

KÜNSTLICHE SATELLITEN

von **A. STERNFELD**

Träger des Internationalen Förderpreises für Astronautik

Mit 36 Bildtafeln, 59 Abbildungen im Text und einem Tabellenanhang



B. G. TEUBNER VERLAGSGESELLSCHAFT · LEIPZIG

1959

*8235 2-18
X*



A. A. Штернфельд - искусственные спутники

2. Auflage, erschienen im Staatlichen Verlag für physikalisch-mathematische Literatur, Moskau 1958

Deutsche Übersetzung:

Oberstud.-Dir. a. D. Fritz Bartels, Wernigerode — Dipl.-Ing. Robert Ziegenbein, Leipzig

Wissenschaftliche Redaktion:

Dr. Ulrich Güntzel-Lingner, Potsdam — Viktor Ziegler, Leipzig

Vorwort zur ersten russischen Auflage

Während der letzten Jahre begegnete man in der sowjetischen Presse und in der Presse anderer Länder immer häufiger ungewöhnlich klingenden, an den Titel eines phantastischen Romans erinnernden Worten und sprach von „künstlichen Erdsatelliten“. Künstliche Satelliten sind jedoch keine Phantasie und nicht nur ein kühner Traum, sondern eine Realität der allernächsten Zukunft.

Uns allen ist der Anblick des natürlichen Erdsatelliten, des Mondes, gewohnt, der unseren Planeten ständig auf der gleichen Bahn umkreist. Wissenschaftler und Ingenieure stellten sich nun die Aufgabe, neue, wenn auch zunächst sehr kleine künstliche Himmelskörper zu schaffen, die ähnlich dem Mond die Erde umkreisen. Fortschritte im Raketenbau, in der Fernlenktechnik, in Physik, Chemie und anderen Wissenschaften geben berechtigte Hoffnung, daß dieses Vorhaben in der allernächsten Zeit Wirklichkeit wird.

Presseberichten zufolge wird in der Sowjetunion und in den USA der Aufstieg kleiner künstlicher Erdsatelliten geplant. Diese Satelliten werden einen Durchmesser von einigen Dezimetern haben und in einer Höhe von einigen hundert Kilometern die Erde umkreisen. Sie sollen wissenschaftlichen Zwecken dienen und wahrscheinlich im Rahmen des Internationalen Geophysikalischen Jahres (1957/1958) gestartet werden, an dessen Durchführung neben anderen Ländern auch die Sowjetunion beteiligt ist.

Die Schaffung künstlicher Satelliten ist der erste Schritt auf dem Wege zur Weltraumfahrt, und die einschlägigen Fragen erregen das lebhafteste Interesse breiter Kreise der Öffentlichkeit. Diese Probleme waren auch Gegenstand vieler Berichte auf internationalen astronautischen Kongressen (Astronautik oder Kosmonautik nennt man die Wissenschaft vom Weltraumflug) der letzten Zeit. Die Erforschung der mit dem Bau künstlicher Satelliten zusammenhängenden Probleme steht im Mittelpunkt des Interesses astronautischer Gesellschaften, die zur Zeit in mehr als zwanzig Ländern bestehen.

An der Akademie der Wissenschaften der UdSSR wurde eine Kommission zur Koordinierung der Forschungsarbeiten über den interplanetaren Verkehr gebildet, der Wissenschaftler verschiedenster Spezialgebiete angehören. Zur Förderung der astronautischen Forschungsarbeiten wurde die Ziolkowski-Medaille gestiftet. In Moskau und in anderen Städten der Sowjetunion entstanden astronautische Interessengemeinschaften und Zirkel zum Studium der Fragen, von deren Lösung die weitere Entwicklung der Astronautik abhängt.

Das vorliegende Büchlein soll nun darüber berichten, wie künstliche Satelliten gebaut und gestartet, für Zwecke der wissenschaftlichen Forschung und als interplanetare Stationen eingesetzt werden sollen, welche Lebensbedingungen und Gefahren dem Menschen auf solchen Stationen begegnen können und welche Sicherheitsmaßnahmen zum Schutze der Satellitenbesatzungen getroffen werden müssen.

Moskau, November 1956

A. STERNFELD

erteilt werden sollte, sobald sie die Saturnbahn erreicht haben würde. Mit der getroffenen Maßnahme würde nicht nur der Geschwindigkeitsverlust ausgeglichen, sondern anstatt der vorgesehenen Abfluggeschwindigkeit von 15,21 Kilometern in der Sekunde würde die Rakete nun eine um 0,95 Kilometer pro Sekunde größere Geschwindigkeit entwickeln. Infolgedessen würde die Rakete die Bahn des Uranus überschreiten, die den doppelten Abstand der Saturnbahn von der Sonne hat, und könnte die Neptunbahn erreichen, deren Radius dreimal größer ist als der der Saturnbahn. In diesem Augenblick wird das Raketentriebwerk erneut eingeschaltet. Fast der ganze verbliebene Treibstoff, der für den zusätzlichen Schub beim Übergang auf die Saturnbahn bestimmt war, würde verbraucht und die Rakete würde sich in einen künstlichen Planeten verwandeln, der auf der Neptunbahn umläuft. Wie wir sehen, war für den Start des künstlichen Planeten auf die weiter entfernte Neptunbahn weniger Treibstoff notwendig, als für den Start auf die bedeutend näher gelegene Bahn des Planeten Saturn. *

3. Künstliche Satelliten der Kometen

Die Verwendung von künstlichen Satelliten für die Erforschung der Kometen ist offenbar auch von großem Interesse.

Kometen bestehen gewöhnlich aus einem Kopf, dessen Kern von einer Nebelwolke umgeben ist, und aus einem Schweif. Ausnahmsweise begegnet man auch Kometen mit mehreren Köpfen oder mehreren Schweifen. Der Kern ist eine Anhäufung kleinerer oder größerer fester Körper, die von einer Staubwolke umgeben sind. Diese hat eine bedeutend größere Dichte als der Schweif.

Bei Annäherung an die Sonne wird der Kopf kleiner und der Gasschweif verlängert sich. Die Dichte des Schweifes ist so gering, daß ein kosmisches Schiff beim Hindurchfliegen keinen Widerstand erfahren würde. Er stellt gleichsam ein „sichtbares Nichts“ dar. Kometen sind außerordentlich „kurzlebige“ Himmelskörper. Bei jeder Annäherung an die Sonne verdampft aus ihrem Kopf eine ungeheure Menge Materie, die in den Schweif eingeht. Diese Materie verstreut sich später im Raum. Deshalb erscheint der Schweif bei jeder folgenden Annäherung weniger hell, bis er schließlich ganz verschwindet. Alle Kometen, deren helle und ausgedehnte Schweife gelegentlich am Himmel strahlen, sind in den letzten Jahrhunderten und Jahrtausenden entstanden.

Über den Bau, das Sein und den Untergang der Kometen bestehen noch viele Unklarheiten. Sie könnten erst beseitigt werden, wenn es möglich wäre, die Kometen aus nächster Nähe, und wäre es nur während eines Umlaufes um die Sonne, zu beobachten. Zweifellos wird einmal eine derartige Expedition von den Weltraumfahrern durchgeführt werden.

Von der Erde aus kann man die Kometen nur dann beobachten, wenn sie sich in Sonnennähe befinden. Die Weltraumfahrer aber können alle Veränderungen, die der Komet durchmacht, auch während seiner größten Entfernung von der Sonne wahrnehmen. Sie können alle Stadien der Gestaltsänderung seines Kopfes und Schweifes verfolgen.

Über eine Landung der Weltraumfahrer auf großen Blöcken, die im Kopf des Kometen vorhanden sein können, läßt sich zur Zeit noch nichts sagen. Selbst die Annäherung an den Kopf des Kometen kann für das kosmische Schiff gefährlich sein: hier ist die Wahrsein-

lichkeit des Zusammenstoßes mit Meteoriten sicher groß. Daher kann nur von einem Begleitenden der Kometen in ungefährlicher Entfernung die Rede sein. Nach dem Angleichen der Geschwindigkeit des Schiffes an die des Kometen kann das Raketentriebwerk ausgeschaltet werden, und die Weltraumfahrer werden dann den Himmelskörper in einer für die Beobachtung bequemen Entfernung begleiten können.

Für das Studium des Kometenkerns wäre es zweckmäßig, die Rakete in einen künstlichen Satelliten des Kometen zu verwandeln. Infolge der geringen Anziehungskraft des Kometen würde sich der Satellit sehr langsam um den Kern des Kometen bewegen, wodurch die Beobachtung sehr erleichtert würde. Der künstliche Satellit könnte sich in der dichtesten Materie des Kometenkopfes bewegen, ohne praktisch einen Widerstand überwinden zu müssen.

Von den uns bekannten Kometen hatte der 1818 beobachtete die größten Abmessungen und die größte Masse. Sein Kern hatte bei einem Durchmesser von 20 Kilometern eine Masse von $2 \cdot 10^{18}$ Tonnen. Ein künstlicher Satellit, der sich in der Nähe des Kernes dieses Kometen bewegen würde, hätte eine Geschwindigkeit von 10 Metern pro Sekunde (annähernd die Geschwindigkeit eines Personenzuges). Unter diesen Bedingungen würde die Betrachtung des Kometen während eines Umlaufes um den Kern 1 Stunde, 45 Minuten in Anspruch nehmen. (Selbstverständlich müßte man eine bestimmte Flughöhe haben, wenn man den Kern photographieren wollte.)

Sollte es sich erweisen, daß der Kern um eine Achse rotiert (was noch nicht bekannt ist), so würde man nach einer bestimmten Umlaufzeit auf der gleichen Bahn vom künstlichen Satelliten aus den Kern von allen Seiten betrachten können. Anderenfalls könnte man nach jedem oder nach einigen Umläufen mit Hilfe des Raketentriebwerkes die Bahnebene des Satelliten drehen. Dabei würde man für alle Drehungen der Bahnebene, die notwendig sind, um die ganze Oberfläche des Kometenkerns betrachten zu können, eine Treibstoffmenge benötigen, die der Rakete eine Geschwindigkeit von 31 Metern pro Sekunde erteilen könnte.

Zum Studium der Materie, die den Kometenkopf umgibt, könnte die Rakete einen „Sprung“ auf eine bestimmte Höhe machen und auf eine elliptische Bahn übergelien, so daß die Umlaufzeit beispielsweise einige Tage oder Wochen dauern würde. Für diese Manöver würde es genügen, dem künstlichen Satelliten eine zusätzliche Geschwindigkeit von weniger als 5 Metern pro Sekunde zu erteilen.

4. Bahnschiffe

Wie schon erwähnt, werden nicht alle künstlichen Satelliten die Erde in unmittelbarer Nähe umkreisen. Theoretische Berechnungen zeigen, daß man auch künstliche Satelliten und Planeten mit Eigenantrieb schaffen kann, die auf einer langgestreckten elliptischen Bahn regulär im Weltraum kursieren und als Verkehrsmittel dienen. Mit Hilfe des Raketentriebwerkes kann man die Bahn ständig korrigieren und so den störenden Einfluß anderer Himmelskörper kompensieren. Diese Weltraumschiffe werden sich auf ihren Bahnen ähnlich wie die Planeten und deren Satelliten bewegen und periodisch in die Nähe der Erde gelangen. Wir wollen diese künstlichen Himmelskörper Bahnschiffe nennen, da sie für den kosmischen Verkehr benutzt werden können. Eine Expedition von der Erde zum Mond könnte z. B. das Bahnschiff als Umsteigeverkehrsmittel verwenden. Man fliegt mit einer kleinen Rakete bis

zu einem solchen Schiff. Dort steigen die Weltraumfahrer um und setzen ihren Weg weiter fort. Bei der Annäherung an den Mond steigen sie wieder in die kleinere Rakete um, mit der sie dann auf dem Mond landen.

Auf den Bahnschiffen werden sich Wohnräume, Werkstätten, Observatorien usw. befinden. Hier wird der Weltraumfahrer alles finden, was er für den Weiterflug benötigt.

Betrachten wir zunächst einmal Satelliten-Bahnschiffe, die gleichzeitig Erde und Mond umfliegen (Tafel XXVIII). Solche Schiffe würden regulär auf einer Bahn verkehren, die in der Nähe beider Himmelskörper vorbeiführt. Die Bahn des Schiffes kann man so einrichten, daß es sich nach jedem siderischen Monat (Zeitraum, nach dem der Mond auf seinem Lauf um die Erde an die gleiche Stelle relativ zum Himmelsgewölbe zurückkehrt), über der von der Erde unsichtbaren Mondhalbkugel befindet. Beträgt z. B. die große Achse der Bahn 484318 Kilometer, so legt das Bahnschiff in der Zeit, in der der Mond nur einen Umlauf vollführt, zwei Umläufe bezogen auf die Sterne zurück. Die Bahn kann man so wählen, daß

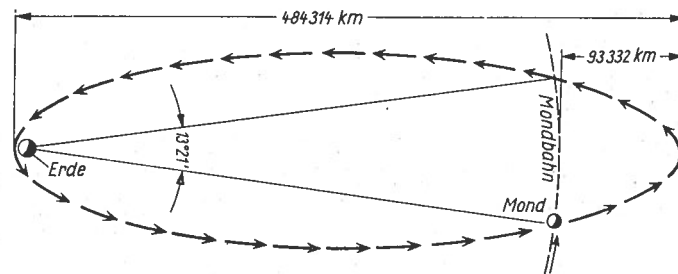


Bild 51. Die dargestellte Bahn des Bahnschiffes gestattet die Beobachtung eines breiten Streifens der uns abgewandten Seite des Mondes. Die Forscher begegnen dem Mond einmal im siderischen Monat.

der Satellit die Mondbahn in jeder gewünschten Entfernung von der Mondoberfläche schneidet. Von der Erde oder einer interplanetaren Zwischenstation, die in geringer Höhe ihre Bahn zieht, kann gestartet werden¹⁾ (mit einer Geschwindigkeit, die etwas über 3 Kilometer in der Sekunde liegt), wenn das Bahnschiff die Mondbahn schneidet und der Mond diesen Schnittpunkt noch nicht erreicht hat. Auf diese Weise könnten die Beobachter ein großes Gebiet aus nächster Nähe betrachten, das auf der uns abgewandten Mondhalbkugel liegt (Bild 51).

Hat dieses Bahnschiff in seinem Perigäum eine Höhe von 200 Kilometern über dem Äquator, so beträgt die Flugzeit zum Mond 3 Tage, 3 Stunden und 20 Minuten. Nach dem Überqueren der Mondbahn entfernt sich das Schiff noch 93337 Kilometer vom Mond und wendet sich erst dann zur Erde. Nach 7 Tagen, 9 Stunden und 17 Minuten überquert es wieder die Mondbahn. Der Winkelabstand des neuen Kreuzungspunktes vom alten beträgt 13°21'. Auf einer langgestreckten Ellipsenbahn, deren kleine Achse 112120 Kilometer beträgt, kehrt das Bahnschiff zur Erde zurück und vollendet seinen Umlauf, ohne dem Mond

¹⁾ Allen Berechnungen, die sich auf interplanetare Stationen beziehen, ist eine 200 Kilometer entfernte Kreisbahn mit der zugehörigen Geschwindigkeit von 7791 Metern pro Sekunde zugrunde gelegt worden.

wieder zu begegnen. Nach 27 Tagen, 7 Stunden, 43 Minuten wiederholt sich das ganze Spiel, mit dem Unterschied allerdings, daß für den Beobachter die Mondphase eine andere wird. Auf diesem Schiff kann der Weltraumfahrer innerhalb eines Jahres dreizehnmal (mitunter auch vierzehnmal) zum Mond fliegen, der sich jedesmal in einer anderen Phase befindet. Alle zwei Wochen haben die Weltraumfahrer die Möglichkeit, zur Erde zurückzufliegen. In den gleichen Zeitabständen können auch verschiedene Lasten, insbesondere Proviant, von der Erde zum Schiff befördert werden.

Die Bahn des geschilderten Bahnschiffes hat große Nachteile: Es entfernt sich zu weit vom Mond und bewegt sich mit großer Geschwindigkeit am Mond vorbei. Aus diesem Grund gibt man einem Bahnschiff den Vorzug, das sich auf einer anderen Bahn bewegt. Es überfliegt den Mond in einer Höhe von 3600 Kilometern, wenn dieser sein Perigäum erreicht hat (Bild 52). Eine solche Bahn hat aber einen anderen Nachteil. Das Schiff nähert sich nur einmal in zwei Monaten dem Mond, hingegen fünfmal der Erde.

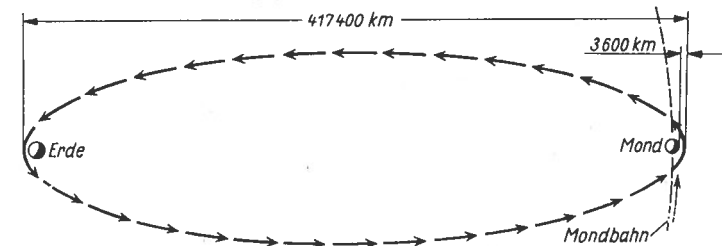


Bild 52. Auf der dargestellten Bahn begegnet das Bahnschiff dem Mond in einer Entfernung von 3600 Kilometern. Die Begegnung findet jedoch nur einmal in zwei siderischen Monaten statt. In der gleichen Zeit taucht das Bahnschiff fünfmal in Erdnähe auf.

Zur Erforschung des von der Erde aus sichtbaren Teiles der Mondoberfläche aus geringer Höhe könnte man ein Satelliten-Schiff starten, das monatlich 3 Umläufe um die Erde vollführt. Für den Weg vom Perigäum in 200 Kilometer Höhe bis zum Apogäum in 363026 Kilometer Entfernung würden 4 Tage, 13 Stunden, 17 Minuten benötigt. Wegen der Exzentrizität der Mondbahn könnte ein solches Bahnschiff sehr nahe am Mond vorbeifliegen. Die Bahnen der Mond-Bahnschiffe sind im Bild 51 und 52 dargestellt. Aber so werden die Bahnen aussehen, wenn das Schiff ins „Leere“ fliegt, d. h. dem Mond nicht begegnet. Bei der Annäherung an das Apogäum wird die Geschwindigkeit der Schiffe allmählich geringer und erreicht 150 bis 200 Meter pro Sekunde. Nach dem Durchgang durch das Apogäum gewinnen sie wieder an Geschwindigkeit. Falls die Bahnschiffe nach einigen leeren Durchgängen in den Anziehungsbereich des Mondes geraten, wird sich beim Annähern an das Apogäum die Geschwindigkeit nicht verringern, sondern infolge der Mondanziehung vergrößern. Nach dem Durchgang durch das Apogäum, wenn sich die Schiffe wieder der Erde nähern, bremst das Schwerfeld des Mondes die Bewegung, und erst in großem Abstand vom Mond macht sich die Erdanziehung bemerkbar und beschleunigt die Bewegung wieder. Es ist klar, daß dadurch die Bahnellipse verzerrt wird (siehe S. 90).

Wie gesagt, beeinflusst auch die Abplattung der Erde die Bewegung eines Satelliten. Die Folge ist, daß sich Perigäum und Apogäum der Bahn verschieben und daß die Lage der Bahnebene im Raume verändert wird. Einen gewissen Einfluß haben auch die Unregelmäßigkeiten der Mondbewegung (Abweichungen vom Keplerschen Gesetz). Alle diese Ursachen können dazu führen, daß das Bahnschiff, das monatelang in großer Entfernung am Mond vorbeiflog, nach einer gewissen Zeit sogar mit ihm zusammenstoßen kann. Daher muß die Bahn solcher Satelliten-Bahnschiffe mit Hilfe des Raketentriebwerkes ständig korrigiert werden (S. 90, 91).

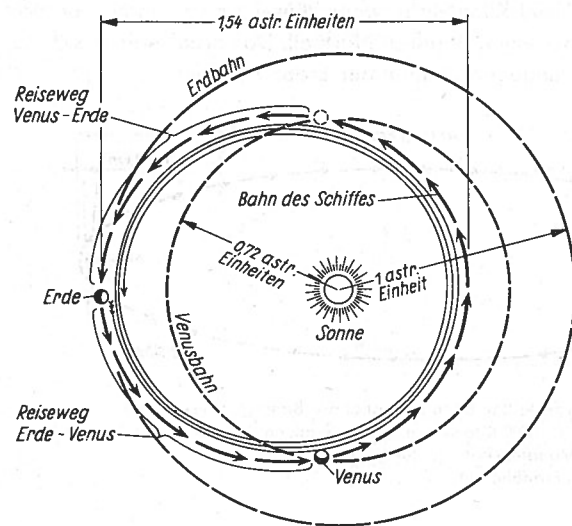


Bild 53. Bahnschiffe können auch um die Sonne kreisen. Auf dem Bild ist eine der möglichen Varianten der Bahn eines Bahnschiffes auf dem Wege Erde—Venus dargestellt.

Nun wenden wir uns Bahnschiffen zu, die sich wie künstliche Planeten um die Sonne bewegen sollen. Ihre Bahn wird sich von den Bahnen der natürlichen Planeten durch eine große Exzentrizität unterscheiden. Ihr Sonnenabstand wird stark schwanken. Dadurch werden sie sich als Verkehrsmittel zwischen den Planeten verwenden lassen. Bild 53 zeigt eine der möglichen Varianten der Bahn eines solchen Weltraumschiffes, das dem Verkehr zwischen Erde und Venus dienen soll.

Das Bahnschiff, an dessen Bord sich eine Expedition zur Erforschung der Venus befindet, startet von der Erdoberfläche oder von einer interplanetaren Station (mit einer Geschwindigkeit, die 4 Kilometer pro Sekunde nur wenig übersteigt) auf die vorgesehene Bahn, die die Erdbahn berührt. Nach 81 Tagen gelangt es in die Nähe der Venus. Das Schiff setzt den Weg auf seiner Bahn fort, nähert sich der Sonne auf 0,54 astronomische Einheiten und kehrt nach 8 Monaten zum Ausgangspunkt auf der Erdbahn zurück. In dieser Zeit hat aber die Erde diesen Punkt noch nicht wieder erreicht, so daß das Schiff ins „Leere“ stößt. Wenn das Bahnschiff nach den nächsten 8 Monaten erneut zum Ausgangspunkt zurückkehrt, trifft es die Erde wieder nicht an, da die Erde diesen Punkt 4 Monate zuvor verlassen

hat. Erst nach einer Reise von insgesamt zwei Jahren, nach drei vollen Umläufen um die Sonne, trifft sich das Bahnschiff wieder mit der Erde. Inzwischen beschäftigt sich die auf der Venus gelandete Expedition eineinhalb Jahre lang mit der Erforschung des Planeten und bereitet alles zum Abflug für den vorher errechneten Zeitpunkt vor, zu dem sich das Bahnschiff wieder der Venus nähert. In unserem Falle verbleibt die Expedition 1 Jahr und 203 Tage (d. h. 2 Jahre abzüglich der 162 Tage Flugzeit hin und zurück) auf der Venus. Nach 568 Tagen, vom Abflug an gerechnet, kehrt die gelandete Expedition auf das Bahnschiff zurück, das sich gerade in der Nähe der Venus befindet. Das Bahnschiff bringt sie zur Erde, und die Weltraumfahrer landen auf ihr, während das Schiff seinen ewigen Flug im Kosmos fortsetzt.

Nach Ablauf einer gewissen Zeit kann das gleiche Bahnschiff von einer zweiten Expedition benutzt werden. Aber es ist darauf zu achten, daß im Augenblick des Abfluges der Expedition von der Erde Venus und Erde die gleiche Stellung zueinander einnehmen wie beim ersten Abflug. Der Zeitpunkt des Abfluges von der Erde kann so berechnet werden, daß die Begegnung des Bahnschiffes mit der Venus beim ersten Schneiden der Venusbahn erfolgt (dies wurde auch dem ersten Flug vorausgesetzt).

Wie man leicht einsieht, läßt sich ein weiterer derartiger Flug nach der Venus unternehmen, nachdem eine gewisse Anzahl voller Umläufe der Venus mit einer Anzahl voller Umläufe der Erde zusammenfällt. Die Venus vollführt einen vollen Umlauf um die Sonne in 0,6152 Erdjahren. Daher ist eine vollständige Übereinstimmung der gegenseitigen Lage von Erde und Bahnschiff nach dessen Rückkehr nicht zu erwarten. Begnügt man sich mit einer annäher-

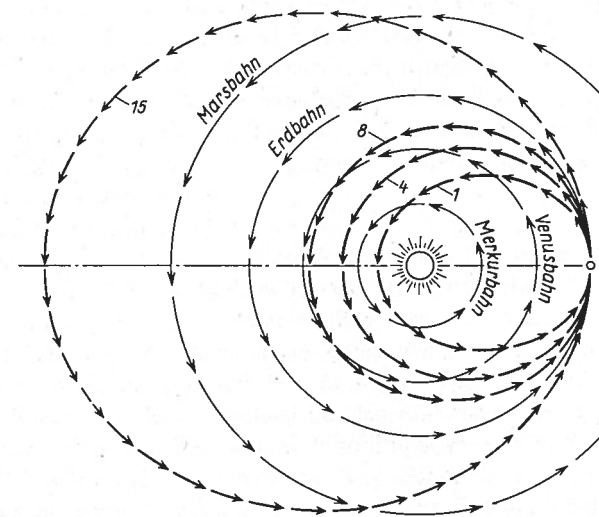


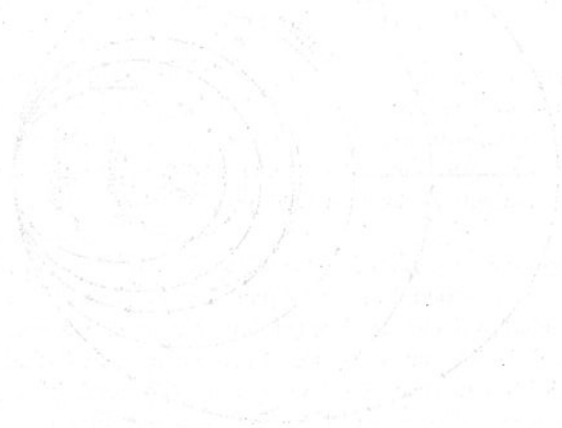
Bild 54. Verschiedene Bahnen eines Bahnschiffes, das als künstlicher Planet umläuft. Es kehrt automatisch nach Ablauf eines (Bahn 1), zweier (Bahn 15) oder dreier Jahre (Bahn 4 und 8) zur Erde zurück. Die Numerierung der Bahnen entspricht der Tabelle 47.

den Übereinstimmung, so kann der nächste Flug 6 Jahre nach Rückkehr der ersten Venus-Expedition erfolgen, d. h. 8 Jahre nach dem Abflug dieser Expedition von der Erde. In diesen 8 Jahren vollführt die Venus 13 volle Umläufe um die Sonne und ihre Stellung zur Erde wiederholt sich fast genau.¹⁾ Die Abweichung auf der Erdbahn beträgt etwa 1°. Durch eine entsprechende Korrektur der Bahn läßt sich diese Abweichung leicht ausgleichen. Die neue Expedition gelangt auf die gleiche Weise an ihr Ziel wie die erste.

Das sind nur einige Varianten kosmischer Flüge auf künstlichen Satelliten und künstlichen Planeten. Es ist möglich, daß auch Bahnschiffe mit anderen Umlaufbahnen der Erforschung des Weltraumes dienen werden. Bild 54 zeigt verschiedene Bahnen eines als künstlicher Planet umlaufenden Bahnschiffes, das automatisch nach Ablauf von einem (1), zwei Jahren (15) bzw. drei Jahren (4 und 8) zur Erde zurückkehrt.

Berechnungen des Verfassers zufolge gibt es 24 elliptische Bahnen für Planetenschiffe, deren Rückkehr in Erdnähe nach jeweils 1, 2, 3, 4 oder 5 Jahren erfolgt. Außerdem gibt es in diesem Raum noch 39 Bahnen, auf denen sich das Schiff alle 6, 7, 8, 9 und 10 Jahre der Erde nähert. Zur Erforschung des Raumes zwischen den Umlaufbahnen von Erde und Jupiter gibt es 27 Bahnen, die sich außerhalb der Bahn unseres Planeten befinden. Die auf diesen Bahnen umlaufenden Schiffe haben die Möglichkeit, alle 2, 3, 4, 5, 6 Jahre zur Erde zurückzukehren. In der Tabelle 47 sind die Daten einiger Planeten-Bahnschiffe aufgeführt, die in Zeitabständen von 1 bis 5 Jahren zur Erde zurückkehren. Für Bahnschiffe, die innerhalb der Erdbahn kreisen, wurden nur die Bahnen aufgeführt (Bahnen 1 bis 10), die sich der Sonne bis auf höchstens 0,260 astronomische Einheiten nähern.

¹⁾ Das Venusjahr beträgt rund $\frac{2}{13}$ Erdjahre ($\frac{2}{13} = 0,6154$).



Praktische Anwendung künstlicher Satelliten

1. Fliegende Observatorien und Laboratorien

Künstliche Satelliten vereinigen die Eigenschaften von Luftballonen und Raketen. Sie können sich lange Zeit über der Erde halten und sehr hoch aufsteigen. Während die Forschungen mit Hilfe von Höhenraketen sowohl zeitlich (einige Minuten) als auch räumlich (Flughöhe) stark eingeschränkt werden, gestatten künstliche Satelliten die Erforschung des Raumes beliebig weit und beliebig lange auszudehnen.

Künstliche Satelliten werden vor allem als fliegende Observatorien zur Beobachtung der Erdoberfläche dienen. Auf künstlichen Satelliten lassen sich Präzisionsinstrumente aufstellen, die automatisch die Naturerscheinungen in den obersten Schichten der Atmosphäre und im Weltraum registrieren. Die Beobachtungsergebnisse werden durch Funk zur Erde übermittelt. Unser Wissen über den Weltraum wird dann um viele Einzelheiten bereichert, die sich der Beobachtung durch Höhenraketen entziehen.

Erforschung der Erde und ihrer Oberfläche. Bei der Besprechung der Sichtbarkeitsbedingungen für künstliche Satelliten von der Erde aus wurden die minimalen linearen Ausdehnungen von Teilen des Satelliten angegeben, die bei Betrachtung mit bloßem Auge, mit dem Feldstecher oder mit dem Teleskop noch erkennbar sind (vgl. Tabelle 34). Es ist klar, daß für die Beobachtung der Erdoberfläche von Satelliten aus die gleichen Beobachtungsverhältnisse vorliegen. Zum Beispiel lassen sich von einem künstlichen Satelliten aus 200 Kilometer Entfernung durch einen Prismenfeldstecher mit 15facher Vergrößerung auf der Erde noch Objekte erkennen, die eine Ausdehnung von 4 Metern haben. Wegen der schnellen Bewegung des Satelliten kann man jedoch nur mit Hilfe eines besonderen Mechanismus das Objekt fixieren. Sehr schwer wird es auch sein, Einzelheiten der Erdoberfläche am Horizont zu unterscheiden. Dadurch wird der praktisch nutzbare Sichtbarkeitsradius wesentlich kleiner als in Tabelle 34 angegeben.

Von einem künstlichen Satelliten aus wird der Mensch erstmalig die Erde im Raume schweben sehen. Wie die Erde von einem Satelliten aus betrachtet aussieht, wissen wir jedoch schon heute. Die Bildtafel XXIX stellt einen Teil der Erdoberfläche dar, der mit Hilfe einer Höhenrakete aufgenommen wurde. Das Bild ist aus zwei Aufnahmen montiert, die aus einer Höhe von 225 bzw. 222 Kilometern aufgenommen wurden. Beide Bilder wurden auf einen einheitlichen Maßstab gebracht und so zusammengefügt, daß sie sich in gemeinsamen Punkten decken. Da die Lichtstrahlen bei den Aufnahmen nahezu alle Schichten der Atmosphäre durchdringen mußten, wurden Infrarotfilter verwendet. Auf dem Bild sind mit großer Genauigkeit verschiedene Einzelheiten der Erdoberfläche zu erkennen: Wolkenanhäufungen, atmosphärische Schichten am Horizont, die Erdkrümmung usw. Der Beobachter in einem Satelliten-Observatorium hat etwa den gleichen Anblick.

Bisher sind nur etwa 7 Prozent des gesamten Festlandes hinreichend genau kartographiert. Von einem künstlichen Satelliten aus wird man ohne besondere Schwierigkeiten schwer zu-