

# Startplätze

Die Erschließung des Weltraums setzt die Kopplung von Raumschiffen auf einer Umlaufbahn voraus. Will man nämlich 1 Kilogramm Nutzmasse auf eine Erdumlaufbahn befördern, so sind dazu immerhin rund 50 Kilogramm Startmasse der Trägerrakete erforderlich. Das bedeutet, daß größere Raumflugkörper für längere Flüge auf einer Umlaufbahn aus einzelnen Bauteilen zusammengesetzt werden müssen, die mit relativ kleinen Transportraketen von der Erde herangeschafft werden. Ari Sternfeld, Doktor der physikalisch-mathematischen Wissenschaften, befaßt sich in seinem nachstehenden Beitrag mit einigen Problemen, die sich aus diesem Verfahren ergeben. Dr. Sternfeld beschäftigt sich seit Jahren mit der Raumfahrt und ist Autor der Bücher „Flug ins All“, „Raumflüge“, „Künstliche Erdtrabanten“ und „Einführung in die Raumfahrt“.

Der Flug der beiden mehrsitzigen Raumschiffe Sojus 4 und Sojus 5 im Januar dieses Jahres eröffnete neue Aussichten für die Raumfahrt und war richtungweisend, weil er bewies, daß in Zukunft Raketenstartplätze (Kosmodrome) außerhalb der Erde angelegt werden können.

Um den Mond, die Venus, den Mars — unsere nächsten Himmelskörper — erreichen zu können, ist bekanntlich eine enorme Geschwindigkeit nötig, die elf Kilometer pro Sekunde übersteigt. Raumschiffe können jedoch nicht beliebig groß gebaut werden, der Vergrößerung ihrer Abmessungen ist aus mehreren objektiven Gründen eine Grenze gesetzt. Die Kopplung von Raumschiffen im Kosmos stößt hingegen nicht auf prinzipielle Hindernisse. Für einen Flug zum Mond oder zu den Planeten können das Raumschiff sowie die verschiedenen Nutzlasten, die für die Erreichung des Endpunktes der Reise unentbehrlich sind, zunächst in einzelnen Teilen auf eine Erdumlaufbahn gebracht und dort montiert werden. Die Transportraketen können dabei sowohl für den Bau eines außerirdischen Kosmodroms als auch für die Montage von interplanetaren Raketen verwendet werden.

Hauptvorteil eines solchen kreisenden Kosmodroms ist seine Beweglichkeit. Ein von der Erde gestartetes Raumschiff behält auch nach seiner Landung auf einem außerirdischen Kosmodrom seine Kreisbahngeschwindigkeit (etwa acht Kilometer pro Sekunde), die ihm dann bei einem erneuten Start wieder zur Verfügung steht.

Im Unterschied zu den Menschen, die auf der Erde mit Unterbrechungen reisen, behalten die Kosmonauten also auf Zwischen-

stationen nicht nur den zurückgelegten Weg, sondern auch die bereits gewonnene Geschwindigkeit. Wenn eine Rakete von einem auf einer Erdumlaufbahn kreisenden Kosmodrom zum Mond, zur Venus oder zum Mars startet, braucht sie nur eine Geschwindigkeit von 3,1 bis 3,6 Kilometern pro Sekunde statt 11,1 bis 11,6 Kilometern pro Sekunde zu entwickeln, da das außerirdische Kosmodrom bereits eine Geschwindigkeit von rund acht Kilometern pro Sekunde besitzt. Das wiederum bedeutet, daß eine Rakete, die von der Erdoberfläche in eine Höhe von etwa 1000 Kilometer steigt, bei einem erneuten Start von einer Zwischenrampe ohne weiteres die Venus oder den Mars erreichen könnte.

Die Montage eines Raumschiffes mittels Kopplung mehrerer auf eine Erdumlaufbahn eingesteuerter Raketen ist auch aus folgenden Gründen vorteilhaft. Je mehr Treibstoff eine Rakete, die ein solches Kosmodrom verläßt, an Bord mitführt, desto größere Geschwindigkeit kann sie entwickeln. Bei einem Start von der Erde aus muß dies durchaus nicht immer der Fall sein. Zudem können bei einem Start von einer Zwischenrampe auch Raketen mit geringerer Leistung als beim Start von der Erdoberfläche verwendet werden.

Beim Start von der Oberfläche unseres Planeten muß die von der Rakete entwickelte Schubkraft größer als ihr Gewicht sein. Beim Start von einer Erdumlaufbahn braucht diese Bedingung nicht eingehalten zu werden. Selbst wenn die Schubkraft etwas geringer ist als das Gewicht der Rakete, wird diese dennoch nach und nach die erforderliche Geschwindigkeit erreichen. Wir möchten hinzufügen, daß bei einem Start von der Erde ein beträchtlicher Teil der Energie des Triebwerks nicht für die nützliche Arbeit, sondern zum Ausgleich der sogenannten Gravitationsverluste verbraucht wird.

Man darf nun aber nicht annehmen, daß bereits jede genügend große Raumstation als Zwischenrampe für Raketenstarts geeignet wäre. Liegt zum Beispiel die Umlaufbahn der Station in einer Ebene senkrecht zur Ebene der Erdbahn, würde eine Zwischenlandung auf einem solchen Kosmodrom den Raumflug keineswegs erleichtern, sondern ihn vielmehr unmöglich machen. Dies erklärt sich daraus, daß die Flugrichtung einer solchen Station mit der für die Fortsetzung des Raumfluges erforderlichen Richtung des Raketenstarts nicht zusammenfällt. Eine solche kosmische Station könnte aber mit Erfolg für die Erforschung der Arktis oder Antarktis und überhaupt der Polargebiete der Erde eingesetzt werden.

Von großer Bedeutung ist die Flughöhe eines außerirdischen Kosmodroms. Auf den ersten Blick könnte es scheinen, man sollte eine Flughöhe wählen, bei der das Kosmodrom den Äquator im Laufe von 24 Stunden einmal umkreist, weil diese Station dann relativ zur Oberfläche unseres Planeten stillstehen würde. Außerdem würde die Richtung ihrer Bewegung zu einem bestimmten Zeitpunkt völlig oder fast mit der Richtung zusammenfallen, die eine Rakete bei einem Start zu den Planeten einschlagen müßte.

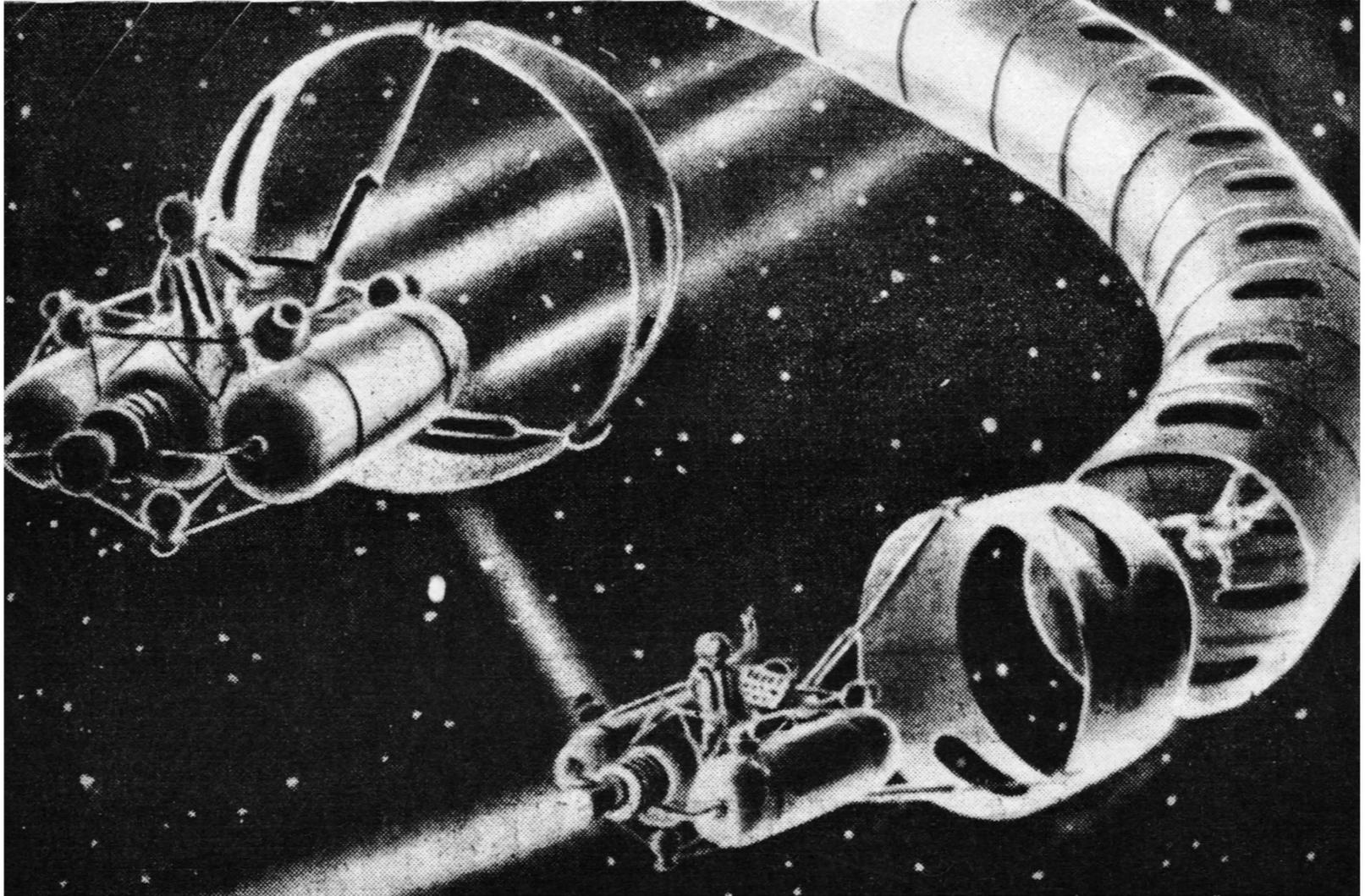
Die Flughöhe einer solchen Startplattform — etwa 36 000 Kilometer — wäre jedoch für ein außerirdisches Kosmodrom schon zu groß. Für den Start von der Erde und die Landung auf einer solchen Zwischenstation wäre ein beträchtlicher Energieaufwand erforderlich. Für andere praktische Zwecke jedoch — etwa für die Verstärkung von Mikrowellen bei Raumfunkverbindungen (Nachrichtensatelliten) oder für präzise wissenschaftliche Beobachtungen von Erscheinungen auf der Erde — ist eine „stillstehende“, scheinbar über einem Punkt der Erde schwebende Raumstation sehr brauchbar.

Anders als eine „stillstehende“ Raumstation würde sich ein außerirdisches Kosmodrom in verhältnismäßig geringer Höhe über der Erdoberfläche befinden oder — zumindest auf einem Abschnitt seiner Bahn — dicht an der Erde vorbeifliegen. Für komplizierte, weitreichende Raumflüge wird man allerdings kein niedrig fliegendes Kosmodrom benutzen, sondern ein Kosmodrom auf einer elliptischen Umlaufbahn mit weit abgelegtem Apogäum (erdfernster Punkt der Bahn). Je weiter das Apogäum einer Umlaufbahn von der Erde entfernt ist, desto größer ist die Geschwindigkeit des Kosmodroms im Perigäum (erdnächster Punkt der Flugbahn). Für weite Raumflüge wird der erneute Start von der elliptischen Bahn zweckmäßigerweise in dem Augenblick erfolgen, in dem das Kosmodrom seine höchste Geschwindigkeit erreicht.

Um ein „Fernapogäum“-Kosmodrom zu bauen, werden allerdings sehr leistungsstarke Raketen für den Start von der Erdoberfläche benötigt, während die zweite Etappe des Raumflugs dann mit schwächeren Raketen vonstatten gehen könnte.

Ein Flug ins All unter Anwendung der Technik der kosmischen Kopplung könnte auch auf folgende Weise vor sich gehen. Eine Rakete startet von der Erdoberfläche, entwickelt eine Geschwindigkeit von rund acht Kilometern in der Sekunde und verwandelt sich in einer Höhe von 200 bis 300 Kilometern vorübergehend in einen

# im Weltall



Erdsatelliten. Hilfsraketen befördern nach und nach zusätzliche Güter sowie Treibstoff, die für die weitere Flugetappe notwendig sind, in die Höhe. Nach dieser „Stärkung“ fliegt die Rakete zum vorgesehenen Ziel.

Denkbar ist auch folgendes Vorhaben: Zunächst werden Brennstoffbehälter auf eine kreisförmige oder elliptische Umlaufbahn gebracht und anschließend auch die interplanetare Rakete. Nach dem Rendezvous und der Montage auf der Umlaufbahn beginnt die nächste Flugetappe. Bei jedem dieser Verfahren können für die Ausrüstung der kosmischen Fernexpedition Triebwerke und andere Bauteile verwendet werden, die von den auf der Erdumlaufbahn eintreffenden Transportraketen abmontiert werden.

Die Kosmonauten können das fliegende Kosmodrom als Übungsbasis benutzen und

So stellt sich Kosmonaut Alexej Leonow die Montage einer Weltraumstation vor

so ihre Fertigkeiten in der Raumfahrtnavigation vervollkommen, die aerodynamische Bremsung der kosmischen Geschwindigkeit des Raumschiffs während des Abstiegs auf die Erde üben usw. Auf den kosmischen Orbitalstationen wird man auch Versuche anstellen können, die zur Entwicklung rationellerer Konstruktionen für interplanetare Raketen und für Landeapparate führen.

Die im erdnahen Raum eingeübte Technik der kosmischen Kopplung kann in gleichem Maße auch für den Start von der Oberfläche des Mondes oder eines anderen Planeten zu dem auf einer Umlaufbahn wartenden Raumschiff angewandt werden. Bei einem Mondflug braucht man beispielsweise nicht alle Geräte und Vorrichtungen,

die allein bei der Landung auf der Erdoberfläche nötig sind, zunächst auf die Mondoberfläche und dann wieder in den kosmischen Raum zu transportieren. Diese „Utensilien“ können in einer kosmischen „Gepäckaufbewahrungsstelle“ bleiben, bis sie wieder gebraucht werden. Das würde selbstredend die Landung auf anderen Himmelskörpern wesentlich vereinfachen.

Das fliegende Kosmodrom kann als Zwischenstation auch bei der Rückkehr der Kosmonauten von interplanetaren Flügen dienen. Nach entsprechender Verringerung der Geschwindigkeit ihres Raumschiffes werden sie sich eine Zeitlang auf einem solchen Kosmodrom aufhalten und dann in einen Landeapparat umsteigen.