

Wie kommt man zur Venus?

Am 5. Januar 1969 wurde in der Sowjetunion die automatische Station Venus 5 gestartet. Der Flug dieser Station soll länger als vier Monate dauern. Mitte Mai 1969 wird die Station den Planeten Venus erreichen und in der Venusatmosphäre absteigen. Einige Venusflugbahnen automatischer Raumsonden besitzen erstaunliche Eigenschaften. Dr. habil. Ari Sternfeld, Träger internationaler Preise für Astronautik, behandelt in seinem nachstehenden Beitrag die Problematik von Raumflügen zur Venus.

Wenn wir auf der Erde eine Reise unternehmen, suchen wir dafür — gleichgültig welches Verkehrsmittel wir benutzen — nach Möglichkeit die kürzeste Route aus. Unter irdischen Bedingungen ist eine Route, die möglichst wenig von der Geraden abweicht, sowohl hinsichtlich der benötigten Zeit als auch der erforderlichen Treibstoffmenge immer am vorteilhaftesten.

Bei interplanetaren Flügen verhält es sich manchmal umgekehrt. Beispielsweise erfordert ein Flug zur Venus auf der kürzesten Strecke (41 Millionen Kilometer) eine Anfangsgeschwindigkeit von mindestens 31,8 km/sec. Durch Erhöhung der Startgeschwindigkeit läßt sich zwar die Flugdauer verkürzen, aber in diesem Fall steigt auch die Geschwindigkeit der Rakete am Ziel. Folglich wächst auch der Treibstoffverbrauch zur Dämpfung dieser Geschwindigkeit bei der Landung auf der Venus.

Vorteilhafter als die gradlinige ist eine Flugbahn, bei der die Raumrakete in Richtung der Bahnbewegung der Erde um die Sonne fliegt. Aber die Zahl solcher Bahnen ist unendlich groß. Es gilt, die vorteilhafteste auszuwählen, bei der am wenigsten Treibstoff verbraucht wird. Eine solche Bahn ist ein Ellipsenbogen. Bei einer Geschwindigkeit von 11,48 km/sec muß ein dem Startplatz entgegengesetzter Punkt des Ellipsenbogens die Venusflugbahn berühren. Diese Bahn erfordert die geringste Startgeschwindigkeit. Die Kurve einer solchen 400 Millionen Kilometer langen Bahn wird von der Hälfte einer durch die große Achse geteilten Ellipse dargestellt. Die Länge dieser Achse ist gleich der größten Entfernung zwischen Erde und Venus, nämlich 257,6 Millionen Kilometer.

Das Raumschiff fliegt also auf einem Ellipsenbogen, der fast zehnmal so lang wie die kürzeste gerade Strecke ist, und verbraucht nicht mehr, sondern bedeutend weniger Treibstoff als auf der kürzesten Strecke, weil es beim Start eine um 66 Prozent geringere Geschwindigkeit entwickelt.

Bei den Mitte November 1965 gestarteten automatischen interplanetaren Stationen Venus 2 und Venus 3 war die Bahnlänge um ein Viertel kürzer als die be-

schriebene halb elliptische Bahn und betrug etwa 300 Millionen Kilometer. Beim Flug auf dieser kürzeren Route benötigten jedoch die Venussonden im Vergleich zu der Mindestgeschwindigkeit des Erdstarts bei einer 400 Millionen Kilometer langen Route eine etwas höhere Geschwindigkeit und mußten daher mehr Treibstoff verbrauchen.

Das war eine Paradoxie in der Bewegung der automatischen interplanetaren Stationen Venus 2 und Venus 3. Die am 5. Januar 1969 gestartete automatische interplanetare Station Venus 5 hat ebenso wie Venus 4 eine geringere Bahnlänge als ihre Vorläuferinnen. Deshalb ist bei ihr auch der Treibstoffverbrauch etwas größer als bei der halb elliptischen Route.

Es sei daran erinnert, daß die automatische interplanetare Station Venus 1 am 12. Februar 1961 gestartet wurde. Zwischen dem 19. und 21. Mai erreichte sie den Raum der Venus und passierte den Planeten in einer Entfernung von etwa 100 000 Kilometern. Die Station Venus 3 erreichte die Venus am 1. März 1965 und brachte einen Wimpel der UdSSR auf ihre Oberfläche. Etwa die gleiche Bahn schlug die automatische Station Venus 2 ein, aber sie verfehlte den Planeten um 24 000 Kilometer. Die erste weiche Landung auf der Venus führte die automatische interplanetare Station Venus 4 durch.

Nehmen wir an, einer Rakete wird die zweite kosmische Geschwindigkeit — 11,2 km/sec — in Richtung der Erdbewegung mitgeteilt. Sie würde dann zu einem künstlichen Planeten, der in einer bestimmten Entfernung von unserem Planeten auf einer gleichen Bahn wie die Erde um die Sonne kreisen müßte. Die Bahngeschwindigkeit dieses Planeten beträgt 29,77 km/sec. Erhöht man mit Hilfe eines Raketenantriebs die Geschwindigkeit dieses künstlichen Planeten, so entfernt er sich von der Sonne. Würde die Geschwindigkeit auf 42,09 km/sec gebracht, so müßte die Rakete das Sonnensystem für immer verlassen. Aber auf ihrem Flug wird die Rakete der Venus nicht begegnen, weil ihre Bahn innerhalb der Erdbahn liegt: die Venus kreist um die Sonne auf einer Bahn mit dem mittleren Radius 108,1 Millionen Kilometer, während der Radius der Erdbahn 149,5 Millionen Kilometer beträgt. Um eine Begegnung mit der Venus herbeizuführen, müßte man folglich die Geschwindigkeit der von der Erdanziehung frei gewordenen und auf einer Erdbahn fliegenden Rakete verringern. Der Flug auf einer Geraden würde 41,2 Tage und auf einer halben Ellipse 146,1 Tage dauern. Bei mittlerer Startgeschwindigkeit würde auch der Flug zur Venus von mittlerer Dauer sein.

Die Rakete, die beim Start eine im interplanetaren Raum im Verhältnis zur Sonne geringere

Geschwindigkeit haben wird, muß auf diese Weise als erste das Ziel erreichen. Des Rätsels Lösung liegt darin, daß die Bahnlänge sich rascher als die Durchschnittsgeschwindigkeit verringert.

Man darf nun nicht annehmen, für einen Flug zur Venus mit geringerer Geschwindigkeit seien auch Raketen mit geringerer Leistung brauchbar. Im Gegenteil. Beim Flug zur Venus startet nämlich die Rakete, wie wir gesehen haben, in einer der Bahnbewegung der Erde entgegengesetzten Richtung. Je leistungsstärker die Rakete, desto größer ist folglich ihre Startgeschwindigkeit, und desto geringer erweist sich ihre Geschwindigkeit im Verhältnis zur Sonne im interplanetaren Raum. Die geringste Geschwindigkeit beim Start von der Erde zur Venus darf 11,48 km/sec betragen. Dabei beträgt die Flugdauer 146,1 Tage. Die interplanetare Navigation besichert uns jedoch dank ihrer Eigentümlichkeiten eine angenehme Überraschung: Die Flugdauer wird sich um mehr als ein Viertel (um 26 Prozent) verringern und nicht 146, sondern 108 Tage betragen. Diese paradoxe Eigenschaft der Venusrouten wurde beim Start aller automatischen Stationen vom Typ Venus ausgenutzt. Bei einer Erhöhung der Startgeschwindigkeit bis auf dreißig Kilometer in der Sekunde wird sich die Dauer des Fluges rascher verringern, als diese Geschwindigkeit zunehmen wird.

Man könnte nun glauben, es sei ein Gesetz der Flüge zur Venus, daß ihre Dauer sich rascher verringert, als die Anfangsgeschwindigkeit der Rakete steigt. Aber weit gefehlt. Hier ein Beispiel: Wenn die Rakete beim Abflug von der Erde eine Geschwindigkeit von 23,2 Kilometer in der Sekunde entwickelt, dauert der Flug bis zur Venus 43,5 Tage. Erhöhen wir die Startgeschwindigkeit auf 31,8 km/sec, also um mehr als ein Drittel, dann sollte man annehmen, daß in diesem Fall eine beträchtliche Verringerung der Flugdauer erreicht wird. Aber in Wirklichkeit würde ein Flug unter diesen Bedingungen nicht weniger als 41,2 Tage dauern. Abgerundet ergibt dies eine Verringerung von nur fünf Prozent.

Und noch eine auf den ersten Blick paradoxe Erscheinung. Obwohl sich die Venus der Erde mehr als der Merkur nähert, nimmt der Flug zur Venus auf halb elliptischer Bahn weit mehr Zeit in Anspruch als ein Flug zum Merkur. Warum sich dies so verhält, wird klar, wenn man sich der Tatsache bewußt wird, daß in diesem Fall der Abstieg auf den Planeten oder eine Umkreisung desselben von der der Sonne entgegengesetzten Seite erfolgt, und deshalb die Route Erde—Venus länger als die Route Erde—Merkur ist.