aufstellen wollte, käme man zu einem erstaunlichen Ergebnis: In diesen Fahrplänen gäbe

es Pausen, „tote Zeiten“, die sich über mehrere Monate bis zu anderthalb Jahren und mehr ausdehnen. In diesen Zeiten könnte ein Raumschiff weder von der Erde aufsteigen noch auf der Erde landen, weil die ungeeignete Stellung der Planeten dies unmöglich macht.

3. Der Flug zur Venus

Wenn wir bei Sonnenuntergang das allmählich dunkler werdende Himmelsgewölbe betrachten, fällt uns oft ein besonders heller Stern auf. Das ist die Venus. Von Zeit zu Zeit erscheint sie auch vor Sonnenaufgang, manchmal sogar bei Tageslicht. Die Helligkeit der Venus erklärt sich durch ihre geringe Entfernung von der Sonne und durch ihre große Fähigkeit, die empfangenen Sonnenstrahlen zu reflektieren.

Die Venus ist nicht nur die nächste Nachbarin der Erde, sie ist von den neuen Planeten unseres Sonnensystems der Erde am ähnlichsten. Ihre Größe und ihre Masse sind fast so groß wie die Größe und Masse unseres Planeten. Daher werden sich die Weltraumreisenden, wenn sie auf der Venus gelandet sind, in bezug auf das Gewicht fast wie zu Hause fühlen.

Schon 1761 entdeckte M. W. Lomonossow mit Hilfe eines Teleskops einen Lichtkranz, der die Venus umgab, wenn sie sich der Sonnenscheibe näherte. Er nahm deshalb an, daß die Venus eine Atmosphäre besitzt. Und tatsächlich ist die leuchtende Aureole die Atmosphäre des Planeten, die von der Sonne angestrahlt wird. Sie wurde zum letztenmal im Jahre 1882 beobachtet. Diese Erscheinung wird sich voraussichtlich erst im Jahre 2004 wiederholen. Von einem Raumschiff aus wird man diese Stellung der Venus mehrmals im Jahr beobachten können.

Lange Zeit bestand die Auffassung, daß die Wolken auf der Venus von Wasserdämpfen gebildet werden, die die Sonnenstrahlen gut reflektieren. Doch haben neuere Untersuchungen der obersten Schichten der Atmosphäre, die die Venus umgibt, erwiesen, daß es in ihnen weder Wasserdampf noch Sauerstoff gibt, und daß sie große Mengen des giftigen kohlen sauren Gases (Brockhaus: Kohlenoxyd. – D. Übers.) enthalten. Es ist möglich, daß die Luft auch direkt an der Oberfläche des Planeten giftig ist, daher werden die Raumflieger die zum Atmen notwendigen Sauerstoffvorräte mitnehmen müssen. Einige Astronomen schreiben der Venus eine Atmosphäre zu, die in ihrer Struktur der Erdatmosphäre analog ist. Andere sind der Ansicht, daß die Atmosphäre der Venus eine noch größere Höhe hat als die der Erde. Nach Beob-

achtungen zu urteilen, die während der Dämmerung an der Venus gemacht wurden, muß der atmosphärische Druck an ihrer Oberfläche zwei- bis dreimal so groß sein wie auf der Erde. Das wird dem Raumschiff das Bremsen bei seiner Landung auf dem Planeten erleichtern.

Über die Rotationsdauer der Venus (das heißt über die Zeit einer ganzen Umdrehung) stehen die Meinungen noch nicht endgültig fest: Manche Forscher glauben, daß sie 68 Stunden beträgt; andere nehmen an, daß sie der Rotationsdauer der Erde gleich ist; nach anderen Angaben ist sie der Umlaufzeit des Planeten gleich, das heißt sie beträgt 225 Tage. Ferner steht nicht fest, wie groß der Neigungswinkel des Äquators der Venus gegen ihre Bahn ist, davon ist aber der Wechsel der Länge von Tag und Nacht im Laufe des Jahres abhängig. Vielleicht werden erst die künftigen Forscher, die einen Rundflug um die Venus unternehmen, diese Fragen ganz klären können. Wenn man über diese Daten verfügt, dann kann man auch feststellen, in welcher Höhe und in welcher Richtung Raumschiffe in die Atmosphäre der Venus eindringen müssen, um mit der geringsten Gefahr landen zu können. Tatsächlich wird die Landung um so leichter und ungefährlicher, je geringer die Geschwindigkeit des Raumschiffes relativ zur Gashülle des Planeten ist. Diese Geschwindigkeit ist aber sehr unterschiedlich, je nachdem, ob die Rakete in der Richtung der Rotationsbewegung des Planeten oder dieser Bewegung entgegengesetzt in die Atmosphäre des Planeten eindringt.

Die ersten Erkundungsexpeditionen müssen den Aufbau der Rinde der Venus gründlich erforschen. Sie müssen feststellen, ob es dort eine Pflanzen- und Tierwelt gibt oder nicht, usw. Diese Beobachtungen werden wesentlich erschwert durch die dichte Wolkendecke, von der die Venus umgeben ist. Doch mit Hilfe der neuen Methoden des Fotografierens, mit den unsichtbaren infraroten Strahlen, wird man die Oberfläche der Venus auch durch die Wolken hindurch von dem Raumschiff aus aufnehmen können.

Stellen wir uns einmal vor, wir befinden uns an Bord eines Raumschiffes, das Kurs auf die Venus genommen hat (Abb. 15). Nachdem wir mit einer Geschwindigkeit von 11,5 Kilometern in der Sekunde von der Erde abgeflogen sind, hat der Pilot den Raketenmotor abgeschaltet, und das Raumschiff fliegt auf Grund der Trägheit weiter. Das Gefühl der Schwere ist verschwunden, und die Passagiere drängen sich zu den Illuminatoren. Ganz in der Nähe hängt in dem völlig schwarzen Raum eine grünlich-bläuliche, sich langsam drehende Kugel – unsere Erde. In

den Lücken zwischen den Wolken zeichnen sich auf dem von der Sonne beleuchteten Teil der Erde deutlich die Umrisse der Kontinente ab. Das Raumschiff hat den Anziehungsbereich der Erde verlassen; der Abstand zwischen dem Planeten und dem Raumschiff wird immer größer.

Monate vergehen. Längst hat sich die ferne Erde in einen hellen blauen Stern verwandelt. Der glühende Atem der Sonne wird stärker fühlbar. Draußen ist eine neue unbekannte Welt aufgetaucht, die rasch größer und größer wird: die in eisblauem Glanz strahlende Venus. Ihre schnell näherkommende Scheibe verdeckt immer mehr andere Sterne. Die Geschwindigkeit muß ausgeglichen und der Fall gebremst werden, sonst würde das Raumschiff wie ein riesiger Meteor in die Runde der Venus hineinstoßen. Hierbei würde die Energie der Bewegung in Wärmeenergie übergehen und das Metall verdampfen, und es bliebe keine Spur von dem Raumschiff übrig, außer einem riesigen Trichter.

Doch der Pilot wandte seine ganze Kunst an, um den Zusammenstoß mit dem Planeten zu verhindern. Er drang fast parallel zur Oberfläche der Venus in ihre Atmosphäre ein und senkte die Geschwindigkeit des Raumschiffes, indem er sich den Luftwiderstand zunutze machte. Durch einen kleinen Raketenmotor, der sich an der Spitze des Raumschiffes befindet, wird das Raumschiff endgültig gebremst. Nur noch wenige Augenblicke ... ein langsames, sanftes Abgleiten, und das Raumschiff von der Erde landet auf dem Boden des uns am nächsten liegenden Planeten.

Rasch vergehen die Tage, die mit Beobachtungen, Versuchen, mit der Zusammenstellung verschiedener Sammlungen und anderen wissenschaftlichen Arbeiten angefüllt sind. Nun ist der Tag des Rückflugs gekommen. Beim Aufstieg entwickelte das Raumschiff eine Geschwindigkeit von 10,7 Kilometern in der Sekunde und beflog eine halbelliptische Bahn, die die Bahnen der Venus und der Erde tangential berührt. In die Erdatmosphäre flog das Raumschiff mit einer Geschwindigkeit von 11,5 Kilometern in der Sekunde ein. Durch Segelflug – erst in den hohen, dünnen Schichten der Atmosphäre, dann in den dichteren – wurde die Geschwindigkeit reduziert.

Glücklich erreichte die Rakete mit den Weltraumfahrern die heimatische Erde.

Ein Flug auf die Venus auf der oben beschriebenen Flugbahn dauert 146 Tage. Man kann diese Flugdauer auf 81 oder 60 Tage und sogar noch mehr verkürzen (Abb. 15). Wie man weiß, müßte man auf der

Erde zu einem solchen Zweck die Geschwindigkeit erhöhen; ein Stein fliegt desto schneller, mit je größerer Geschwindigkeit man ihn wirft. Aber bei den interplanetaren Flügen ist dies nicht immer so. In unserem Fall wird sich das Raumschiff im interplanetaren Raum relativ zur Sonne

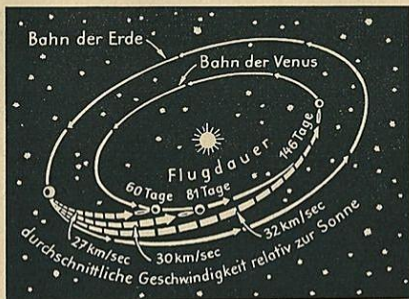


Abb. 15 Der Flug zur Venus auf einer elliptischen Flugbahn

desto langsamer bewegen, mit je größerer Anfangsgeschwindigkeit es relativ zur Erde abgeflogen ist, denn seine Beschleunigung geschieht in einer Richtung, die der Erdbewegung entgegengesetzt ist. Denn je schneller zum Beispiel ein Mensch sich innerhalb eines fahrenden Eisenbahnzuges in der Richtung bewegt, die der Bewegung des Zuges entgegengesetzt ist, desto langsamer bewegt er sich relativ zur Erde.

Warum aber verkürzt sich die Flugdauer, wenn sich die Rakete im interplanetaren Raum mit geringerer Geschwindigkeit bewegt?

Die Auflösung des Rätsels gibt die Abbildung 15. Wie wir sehen, ist der Weg des Raumschiffes auf jeder neuen Flugroute wesentlich kürzer als auf der vorigen. So kann man die Flugdauer trotz der geringeren Fluggeschwindigkeit verkürzen.

4. Die Flüge zu anderen Himmelskörpern

Wir haben die Voraussetzungen für den Flug zu den drei nächsten Himmelskörpern – Mond, Mars und Venus – geschildert. Flüge zu den übrigen Planeten des Sonnensystems sind mit weitaus größeren Schwierigkeiten verbunden.

Wir sahen oben, daß die Abfluggeschwindigkeiten von der Flugroute abhängen und daß es am vorteilhaftesten ist, eine halb elliptische Flugbahn zu wählen. Welche minimalen Geschwindigkeiten sind erforderlich, um die anderen Planeten unseres Sonnensystems zu erreichen, und wie lange werden diese Flüge dauern?

Diese Fragen beantwortet folgende Tabelle, die nach errechneten Angaben zusammengestellt wurde.

Ziel des Fluges	Minimale Abfluggeschwindigkeit in km/sec	Flugdauer in einer Richtung	
		Jahre	Tage
Merkur	13,5	–	105
Venus	11,5	–	146
Mars	11,6	–	259
Jupiter	14,2	2	267
Saturn	15,2	6	18
Uranus	15,9	16	14
Neptun	16,2	30	225
Pluto	16,3	45	149

Interessant ist eine Erscheinung, die man auf den ersten Blick für paradox hält.

Obwohl die Venus näher an die Erde herankommt als der Merkur, kostet ein Flug zum Merkur auf einer halb elliptischen Bahn wesentlich weniger Zeit als ein Flug auf die Venus. Warum das so ist, wird verständlich, wenn man die Abbildung 16 betrachtet, aus der ersichtlich ist, daß der Weg Erde-Merkur kürzer ist als der Weg Erde-Venus.

Der dem Mars folgende Planet, Jupiter, ist ein paarmal weiter von der Erde entfernt als der Mars. Zwischen Mars und Jupiter liegt ein Gürtel zahlloser kleiner Asteroiden, die dem Raumschiff gefährlich werden können. Die Sonnenwärme ist in diesen Gebieten sehr schwach.

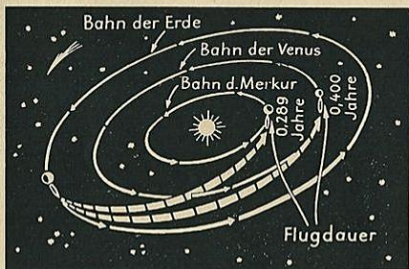


Abb. 16 Auf einer halbelliptischen Bahn dauert ein Flug zur Venus länger als ein Flug zu dem weiter entfernten Merkur

Zudem ist auf dem Jupiter die parabolische Geschwindigkeit über fünfmal so groß und die Schwerkraft fast dreimal so groß wie auf der Erde. Dies würde die Raumflieger hindern, sich frei zu bewegen und ihren Aufenthalt auf diesen Planeten vielleicht unmöglich machen. Auch andere Umstände würden die Landung auf dem Jupiter erschweren (Kälte, giftige Gase). Doch mit der Zeit könnte man den Jupiter vom Bord eines Raumschiffes aus erforschen, das sich als künstlicher Trabant um diesen Planeten bewegt.

Bei Flügen zum Merkur müßte man folgende Umstände beachten: Die Zeit eines vollen Umlaufs des Merkurs um die Sonne ist gleich der Zeit seiner Umdrehung um die eigene Achse (88 Tage). So ist die eine Halbkugel des Planeten ständig der Wirkung der Sonnenstrahlen ausgesetzt, während die andere Halbkugel in ewiger Finsternis liegt, weshalb dort die Temperaturen sehr niedrig sind. An der Grenze der beleuchteten und der unbeleuchteten Hälfte gibt es einen schmalen

halberleuchteten Gürtel mit gemäßigttem Klima. Übrigens kann man nur mit Vorbehalt von einem Klima sprechen, da der Merkur wahrscheinlich keine Atmosphäre besitzt.

Die Sonnenenergie ist auf dem Merkur durchschnittlich fast siebenmal so intensiv wie auf der Erde. Die Bodentemperatur erreicht auf der beleuchteten Halbkugel 40 Grad Celsius. Daher muß die Verkleidung des Raumschiffes, das diesen heißen Planeten anfliegt, einen großen Teil der auftreffenden Sonnenstrahlen in den Raum reflektieren können.

Die Landung ist wahrscheinlich nur mit Hilfe eines Raketenmotors möglich, wodurch die Verwirklichung einer Reise zum Merkur erschwert wird.

Flüge zum Saturn, Uranus, Neptun und Pluto auf Flugbahnen mit minimaler Abfluggeschwindigkeit wären zu lang. Um die genannten Planeten zu erreichen, brauchte man also superleistungsfähige „Eilraketen“ und „Kurierraketen“. Wenn man zum Beispiel bei einer Reise zum Pluto die Abfluggeschwindigkeit um 5 Prozent erhöht und mit der Geschwindigkeit von der Erde aufsteigt, die nötig ist, um von der Sonnenanziehung frei zu werden – 16,7 km/sec – würde sich die Flugdauer auf weniger als die Hälfte verkürzen.

Obwohl die Anziehungskraft auf diesen Planeten ungefähr die gleiche ist wie auf der Erde, sind ihre natürlichen Bedingungen nicht so beschaffen, daß Menschen dort leben können. Man hat festgestellt, daß die Atmosphäre des Saturn, des Uranus, des Neptun und des Pluto hauptsächlich Methan („Sumpfgas“) enthält. Auch ist die Temperatur auf diesen Planeten sehr niedrig.

Wie steht es mit Flügen zu den nächsten Sternen? Wenn wir das Himmelsgewölbe mit bloßem Auge oder mit dem Fernrohr betrachten, können wir doch keinen Unterschied in den Entfernungen der Himmelskörper von der Erde feststellen: Planeten und Sterne scheinen uns gleich weit entfernt. In Wirklichkeit liegt zwischen den Planeten und den Sternen eine riesige Entfernung. Von dem am weitesten entfernten Planeten unseres Sonnensystems, dem Pluto, braucht ein Lichtstrahl bis zu uns nicht länger als sieben Stunden (die Lichtgeschwindigkeit beträgt 300 000 km/sec), während ein Lichtstrahl von dem nächsten sichtbaren Stern über vier Lichtjahre bis zur Erde „reist“. Aus diesem Grunde sind Reisen zu den Sternen, im Gegensatz zu interplanetaren Flügen, die Angelegenheit einer fernen Zukunft.

★

In dieser Broschüre haben wir versucht, einen Blick in die nächste Zukunft der Astronautik zu werfen.

Zur Verwirklichung des Raumfluges müssen Geschwindigkeiten entwickelt werden, die die Geschwindigkeiten, die man in der modernen Technik kennt, um ein Mehrfaches überschreiten: Um den Mond und alle Planeten unseres Sonnensystems erreichen zu können, muß eine Rakete eine Geschwindigkeit von 11,1 bis 16,3 Kilometer in der Sekunde entwickeln.

Der Bau einer interplanetaren Station wird die Lösung dieses Problems erleichtern, denn dann braucht man dem Raumschiff die Anfangsgeschwindigkeit nicht sofort mitzuteilen; beim Abflug von der Erde wird das Raumschiff auf die Kreisgeschwindigkeit gebracht (rund 7,9 Kilometer in der Sekunde), und beim Abflug von der interplanetaren Station wird ihm eine zusätzliche Geschwindigkeit von 3 bis 4 Kilometern in der Sekunde mitgeteilt.

Damit aber eine Rakete die kosmische Geschwindigkeit erreichen kann, muß man sie in technischer Hinsicht verbessern. Das gilt in erster Linie für die Ausströmungsgeschwindigkeit der Gase. Aus den modernen Flüssigkeitsraketen werden die Gase mit einer Geschwindigkeit von rund 2,5 Kilometern in der Sekunde ausgestoßen. Man darf annehmen, daß es gelingen wird, diese Geschwindigkeit auf 4 Kilometer in der Sekunde zu steigern. Eine andere wichtige Frage, von deren Lösung der Erfolg der Sache abhängt, ist die Vergrößerung des relativen Brennstoffvorrats.

Heute beträgt das Gewicht des von einer Flüssigkeitsrakete mitgeführten Brennstoffs fast das Fünffache ihres Eigengewichts. Aber im Hinblick auf die Anwendung neuer Baustoffe und verbesserter Konstruktionen kann man hoffen, daß sich dieses Verhältnis verdoppeln läßt.

Im modernen Raketenbau zeichnen sich ferner Tendenzen zur Vergrößerung der Motorleistung und der Zahl der Stufen einer Rakete ab.

Infolge des raschen Nachlassens der Anziehungskraft entsprechend der Entfernung vom Erdzentrum nimmt die Deckenhöhe des Raumschiffes selbst bei einer nur geringen Steigerung der Abfluggeschwindigkeit wesentlich zu. Daher muß man annehmen, daß man die Höhenrekorde sprunghaft erzielen wird.

Man kann einen Weltraumflug mit einer Rakete ausführen, die mit thermochemischem Brennstoff arbeitet. Aber zweifellos wird die

Nutzung der Atomenergie der Astronautik neue Möglichkeiten bieten, und es wird mit der Zeit auch ein Atomraumschiff entwickelt werden, das hinsichtlich seiner Flugtüchtigkeit und anderer Eigenschaften die besten thermochemischen Raketen überflügeln wird.

Mit Hilfe einer Atomrakete werden Flüge zum Mond und zu den Planeten ohne Zwischenlandung auf einer interplanetaren Station möglich. Auch die Landung auf atmosphärelosen Planeten und Trabanten wird dann möglich sein, da das Raumschiff mit einer solchen Rakete gebremst werden kann. In einem Atomraumschiff wird man von jedem beliebigen Himmelskörper unseres Sonnensystems auf die Erde zurückkehren können. Schließlich wird ein Atomraumschiff dank seiner großen Geschwindigkeit starten können, ohne auf die günstigste gegenseitige Stellung der Planeten warten zu müssen.

Das Raumschiff wird nach der Anfangsbeschleunigung auf Grund der aufgespeicherten Energie, ohne Brennstoffverbrauch, weiterfliegen: so ist es am wirtschaftlichsten. Aus den gleichen Erwägungen heraus werden die kosmischen Raketen, im Gegensatz zu anderen Verkehrsmitteln, nicht auf dem kürzesten, dem direkten Weg ans Ziel gesteuert werden, ihre Flugbahnen werden vielmehr Ellipsenbögen und später Parabel- und Hyperbelbögen darstellen.

Bevor eine Expedition einen Weltraumflug unternimmt, werden Raketen mit automatischer Funksteuerung ausgesandt werden. Mit ihrer Hilfe wird man alle Daten ermitteln, die zum Bau des Raumschiffes erforderlich sind. Die physiologischen Bedingungen des Raumfluges werden ebenfalls vorher erprobt werden, und zwar an Tieren.

Die erste Etappe auf dem Wege zur Verwirklichung des Raumfluges wird der Bau eines künstlichen Erdtrabanten sein. Darauf werden Flüge zum Mond und zu den Planeten folgen, nachdem diese Himmelskörper vorher umflogen worden sind.

Um die Erdkugel zu umfliegen, braucht ein Raumschiff nicht mehr als anderthalb Stunden. Der Flug um den Mond einschließlich des Rückfluges zur Erde wird zehn Tage dauern, ein Flug auf einer elliptischen Bahn, die die Bahnen der Venus und des Mars schneidet und zur Erde zurückführt, mindestens ein Jahr. Expeditionen zu den weiter entfernten Planeten werden mehrere Jahre dauern.

Die moderne Flugtechnik ist imstande, mittels gesteuerter Funkwellen die Verbindung mit dem Raumschiff zu sichern. Da die Raumschiffe im Weltenraum den gleichen Gesetzen unterliegen wie die Himmels-

körper, wird man jederzeit ihren Standort relativ zu den Funkstationen auf der Erde feststellen können.

Vom physiologischen Gesichtspunkt aus wird der Verwirklichung des Raumfluges wahrscheinlich nichts entgegenstehen. Während der Raketenmotor arbeitet, wird der Mensch aller Wahrscheinlichkeit nach einige Minuten lang eine Belastung aushalten können, die das Vier- bis Fünffache seines Körpergewichts beträgt. Dadurch wird man der Rakete eine kosmische Geschwindigkeit bei hinreichend wirtschaftlicher Ausnutzung des Raketenmotors mitteilen können.

Was dagegen die Schwerelosigkeit anbelangt, so sind wir vorläufig noch nicht sicher, ob sie sich auf die Dauer nicht doch schädlich auf den menschlichen Organismus auswirkt. Aber auch ein negatives Resultat ist kein Hindernis für die Eroberung des Weltenraumes, da es technisch durchaus möglich ist, durch eine rotierende Bewegung das Gefühl der Schwere künstlich zu erzeugen.

Die Temperatur im Innern der Kabine wird man weitgehend durch eine mehr oder weniger intensive Absorption der Sonnenstrahlen durch die Verkleidung des Raumschiffes regulieren können.

Die Herstellung der Mikroatmosphäre in der Kabine des Raumschiffes mit einer für den menschlichen Organismus geeigneten Zusammensetzung und Feuchtigkeit, die Versorgung der Raumflieger mit Lebensmitteln und der Schutz vor den ultravioletten Strahlen der Sonne bereiten der modernen Technik keine Schwierigkeiten. Eine ernste Gefahr stellt nur der Aufprall von Meteorkörpern und der Zusammenstoß mit Asteroiden dar.

Das Studium der Leistungen der Wissenschaft führt zu der Schlußfolgerung, daß es bereits in unserem Jahrhundert möglich sein wird, Flüge innerhalb des Sonnensystems durchzuführen.

Durch die interplanetaren Reisen wird man auch die die Menschheit bewegende Frage, ob es auch auf den anderen Planeten unseres Sonnensystems Leben gibt und in welchen Entwicklungsstadien es sich befindet, beantworten können.

Die Raumflüge werden nicht ausschließlich für die Wissenschaftler von großem Interesse sein, sondern sie werden wahrscheinlich auch praktische Bedeutung erlangen. Man denke nur daran, daß die Planeten und ihre Trabanten riesige Lagerstätten von Bodenschätzen darstellen, die zum Segen der Menschheit erforscht und nutzbar gemacht werden müssen.

INHALTSVERZEICHNIS

Der Raumflug – vom Märchen zur Wirklichkeit	3
<i>I. Das Raumschiff</i>	<i>7</i>
1. Was den Weltraumflug erschwert	7
2. Die Rakete – das Urbild des Raumschiffes	12
3. Die Konstruktion des Raumschiffes	17
<i>II. An Bord des Raumschiffes</i>	<i>20</i>
1. Der Abflug	20
2. Während des Fluges	21
3. Das Leben im Raumschiff	23
4. Die Gefahren des Raumfluges	26
5. Die Landung	30
<i>III. Ein künstlicher Erdtrabant</i>	<i>32</i>
1. Der Bau eines künstlichen Trabantens	32
2. Trabanten im interplanetaren Raum	35
<i>IV. Raumflüge</i>	<i>37</i>
1. Der Flug zum Mond	37
2. Der Flug zum Mars	40
3. Der Flug zur Venus	46
4. Die Flüge zu anderen Himmelskörpern	50

A. F. BUJANOW

Chemie im Dienste des Menschen

*168 Seiten mit Illustrationen,
broschiert etwa 2,50 DM*

Groß und vielseitig ist das Gebiet der Chemie. In leicht verständlicher Art schildert der Autor die Vielfältigkeit und die Bedeutung der Chemie in unseren Tagen. Breiten Raum widmet er dabei der Chemie im modernen Krieg. Er vermittelt dem Leser einen Überblick über die chemische Zusammensetzung und die Wirkungsweise der verschiedenen Pulver- und Sprengstoffarten, des Napalmgemisches sowie der Atom- und Wasserstoffwaffen.

**VERLAG
DES MINISTERIUMS FÜR NATIONALE
VERTEIDIGUNG**