

„FISIKA W SCHKOLE“
Physik in der Schule

Nr. 4 — 1955

Zum 20. Todestag von K. E. Ziolkowski

Die Eroberung des Weltalls

A. A. Sternfeld,

Moskau, Inhaber des Internationalen Förderungspreises für Astronautik

Bei den Versuchen des Menschen, in den Weltraum vorzudringen, spielen die Raketentechnik und die Atomenergie eine äußerst wichtige Rolle. Die in den letzten Jahrzehnten auf diesen Gebieten erzielten Erfolge haben der Entwicklung der Astronautik einen starken Auftrieb gegeben, die heute aus einer ursprünglich rein theoretischen Wissenschaft zu einer praktischen Wissenschaft geworden ist.

Die wissenschaftlich begründete Theorie der Weltraumschiffahrt wurde erstmalig von dem hervorragenden russischen Wissenschaftler Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski entwickelt, dessen 20. Todestag das Sowjetvolk am 19. September dieses Jahres begeht. Die in der Arbeit K. E. Ziolkowskis „Die Erforschung der Weltenräume mit Rückstoßgeräten“ (1903) enthaltenen Ideen bildeten die Grundlage der zahlreichen Arbeiten, die der Entwicklung der Astronautik in den letzten Jahren gewidmet waren.

Die heutige Theorie der Rückstoßgeräte beruht zu einem erheblichen Teil auf den von K. E. Ziolkowski gefundenen Formeln und Gesetzen. K. E. Ziolkowski hat so grundlegende technische Aufgaben des modernen Raketenbaus gelöst, wie die Verwendung von flüssigem Treibstoff, die Steuerung der Rakete mit im luftleeren Raum arbeitenden Gasrudern, das Umfüllen von Treibstoff in den Brennraum mittels Pumpen, das Kühlen des Brennraums und der Raketendüse durch die Komponenten des Treibstoffs u. a.

Die Arbeiten K. E. Ziolkowskis sind weltbekannt geworden und haben allgemeine Anerkennung gefunden. Die Sowjetregierung verlieh dem Gelehrten den Orden des Roten Arbeitsbanners. Ihm wurden alle Möglichkeiten für eine fruchtbare wissenschaftliche Tätigkeit geboten.

Nach seinem Tode noch zeichnete die Französische Gesellschaft für Astronautik K. E. Ziolkowski für seine hervorragenden Verdienste um die Entwicklung der Wissenschaft der Luftschiffahrt und des interplanetaren Verkehrs aus.

Bei uns wird der Entwicklung der Probleme, an deren Lösung K. E. Ziolkowski sein ganzes Leben gearbeitet hatte, eine immer größere Bedeutung beigemessen. Als Beweis dafür kann die Tatsache gelten, daß die Akademie der Wissenschaften der UdSSR im Jahre 1954 eine interressortliche Kommission für interplanetaren Verkehr gründete und eine K. E. Ziolkowski-Medaille stiftete, die vom Präsidium der Akademie der Wissenschaften der UdSSR alle drei Jahre für hervorragende Forschungen auf dem Gebiet der Astronautik verliehen wird.

Für die Probleme des interplanetaren Fluges interessieren sich weite Kreise unserer Öffentlichkeit, besonders aber die Jugend. Die im Jahre 1954 beim Zentralen Aeroklub der UdSSR gegründete Sektion für Astronautik zählt mehrere hundert Mitglieder, die sich für den Gedanken des interplanetaren Verkehrs begeistern. In den fünf wissenschaftlich-technischen Komitees der Sektion werden die Fragen der Raketentechnik, der Raumschiffahrt, die mit dem kosmischen Flug verbundenen astrophysikalischen und biologischen Probleme, die Fragen der Funk- und Fernsteuerung der Weltraumrakete, d. h. der gesamte Komplex der Fragen untersucht, von deren Lösung die weitere Entwicklung der Astronautik abhängt. An den Versammlungen der Sektion nehmen oft auch Schüler der oberen Klassen teil. In den Hochschulen — in der Moskauer Staatlichen Universität, der Moskauer Technischen Hochschule, dem Moskauer Institut für Luftschiffahrt sowie in anderen Hochschulen — bestehen Zirkel für Astronautik. Astronautische Gruppen und Gesellschaften bestehen ferner in Charkow, Kiew, Leningrad und in anderen Städten.

Im Ausland sind in den letzten Jahren astronautische Gesellschaften in mehr als 20 Ländern gegründet worden. Seit dem Jahre 1950 sind diese einzelnen Gesellschaften in der Internationalen

astronautischen Gesellschaft (Föderation) zusammengeschlossen, die alljährlich internationale astronautische Kongresse einberuft. Der nächste ordentliche VI. Kongreß soll im August dieses Jahres in Kopenhagen stattfinden. So sind die Ideen von K. E. Ziolkowski zu dem Samenkorn geworden, aus dem vor unseren Augen der mächtige Baum der Astronautik emporwächst.

Die Weltraumrakete

Von der stürmischen Entwicklung der Raketentechnik während der letzten Jahrzehnte zeugen folgende Zahlen:

In den dreißiger Jahren betrug der Höhenflugrekord einer gewöhnlichen Flüssigkeitsrakete 13 km, im Jahre 1952 bereits 217 km und im Jahre 1954 254 km.

Mit Stufenraketen erzielten die Wissenschaftler noch bessere Ergebnisse. Im Jahre 1949 wurden 400 km und im Jahre 1953 beinahe 500 km erreicht; nach den Angaben einiger ausländischer Quellen sind heute bereits Höhen von mehr als 1000 km erreicht worden.

Theoretisch genügt es, die Geschwindigkeit einer solchen Rakete auf etwa das Doppelte zu erhöhen, um sie zu einem künstlichen Trabanten der Erde zu machen. Diese Frage kann im Laufe der nächsten Jahre gelöst werden. Wenn wir noch einen Schritt weitergehen und die Geschwindigkeit der Rakete auf das Dreifache steigern, so kann sie sich aus den Fesseln der Erdanziehung frei machen und den Mond erreichen.

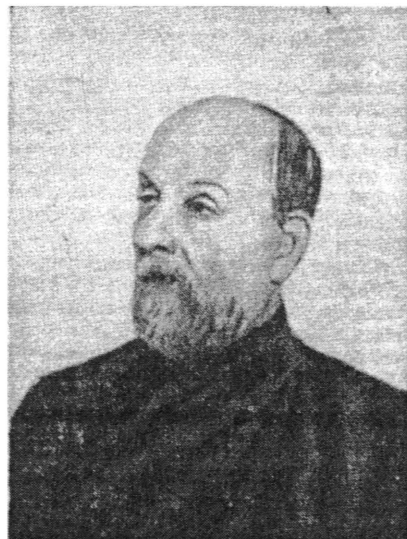
Praktisch muß jedoch die Rakete, um solche Geschwindigkeiten zu erreichen, im Verhältnis zum Gewicht des von ihr mitgeführten Treibstoffs erheblich leichter sein als die jetzigen Raketen. Sie muß einen noch größeren Wirkungsgrad besitzen und noch höhere Temperaturen und einen stärkeren Druck aushalten können. Die Wissenschaftler und Techniker bemühen sich heute, diese Aufgabe zu lösen.

Wovon hängt nun die Geschwindigkeit der Rakete ab?

Im Gravitationsfeld hängt die Geschwindigkeit der Rakete von der Leistung des Triebwerks ab: Die Rakete bewegt sich um so schneller, je höher die Leistung des Triebwerks bei einem bestimmten Treibstoffverbrauch und einer bestimmten Ausströmungsgeschwindigkeit der Gase ist.

Was die Ausströmungsgeschwindigkeit beim Verbrennen der Gase betrifft, so ist Wasserstoff mit Sauerstoff besonders vorteilhaft. Wasserstoff hat jedoch, sogar im flüssigen Zustand, ein erheblich größeres spezifisches Volumen als die übrigen Treibstoffe. Außerdem siedet er bereits bei einer Temperatur von -253°C . Vorteilhafter ist Hydrazin mit Salpetersäure. Diese Flüssigkeiten kann man in kleinen Bunkern unterbringen (sie sind schwerer als Wasser), der Umgang mit ihnen bietet keine Schwierigkeiten.

In den Triebwerken der Flüssigkeitsraketen werden als Treibstoff auch Anilin, Petroleum, Gasolin, Benzin, Terpentin, Paraffin verwendet. Als Oxydationsmittel können Chlorsäure, Tetränitromethan, Wasserstoffsperoxyd dienen;



K. E. Ziolkowski

Diese sogenannten thermochemischen Treibstoffe ergeben heute eine Ausströmungsgeschwindigkeit der Gase von 2,5 km/sec, doch es wird gelingen, die Geschwindigkeit auf 4 km/sec zu erhöhen.

Eine andere Kardinalfrage ist die Erhöhung des relativen Treibstoffvorrates. Gegenwärtig übersteigt das Gewicht des von einer Flüssigkeitsrakete mitgeführten Treibstoffs das Gewicht der Rakete selbst um das Drei- bis Fünffache. Bestenfalls kann man auf eine Verdoppelung dieses Verhältnisses hoffen.

Es gibt noch ein anderes Verfahren, Geschwindigkeit und Gipfelhöhe der Rakete zu steigern. Zu diesem Zweck muß die Rakete, bevor sie selbst angelassen wird, mittels einer zweiten, einer Hilfsrakete hochgetrieben werden. Wenn die Auftriebskraft der Hilfsrakete erschöpft ist, wird diese automatisch abgehängt und fällt an einem Fallschirm auf die Erde nieder. Erst dann wird die Hauptrakete angelassen. Auf diese Weise hat die Rakete im Augenblick ihres Anlassens bereits eine gewisse Höhe erreicht und besitzt eine bestimmte Geschwindigkeit. Eine solche Rakete heißt Stufenrakete. Die Stufenzahl (Zahl der Hilfsraketen) kann man erhöhen.

Obgleich die Ausströmungsgeschwindigkeit der Gase thermochemischer Treibstoffe theoretisch bis auf 6 km/sec gesteigert werden kann, muß doch praktisch zur Erzielung derartiger Geschwindigkeiten Kerntreibstoff verwendet werden. Da es möglich ist, den Prozeß des Freiwerdens der Atomenergie zu steuern, kann diese Energie dazu benutzt werden; irgendeine arbeitende (innere) Flüssigkeit (zum Beispiel flüssigen Wasserstoff, Helium, Deuterium, Methan u. a.) in Gas zu verwandeln und dieses Gas aus der Rakete auszustoßen.

Nutzt man die Atomenergie aus, so wird der Gasstrom aus der Raketendüse mit einer Geschwindigkeit bis zu mehreren Dutzend Kilometer in der Sekunde ausgestoßen. Für einen interplanetaren Flug wird daher nur eine verhältnismäßig geringe Menge des auszustößenden Raketenstoffes erforderlich sein.

Es gibt Projekte verschiedener Typen von Atomraketen; das Prinzip ihrer Wirkung ist jedoch immer das gleiche.

In ein kleines Gefäß, das an den Brennraum einer Flüssigkeitsrakete erinnert, drücken Pumpen aus den Bunkern flüssigen Wasserstoff (oder irgendeine andere inerte Flüssigkeit). Hier wird dem flüssigen Wasserstoff Atomenergie in Gestalt von Wärme zugeführt, und er wird gasförmig. Das kalte Gas erhitzt sich im Bruchteil einer Sekunde auf eine sehr hohe Temperatur. Dabei wird der Druck des Gases stark gesteigert, und es strömt mit großer Geschwindigkeit durch die Düse nach außen.

Somit unterscheidet sich die Atomrakete im wesentlichen nicht grundsätzlich von der Flüssigkeitsrakete. Bei der Konstruktion der Atomrakete ergeben sich jedoch verschiedene technische Schwierigkeiten. Die moderne Technik kennt bisher keine Stoffe, die die hohen Temperaturen und den starken Druck aushalten, die bei Atomraketen entstehen können. Selbst die am schwersten schmelzenden feuerfesten Stoffe würden unter diesen Bedingungen augenblicklich verdampfen.

Eine andere Schwierigkeit, die die Konstrukteure der Atomrakete noch zu überwinden haben, ergibt sich daraus, daß Sicherheitsmaßnahmen zum Schutz gegen radioaktive Strahlung getroffen werden müssen.

Obgleich der Flug in den Weltraum mit Hilfe einer mit thermochemischem Treibstoff getriebenen Rakete durchgeführt werden kann, wird die Verwendung der Atomenergie der Astronautik neue große Möglichkeiten eröffnen.

Ein mit thermochemischem Treibstoff arbeitendes Raumschiff für den Flug zur interplanetaren Station wird eine Mehrstufenrakete von der Größe eines Luftschiffs darstellen.

Genau im festgesetzten Augenblick wird der automatische Anlasser die Rakete in Gang setzen. Der Flug wird automatisch, nach einem vorher festgelegten Programm, gesteuert werden. Um die sich ständig ändernden Geschwindigkeiten und die Bewegungsrichtung des Raumschiffes sowie seine Koordinaten mit der erforderlichen Schnelligkeit messen zu können, sind automatische Spezialgeräte erforderlich. Ebenso wird die Arbeit des Triebwerks und die Steuerung der Luft- und Gasruder automatisch geregelt.

Die verbrauchten Stufen der Rakete können mit Flügeln versehen werden und automatisch im Gleitflug auf der Erde landen.

Beim Fliegen mit ausgeschaltetem Triebwerk werden Menschen und Gegenstände im Raumschiff schwerelos sein. Der Schwereffekt kann sich jedoch nicht nur für die Menschen als notwendig erweisen, sondern auch für die Fortbewegung der Atemluft, für die Aufrechterhaltung der Ordnung in der Kabine, für die Unterhaltung der Flamme und für das Funktionieren einer Anzahl von Geräten. Aus diesem Grunde ist es möglich, daß die Konstrukteure an Bord des Schiffes eine künstliche Schwere erzeugen müssen, die nach der Idee von Ziolkowski durch Rotieren der Rakete bewirkt werden kann.

Künstliche Erdtrabanten

Erhöht man die Geschwindigkeit eines horizontal geworfenen Körpers, so kann man diesen dazu bringen, in immer weiterer Entfernung zu Boden zu fallen. Offenbar gibt es aber eine gewisse Geschwindigkeit, bei der ein Körper nicht mehr auf die Erde herabfallen, sondern um sie kreisen wird. Die geringste Geschwindigkeit, bei der ein Körper zu einem künstlichen Erdtrabanten wird und um die Erde zu kreisen beginnt, heißt „erste astronautische Geschwindigkeit“ oder „Kreisbahngeschwindigkeit an der Erdoberfläche“ (der Luftdruck bleibt hierbei unberücksichtigt).

Die künstlichen Erdtrabanten unterliegen den gleichen Gesetzen wie die übrigen Himmelskörper.

Für den Aufstieg eines künstlichen Trabanten wird man eine Dreistufen- oder eine Vierstufenrakete verwenden können. Die projektierte Bahn kann jedoch nur die Kopfrakete, die die Besatzung und die Nutzlast mit sich führt, erreichen. Da sie eine Kreisbahngeschwindigkeit besitzt, wird sie bei abgeschaltetem Motor infolge der Trägheit weiterkreisen. Das ist der Augenblick, in dem ein einfacher künstlicher Erdtrabant entsteht. Von diesem Augenblick an besteht keine Notwendigkeit mehr, die letzten geleerten Treibstoffbunker und andere verbrauchte Teile des Raketenantriebs abzuwerfen, denn sie belasten nicht mehr die um die Erde kreisende künstliche Himmelsinsel und fallen auch nicht mehr zur Erde zurück, selbst wenn sie vom übrigen Teil der Rakete getrennt werden, sondern werden dann zusammen mit der Rakete weiter um die Erde kreisen.

Einen kleinen künstlichen, automatisch gesteuerten, unbemannten Trabanten kann man bereits heute konstruieren. Durch ihn können die verschiedenen Angaben automatisch arbeitender Geräte zur Erde gefunkt werden. Es gibt jedoch eine Anzahl von Daten, die man nur sehr schwer oder überhaupt nicht nur mit Hilfe von Geräten erlangen kann; hier brauchte man eben ein fliegendes Observatorium und ein Laboratorium mit dem erforderlichen Personal.

Als fliegende Laboratorien zur Beobachtung der Erdoberfläche wären Trabanten geeignet, die über die Pole der Erde hinwegfliegen. Infolge der Drehung der Erde um ihre Achse könnte man von einem solchen Trabanten aus im Laufe eines Tages die gesamte Oberfläche unseres Planeten bei Tageslicht fotografieren. In dieser Zeit kann der Trabant bis zu 16 Umrundungen der Erde ausführen.

Besonders bequem wird es sein, aus der Vogelschau die Verteilung und den Charakter der Wolkenhülle über großen Räumen der Erdkugel, insbesondere aber die Front der warmen und kalten Luftmassen und die Ausbreitungsgrenzen eines Sturms, festzustellen. Auf fliegenden Wetterfermstationen wird man zum Beispiel die Temperatur, den Luftdruck, die Luftdichte und die Ionisierung in den oberen Schichten der Atmosphäre genauer bestimmen können.

Die künstlichen Trabanten, die sich in elliptischen Bahnen bewegen, werden sich bald in die dünneren Schichten der Ionosphäre erheben und bald in geringere Höhen herabsteigen. Diese wird die Möglichkeit bieten, Beobachtungen in verschiedenen Höhen vorzunehmen.

Auf einem künstlichen Trabanten wird niemals ein Mangel an Sonnenenergie empfunden werden. K. E. Ziolkowski macht den Vorschlag, die durch die Sonne ausgestrahlten ungeheuren Energieströme einzufangen und in außerirdischen Treibhäusern Pflanzen zu züchten, die die Bewohner der Weltrauminsel als Nahrung verwenden könnten. Auf dem künstlichen Trabanten könnten auch Laboratorien

für Kernphysik eingerichtet werden, denen in Überreichem Maße primäre kosmische Strahlen zur Verfügung stehen würden. Daß sich die künstlichen Trabanten auch als Rückstrahlstationen für die Zwecke des Fernsehens und für andere Kurzwellensendungen eignen, ist unbestritten.

Am wichtigsten für die Astronautik ist jedoch der Vorschlag K. E. Ziolkowskis, den künstlichen Erdtrabanten als interplanetare Station zu verwenden und so die Reise in den Weltraum in mehrere Etappen zu zerlegen. Wenn man mit einer Rakete von einer interplanetaren Station aus startet, kann man jeden beliebigen Planeten erreichen und unser Sonnensystem sogar für immer verlassen. Um bis zum Mond, zur Venus oder zum Mars zu gelangen, genügt eine Rakete, die eine verhältnismäßig geringe Geschwindigkeit (3,1 bis 3,5 km/sec) entwickelt, da die Station selbst bereits eine Geschwindigkeit von 8 km/sec besitzt.

Nach einigen Projekten wird die von der Erde kommende, auf der interplanetaren Station eintreffende Rakete für den Weiterflug in den Weltraum dienen, der angetreten wird, sobald sich die Astronautiker hier mit allem versorgt haben, was sie für die Fortsetzung der Weltraumreise benötigen, das heißt mit dem Treibstoff, den die Rakete beim Start von der Erdoberfläche nicht mitführen konnte, mit Ausrüstung, Proviant und so weiter.

Nach anderen Projekten steigen die Astronautiker auf der interplanetaren Station in ein Raumschiff um, das hier aus einzelnen von der Erde herangeschafften Teilen zusammengesetzt wird. Für die Ausrüstung des Raumschiffs kann man auch Raketentriebwerke verwenden, die aus den auf der Station eingetroffenen Raketen ausgebaut werden.

Lange bevor der Mensch Flüge durch die endlosen Räume des Weltalls ausführen wird, können die Bedingungen dieser Flüge auf einer interplanetaren Station geprüft werden, so zum Beispiel, ob der Mensch die Schwerelosigkeit längere Zeit ohne Schaden für seinen Organismus verträgt, wie sich die künstliche Schwere bei ihm auswirkt und so weiter. Auf der Himmelsinsel lassen sich auch die Schutzmittel gegen die Meteoritengefahr studieren.

Der Flug zum Monde und zu den Planeten

Ebenso wie die ersten Erdtrabanten werden wohl auch die ersten Mondraketen automatisch gesteuert werden. Die von ihnen gesendeten Funksignale werden die Möglichkeit bieten, ihren Flug zu verfolgen. An dem Aufblitzen der Leuchtladung beim Aufprall der Rakete auf die Mondoberfläche werden wir erkennen, daß das Ziel erreicht ist.

In Zukunft werden dann stärkere, bemannte Raketen, die von der interplanetaren Station aufsteigen, zu künstlichen Mondtrabanten werden und längere Zeit ohne Treibstoffverbrauch um den Mond kreisen können.

Wie die Berechnungen zeigen, braucht bei einer Ausströmungsgeschwindigkeit der Gase von 4 km/sec eine zum Flug um den Mond startende Rakete, deren Masse zum Beispiel 10 t beträgt, nur 12 t Treibstoff mitzuführen, wenn sie von einem künstlichen Trabanten aus startet. Beim Abflug von der Erdoberfläche würde sie dagegen 150 t Treibstoff benötigen. Wenn man die Ausströmungsgeschwindigkeit der Gase mit 2,5 km/sec annimmt, bräuhete die Rakete im ersten Fall nur 25 t, im zweiten Fall jedoch 840 t Treibstoff. Hierbei bleibt die Treibstoffmenge, die das Schiff für die Überwindung des Luftwiderstandes braucht, unberücksichtigt; zudem wird angenommen, daß die Rakete beinahe augenblicklich auf die erforderliche Geschwindigkeit gebracht wird.

Erkundungsflügen um den Mond werden Flüge mit einer Landung auf seiner Oberfläche folgen. Wie Beobachtungen gezeigt haben, ist die Mondatmosphäre äußerst dünn. So entspricht nach vorläufigen Befunden die Dichte der Atmosphäre an der Mondoberfläche der Dichte der Erdatmosphäre in einer Höhe von etwa 60 Kilometern. Infolgedessen wird man wohl zur Landung einen Raketenmotor benutzen müssen.

Um aus dem Schwerfeld des Mondes herauszukommen, braucht man nur den zwanzigsten Teil der Energie, die für die Überwindung der Erdanziehung erforderlich ist.

Folglich ist die Aufstiegsgewindigkeit, die für eine Rückkehr des Schiffes zur Erde gebraucht wird, bedeutend geringer als die Geschwindigkeit, die für einen Flug von der Erde zum Mond nötig ist.

Die ersten Raumschiffe werden zweifellos zu den nächstgelegenen Himmelskörpern — zum Mond, zum Mars und zur Venus fliegen, deren astrophysikalische Bedingungen für derartige Expeditionen genügend genau erforscht sind (und noch weiter erforscht werden).

Die Erforschung der jenseits des Mars gelegenen Planeten ist durch viele Umstände erschwert. Der nächste Planet nach dem Mars ist der Jupiter, dessen Entfernung von der Erde das Mehrfache der Marsentfernung beträgt. Zwischen dem Mars und dem Jupiter liegt ein Gürtel unzähliger kleiner Planeten, auch Asteroiden genannt, die für ein Raumschiff sehr gefährlich sind. In diesen Himmelsregionen wärmt die Sonne nur sehr schwach. Außerdem ist die parabolische Geschwindigkeit auf dem Jupiter über fünfmal so groß wie auf der Erde, und die Schwerkraft beträgt mehr als das Dreifache. Dadurch wären die Astronautiker in ihrer Bewegung gehemmt, und vielleicht wäre dadurch ihr Aufenthalt auf diesem Planeten unmöglich. Es gibt aber auch noch andere Umstände, die eine Landung auf dem Jupiter erschweren (Kälte, giftige Gase). Eine Erforschung des Jupiters läßt sich jedoch von einem Raumschiff aus durchführen, das zu einem künstlichen Trabanten dieses Planeten geworden ist.

Flüge zum Saturn, zum Uranus, Neptun und Pluto sind wegen der übermäßig langen Dauer des Fluges undurchführbar. Um zu diesen Planeten zu gelangen, werden überstarke „Schnell“- und „Eil“-Raketen benötigt.

Von Interesse ist ferner auch die Erforschung der Asteroiden. Sie könnten als Sprungbrett für den „Angriff“ des Menschen auf die Planeten und deren Trabanten jenseits des Mars dienen.

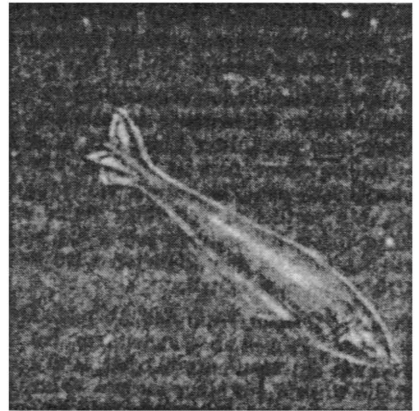
Ehe sich Expeditionen in den Weltraum begeben, werden zweifellos dorthin zuerst drahtlos ferngesteuerte Raketen-sonden entsandt werden. Diese werden der Erde durch Funk alle notwendigen Daten für den Bau eines Raumschiffes übermitteln. Die physiologischen Bedingungen eines kosmischen Fluges werden ebenfalls vorher geprüft werden, und zwar an Tieren.

Die erste Etappe also auf dem Wege zur Verwirklichung interplanetarer Flüge wird der Bau eines künstlichen Erdtrabanten sein. Darauf werden Flüge um den Mond und zum Mond und danach auch zu den Planeten, nach vorherigem Umliegen dieser Himmelskörper, unternommen werden.

Um die Erdkugel zu umfliegen, wird ein Raumschiff höchstens anderthalb Stunden brauchen. Der Flug um den Mond mit Rückkehr zur Erde wird insgesamt 10 Tage und eine Reise auf einer elliptischen Flugbahn, die die Bahnen der Venus und des Mars schneidet und die Rückkehr zur Erde möglich macht, mindestens 1 Jahr dauern. Eine Expedition zu den weiter entfernten Planeten wird mehrere Jahre in Anspruch nehmen.

Aufstieg der Raumschiffe

Der Flug in den Weltraum läßt sich mit dem Flug einer aus einer Kanone abgeschossenen Granate vergleichen. Im ersten Abschnitt seiner Bahn, im Rohr, erhält das Geschöß eine Beschleunigung, und die ihm beim Austritt aus dem Rohr erteilte Geschwindigkeit bewirkt seine Bewegung im Raum, ohne daß eine Antriebskraft beteiligt wäre. Nur im



So könnte das sich aus dem Kopfteil des Weltraumschiffes herauslösende Landeflugzeug aussehen

ersten Abschnitt ihrer Bahn wird der Rakete eine beschleunigte Bewegung erteilt; danach bewegt sie sich infolge ihres Beharrungsvermögens.

Um ihre Kreisbahngeschwindigkeit in einer Höhe von mehreren hundert Kilometern zu erhalten, braucht die Rakete, je nach der gewählten Flugbahn, eine Zeit von einer Viertel- bis zu einer ganzen Stunde. Alles in allem wird der Motor jedoch nicht länger als vier Minuten arbeiten müssen; denn den restlichen Teil ihrer Bahn wird dann die Rakete infolge ihres Beharrungsvermögens zurücklegen. Im Falle eines Abflugs zu den Planeten wird das Triebwerk weniger als 10 Minuten arbeiten.

Von der richtigen Wahl der Abflugbahn hängt das Schicksal des ganzen Fluges ab. Flugbahnen, bei denen der Treibstoffverbrauch ein Minimum beträgt, sind sehr kompliziert. Wenn sich die Rakete auf einer solchen Bahn bewegt, muß sie ständig Richtung und Bewegung ändern.

Von entscheidender Bedeutung für den ganzen Flug ist es, den Zeitpunkt genau festzusetzen, an dem die Rakete aufsteigt; denn nicht nur die Erde, sondern auch der Himmelskörper, dem das Raumschiff zustrebt, bewegt sich.

Während des Fluges

Das Triebwerk ist abgeschaltet. Auf einem Teil des Weges, der 99 Prozent der gesamten Flugstrecke ausmacht, wird nun das Raumschiff infolge seines Beharrungsvermögens fliegen. So wird zum Beispiel das Triebwerk bei einem Flug zu den nächstgelegenen Himmelskörpern nur auf einer etwa 2000 km langen Strecke arbeiten, obgleich die Entfernung bis zum Mond mehrere Hunderttausend Kilometer, die Entfernung bis zu den Planeten sogar mehrere Millionen Kilometer beträgt. Wie steht es nun mit der Flugrichtung des Raumschiffes? Auf seinem ganzen Wege wirkt praktisch nur die Anziehung der Sonne. Das Raumschiff bewegt sich dabei auf einer genau festgelegten Strecke, gleichsam als fahre es auf unsichtbaren Schienen. Die Länge seines Weges hängt nicht nur vom Ziel des Fluges, sondern auch von der Abfluggeschwindigkeit und Flugrichtung ab.

Die moderne Funktechnik ist in der Lage, die Verbindung mit dem Raumschiff mittels gerichteter Radiowellen zu gewährleisten. Da die in den Weltraum aufsteigenden Schiffe den gleichen Gesetzen wie die Himmelskörper unterliegen, kann man ihren Standort in bezug auf die Funkstationen der Erde jederzeit bestimmen.

Eine Geißel der Astronautik ist die Meteoritengefahr.

Wenn ein Meteor auf ein Raumschiff auftrifft, kann das seinen Untergang herbeiführen. Selbst ein ganz kleines Loch wird den luftdichten Abschluß der Kabine zerstören, und die Luft wird dann aus der Kabine mit Schallgeschwindigkeit entweichen. Wie jedoch Versuche gezeigt haben, bewahrt der Mensch bei plötzlichem Fallen des äußeren Drucks etwa 15 Sekunden lang seine Selbstbeherrschung. Dies aber genügt, um den Sauerstoffapparat des Überdruckzugs einzuschalten.

Mikrometeoriten können die Außenhaut des Raumschiffes nach und nach abschleifen und sie schließlich zerstören. Diese Gefahr ist besonders groß für künstliche Trabanten, die längere Zeit um die Erde kreisen.

Bei einem in Höhen von 40 bis 140 Kilometern durchgeführten Versuch wurden innerhalb von 144 Sekunden 66 Treffer registriert (auf einen Quadratmeter kommen 4,9 Treffer je Sekunde). Die räumliche und zeitliche Verteilung der Meteorkörper ist jedoch ungleichmäßig. Eine Anzahl von Meteorströmen und die Zeit ihres Auftretens wurden untersucht. Die Flugbahnen vieler Meteorschwärme sind eingehend erforscht. Die Astronautiker werden diese Daten bei der Wahl der Flugbahn und der Flugzeit berücksichtigen müssen. Es besteht die Möglichkeit, während der Zeit der „Meteorstille“ zum Mond hin- und zurückzufliegen und dabei kaum Gefahr zu laufen, irgendeinem größeren Meteorkörper zu begegnen. Die gewöhnliche Außenhaut des Raumschiffes wird Schutz gegen den Meteorstaub und eine doppelte oder mehrschichtige Außenhaut Schutz gegen kleine Meteore bieten. Der interplanetare Raum wird von den ultravioletten Strahlen der Sonne sowie von den kosmischen Strahlen durchdrungen. Die Atmosphäre absorbiert die ultravioletten, Strah-

len und schützt uns gegen ihre schädliche Wirkung. Der Schutz des Astronautikers gegen ultraviolette Strahlen ist nicht schwierig. Diese Strahlen werden nicht nur von den meisten Konstruktionsstoffen, sondern auch von gewöhnlichem Glas absorbiert.

Vom physiologischen Standpunkt aus dürfte es offenbar keine Hindernisse für interplanetare Flüge geben. Während der Beschleunigung beim Abflug wird der Mensch aller Wahrscheinlichkeit nach einige Sekunden lang die Überbelastung, die vier- bis fünfmal so groß wie sein normales Gewicht ist, ertragen können.

Was die Schwerelosigkeit anbelangt, so sind wir bis auf den heutigen Tag nicht ganz dessen sicher, daß ihre länger anhaltende Wirkung für den menschlichen Organismus unschädlich sein wird. Aber auch ein negatives Ergebnis würde kein Hindernis für die Eroberung des Weltraums bedeuten, da es technisch durchaus möglich ist, das Gefühl der Schwere durch rotierende Bewegung zu erzeugen.

Landung des Raumschiffes

Für das Bremsen des Raumschiffes vor der Landung könnte der Luftwiderstand verwendet werden. Aber die große Wärmemenge, die durch die Reibung des Raumschiffes mit der Luft frei würde, schließt die Möglichkeit aus, mit Fallschirmen zu landen, da die Fallschirme augenblicklich verbrennen würden. Außerdem ginge ein solches Bremsen zu scharf vor sich. Beim Eintritt in die Luftpelle der Erde würde sich der Schiffkörper zweifellos bis zur Weißglut erhitzen. Die Besatzung wird daher vor der Landung, noch bevor das Raumschiff in die obersten Schichten der Erdatmosphäre eingetreten ist, in ein in den Kopfteil des Schiffes einmontiertes und sich von ihm lösendes Gleitflugzeug, das eine ideale Stromlinienform besitzt, umsteigen müssen.

Sobald sich das Gleitflugzeug der Erde genähert hat, taucht es, um seine Bewegungsgeschwindigkeit zu verringern, in die obersten Schichten der Atmosphäre, verläßt sie danach wieder und entfernt sich in den luftleeren Raum. In der Zeit, in der sich das Gleitflugzeug im Bereich der Atmosphäre befindet, wird seine Bewegung teilweise gehemmt, so daß es mit verminderter Geschwindigkeit aus der Atmosphäre austritt. Nachdem das Gleitflugzeug dieses Manöver mehrmals wiederholt hat, ist seine Geschwindigkeit erheblich geringer geworden. Bei diesem Landungsmanöver wird sich die Außenhaut des Gleitflugzeuges nicht bis auf eine hohe Temperatur erhitzen können.

Während der ersten Raumflüge wird das Schiff die nächstgelegenen Himmelskörper umfliegen und zur Erde zurückkehren. Wenn die Raumschiffe später auch auf den Planeten, die eine Atmosphäre besitzen, landen werden, wird das Bremsen der Schiffe etwa ebenso vonstatten gehen wie beim Landen auf der Erde.

Wenn Expeditionen, die auf der Oberfläche des Mondes, des Mars oder eines anderen Himmelskörpers gelandet sind, dort chemische Analysen und andere Untersuchungen vornehmen werden, so wird sich zweifellos herausstellen, daß diese für den Menschen neue Welt mit ihrer Atmosphäre, ihrer Kruste und ihren tieferen Schichten aus den gleichen chemischen Elementen besteht wie die Erde. Dafür sprechen heute schon die Untersuchungen der von den Himmelskörpern ausgesandten Spektren und die Zusammensetzung der Meteoriten. Selbst wenn auf anderen Himmelskörpern neue chemische Verbindungen entdeckt werden sollten, die unter Bedingungen entstanden sind, die sich von den auf der Erde herrschenden unterscheiden, so werden sie doch aus den gleichen Elementen bestehen wie unser Planet.

So wird die Astronautik Vorurteile und Aberglauben überwinden und die überlebten kirchlichen Dogmen von der Erschaffung der Welt und von dem göttlichen Ursprung der Bewegung der Himmelskörper widerlegen.

Wie herrlich wird das Erreichte sein! Die Eroberung des Sonnensystems wird nicht nur Energie und Leben spenden, sie wird uns auch einen noch größeren Raum schenken. Der Mensch herrscht auf der Erde sozusagen nur in zwei Dimensionen, denn die dritte ist begrenzt. Dann aber wird der Mensch drei Dimensionen erhalten.“ (K. E. Ziolkowski)