

HERMANN NOORDUNG

DAS
PROBLEM DER BEFAHRUNG
DES WELTRAUMS

*

DER RAKETEN-MOTOR



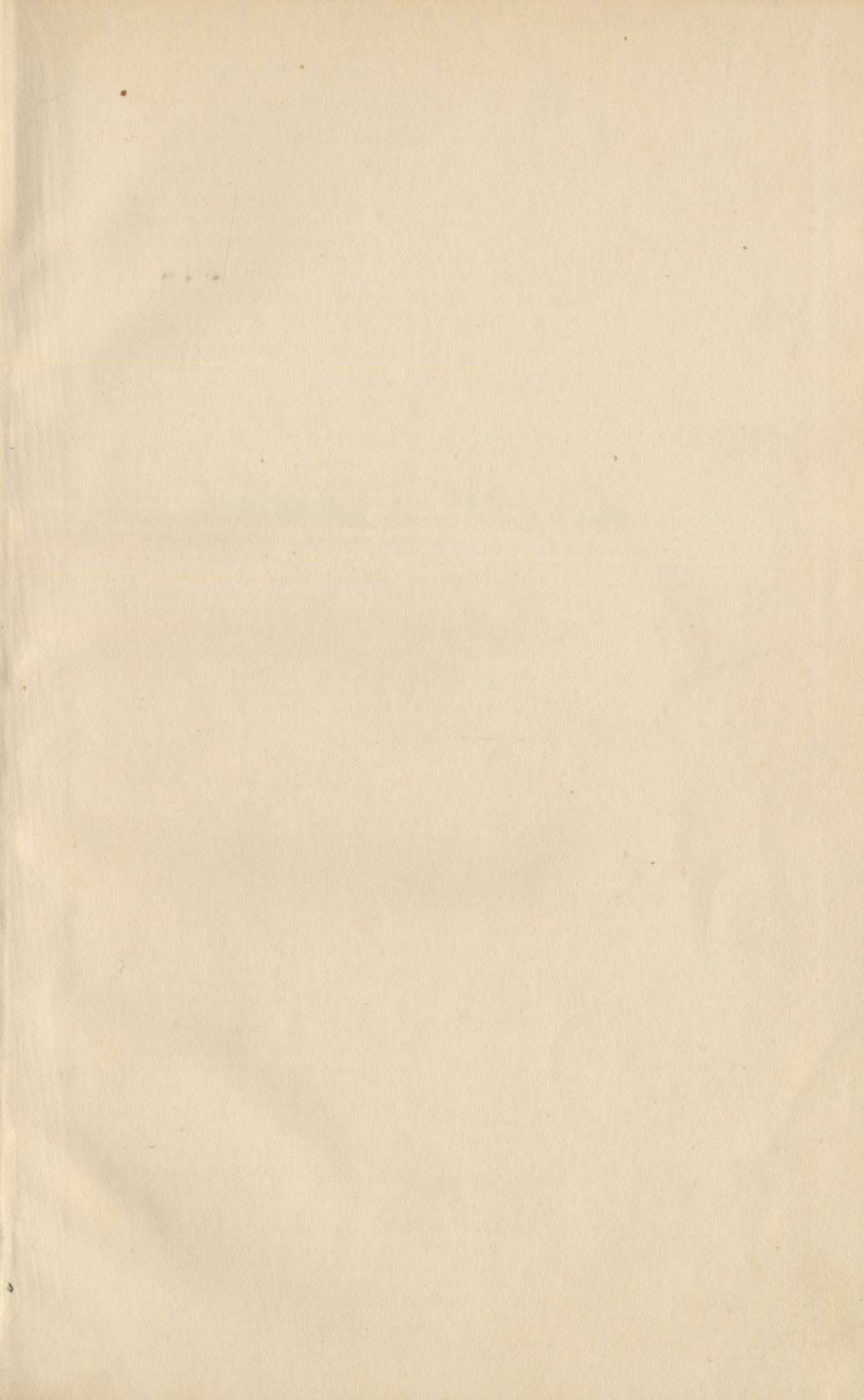
RICHARD CARL SCHMIDT & CO. / BERLIN

Selton

154

1000

LB 10.120
du WGU/KWAX/xi/80



Das Problem
der
Befahrung des Weltraums

Der Raketen=Motor

von

H. Noordung

DAS PROBLEM DER BEFAHRUNG DES WELTRAUMS

DER RAKETEN-MOTOR

von

HERMANN NOORDUNG

Hauptmann a. D., Dipl.-Ing.

Mit 100 zum Teil farbigen Abbildungen



1 9 2 9

RICHARD CARL SCHMIDT & CO.
BERLIN W 62

~~372048 a~~

[a]

R 402873

Alle Rechte, auch das der Übersetzung und Vervielfältigung der
Abbildungen, vorbehalten. Nachdruck verboten! Published 1929
Copyright 1929 by Richard Carl Schmidt & Co., Berlin W 62

402873



23. III. 1989

N 98900458

ID = 3675328



Buchdruckerei
Julius Klinkhardt
Leipzig

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	7
Die Macht der Schwere	9
Die praktische Schweregrenze der Erde	12
Die freie Umlaufbahn	13
Das Manövrieren in den Schwerefeldern des Weltraums	15
Der Panzer der Erdlufthülle	17
Die bisher erreichten äußersten Höhen	18
Der Kanonenschuß in den Weltraum	19
Der Rückstoß	20
Das Rückstoßfahrzeug	23
Die Rakete	24
Die bisherigen Bearbeiter des Raumfahrtproblems	25
Die Fahrgeschwindigkeit und der Wirkungsgrad bei Raketen-Fahrzeugen	27
Der Aufstieg	36
Allgemeines über den Aufbau der Raumrakete	44
Die bisherigen Vorschläge	54
Bemerkungen zu den bisherigen Konstruktionsvorschlägen	68
Die Rückkehr zur Erde	71
Das Hohmannsche Landungsmanöver	75
Landung in erzwungener Kreisbewegung	77
Landung in Bremsellipsen	80
Das Oberthsche Landungsmanöver	81
Das bisherige Ergebnis	82
Noch zwei wichtige Fragen	83
Die Raumrakete im schiefen Wurf	84
Die Raumrakete als Flugzeug	88
Eine Warte im leeren Weltraum	96
Das Wesen der Schwere und ihre Beeinflußbarkeit	100
Der Einfluß der Schwerefreiheit auf den menschlichen Organismus	104
Das physikalische Verhalten der Körper bei Fehlen der Schwere	107

	Seite
Ohne Luft	118
Im leeren Weltraum herrscht ewiges Schweigen	119
Sonnenschein bei nächtlichem Dunkel	120
Unbegrenzte Fernsicht	120
Wärmelos	121
Die Ausgestaltung der Raumwarte	125
Das Sonnenkraftwerk	127
Die Lichtversorgung	129
Die Luft- und Wärmeversorgung	130
Die Wasserversorgung	131
Die Fernverständigung	131
Mittel zur Einstellung der Raumwarte	132
Anordnung der Raumwarte in 3 Objekten	134
Das Wohnrad	136
Das Observatorium und das Maschinenhaus	144
Vorsorgen für die Fernverständigung und Sicherheit	148
Anordnung der Raumwarte in 2 Objekten	148
Der Raumanzug	149
Die Reise zur Raumwarte	152
Besondere physikalische Untersuchungen	156
Teleskope von ungeheurer Größe	157
Beobachtung und Erforschung der Erdoberfläche	157
Erforschung der Sternenvwelt	158
Ein schwebender Riesenspiegel	160
Das furchtbarste Kampfmittel	161
Zu fremden Himmelskörpern	163
Die Fahrtechnik	165
Start von der Erdoberfläche aus	169
Die Raumwarte als Basis für den Weltraumverkehr	170
Die Erreichbarkeit der benachbarten Gestirne	172
Ferne Welten	174
Könnten Fixsterne jemals erreicht werden?	179
Der voraussichtliche Entwicklungsgang der Raumfahrt	183
Schlußwort	187

Einleitung.

Seit altersher hat der Mensch in der Tatsache, an die Erde gebunden zu sein, in der Unfähigkeit, sich von den geheimnisvollen Fesseln der Schwere befreien zu können, einen Ausdruck seiner irdischen Schwäche und Unzulänglichkeit erblickt. Nicht umsonst wurde daher der Begriff des Übersinnlichen stets verbunden mit dem Gedanken der Schwerelosigkeit, der Macht „sich frei in den Himmel erheben zu können“. Und auch heute noch gilt es für die meisten Menschen sozusagen als Dogma, daß es für irdische Wesen wohl undenkbar sei, die Erde jemals verlassen zu können. Ist diese Ansicht auch wirklich berechtigt?

Erinnern wir uns nur: noch vor wenigen Jahrzehnten war der ebenfalls wie unauslöschlich eingeprägte Glaube verbreitet, es sei Vermessenheit zu hoffen, daß wir jemals den Vögeln gleich die Luft durchheilen könnten. Und heute! Sollte die Menschheit angesichts dieses und ähnlicher glänzender Beweise der Leistungsfähigkeit von Wissenschaft und Technik, sich nicht erkühnen dürfen, nun auch an das letzte Verkehrsproblem heranzugehen, das uns die Lösung noch schuldig geblieben ist: an das Problem der Weltraumfahrt? Und folgerichtig: aus dem „technischen Traum“, der bisher nur Stoff für phantasievolle Romane abgab, ist in den letzten Jahren eine „technische Frage“ geworden, die in nüchternen Arbeiten von Gelehrten und Ingenieuren mit allem Rüstzeug mathematischen, physikalischen und technischen Wissens untersucht und — als lösbar befunden wird.

Die Macht der Schwere.

Das ausschlaggebendste Hindernis, das der Weltraumbefahrung im Wege steht, ist die Anziehungskraft der Erde, die wir als Schwere jederzeit empfinden. Denn ein Fahrzeug, welches den Weltraum befahren soll, muß nicht nur sich fortbewegen können. Es muß vor allem und zuerst sich von der Erde entfernen, d. h. es muß sich selbst und seine Nutzlast entgegen der Schwerkraft viele Tausende, ja Hunderttausende von Kilometern hoch emporheben können!

Da die Schwerkraft eine Massenkraft ist, müssen wir uns vorerst auch über die anderen in der Natur noch vorkommenden Massenkräfte Klarheit verschaffen und uns ferner mit den Ursachen dieser Kräfte, nämlich den beiden mechanischen Grundeigenschaften der Masse kurz befassen; denn auf diesen Fragen fußt das ganze Raumfahrtproblem.

Die eine dieser Eigenschaften besteht darin, daß alle Massen sich gegenseitig anziehen (Gravitationsgesetz). Die Folge dieser Erscheinung ist, daß jede Masse auf jede andere Masse eine sogenannte „Massenanziehungskraft“ ausübt. Die Anziehungskraft, welche die Himmelskörper vermöge ihrer gesamten Masse auf andere Massen ausüben, wird Schwerkraft genannt. Die von der Erde ausgeübte „Erdschwerkraft“ ist die Ursache, daß alle auf der Erde befindlichen Körper eben „schwer“ sind, also mehr oder weniger „Gewicht“ haben, je nach dem, ob sie selbst eine größere oder kleinere Masse besitzen. Denn die Massenanziehungskraft (Schwerkraft) ist umso bedeutender, je größer die Masse der Körper ist, zwischen welchen sie wirkt. Hingegen aber nimmt ihre Stärke ab mit zunehmender Entfernung (und zwar mit dem Quadrate der letzteren), doch ohne daß ihr Wirkungsbereich eine

ausgesprochene Grenze hätte (Abb. 1). Sie wird also theoretisch erst in unendlicher Entfernung zu Null. Ebenso wie die Erde übt natürlich auch die Sonne, der Mond und überhaupt jeder Himmelskörper eine seiner Größe entsprechende Schwerkraft aus.

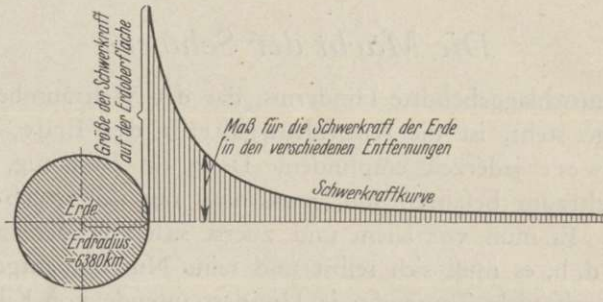


Abb. 1. Der Verlauf der Massenanziehungskraft (Schwerkraft) der Erde. Die mit zunehmender Entfernung quadratisch abnehmende Stärke der Anziehung ist durch den Abstand der Schwerkraftkurve von der wagerechten Achse dargestellt.

Die zweite grundlegende Eigenschaft der Masse besteht darin, daß jede Masse stets bestrebt ist, in dem Bewegungszustand, in welchem sie sich eben befindet, auch weiter zu verharren (Trägheitsgesetz). Demzufolge wird jede Masse,

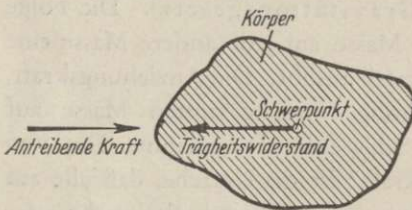


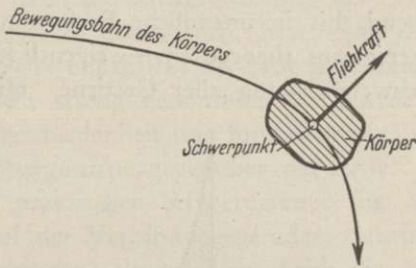
Abb. 2.

deren Bewegung man beschleunigen, verzögern oder der Richtung nach ändern will, diesem Bestreben Widerstand entgegenzusetzen, indem sie durch Entwicklung entgegenwirkender, sogenannter „Massenträgheitskräfte“ antwortet (Abb. 2). Man bezeichnet dieselben im allgemeinen als Trägheitswiderstand, oder in besonderem Falle auch als Fliehkraft. Letzteres dann, wenn sie dadurch entstehen, daß eine Masse gezwungen wird, sich in gekrümmter Bahn zu bewegen. Die Fliehkraft ist bekanntlich stets von der Bewegungskurve senkrecht nach auswärts ge-

richtet (Abb. 3). Alle diese Kräfte: die Schwerkraft, der Trägheitswiderstand und die Fliehkraft sind Massenkräfte.

Wie früher erwähnt, erstreckt sich die Wirkung der Erdschwerkraft, immer schwächer werdend, bis in unendliche Entfernung.

Wir können demnach den Anziehungsbereich (das Schwerefeld) der Erde niemals völlig verlassen, nie die wirkliche Schweregrenze der Erde erreichen. Wohl aber läßt sich errechnen, welche Arbeitsleistung theoretisch notwendig wäre, um das ganze Schwerefeld der Erde zu über-



3. Abb.

winden. Es müßte hierzu eine Energie von nicht weniger als 6380 Metertonnen für jedes Kilogramm der Last aufgewendet werden. Weiterhin läßt sich ermitteln, mit welcher Geschwindigkeit ein Körper von der Erde fortgeschleudert werden müßte, damit er nicht mehr zu ihr zurückkehre. Sie beträgt 11 180 Meter je Sekunde. Es ist dies dieselbe Geschwindigkeit, mit welcher ein Körper auf der Oberfläche der Erde auftreffen würde, wenn er aus unendlicher Entfernung frei auf sie zufiele. Um der Masse eines Kilogrammes diese Geschwindigkeit zu erteilen, ist eben dieselbe Arbeit von 6380 Metertonnen erforderlich, die zur Überwindung des ganzen Erdschwerefeldes je Kilogramm der Last laut Früherem aufgewendet werden müßte.

Doch wenn auch der Anziehungsbereich der Erde nie tatsächlich verlassen werden könnte, so gäbe es trotzdem Möglichkeiten, einen Körper der Schwerkraft der Erde zu entziehen, und zwar dadurch, daß man ihn auch der Einwirkung anderer Massenkräfte unterwirft, welche der Erdschwerkraft entgegenwirken. Als solche kommen, gemäß unseren früheren Betrachtungen über die Grundeigenschaften der Masse, nur in Frage: entweder die Massenanziehungskräfte benachbarter Gestirne oder in dem betreffenden Körper selbst erweckte Massenträgheitskräfte.

Die praktische Schweregrenze der Erde.

Wir wollen uns zuvor mit der erstgenannten Möglichkeit befassen. Da ebenso wie die Erde auch jeder andere Himmelskörper ein Schwerfeld besitzt, das sich, an Stärke immer mehr abnehmend, bis in unendliche Entfernung erstreckt, so stehen wir — wenigstens theoretisch — eigentlich stets unter der gleichzeitigen Schwerewirkung aller Gestirne. Hiervon ist für uns jedoch nur

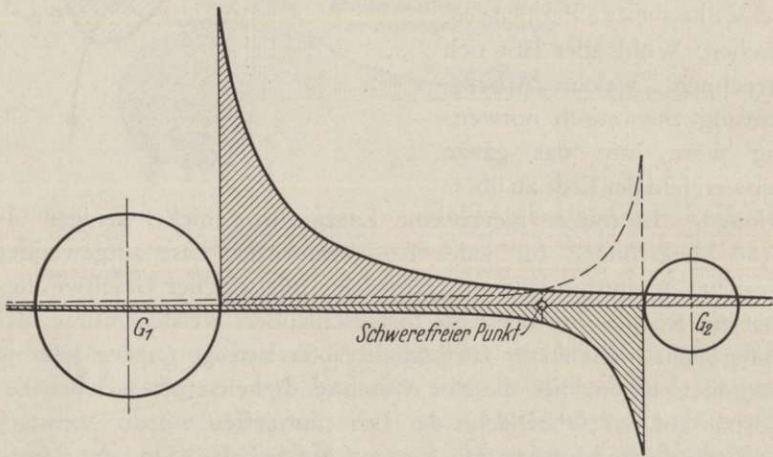


Abb. 4. Der Verlauf der Schwerfelder der beiden benachbarten Gestirne G_1 und G_2 ist wie in Abb. 1 dargestellt, nur daß die Schwerekurve des kleineren Himmelskörpers G_2 nach abwärts gezeichnet wurde, weil seine Anziehungskraft der des größeren Gestirns G_1 entgegen wirkt. Dort, wo die beiden Schwerfelder einander entgegengesetzt gleich sind und sich daher in ihrer Wirkung aufheben, befindet sich der schwerefreie Punkt.

die Schwerewirkung der Erde und zum Teil auch die unseres Mondes wahrnehmbar. Denn im Bereiche der Erdoberfläche, in dem unser Leben sich abspielt, ist die Kraft der Erdanziehung so überwiegend groß, daß dagegen die Schwerewirkung, welche die anderen Himmelskörper dortselbst ausüben, praktisch verschwindet.

Anders aber, sobald wir uns von der Erde entfernen. Deren Anziehungskraft nimmt in ihrer Wirkung dann fortwährend ab,

die der benachbarten Gestirne hingegen beständig zu. Da letztere der Erdschwerkraft entgegen wirkt, muß sich von der Erde aus in jeder Richtung schließlich eine Stelle ergeben, an welcher sich diese Anziehungskräfte der Stärke nach das Gleichgewicht halten. Diesseits dieses Ortes beginnt dann die Schwerewirkung der Erde, jenseits die eines Nachbargestirns zu überwiegen. Man kann dies als praktische Grenze des Schwerfeldes der Erde bezeichnen, ein Begriff, der allerdings nicht streng genommen werden darf, mit Rücksicht auf die große Verschiedenheit und fortwährende Veränderung der Lage der Nachbargestirne gegenüber der Erde.

In einzelnen Punkten der praktischen Schweregrenze (im allgemeinen in jenen, welche auf der Verbindungsgeraden zwischen der Erde und einem Nachbargestirne liegen), heben sich die Anziehungskräfte auch der Richtung nach auf, so daß dort völlig schwereloser Zustand herrscht. Eine solche Stelle des Weltraums bezeichnet man als sogenannten „schwerelosen Punkt“ (Abb. 4).

Allerdings befände man sich daselbst in einem nur unsicheren, rein labilen Zustande der Schwerelosigkeit. Denn schon bei geringstem Abweichen nach der einen oder der anderen Seite, drohte der Absturz, entweder auf die Erde oder das Nachbargestirn.

Die freie Umlaufbahn.

Um einen sicheren, stabilen Zustand der Schwerelosigkeit zu erlangen, müßten wir uns der Schwerkraftwirkung auf die zweite Art, nämlich durch Zuhilfenahme von Trägheitskräften ent-

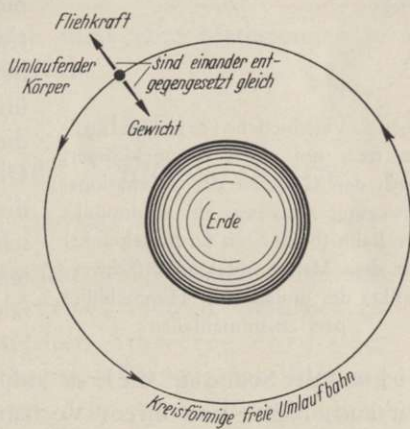


Abb. 5. Kreisförmiger freier Umlauf eines Körpers um die Erde. Das Gewicht desselben wird durch die dabei erzeugte Fliehkraft aufgehoben. Er befindet sich daher gegenüber der Erde in einem stabilen Zustand freien Schwebens.

ziehen. Dies wird erreicht, wenn der anziehende Himmelskörper, also z. B. die Erde, mit entsprechender Geschwindigkeit in einer freien Umlaufbahn umfahren wird (Gravitationsbewegung). Die dabei entstehende, stets nach außen gerichtete Fliehkraft, hält dann der Anziehungskraft das Gleichgewicht, und zwar nur sie allein, wenn die Bewegung kreisförmig ist (Abb. 5), oder gleichzeitig

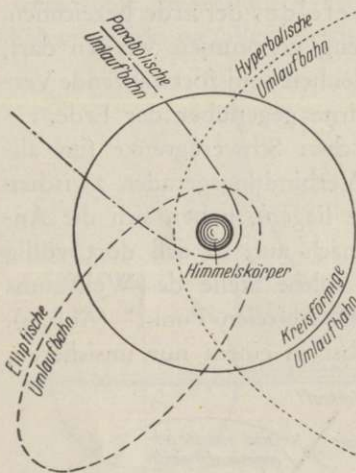


Abb. 6. Verschiedene freie Umlaufbahnen um einen Himmelskörper. Nach den Gesetzen der Gravitationsbewegung muß stets ein Brennpunkt der Bahn (beim Kreis der Mittelpunkt) mit dem Massenmittelpunkt (Schwerpunkt) des umlaufenden Himmelskörpers zusammenfallen.

mit noch weiteren hierbei auftretenden Trägheitskräften, wenn die Umlaufbahn eine andere Form besitzt (Ellipse, Hyperbel, Parabel, Abb. 6).

Auf ähnliche Weise erfolgen alle Mond- und Planetenbewegungen. Da beispielsweise unser Mond die Erde mit einer mittleren Geschwindigkeit von etwa 1000 Meter je Sekunde ständig umläuft, fällt er nicht auf sie herunter, obwohl er sich in ihrem Anziehungsbereich befindet, sondern schwebt frei über ihr. Und ebenso stürzt auch die Erde nur deshalb nicht in das Glutmeer der Sonne ab, weil sie dieselbe mit einer mittleren Geschwindigkeit von etwa 30000 Meter je Sekunde fortdauernd umfährt. Durch die dabei erzeugte Fliehkraft wird die Schwerkraft-

wirkung der Sonne auf die Erde aufgehoben und deshalb verspüren wir auch nichts von ihrem Vorhandensein. Wir sind gegenüber der Sonne „schwerelos“ in „stabilem Schwebезustand“, wir sind praktisch genommen „ihrer Schwerkraftwirkung entzogen“.

In je geringerer Entfernung vom anziehenden Himmelskörper dieser Umlauf erfolgt, desto stärker ist dortselbst auch die Wirkung der Anziehungskraft. Desto größer muß daher auch die

entgegenwirkende Fliehkraft und demzufolge die Umlaufgeschwindigkeit sein (denn die Fliehkraft nimmt zu mit dem Quadrate der Umlaufgeschwindigkeit). Während beispielsweise in der Entfernung des Mondes von der Erde eine Umlaufgeschwindigkeit von nur etwa 1000 Meter je Sekunde genügt, müßte diese für einen Körper, der die Erde nahe der Oberfläche schwebend umlaufen soll, den Wert von etwa 8000 Meter je Sekunde erreichen.



(Abb. 7). Um einem Körper diese Geschwindigkeit zu erteilen, ihn also auf solche Weise gegenüber der Erde in einen stabilen Schwebezustand zu bringen und dadurch von der Erdschwere zu befreien, ist ein Arbeitsaufwand von rund 3200 Metertonnen je Kilogramm seines Gewichtes erforderlich.

Abb. 7. Die Umlaufgeschwindigkeit ist um so größer, je näher zum Anziehungszentrum die freie Umlaufbewegung erfolgt.

Das Manövrieren in den Schwerefeldern des Weltraums.

Es bestehen also zwei grundsätzliche Möglichkeiten, um sich der Schwerewirkung der Erde oder eines anderen Gestirnes zu entziehen: Erreichung der praktischen Schweregrenze oder Übergang in eine freie Umlaufbahn. Wovon man fallweise Gebrauch machen wird, hängt von dem jeweils beabsichtigten Zwecke ab.

So würde es z. B. bei einer Fernfahrt durch den Weltraum, im allgemeinen darauf ankommen, derart zu manövrieren, daß jene Himmelskörper, in deren Anziehungsbereich (Schwerefeld) die Reise gerade vor sich geht, in einer freien Umlaufbahn

schwebend (also ohne Antrieb durch künstliche Kraft, nur im Schwung) umfahren werden, wenn man nicht beabsichtigt, auf ihnen zu landen. Eine längere Reisedecke würde sich somit aus Teilen solcher Umlaufbahnen (Schwebestrecken) zusammensetzen, wobei der Übergang aus dem Schwerefeld eines Gestirnes in das eines benachbarten im allgemeinen mit Antrieb durch künstliche Kraft bewirkt werden müßte.

Wollte man sich längere Zeit in irgendeiner gewünschten Höhe über einem Himmelskörper (z. B. der Erde) aufhalten, dann wird man ihn in einer freien, womöglich kreisförmigen Umlaufbahn mit entsprechender Geschwindigkeit ständig umfahren und somit also in stabilem Schwebezustand über ihm verharren.

Beim Aufstieg von der Erde oder von einem anderen Gestirn endlich wird man trachten müssen, entweder die praktische Schweregrenze und damit die „gänzliche Loslösung“ (bei Verzicht auf stabilen Schwebezustand) oder den Übergang in eine freie Umlaufbahn und damit den „stabilen Schwebezustand“ (unter Verzicht auf gänzliche Loslösung) zu erreichen oder schließlich, man wird überhaupt nicht beabsichtigen, das Fahrzeug beim Aufstieg auch der Schwerewirkung dauernd zu entziehen, sondern sich damit begnügen, es bis auf eine bestimmte Höhe emporzubringen und nach Erreichung derselben sofort wieder zur Erde rückkehren zu lassen (normaler Wurf).

In Wirklichkeit werden diese verschiedenen Fälle natürlich nicht immer streng von einander zu trennen sein, sondern häufig sich ergänzend zur Anwendung kommen. Stets aber wird der Aufstieg mit Antrieb durch künstliche Kraft erfolgen müssen und eine bedeutende Energieaufwendung erfordern, welche — im Falle der aufsteigenden Körper auch der Schwerewirkung entzogen werden soll — für die Erde den gewaltigen Wert von rund 3200 bis 6400 Metertonnen je Kilogramm der zu hebenden Last erreicht, oder — was das gleiche ist — die Erteilung der riesigen, bereits kosmischen Geschwindigkeit von ungefähr 8000 bis 11200 Meter je Sekunde, d. i. die annähernd 12fache Geschwindigkeit eines Artilleriegeschosses, erfordert!

Der Panzer der Erdlufthülle.

Außer der Schwerkraft spielt auch die Lufthülle, welche manche Himmelskörper besitzen — ganz besonders aber natürlich jene der Erde — für die Raumfahrt eine äußerst wichtige Rolle. Während dieselbe für die Landung sehr wertvoll ist, bildet sie hingegen für den Aufstieg ein recht bedeutendes Hindernis.

Die Höhe der gesamten Erdlufthülle wird nach Beobachtungen an Meteorfällen und Nordlichterscheinungen auf einige 100 (vielleicht 400) Kilometer geschätzt (Abb. 8). Doch nur in ihren tiefsten, einige Kilometer hoch über der Erde lagernden Schichten, sozusagen nur am „Grunde des Luftmeeres“ ist auch jene Luftdichte vorhanden, die für das Bestehen irdischen Lebens notwendig ist. Denn dieselbe vermindert sich mit zunehmender Höhe sehr rasch und beträgt beispielsweise in einer Höhe von 5 km bereits die Hälfte, von 15 km gar nur mehr $\frac{1}{6}$ der Dichte über dem Meeresspiegel (Abb. 9).

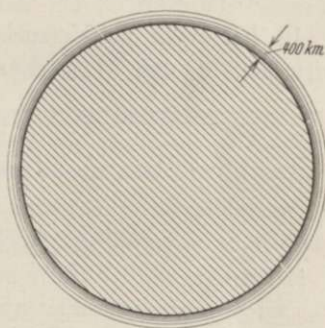


Abb. 8. Das Bild zeigt die Lufthülle, unter der Voraussetzung, daß sie etwa 400 km hoch ist, im richtigen Verhältnis zur Erdkugel.

Dieser Umstand ist für die Raumfahrtfrage von ausschlaggebender Bedeutung und kommt ihr sehr zu statten. Denn bekanntlich setzt die Luft jedem bewegten Körper einen Widerstand entgegen. Letzterer steigt aber bei Vergrößerung der Bewegungsgeschwindigkeit sehr rasch und zwar in quadratischem Verhältnis. Er erreicht bei den für die Raumfahrt in Betracht kommenden außerordentlichen Geschwindigkeiten innerhalb der dichten erdnahen Luftschichten bereits so hohe Werte, daß hierdurch die Arbeit, welche beim Aufstieg zur Überwindung des Schwerefeldes nach Früherem notwendig ist, noch um ein beträchtliches vermehrt wird und auch beim Bau des Fahrzeuges in weit-

gehendem Maße darauf Rücksicht genommen werden muß. Da jedoch zum Glück die Dichte der Luft mit zunehmender Höhe rasch abnimmt, wird auch ihr Widerstand sehr bald kleiner und kann dadurch in erträglichen Grenzen gehalten werden. Trotzdem bedeutet die Lufthülle für die Raumfahrt beim Aufstieg ein mächtiges Hindernis. Sie bildet gleichsam einen Panzer, der die Erde allseits umgibt. Ihre Bedeutung für die Rückkehr zur Erde werden wir später kennen lernen.

Die bisher erreichten äußersten Höhen.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, in höchste Höhen vorzudringen. Durch Menschen konnten bisher im Flugzeug 11800,

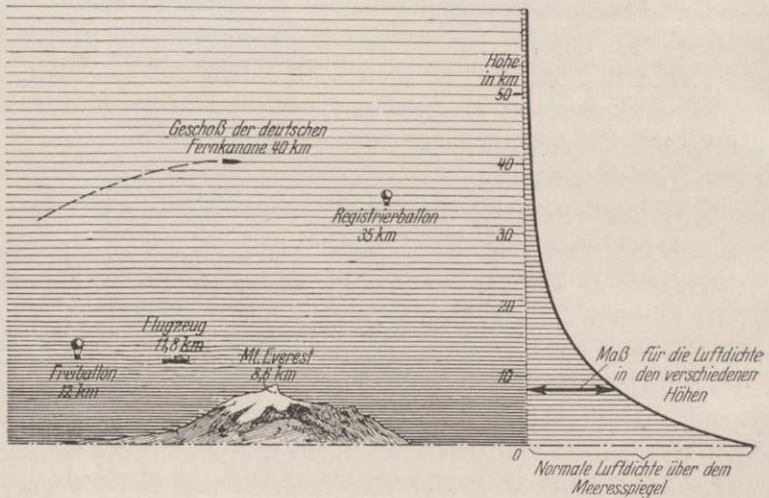


Abb. 9. Mit zunehmender Höhe vermindert sich die Luftdichte außerordentlich rasch, wie aus der rechts gezeichneten Kurve und aus der Stärke der Schattierung zu ersehen ist.

im Freiballon 12000, und alpinistisch (am Mount Everest) 8600 Meter Höhe erreicht werden (Abb. 9). Noch weiter gelangten sogenannte Ballonsonden. Es sind dies unbemannte Gummiballone, die sehr leicht gebaute Meßgeräte möglichst hoch empor-

tragen sollen. Da sich mit zunehmender Höhe der Luftdruck ständig verringert, dehnt sich der Ballon beim Aufstieg immer mehr aus, bis er schließlich zerplatzt. Die Meßgeräte sinken dann an einem Fallschirme langsam herunter, wobei sie selbsttätig Druck, Temperatur und Feuchtigkeit der Luft aufnehmen. Solche Ballonsonden konnten bis auf etwa 35 Kilometer Höhe emporgebracht werden. Darüber hinaus, auf etwa 40 Kilometer Höhe, gelangten die Geschosse der berühmten deutschen Fernkanone, mit welcher Paris beschossen wurde. Doch was ist dies alles, verglichen mit den ungeheuren Höhen, die wir erklimmen müssen, um in den leeren Weltraum oder gar zu fremden Himmelskörpern zu gelangen!

Der Kanonenschuß in den Weltraum.

Es schiene naheliegend, auf der Suche nach einem Mittel, um den Fesseln der Erde zu entgehen, an den Schuß aus einer entsprechend gewaltigen Riesenkanone zu denken. Bei diesem Verfahren müßte dem Geschosß jene enorme Energie, die es zur Überwindung der Schwere und für die Durchdringung der Luft-hülle benötigt, in der Gänze als lebendige Kraft, also in Form von Geschwindigkeit, mitgegeben werden. Dies erfordert aber, daß das Geschosß bereits beim Verlassen des Erdbodens eine Geschwindigkeit von nicht weniger als rund 12000 Metern je Sekunde erlangt haben muß, wenn nebst der Hebearbeit auch jene zur Überwindung des Luftwiderstandes berücksichtigt wird.

Selbst wenn die heutigen Mittel der Technik es gestatten würden, eine solche Riesenkanone zu schaffen und den Schuß in den Weltraum zu wagen (in Wirklichkeit besitzen wir zurzeit noch keinen Treibstoff, der für diesen Zweck genügend kräftig wäre, wie Prof. H. Lorenz, Danzig nachgewiesen hat) — das Ergebnis dieses Unternehmens würde die ungeheueren Geldmittel nicht aufwiegen, die dazu notwendig wären. Bestenfalls könnte solch ein „Ultra-Artillerist“ sich rühmen, der Erste gewesen zu sein, dem es gelungen ist, einen Gegenstand von der Erde fort-

geschleudert oder vielleicht auch den Mond beschossen zu haben. Mehr ließe sich dabei kaum je gewinnen, weil alles, was man diesem „Geschößfahrzeug“ auf die Reise mitgäbe, an Fracht, Meßgeräten oder gar an Fahrgästen, sich schon in der ersten Sekunde der Reise zu Brei verwandelt haben würde; denn wohl

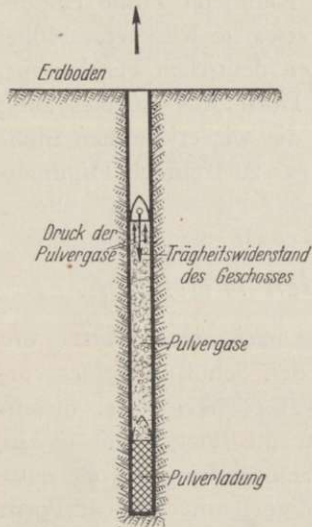


Abb. 10. Die Jules Vernesche Riesenkanoone zur Beschießung des Mondes. Das Geschöß ist hohl und zur Beförderung von Menschen bestimmt. Das Rohr ist als Schacht in den Erdboden eingelassen.

spielsweise gebunden in Betriebsstoffen, die man dem Fahrzeug auf die Reise mitgibt. Es muß ferner ein Antriebsmotor vorhanden sein, der gestattet, die Antriebskraft während der Fahrt zu ändern oder auch stillzusetzen, die Fahrtrichtung zu wechseln und sich nur langsam, ohne Gefährdung von Fahrgästen und Fracht auf jene hohen, bereits kosmischen Geschwindigkeiten hinaufzuarbeiten, die für die Raumfahrt nötig sind.

nur massiver Stahl könnte dem ungeheuren Trägheitsdruck widerstehen, der auf alle Teile des Geschößes während der Zeit des Abschusses einwirken würde, während welcher es aus der Ruhelage auf die Geschwindigkeit von 12000 Meter je Sekunde beschleunigt werden muß, in einem Zeitraum von nur wenigen Sekunden (Abb. 10). Ganz abgesehen von der großen Hitze, die durch die Reibung im Kanonenrohr und besonders in der zu durchdringenden Luft entstünde.

Der Rückstoß.

Dieses Verfahren ist also praktisch nicht brauchbar. Dem Raumfahrzeug muß jene Energie, welche es zur Überwindung der Schwere und des Luftwiderstandes, sowie zur Fortbewegung im leeren Weltraum benötigt, in anderer Art zugeführt werden, also bei-

Aber wie dies alles? Wie soll die Fortbewegung denn überhaupt ermöglicht werden, da im leeren Weltraum weder Luft noch sonstige Körper zur Verfügung stehen, an welchen sich das Fahrzeug fortarbeiten, gewissermaßen abstoßen könnte, um seine Weiterbewegung nach einer der bisher gebräuchlichen Methoden zu bewirken? (Fußbewegung bei Tier und Mensch, Flügelschlag der Vögel, angetriebene Räder bei rollenden Kraftfahrzeugen, Schiffsschraube, Luftschraube usw.).

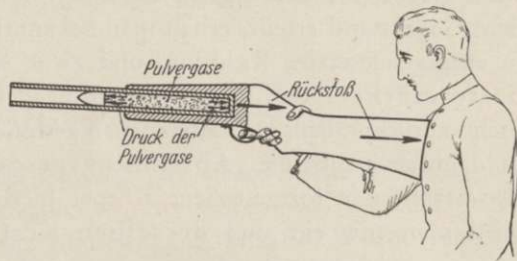


Abb. 11. Der „Rückstoß“ beim Abfeuern eines Gewehrs.

Das Mittel hierzu bietet eine allgemein bekannte physikalische Erscheinung. Wer einmal einen scharfen Schuß abgab (und an solchen dürfte es in der jetzt lebenden Generation kaum mangeln) hat hierbei gewiß deutlich, nicht selten vielleicht sogar in recht unliebsamer Weise, den sogenannten „Rückstoß“ verspürt. Es ist dies ein mächtiger Stoß, den das Gewehr dem Schützen beim Abfeuern entgegen der Abschußrichtung versetzt. Er kommt dadurch zustande, daß die Pulvergase mit derselben Kraft, mit welcher sie das Geschoss nach vorwärts treiben, auch zurück auf das Gewehr drücken und es somit nach rückwärts zu bewegen suchen (Abb. 11).

Aber auch im alltäglichen Leben

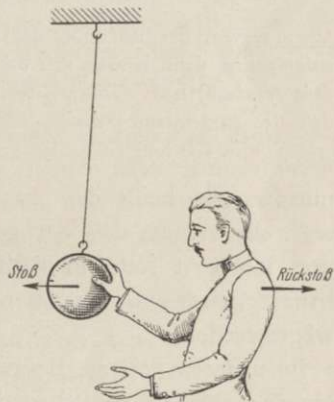


Abb. 12. Auch wenn man mit der Hand einen leichtbeweglichen, massigeren Gegenstand (z. B. eine frei hängende Eisenkugel) rasch von sich wegstößt, erhält man selbst dabei einen merklichen „Rückstoß“.

kann man den Rückstoßvorgang, wenn auch zumeist nicht in so vollkommener Weise, immer wieder beobachten: so z. B. wenn man einen beweglichen Gegenstand mit der Hand von sich wegstößt (Abb. 12); denn genau denselben Stoß, welchen man dabei dem Gegenstand erteilt, erhält man bekanntlich zugleich auch selbst in entgegengesetzter Richtung, und zwar ist dieser „Rückstoß“ desto stärker, und man wird infolgedessen selbst auch umso mehr zurückprallen, je kräftiger man gestoßen hat. Umso größer ist dann aber auch die „Abstoßungsgeschwindigkeit“, welche der betreffende fortgestoßene Körper hierbei erlangt. Andererseits wird man mit ein und derselben Kraft dem fortgestoßenen

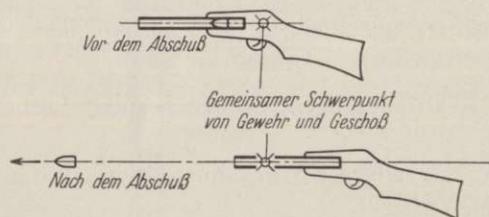


Abb. 13. Wird der „Rückstoß“ des Gewehres nicht aufgefangen, dann bewegt sich das letztere (nach dem Abschuss) nach rückwärts fort, und zwar so daß der gemeinsame Schwerpunkt von Gewehr und Geschoss in Ruhe verbleibt.

gegenstand eine umso größere Geschwindigkeit erteilen können, je geringeres Gewicht d. h. je kleinere Masse er besitzt. Und ebenso wird man auch selbst hierbei umso mehr zurückweichen je leichter (und um so weniger je schwerer) man ist.

Das physikalische Gesetz, welches diese Erscheinung

erfaßt, heißt der „Satz von der Erhaltung des Schwerpunktes“. Er besagt, daß der gemeinsame Schwerpunkt eines Systems von Körpern stets in Ruhe bleibt, wenn dieselben nur durch innere, d. h. nur zwischen diesen Körpern wirkende Kräfte, bewegt werden.

In unserem ersten Beispiel ist der Druck der Pulvergase die innere Kraft, die zwischen den beiden Körpern: Geschoss und Gewehr wirkt. Während unter ihrem Einfluß das nur sehr kleine Geschoss eine Geschwindigkeit von etlichen hundert Metern je Sekunde annimmt, ist dagegen die Geschwindigkeit, welche das viel schwerere Gewehr in entgegengesetzter Richtung erlangt so gering, daß der hierdurch verursachte Rückstoß vom Schützen mit

der Schulter aufgefangen werden kann. Würde man letzteres unterlassen und dem Gewehr gestatten, sich ungehemmt nach rückwärts zu bewegen (Abb. 13), dann bliebe der gemeinsame Schwerpunkt von Geschosß und Gewehr tatsächlich in Ruhe (dort wo er vor dem Abschuß war), und das Gewehr würde sich nun nach rückwärts fortbewegen.

Das Rückstoßfahrzeug.

Würde man nun das Gewehr auf einem leichten Wagen befestigen (Abb. 14) und abfeuern, so würde sich derselbe durch die Kraft des Rückstoßes in Bewegung setzen. Würde man so in rascher Aufeinanderfolge fortgesetzt schießen, ähnlich etwa wie mit einem Maschinengewehr, dann würde der Wagen sich beschleunigen, könnte auch Steigungen nehmen usw. Dies wäre ein Fahrzeug mit Rückstoßantrieb, nicht das vollkom-

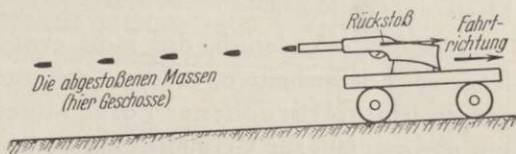


Abb. 14. Ein primitives Fahrzeug mit Rückstoßantrieb: Der Wagen wird durch andauerndes Abschießen eines Gewehres, vermöge des dabei erzeugten „Rückstoßes“, fortbewegt.

menste allerdings. Die Fortbewegung eines solchen Fahrzeuges erfolgt also dadurch, daß es Teile seiner eigenen Masse (im früheren Beispiel: die Geschosse) entgegengesetzt der Bewegungsrichtung von sich fortschleudert und sich dabei an diesen fortgeschleuderten Masseteilen abstößt.

Es ist darnach klar, daß diese Antriebsart auch dann brauchbar sein wird, wenn das Fahrzeug sich im leeren Raum befindet, in seiner Umgebung also weder Luft noch etwas anderes vorhanden ist, an dem eine Abstoßung möglich wäre. Ja der Antrieb wird sogar gerade dann erst seine größte Wirksamkeit entfalten können, weil alle äußeren Widerstände entfallen.

Bei der technischen Ausgestaltung eines derartigen Fahrzeuges wird man nun anstreben müssen, daß zur Erzeugung einer be-

stimmten Antriebsleistung einerseits nur möglichst wenig Massen abgestoßen werden müssen und andererseits, daß ihre Abstoßung in tunlichst einfacher und betriebssicherer Weise vor sich gehe.

Zur Erfüllung der ersten Forderung ist vor allem notwendig, daß die Abstoßungsgeschwindigkeit möglichst groß sei. Dies ist nach dem bereits Gesagten auch ohne rechnerische Beweisführung, allein durch Überlegung, leicht einzusehen: denn mit je größerer Geschwindigkeit ich einen Körper von mir fortstoßen will, mit desto größerer Kraft muß ich hierbei auf ihn drücken; desto größer wird nach Früherem dann aber auch die Gegenkraft sein, welche infolgedessen auf mich zurückwirkt, das ist der Rückstoß, der durch die Abstoßung eben dieser Masse erzeugt wurde.

Ferner ist erforderlich, daß nicht etwa größere Massenteile in längeren Zeitabschnitten, sondern daß möglichst kleine Massen in ununterbrochener Folge abgestoßen werden. Warum dies ebenfalls zur Geringhaltung der abzustoßenden Masse beiträgt, geht aus rechnerischen Untersuchungen hervor, die hier jedoch nicht gebracht werden sollen. Wie aber ohne weiteres zu verstehen ist, muß letzteres auch im Interesse der Betriebssicherheit gefordert werden; denn der Vortrieb würde sonst ruckweise erfolgen, was für das Fahrzeug und dessen Inhalt schädlich wäre. Nur eine möglichst stetig wirkende Antriebskraft ist praktisch brauchbar.

Die Rakete.

Diesen Bedingungen kann am besten entsprochen werden, wenn man die Abstoßung der Massen dadurch bewirkt, daß man geeignete, im Fahrzeug mitgeführte Stoffe erst verbrennen und die dadurch entstehenden Verbrennungsgase dann nach rückwärts ausströmen — „auspuffen“ — läßt. Die Massen gelangen so in kleinsten Teilchen (Moleküle der Verbrennungsgase) zur Abstoßung und die bei der Verbrennung freiwerdende und sich in Gasdruck umsetzende Energie liefert die hierzu notwendige „innere Kraft“.

Ein Fahrzeug solcher Art in einfachster Ausführung stellt die bekannte Feuerwerkkrakete dar (Abb. 15). Ihr Zweck ist der, einen sogenannten „Kunstsatz“ emporzutragen: das sind allerlei Feuerwerkkörper, welche nach erreichter Steighöhe dann zur Entzündung gelangen, um entweder in prächtigem Feuerspiel das Auge zu erfreuen, oder (wie beispielsweise in der Kriegführung) zu Leucht- und Signalgebungszwecken zu dienen.

Die Fortbewegung (Emporhebung) einer solchen Feuerwerkkrakete erfolgt durch eine mitgeführte Pulverladung: „Treibsatz“ genannt. Derselbe wird beim Ablassen der Rakete entzündet und brennt dann während des Aufstieges allmählich ab, wobei die entstehenden Verbrennungsgase nach rückwärts (unten) ausströmen und dadurch — vermöge ihrer Rückstoßwirkung — eine stetige nach vorn (oben) gerichtete Antriebskraft erzeugen, in gleicher Weise wie dies schon früher besprochen wurde.

Nun, eine Rakete, die als Fahrzeug für den Weltraum dienen soll, würde allerdings wesentlich anders aussehen müssen als eine einfache Feuerwerkkrakete.

Die bisherigen Bearbeiter des Raumfahrtproblems.

Der Gedanke, daß das Rückstoßprinzip für den Antrieb von Weltraumfahrzeugen geeignet sei, ist nicht neu. Schon um das Jahr 1660 erzählt, allerdings in recht phantastischer Aufmachung,



Abb. 15. Feuerwerkkrakete im Längsschnitt. Der daran befestigte Stab dient dazu, das Sichüberschlagen der Rakete zu verhindern.

der Franzose Cyrano de Bergerac in seinen Romanen von Weltraumreisen auf Fahrzeugen, die durch Raketen gehoben werden. Nicht viel später weist der berühmte englische Gelehrte Isaac Newton bereits in wissenschaftlicher Form auf die Möglichkeiten hin, sich mit Hilfe der Rückstoßerscheinung auch im luftleeren Raum fortbewegen zu können. 1841 meldet der Engländer Charles Goultly ein Patent auf eine Raketenflugmaschine an. Um 1890 gibt der Deutsche Hermann Ganswindt und wenige Jahre danach erstmalig der Russe Ziolkowsky ähnliche Vorschläge der Öffentlichkeit kund. Desgleichen hat der bekannte französische Schriftsteller Jules Verne in einer seiner Erzählungen, wenn auch nur nebenbei, die Anwendung von Raketen zu Fortbewegungszwecken erwähnt. Schon sehr deutlich aber tritt der Gedanke des durch Raketenwirkung angetriebenen Raumschiffes in einem Roman des deutschen Physikers Kurt Laßwitz hervor.

Doch erst in neuester Zeit wurden in diesem Sinne auch ernste wissenschaftliche Schritte unternommen, und zwar ziemlich gleichzeitig von mehreren Seiten: 1919 erschien eine diesbezügliche Arbeit des Amerikaners Professor Dr. Robert H. Goddard. 1923 folgte die des Siebenbürger Sachsen Professor Hermann Oberth. Das Jahr 1924 brachte eine gemeinverständliche Darstellung des Münchner Schriftstellers Max Valier, 1925 eine Studie des Essener Ingenieurs Dr. Walter Hohmann. 1926 erfolgten Veröffentlichungen des Wiener Chemikers Dr. Franz Edler von Hoefft. 1925 und 1927 kamen neue diesbezügliche Schriften des russischen Professors Ziolkowsky heraus.

Auch einige Romane, welche auf den Ergebnissen der vorgenannten, neuesten wissenschaftlichen Arbeiten aufbauend das Raumfahrtproblem behandeln, sind in den letzten Jahren erschienen, worunter besonders jene von Otto Willi Gail hervorzuheben wären.

Bevor wir uns nun der Erörterung der verschiedenen, bisher bekannt gewordenen Vorschläge zuwenden, muß erst noch Einiges über das Grundsätzliche der Fahrtechnik und des Aufbaues von Raketen-Raumfahrzeugen gesagt werden.

Die Fahrgeschwindigkeit und der Wirkungsgrad bei Raketen-Fahrzeugen.

Es ist sehr wichtig und für das Rückstoßfahrzeug eigentümlich, daß bei diesem die Fahrgeschwindigkeit nicht willkürlich gewählt werden darf, sondern durch die besondere Art seines Antriebes im allgemeinen schon gegeben ist. Da nämlich die Fortbewegung eines solchen Fahrzeuges dadurch erfolgt, daß es Teile seiner eigenen Masse von sich abstößt, muß dieser Vorgang so eingerichtet werden, daß alle Massen nach erfolgter Abstoßung womöglich ihre gesamte Energie an das Fahrzeug abgeben haben; denn was sie davon mit sich nehmen, ist unwiederbringlich verloren.

Eine derartige Energie bildet unter anderem die lebendige Kraft, welche bekanntlich jedem Körper innewohnt, der sich in Bewegung befindet. Soll nun davon in den abgestoßenen Massen nichts mehr vorhanden sein, dann müssen sich

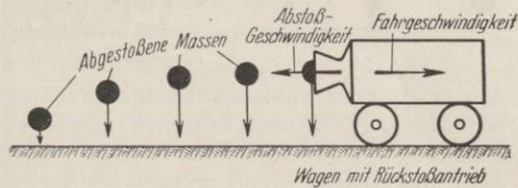


Abb. 16. Die Fahrgeschwindigkeit ist gleich der Abstoßungsgeschwindigkeit. Infolgedessen ist nach der Abstoßung die Geschwindigkeit der abgestoßenen Massen gleich Null, was man in der Abb. daraus ersieht, daß sie lotrecht herunterfallen.

dieselben nach erfolgter Abstoßung gegenüber der Umgebung (richtiger gesagt: bezüglich ihres Bewegungszustandes vor der Abfahrt) in Ruhe befinden. Um dies aber zu erreichen, muß die Fahrgeschwindigkeit von gleicher Größe wie die Abstoßungsgeschwindigkeit sein; denn dann wird die Geschwindigkeit, welche die Massen vor ihrer Abstoßung (also noch als Teile des Fahrzeuges) besessen haben, gerade aufgehoben durch jene Geschwindigkeit, welche ihnen bei der Abstoßung in entgegengesetzter Richtung erteilt wurde (Abb. 16). Sie gelangen demnach durch die Abstoßung in relativen Ruhezustand und sinken als frei fallende Körper lotrecht zu Boden.

Unter dieser Voraussetzung geht beim Rückstoßvorgang keine

Energie verloren, der Rückstoß selbst arbeitet dann mit einem (mechanischen) Wirkungsgrad von 100 Prozent (Abb. 16). Würde die Fahrgeschwindigkeit hingegen kleiner oder größer sein

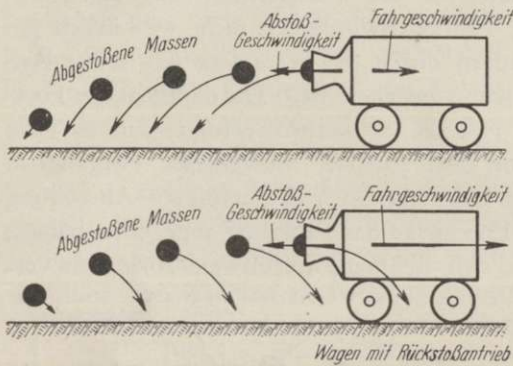


Abb. 17. Die Fahrgeschwindigkeit ist kleiner (oberes Bild) oder größer (unteres Bild) als die Abstoßgeschwindigkeit. Die abgestoßenen Massen besitzen daher nach erfolgter Abstoßung noch immer einen Teil ihrer Abstoßungsgeschwindigkeit (oberes Bild) oder ihrer Fahrgeschwindigkeit (unteres Bild), was man in der Abbildung daraus erkennt, daß sie schief zu Boden fallen.

als v die Abstoßgeschwindigkeit, dann wäre auch dieser „Wirkungsgrad des Rückstoßes“ entsprechend geringer (Abb. 17). Er ist gänzlich Null, sobald das Fahrzeug bei arbeitendem Antrieb stillsteht.

Dies läßt sich in einfacher Weise rechnerisch verfolgen, was wir hier auch tun wollen mit Rücksicht auf die entscheidende Bedeutung, welche der Frage des Wirkungsgrades für das Raketen-Fahrzeug zukommt. Wendet man nämlich den allgemeinen Ausdruck für den Wirkungsgrad: „Verhältnis der gewonnenen zur aufgewendeten Energie“ auf den vorliegenden Fall an^{*)}, so gelangt man zu der Formel

$$\eta_r = \left(2 - \frac{v}{c}\right) \frac{v}{c}$$

^{*)}

$$\eta_r = \frac{\text{Gewonnene Energie}}{\text{Aufgewendete Energie}} = \frac{\text{Aufgewendete Energie} - \text{Verlorene Energie}}{\text{Aufgewendete Energie}}$$

$$\text{Aufgewendete Energie} = \frac{m c^2}{2},$$

$$\text{Verlorene Energie} = \frac{m(c - v)^2}{2},$$

als Ausdruck für den Wirkungsgrad des Rückstoßes η_r in Abhängigkeit von dem jeweiligen Verhältnis zwischen Fahrgeschwindigkeit v und Abstoßungsgeschwindigkeit c .

Tabelle 1.

Verhältnis der Fahrgeschwindigkeit v zur Abstoßungsgeschwindigkeit c	Wirkungsgrad des Rückstoßes η_r	
	$\eta_r = \left(2 - \frac{v}{c}\right) \frac{v}{c}$	η_r in Prozenten abgerundet
0	0	0
0,01	0,0199	2
0,05	0,0975	10
0,1	0,19	19
0,2	0,36	36
0,5	0,75	75
0,8	0,96	96
1	1	100
1,2	0,96	96
1,5	0,75	75
1,8	0,36	36
2	0	0
2,5	— 1,25	— 125
3	— 3	— 300
4	— 8	— 800
5	— 15	— 1500

wobei m die betrachtete Abstoßungsmasse und $(c - v)$ deren nach der Abstoßung noch verbliebene Bewegungsgeschwindigkeit darstellt (diese bedeutet ja nach Früherem für das Fahrzeug verlorene lebendige Kraft).

Daraus folgt

$$\eta_r = \frac{\frac{m c^2}{2} - \frac{m (c - v)^2}{2}}{\frac{m c^2}{2}} = \left(2 - \frac{v}{c}\right) \frac{v}{c}$$

In der **Tabelle 1** ist nun für verschiedene Größen dieses Verhältnisses $\frac{v}{c}$ der Wirkungsgrad des Rückstoßes η_r mit Hilfe obiger Formel errechnet. Wäre also z. B. das Verhältnis $\frac{v}{c} = 0,1$ (d. h. $v = 0,1 c$, somit die Fahrgeschwindigkeit nur $1/10$ so groß wie die Abstoßungsgeschwindigkeit), dann würde der Wirkungsgrad des Rückstoßes nur 19 Prozent betragen; bei $\frac{v}{c} = 0,5$ (also wenn die Fahrgeschwindigkeit $1/2$ so groß wie die Abstoßungsgeschwindigkeit ist) wäre derselben aber schon 75, und bei $\frac{v}{c} = 1$ (gleich große Fahr- und Abstoßungsgeschwindigkeit) — in Übereinstimmung mit unserer früheren Überlegung — sogar 100 Prozent. Wird das Verhältnis $\frac{v}{c}$ größer als 1 (übersteigt demnach die Fahrgeschwindigkeit bereits die Abstoßungsgeschwindigkeit), dann verringert sich der Wirkungsgrad des Rückstoßes wieder, geht schließlich bei $\frac{v}{c} = 2$ abermals durch Null und wird dann (also bei Fahrgeschwindigkeiten, die mehr als doppelt so groß wie die Abstoßungsgeschwindigkeit sind) sogar negativ.

Letzteres erscheint auf den ersten Blick paradox, da das Fahrzeug durch die Abstoßung doch an Fahrgeschwindigkeit und damit scheinbar auch an lebendiger Kraft gewinnt! Da aber der Energieabgang, welcher sich durch die Abtrennung der infolge der großen Fahrgeschwindigkeit jetzt sehr stark mit lebendiger Kraft beladenen Abstoßungsmasse ergibt, den durch die Abstoßung erzielten Energiegewinn nunmehr überwiegt, resultiert aus dem ganzen Vorgang für das Fahrzeug — trotz der dadurch hervorgerufenen Geschwindigkeitsvermehrung desselben — doch ein Energieverlust, was eben in dem negativen Vorzeichen des Wirkungsgrades mathematisch zum Ausdruck kommt. Immerhin aber haben diese für große Werte des Verhältnisses $\frac{v}{c}$ sich ergebenden Wirkungsgrad-

zahlen eigentlich nur einen mehr oder weniger theoretischen Wert.

Sehr klar und deutlich erkennt man jedoch aus der Tabelle, wie sehr es von Vorteil und daher wichtig ist, daß die Größe der Fahrgeschwindigkeit sich möglichst jener der Abstoßungsgeschwindigkeit nähere, um einen guten Wirkungsgrad des Rückstoßes zu erzielen, wobei jedoch gewisse Unterschiede (selbst bis zu $v = 0,5 c$ bzw. $v = 1,5 c$) immerhin noch nicht so sehr ins Gewicht fallen, weil die Schwankungen des Wirkungsgrades in der Nähe seines Maximums ziemlich gering sind. Man kann demnach sagen, daß die wirtschaftliche Fahrgeschwindigkeit eines Raketen-Fahr-

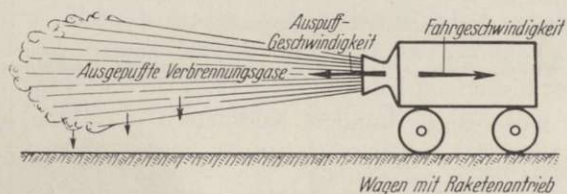


Abb. 18. Bei einem Raketenfahrzeug muß die Fahrgeschwindigkeit möglichst gleich der Auspuffgeschwindigkeit sein.

zeuges so ungefähr zwischen dem $\frac{1}{2}$ und $1\frac{1}{2}$ fachen Wert seiner Abstoßungsgeschwindigkeit liegt.

Wenn nun wie hier das Rückstoßfahrzeug ein Raketen-Fahrzeug ist, die Massenabstoßung demnach durch geeignetes Verbrennen- und Auspuffenlassen von mitgeführten Betriebsstoffen erfolgt, dann muß also im Sinne der soeben erkannten Forderung: die Fahrgeschwindigkeit soweit als möglich von gleicher Größe wie die Auspuffgeschwindigkeit sein (Abb. 18). Dies bedingt aber wieder, daß sich die Fahrgeschwindigkeit gewissermaßen nach der Art des jeweils verwendeten Betriebsstoffes richtet, da jedem eine andere höchst erreichbare Auspuffgeschwindigkeit eigen ist.

Diese grundlegende Forderung der Raketenfahrtechnik ist nun bestimmend für die Anwendungsmöglichkeit von Raketen-Fahrzeugen überhaupt. Denn nach Früherem soll ja die Abstoßungsgeschwindigkeit möglichst groß sein. Tatsächlich betragen auch

die in Frage kommenden Auspuffgeschwindigkeiten tausende von Metern je Sekunde, und es muß daher die Fahrgeschwindigkeit ebenfalls einen dementsprechend enormen, für alle bisher bekannten Fahrzeuge unmöglich hohen Wert erreichen, wenn der Wirkungsgrad eine für praktische Anwendung noch brauchbare Höhe haben soll.

Deutlich ist dies aus der **Tabelle 2** zu erkennen, in welcher zu einzelnen wichtigen Fahrgeschwindigkeiten (angeführt in der Hauptkolonne 1) die denselben bei verschiedenen Abstoßungsgeschwindigkeiten entsprechenden Wirkungsgrade ermittelt sind.

Schon aus der Hauptkolonne 2 der Tabelle, welche den Wirkungsgrad des Rückstoßes allein darstellt, ersieht man, wie gering die Wirtschaftlichkeit des Raketenantriebes bei den von unseren bisherigen Fahrzeugen erreichbaren Geschwindigkeiten (von höchstens einigen hundert Kilometern je Stunde) ist.

Doch viel krasser noch tritt dies hervor, wenn man, wie es die Hauptkolonne 3 zum Ausdruck bringt, den Gesamtwirkungsgrad in Betracht zieht. Zu diesem gelangt man dadurch, daß man noch die Verluste berücksichtigt, welche mit der Erzeugung der Abstoßungsgeschwindigkeit (durch Verbrennen- und Auspuffenlassen des Betriebsstoffes) an und für sich schon verbunden sind und zur Folge haben, daß man praktisch stets nur eine kleinere als jene Auspuffgeschwindigkeit erzielen kann, welche für den betreffenden Betriebsstoff theoretisch bestenfalls erreichbar wäre. Die damit verbundene Auswertung desselben dürfte, wie später noch des Näheren erläutert wird*), wahrscheinlich bis auf etwa 60 Prozent zu bringen sein. Für Benzol beispielsweise würde sich bei 62 Prozent Auswertung eine Auspuffgeschwindigkeit von 3500 und bei 20 Prozent eine solche von 2000 Metern je Sekunde ergeben, für welche beiden Fälle die Hauptkolonne 3 der Tabelle 2 den Gesamtwirkungsgrad zeigt (der im Sinne des Gesagten nunmehr eben nur 62 bzw. 20 Prozent von den entsprechenden Werten der Hauptkolonne 2 beträgt).

*) „Innerer Wirkungsgrad“ des Raketen-Motors, siehe Seite 55.

Tabelle 2

1		2								3	
Fahrgeschwindigkeit v in		Wirkungsgrad des Rückstoßes $\eta_r = \left(2 - \frac{v}{c}\right) \frac{v}{c}$								Gesamtwirkungsgrad des Fahrzeugantriebes $\eta = \eta_r \eta_i$ für Benzol und flüssigen Sauerstoff als Betriebsstoff	
km/st	m/sec	1000	2000	2500	3000	3500	4000	5000	2000	3500	
40	11	2,2	1,2	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4	0,2	0,4	
100	28	4,6	2,8	2,2	1,8	1,6	1,4	1,2	0,6	1	
200	56	11	5,5	4,5	3,8	3,2	2,8	2,2	1,1	2	
300	83	16	8	6,5	5,5	4,7	4	3,4	1,6	3	
500	140	26	13	11	9	8	7	5,5	2,7	5	
700	200	36	19	15	13	11	10	8	4	7	
1000	300	51	28	23	19	16	14	12	6	10	
1800	500	75	44	36	31	27	23	19	9	17	
3000	1000	100	75	64	56	50	44	36	15	31	
5400	1500	75	94	84	75	67	60	51	19	42	
7200	2000	0	100	96	89	81	75	64	20	50	
9000	2500	- 125	94	100	97	92	86	75	19	57	
10800	3000	- 300	75	96	100	98	94	84	15	61	
12600	3500	- 525	44	84	97	100	99	91	9	62	
14400	4000	- 800	0	64	89	98	100	96	0	61	
18000	5000	- 1500	- 125	0	56	81	94	100	- 25	50	
21600	6000	- 300	- 96	0	50	75	96	96	- 61	31	
25200	7000	- 520	- 220	- 77	0	44	70	70	- 111	0	
28800	8000	- 800	- 380	- 175	- 64	0	64	64	- 160	- 40	
36000	10000	- 1500	- 800	- 440	- 250	- 125	0	0	- 300	- 160	
45000	12500		- 1500	- 900	- 560	- 350	- 125			- 350	

Wie man aus diesen Zahlen erkennt, ist der Gesamtwirkungsgrad — selbst für Fahrgeschwindigkeiten von etlichen hundert Kilometern je Stunde — noch so gering, daß, abgesehen von gewissen Sonderzwecken, bei welchen die Frage der Wirtschaftlichkeit nicht ins Gewicht fällt, eine weitgehende praktische Anwendung des Raketenantriebes für irgendeines unserer gebräuchlichen Boden-Verkehrsmittel wohl kaum jemals in Frage kommen kann.

Doch ganz anders wird hingegen die Sache, wenn man sehr hohe Fahrgeschwindigkeiten in Betracht zieht. Selbst schon bei Überschallgeschwindigkeiten, die nicht allzu groß sind, ist der Wirkungsgrad verhältnismäßig wesentlich besser und erreicht bei noch höheren, bereits kosmischen Fahrgeschwindigkeiten, die Tausende von Metern je Sekunde (also bis zu Zehntausende von Kilometern je Stunde) betragen, sogar äußerst günstige Werte, wie aus Tabelle 2 hervorgeht.

Es ist daher als ein besonders günstiges Zusammentreffen von Umständen anzusehen, daß gerade für Weltraumfahrzeuge, für welche ja der Rückstoß die einzig geeignete Antriebsart darstellt, diese hohen Fahrgeschwindigkeiten nicht nur möglich sind (kein Fahrwiderstand im leeren Weltraum!), sondern sogar eine unbedingte Notwendigkeit darstellen. Denn wie könnten sonst jene ungeheueren Entfernungen des Weltraums in menschenmöglichen Reisezeiten zurückgelegt werden? Eine Gefahr aber, daß allzuhohe Geschwindigkeiten vielleicht gesundheitsschädlich wirken könnten, besteht nicht; denn eine Geschwindigkeit an sich wird uns unmittelbar überhaupt nicht bewußt, mag sie auch noch so gewaltig sein. Durcheilen wir doch als „Fahrgäste unserer Erde“ in unentwegtem Laufe um die Sonne den Weltraum ständig mit einer Geschwindigkeit von 30000 Meter je Sekunde, ohne auch nur im geringsten etwas davon zu fühlen. Anders verhält es sich indessen mit den bei erzwungenen Geschwindigkeits-Änderungen auftretenden „Beschleunigungen“, wie wir später sehen werden.

Um die verschiedenen hier betrachteten Fahrgeschwindigkeiten leichter miteinander vergleichen zu können — was sonst durch

Tabelle 3

Kilometer je Stunde km/st	Meter je Sekunde m/sec	Kilometer je Sekunde km/sec
5	1,39	0,00139
10	2,78	0,00278
30	8,34	0,00834
50	13,9	0,0139
70	19,5	0,0195
90	25,0	0,0250
100	27,8	0,0278
150	41,7	0,0417
200	55,6	0,0556
300	83,4	0,0834
360	100	0,1
500	139	0,139
700	195	0,195
720	200	0,2
1000	278	0,278
1080	300	0,3
1190	330	0,33
1800	500	0,5
2000	556	0,556
2520	700	0,7
3000	834	0,834
3600	1000	1
5400	1500	1,5
7200	2000	2
9000	2500	2,5
10800	3000	3
12600	3500	3,5
14400	4000	4
18000	5000	5
21600	6000	6
25200	7000	7
28800	8000	8
36000	10000	10
40300	11180	11,18
45000	12500	12,5
54000	15000	15
72000	20000	20

die Verschiedenheit der gebräuchlichen Bezeichnungen (für die bisher bekannten Fahrzeuge Kilometer je Stunde, bei der Raumfahrt Meter oder Kilometer je Sekunde) einigermaßen erschwert wird — ist vorstehend die **Tabelle 3** gebracht.

Der Aufstieg.

Von den wesentlichsten Teilen, aus welchen eine Raumfahrt sich zusammensetzt: dem Aufstieg, der Fernfahrt durch den Welt-raum und der Rückkehr zur Erde (der Landung), wollen wir

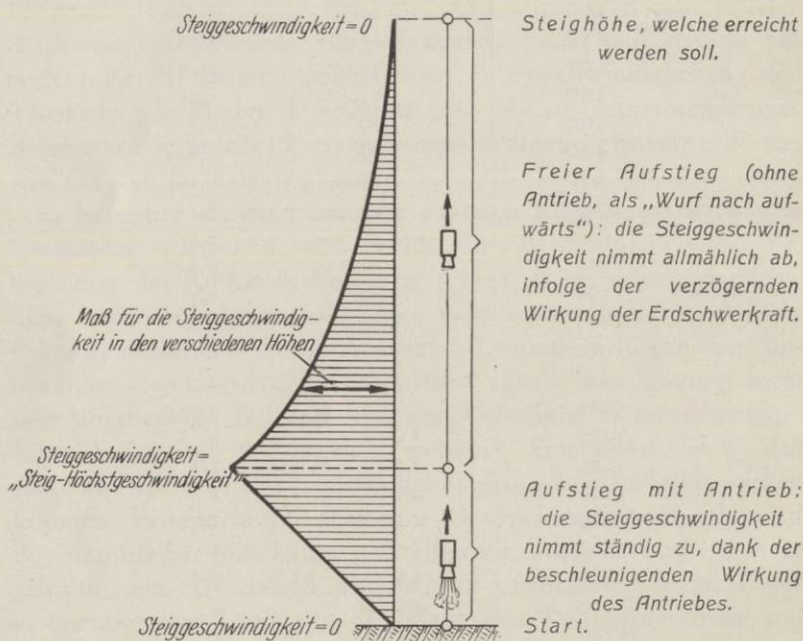


Abb. 19. Lotrechter Aufstieg — „Steilaufstieg“ — einer Raumrakete.

hier nur den vorerst wichtigsten Teil: den Aufstieg behandeln, denn dieser stellt an die Leistungsfähigkeit des Antriebes weitaus die größten Anforderungen und ist deshalb auch für den Aufbau des ganzen Fahrzeuges von entscheidender Bedeutung.

Für die Durchführung desselben ergeben sich im Sinne des auch

schon zu Anfang über die Bewegungsweise in den Schwerfeldern des Weltraums Angedeuteten*) 2 grundsätzliche Möglichkeiten: der „Steilaufstieg“ und der „Flachaufstieg“.

Beim Steilaufstieg erhebt sich das Fahrzeug in wenigstens annähernd lotrechter Richtung. Dabei nimmt zunächst die Steiggeschwindigkeit dank der vortreibenden Kraft des Rückstoßantriebes von Null beginnend fortwährend zu (Abb. 19), und zwar so lange bis eine derartig hohe Steiggeschwindigkeit erreicht ist — wir wollen sie die „Steig-Höchstgeschwindigkeit“ nennen —, daß nun der Antrieb abgestellt und der weitere Aufstieg bis zur gewünschten Höhe nur mehr unter Wirkung der unterdessen im Fahrzeug aufgespeicherten lebendigen Kraft als „Wurf nach aufwärts“ vor sich gehen kann.

Beim Flachaufstieg hingegen erhebt sich das Fahrzeug nicht lotrecht, sondern in schiefer (geneigter) Richtung, und es

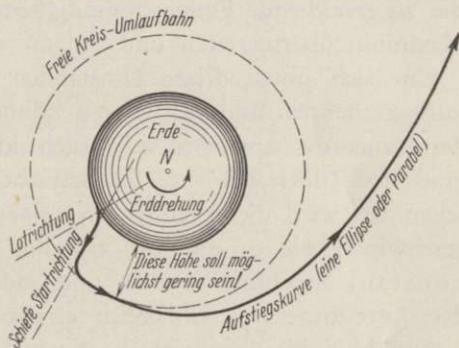


Abb. 20. „Flachaufstieg“ einer Raumrakete. Der Energieaufwand für den Aufstieg ist hierbei am geringsten.

handelt sich dabei weniger um die Erlangung von Höhe als vielmehr besonders darum, wagrechte Geschwindigkeit zu gewinnen und diese so lange zu steigern, bis die für die freie Umlaufbewegung notwendige Umlaufgeschwindigkeit und damit der „stabile Schwebezustand“ erreicht ist (Abb. 5 und 20). Wir werden uns mit dieser Aufstiegart später noch eingehender befassen.

Zunächst aber wollen wir noch einiges andere untersuchen, darunter die Frage: wie es sich während des Aufstieges mit dem Wirkungsgrad verhält; denn wie immer der Aufstieg erfolgen mag, kann jedenfalls die erforderliche Endgeschwindigkeit nur nach und nach erlangt werden, was zur Folge hat, daß die

*) Siehe Seite 16.

Fahr-(Steig-)Geschwindigkeit der Raumrakete anfangs kleiner und später (je nach der Höhe der Endgeschwindigkeit) größer als die Abstoßungsgeschwindigkeit sein wird. Demgemäß muß aber auch der Wirkungsgrad des Rückstoßes während des Aufstieges mit Antrieb sich fortgesetzt ändern, da er ja gemäß unseren früheren Feststellungen von dem jeweiligen gegenseitigen Größenverhältnis der Fahr- und Abstoßungsgeschwindigkeit abhängt (siehe Tabelle I, Seite 29). Er wird demnach anfangs nur klein sein, mit wachsender Steiggeschwindigkeit allmählich zunehmen, schließlich (falls die zu erreichende Endgeschwindigkeit entsprechend groß ist) sein Maximum überschreiten und sodann wieder sinken.

Um sich unter diesen Umständen von der Größe des Wirkungsgrades ein Bild machen zu können, muß man den während der Dauer des Antriebes sich ergebenden „mittleren Wirkungsgrad des Rückstoßes“ η_{rm} in Betracht ziehen. Wie leicht einzusehen ist, wird dieser abhängen: einerseits von der Abstoßungsgeschwindigkeit c , die wir für die ganze Antriebsperiode als konstant annehmen wollen, und andererseits von der am Ende der Antriebsperiode schließlich erreichten Endgeschwindigkeit v' .

Aufschluß hierüber gibt die Formel

$$\eta_{rm} = \frac{\left(\frac{v'}{c}\right)^2}{e^{\frac{v'}{c}} - 1} \quad *)$$

*) Der mittlere Wirkungsgrad des Rückstoßes $\eta_{rm} = \frac{\text{Gewonnene Energie}}{\text{Aufgewendete Energie}} = \frac{\text{Lebendige Kraft der Endmasse } M \text{ bei der Endgeschwindigkeit } v'}{\text{Lebendige Kraft der Abstoßungsmasse } (M_0 - M) \text{ bei der Abstoßungsgeschwindigkeit } c}$

$$\text{also: } \eta_{rm} = \frac{Mv'^2}{(M_0 - M)c^2}$$

Daraus folgt mit $M_0 = Me^{\frac{v'}{c}}$ (siehe folgende Seite 49):

$$\eta_{rm} = \frac{Mv'^2}{\left(Me^{\frac{v'}{c}} - M\right)c^2} = \frac{\left(\frac{v'}{c}\right)^2}{e^{\frac{v'}{c}} - 1}$$

Tabelle 4

Verhältnis der Endgeschwindigkeit v' zur Abstoßungs- geschwindigkeit c :	Mittlerer Wirkungsgrad des Rück- stoßes η_{rm} während der Beschleu- nigungsperiode	
	$\eta_{rm} = \frac{\left(\frac{v'}{c}\right)^2}{\frac{v'}{c} - 1}$	η_{rm} in Prozenten
0	0	0
0,2	0,18	18
0,6	0,44	44
1	0,58	58
1,2	0,62	62
1,4	0,64	64
1,59	0,65	65
1,8	0,64	64
2	0,63	63
2,2	0,61	61
2,6	0,54	54
3	0,47	47
4	0,30	30
5	0,17	17
6	0,09	9
7	0,04	4

mit deren Hilfe die **Tabelle 4** ermittelt wurde. Dieselbe zeigt den mittleren Wirkungsgrad des Rückstoßes in Abhängigkeit von dem Verhältnis der am Ende der Antriebsperiode erzielten Endgeschwindigkeit v' zu der während der Antriebsperiode herrschenden Abstoßungsgeschwindigkeit c , also von $\frac{v'}{c}$. Darnach ergäbe sich beispielsweise — bei einer Abstoßungsgeschwindigkeit $c = 3000$ Meter je Sekunde — für eine Antriebsperiode, an deren Ende die Endgeschwindigkeit $v = 3000$ Meter je Sekunde erlangt wird (also für $\frac{v'}{c} = 1$), der mittlere Wirkungsgrad des Rückstoßes mit

58 Prozent, für die Endgeschwindigkeit $v = 12000$ Meter je Sekunde (also $\frac{v'}{c} = 4$) mit 30 Prozent usw. Er würde günstigenfalls, d. i. für $\frac{v'}{c} = 1,59$, in unserem Beispiel also für eine Antriebsperiode mit der Endgeschwindigkeit $v' = 4770$ Meter je Sekunde, sogar 65 Prozent erreichen.

Jedenfalls ersieht man, daß auch während des Aufstieges, trotz der dabei auftretenden Schwankungen im Verhältnisse der Fahr- und Abstoßungsgeschwindigkeit

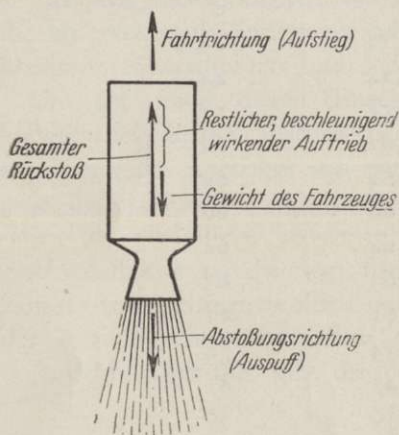


Abb. 21. Solange das Fahrzeug während des Aufstieges durch den Antrieb unterstützt (getragen) werden muß, vermindert sich die vortreibende Kraft desselben um das Gewicht des Fahrzeuges.

tried getragen (Abb. 21), was aber — entsprechend der Natur des Rückstoßes — mit fortgesetztem Arbeitsaufwand, also Betriebsstoffverbrauch, verbunden ist. Dadurch wird jene Betriebsstoffmenge, welche für die Hebearbeit an und für sich schon erforderlich ist, um einen weiteren, nicht unbedeutenden Betrag vermehrt. Dieser Zustand dauert so lange an, bis — je nachdem ob es sich um einen Steil- oder Flachaufstieg handelt — entweder die notwendige Steig-Höchstgeschwindigkeit oder die erforderliche

$\frac{v}{c}$, der Wirkungsgrad noch immer im allgemeinen nicht ungünstig ist.

Doch nebst dem in allen Fällen interessanten Problem des Wirkungsgrades besteht speziell für den Aufstieg noch eine zweite Frage von hervorragender Bedeutung. Sobald nämlich der Start stattgefunden und sich somit das Fahrzeug von seiner Unterstützung (feste Unterlage oder Aufhängung, Wasserspiegel, Startballon usw.) abgehoben hat, wird es nur mehr durch den A n-

wagrechte Umlaufgeschwindigkeit erreicht wird. Je früher dies nun gelingt, desto kürzer ist auch die Zeitdauer, während welcher das Fahrzeug durch den Antrieb unterstützt werden muß; desto geringer wird dann aber auch der Betriebsstoffverbrauch sein, der damit verbunden ist. Wir sehen also, daß man beim Aufstieg trachten muß, möglichst rasch hohe Geschwindigkeit zu erlangen.

Allerdings ist bei Raumschiffen, welche für Menschenbeförderung geeignet sein sollen, darin bald eine Grenze gesetzt. Denn bei einer (wie hier durch den Antrieb) erzwungenen, also nicht durch das freie Spiel der Massenkräfte allein veranlaßten Geschwindigkeitszunahme, hat die damit verbundene Beschleunigung stets das Freiwerden von Massenkräften zur Folge. Diese äußern sich beim Aufstieg für das Fahrzeug wie eine Erhöhung der Schwere (Abb. 22) und dürfen ein gewisses Maß nicht überschreiten, damit die mitfahrenden Menschen keine gesundheitlichen Schädigungen

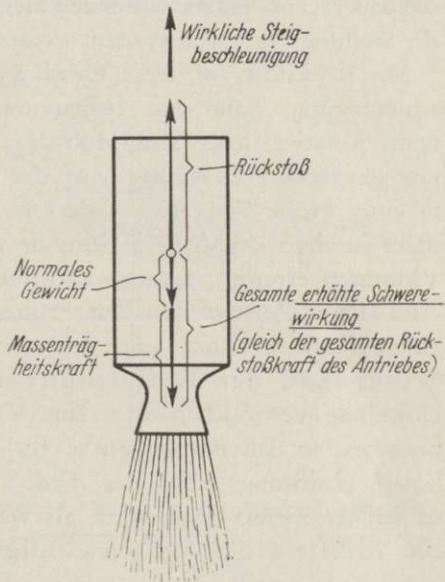


Abb. 22. Während der Dauer des Antriebes werden — infolge der dadurch hervorgerufenen Beschleunigung (Geschwindigkeitszunahme) des Fahrzeuges — in demselben Trägheitskräfte erweckt, die sich für das Fahrzeug wie eine Erhöhung der Schwere äußern.

erleiden. Durch Oberth sowie durch Hohmann angestellte vergleichende Untersuchungen und auch die bisherigen Erfahrungen des Flugwesens (z. B. bei Schraubenflügen) lassen vermuten, daß bei lotrechtem Aufstieg eine wirkliche Steigbeschleunigung bis zu 30 m/sec^2 noch zulässig sein mag. In diesem Falle stünde das Fahrzeug und sein Inhalt während der Dauer des Antriebes,

wie unter der Einwirkung einer Schwerkraft von der vierfachen Stärke der normalen Erdschwere. Man unterschätze nicht, was das bedeutet! Denn dies heißt nicht weniger, als daß die Füße nahezu das Vierfache des gewöhnlichen Körpergewichtes zu tragen hätten. Deshalb kann diese Periode des Aufstieges, die jedoch nur einige Minuten dauert, von den mitfahrenden Menschen nicht anders als in liegender Stellung verbracht werden, wozu Oberth Hängematten vorsieht.

Mit Rücksicht auf diese Einschränkung in der Größe der Beschleunigung, kann mit bemannten Raumschiffen bei lotrechtem Aufstieg jene Steig-Höchstgeschwindigkeit, welche hierbei zur gänzlichen Loslösung von der Erde erforderlich wäre, erst in einer Höhe von etwa 1600 km erlangt werden. Sie beträgt dann rund 10000 Meter je Sekunde und wird nach etwas mehr als 5 Minuten erreicht. Solange also muß der Antrieb wirken. Während dieser Zeit ist nun laut Früherem das Fahrzeug durch den Antrieb unterstützt (getragen), und muß außerdem noch der Widerstand der Erdlufthülle überwunden werden. Beide Umstände verursachen aber eine Vermehrung des Arbeitsverbrauches, so daß der gesamte für den Aufstieg bis zur gänzlichen Loslösung von der Erde notwendige Arbeitsaufwand schließlich ebenso groß wird, als wenn dem Fahrzeug im ganzen eine ideelle Höchstgeschwindigkeit von rund 13000 Meter je Sekunde erteilt werden müßte. Diese nun (nicht die wirkliche Steig-Höchstgeschwindigkeit von 10000 Meter je Sekunde) ist für die Menge der erforderlichen Betriebsstoffe maßgebend.

Etwas günstiger ist es, wenn der Aufstieg nicht in der Lotrechten, sondern in einer schiefen Kurve erfolgt; insbesondere wenn dabei außerdem noch getrachtet wird, so nahe über der Erdoberfläche, als dies mit Rücksicht auf den Luftwiderstand gerade noch tunlich erscheint (vielleicht in etwa 60—100 km Seehöhe), die freie Umlaufbewegung um die Erde zu erreichen, und erst dann — und zwar durch weitere Steigerung der Umlaufgeschwindigkeit — auf die zur Erlangung der gewünschten Höhe oder zur gänzlichen Loslösung von der Erde notwendige Höchstgeschwindigkeit hingearbeitet wird („Flachaufstieg“, Abb. 20).

Die schiefe Aufstiegsrichtung hat nämlich den Vorteil, daß die Erdschwere dem Antrieb nicht in voller Stärke entgegenwirkt (Abb. 23) und sich daher bei gleicher ideeller Beschleunigung (gleichem Antrieb) — welche laut Früherem ja mit Rücksicht auf gesundheitliche Zuträglichkeit begrenzt ist — eine größere wirkliche Beschleunigung ergibt. Letzteres hat aber zur Folge, daß die für den Aufstieg notwendige Höchstgeschwindigkeit früher erreicht wird.

Der möglichst baldige Übergang in die freie Umlaufbewegung aber verursacht, daß das Fahrzeug an und für sich rascher als sonst (und zwar durch das sich dabei ergebende frühzeitige Wirksamwerden der Fliehkraft) der Erdschwere entzogen wird.

Beide Umstände nun wirken dahin, die Zeitdauer, während welcher das Fahrzeug durch den Antrieb getragen werden muß, zu verkürzen und dadurch an Energieaufwand zu sparen. Infolgedessen beträgt bei Anwendung dieses Aufstiegs-

manövers die zwecks gänzlicher Loslösung von der Erde dem Fahrzeug zu erteilende ideelle Höchstgeschwindigkeit nach Oberth nur rund 12000 Meter je Sekunde. Bei Annahme einer ideellen Höchstgeschwindigkeit von etwa 12500 Meter je Sekunde dürfte man nach Meinung des Verfassers dem hierbei praktisch wirklich Erreichbaren am nächsten kommen.

Doch wie immer der Aufstieg auch vor sich gehen mag, er

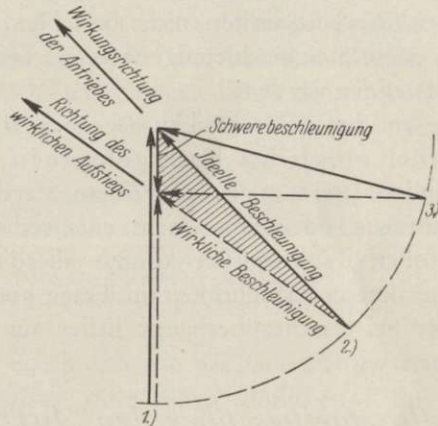


Abb. 23. Beschleunigungspolygon für: 1.) lotrechten, 2.) schiefen, 3.) wagerechten Aufstieg.

Man erkennt deutlich, daß trotz gleichbleibender ideeller Beschleunigung (Stärke des Antriebes) die wirkliche Beschleunigung von 1.) nach 3.) immer größer wird. (Das Beschleunigungspolygon für 2.) ist durch Schraffur hervorgehoben.)

erfordert jedenfalls sehr bedeutende Beschleunigungen, so daß das Fahrzeug schon in der Höhe von einigen Kilometern bereits Geschößgeschwindigkeit erlangen wird. Dieser Umstand hat aber — bei der großen Dichte der tiefsten, erdnahen Luftschichten — zur Folge, daß der Luftwiderstand im allerersten Teile des Aufstieges recht ungünstig hohe Werte erreicht, was insbesondere für unbemannte Raumraketen gilt; denn da für letztere gesundheitliche Rücksichten nicht bestehen, können bei ihnen noch viel größere Steigbeschleunigungen als bei bemannten Fahrzeugen angewendet werden.

Um diesem Nachteil zu begegnen, wird man daher den Start von einer möglichst hoch gelegenen Stelle der Erde aus stattfinden lassen, z. B. von einem Startballon oder sonstigem Luftfahrzeug oder von einem entsprechend hohen Berg. Bei ganz großen Raumschiffen könnte allerdings wegen ihres Gewichtes nur letztere Möglichkeit in Frage kommen, wenn in diesem Falle der Start nicht überhaupt lieber aus normaler Höhe vorgenommen wird.

Allgemeines über den Aufbau der Raumrakete.

Entsprechend der Mannigfaltigkeit der Zwecke und Ziele, welche für die Raumschiffahrt in Frage kommen, werden auch die an das Fahrzeug gestellten Anforderungen in jedem Reisefalle verschiedenster Art sein. Es wird sich daher bei Raumschiffen in viel weitgehendem Maße als bei den bisher bekannten Verkehrsmitteln als notwendig erweisen, den Aufbau des Fahrzeuges der Eigenart des jeweiligen Reisefalles anzupassen. Trotzdem werden doch die wesentlichen Einrichtungen sowie auch die Gesichtspunkte, die für den Aufbau bestimmend sind, allen Raumschiffen gemeinsam sein.

Die äußere Form eines Raumfahrzeuges wird der eines Geschosses ähnlich sein müssen. Denn bei den hohen Geschwindigkeiten, welche es noch innerhalb der Erdlufthülle erreicht (Geschößgeschwindigkeit nach Früherem!), ist die Geschößform zur Überwindung des Luftwiderstandes am besten geeignet.

Grundlegend für den inneren Aufbau eines Raketenfahrzeuges ist die Art des verwendeten Betriebsstoffes. Von diesem ist zu fordern:

1. Daß sich mit ihm eine möglichst hohe Auspuffgeschwindigkeit erzielen lasse, denn wir haben schon früher eine möglichst hohe Abstoßungsgeschwindigkeit der fortgeschleuderten Massen als notwendig erkannt.

2. Daß er möglichst große Dichte besitze (hohes spezifisches Gewicht), damit zur Unterbringung der notwendigen Gewichtsmenge ein tunlichst kleiner Behälter genüge. Denn dann vermindert sich einerseits das Behältergewicht und werden andererseits auch die Verluste infolge des Luftwiderstandes geringer.

3. Daß seine Verbrennung in ungefährlicher und für die Erzeugung einer stetigen Vortriebskraft geeigneten Weise durchführbar sei.

4. Daß seine Handhabung möglichst geringe Schwierigkeiten verursache.

Am naheliegendsten wäre es, ähnlich wie bei Feuerwerkkraketen, irgendeine Art von Schießpulver oder einen ähnlichen Körper, also einen festen Betriebsstoff zu benützen. Der Aufbau des Fahrzeuges könnte dann verhältnismäßig einfach, ähnlich jenem der bekannten Feuerwerkkrakete sein. Es wäre gewiß möglich, auch auf diese Weise für verschiedene besondere Aufgaben dienliche, hauptsächlich aber der Kriegstechnik neue Wege bahrende Vorrichtungen zu schaffen, worauf wir im Nachfolgenden noch zu sprechen kommen.

Für Zwecke der Weltraumbefahrung aber, namentlich wenn hierbei auch die Beförderung von Menschen möglich gemacht werden soll, dürfte jedoch die Anwendung flüssiger Betriebsstoffe weit mehr Aussicht auf Entwicklungsmöglichkeiten bieten, trotzdem damit erhebliche technische Schwierigkeiten verbunden sind, wie später dargelegt wird.

Die wichtigsten Teile eines Raumschiffes für flüssigen Betriebsstoff sind: Die Treibvorrichtung, die Behälter für die Betriebsstoffe, der Fahrraum und die Landungsmittel.

Die Treibvorrichtung ist der Antriebsmotor des Raumschiffes. In ihr soll der Rückstoß erzeugt und dadurch die mitgeführte, in den Betriebsstoffen aufgespeicherte Energie in Vortriebsarbeit umgewandelt werden. Hierzu aber ist vor allem notwendig, den Betriebsstoff in einen geschlossenen Raum einzubringen, um ihn dort verbrennen und sodann nach rückwärts ausströmen (auspuffen) lassen zu können. Dafür bestehen nun zwei grundsätzliche Möglichkeiten, und zwar:

1. Im Verbrennungsraum herrscht ständig die gleiche Druckspannung. Man muß daher den Betriebsstoff, um ihn einzuführen, in den Verbrennungsraum unter Überwindung dieses Druckes einpressen. Wir wollen die so arbeitenden als „Gleichdruck-Raketen-Motore“ bezeichnen.

2. Die Verbrennung geschieht so, daß der Verbrennungsraum in rascher Aufeinanderfolge stets von neuem mit Betriebsstoff geladen, letzterer sodann immer wieder zur Explosion (Verpuffung) gebracht und jedesmal vollständig ausströmen gelassen wird. In diesem Fall kann das Einbringen des Betriebsstoffes auch ohne Überdruck erfolgen. Solche wollen wir „Verpuffungs-(oder Explosions-)Raketen-Motore“ nennen.

Die Hauptbestandteile des Gleichdruck-Raketen-Motors sind: der Verbrennungsraum, auch „Ofen“ genannt, und die daran anschließende „Düse“ (Abb. 24), welche Teile je nach Bedarf in verschiedener Anzahl vorgesehen sein können.

Die Wirkungsweise ist folgende: Der Betriebsstoff (Brennstoff und Sauerstoff) wird in geeignetem Zustande mittels entsprechenden Überdruckes in den Ofen eingepreßt und dortselbst verbrannt. Dabei verwandelt sich seine chemisch gebundene Energie in Wärme und — gemäß der damit verbundenen Temperaturerhöhung — auch in Druckspannung der so entstandenen, im Ofen eingeschlossenen Verbrennungsgase. Unter der Wirkung dieses Druckes strömen nun die Verbrennungsgase durch die Düse aus und erlangen dadurch jene Geschwindigkeit, die wir schon früher als „Auspuffgeschwindigkeit“ bezeichnet haben. Die mit dieser Geschwindigkeitserteilung verbundene Beschleunigung der

Gasmoleküle hat aber das Auftreten von Massenträgheits-Gegenkräften zur Folge (Gegendruck, ähnlich wie beim Fortstoßen eines Gegenstandes^{*)}!), deren Summe nun jene Kraft des „Rückstoßes“ ergibt (Abb. 24), welche das Fahrzeug vortreiben soll, in gleicher Weise, wie dies schon einleitend besprochen wurde^{**}). So wird aus der in den Betriebsstoffen chemisch gebundenen Energie über Wärme, Druck, Beschleunigung und Rückstoß, die Vortriebsarbeit gewonnen.

Damit dieser Vorgang stetig aufrechterhalten bleibt, muß dafür gesorgt werden, daß fortgesetzt frischer Betriebsstoff in den Ofen nachströmt. Hierzu ist aber, wie früher bereits erwähnt, notwendig, daß die Betriebsstoffe gegen den Ofen einen gewissen Überdruck aufweisen. Soll letzterer schon in den Behältern vor-

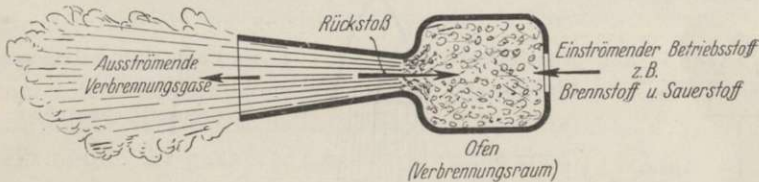


Abb. 24. Der Verbrennungsraum oder „Ofen“ und die „Düse“, die Hauptbestandteile des Gleichdruck-Raketens-Motors.

handen sein, dann müßten dieselben auch dementsprechende Wandstärke besitzen, was bei größeren Behältern jedoch Schwierigkeiten bereiten dürfte. Andernfalls wieder müssen Pumpen mitgeführt werden, um mittels dieser die Betriebsstoffe auf den notwendigen Druck zu bringen.

Weiterhin sind entsprechende Vorrichtungen wie Zerstäuber, Verdampfer u. dgl. erforderlich, damit die flüssig mitgeführten Betriebsstoffe auch in den zur Verbrennung geeigneten Zustand umgewandelt werden können. Endlich muß auch für hinreichende Kühlung von Ofen und Düse, für Regulierung usw. vorgesorgt sein.

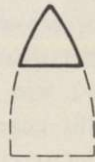
*) Siehe Seite 21 und 22, Abb. 12.

***) Siehe Seite 23.

Die ganze Einrichtung hat manche Ähnlichkeit mit einer Gleichdruck-Gasturbine. Und ebenso wie dort besteht auch hier die nicht einfache Frage nach einem geeigneten, den hohen Temperaturen standhaltenden Material und nach entsprechender Kühlungsmöglichkeit für Verbrennungsraum und Düse. Hingegen entfällt die dort so kritische Kompressorfrage.

Desgleichen weist auch der Verpuffungs-Raketen-Motor

Nach geleistetem Antrieb:
Die Rakete ist auf die gewünschte Bewegungsgeschwindigkeit gebracht.



Verbliebene „Endmasse“ der Rakete.

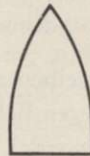
} Für den Antrieb verbraucht.

Während des Antriebes:
Die Rakete wird beschleunigt.



Es wird fortgesetzt Raketenmasse (nämlich Betriebsstoff) abgestoßen.

Im startbereiten Zustand:
Die Rakete befindet sich noch in Ruhe.



„Anfangsmasse“ der Rakete.

Abb. 25.

mit der ihm verwandten Turbinenart, der Verpuffungs-(Explosions-)Gasturbine, viele Ähnlichkeiten auf. Wie bei dieser muß auch hier der Vorteil leichter Einbringungsmöglichkeit des Betriebsstoffes durch schlechteren thermischen Wirkungsgrad und komplizierteren Aufbau erkauft werden.

Welcher Konstruktionsart der Vorzug zu geben wäre, kann erst die zukünftige Entwicklung des Raketen-Motors zeigen. Es wird dies zum Teil vielleicht auch von dem jeweiligen besonderen Verwendungszweck desselben abhängen.

Doch es würde nicht allein genügen, nur über einen auch im völlig leeren Raum wirksamen Motor zu verfügen. Wir müssen noch die Möglichkeit haben, die notwendigen Energiemengen in Form von Betriebsstoffen in den Weltraum mitnehmen zu können und damit stehen wir vor der entscheidend wichtigen Frage: der Bauweise der Behälter für die Betriebsstoffe.

Wie groß ist nun eigentlich die Menge der mitzunehmenden Betriebsstoffe? Wir wissen, daß der Antrieb des Raketen-Fahrzeuges dadurch erfolgt, daß es fortgesetzt Teile seiner eigenen Masse (in unserem Falle eben die Betriebsstoffe in vergastem Zustande) nach rückwärts abstößt. Es wird sich also die Anfangsmasse des Fahrzeuges (d. i. dessen gesamte Masse im startbereitem Zustand), nachdem der Antrieb eine gewisse Zeit gearbeitet hat, um die dabei verbrauchte (zur Abstoßung gelangte) Betriebsstoffmenge bis auf eine bestimmte Endmasse verkleinert haben (Abb. 25). Letztere stellt mithin die gesamte Last dar, welche eben mittels der verbrauchten Betriebsstoffmenge befördert werden konnte und wird gebildet aus der Nutzlast, dem Fahrzeug selbst und dem verbleibenden Betriebsstoffrest.

Die Frage lautet nun (Abb. 26): Wie groß muß die Anfangsmasse M_0 sein, wenn bei gleichbleibender Auspuffgeschwindigkeit c eine bestimmte Endmasse M auf die Bewegungsgeschwindigkeit v gebracht werden soll? Antwort darauf gibt die Raketengleichung:

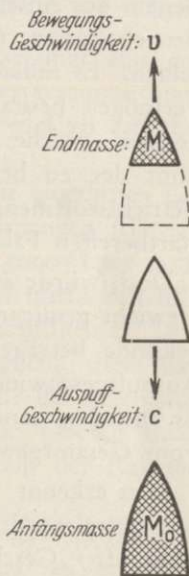


Abb. 26.

$$M_0 = 2,72^{\frac{v}{c}} M$$

Danach berechnet sich die Anfangsmasse M_0 einer Raumrakete, welche befähigt sein soll, sich die zur Erreichung der gänzlichen Loslösung von der Erde annähernd notwendige, schon früher erwähnte*) ideelle Steig-Höchstgeschwindigkeit von 12500 Meter je Sekunde zu erteilen, wie folgt:

*) Siehe Seite 43.

$$M_0 = 520 M, \text{ für } c = 2000 \text{ Meter je Sekunde,}$$

$$M_0 = 64 M, \text{ für } c = 3000 \text{ Meter je Sekunde,}$$

$$M_0 = 23 M, \text{ für } c = 4000 \text{ Meter je Sekunde,}$$

$$M_0 = 12 M, \text{ für } c = 5000 \text{ Meter je Sekunde.}$$

Dies sagt also: Für den Fall, daß die Auspuffgeschwindigkeit c beispielsweise 3000 Meter je Sekunde beträgt, muß das Fahrzeug zu Beginn des Antriebes, also mit den für den Aufstieg notwendigen Betriebsstoffen, 64 mal so schwer sein, als nach Verbrauch derselben. Es müssen demnach die Behälter ein derartiges Fassungsvermögen besitzen, daß sie eine Betriebsstoffmenge aufnehmen können, welche 63 mal so viel wiegt, als die leere Raumrakete samt der zu befördernden Last, oder anders ausgedrückt: eine Betriebsstoffmenge, welche 98,5 Prozent vom Gesamtgewicht des startbereiten Fahrzeuges ausmacht.

Doch würde auch schon eine Betriebsstoffmenge von 22-fachem Gewicht genügen, wenn die Auspuffgeschwindigkeit 4000 Meter je Sekunde beträgt und nur mehr von 11-fachem, wenn sich die Auspuffgeschwindigkeit bis auf 5000 Meter je Sekunde steigern ließe. Es entfielen dann auf den Betriebsstoffanteil: 96 bzw. 92 Prozent vom Gesamtgewicht des startbereiten Fahrzeuges.

Man erkennt aus diesen Zahlen deutlich die schon so oft betonte, außerordentliche Wichtigkeit möglichst hoher Abstoßungs- (Auspuff-) Geschwindigkeit. (Dieselbe ist ja der Ausdruck des praktischen Energiewertes des verwendeten Betriebsstoffes!)

Ein derartig großes wie das oben errechnete Betriebsstoff-Fassungsvermögen müssen jedoch nur solche Raumraketen aufweisen, welche befähigt sein sollen, sich die zur gänzlichen Loslösung von der Erde erforderliche Steig-Höchstgeschwindigkeit zu erteilen. Hingegen ergibt sich bei verschiedenen (später erläuterten) Anwendungsarten, bei denen auch schon kleinere Höchstgeschwindigkeiten genügen, das „Massenverhältnis“ (Verhältnis der Anfangs- zur Endmasse der Rakete: $\frac{M_0}{M}$) wesentlich günstiger.

In letzteren Fällen würde es keine grundsätzlichen Schwierigkeiten bereiten, den Anforderungen hinsichtlich des Betriebsstoff-Fassungsvermögens des Fahrzeuges bzw. der Behälter bautechnisch zu entsprechen. Beispielsweise müßte eine Raumrakete, welche bei einer Auspuffgeschwindigkeit $c = 3000$ Meter je Sekunde die Endgeschwindigkeit $v = 4200$ Meter je Sekunde erlangen soll, ein Massenverhältnis $\frac{M_0}{M} = 4$ aufweisen, wie sich aus der Raketengleichung ergibt. D. h. sie müßte befähigt sein, eine Betriebsstoffmenge zu fassen, die 75 Prozent ihres gesamten Startgewichtes ausmacht, was bautechnisch ohne Zweifel zu erreichen möglich ist.

Allerdings, solche Raumraketen, welche die zur gänzlichen Lösung von der Erde notwendigen Betriebsstoffmengen (die laut Früherem bei einer Auspuffgeschwindigkeit $c = 3000$ Meter je Sekunde 98,5 Prozent des Startgewichtes betragen) mitführen können, wären praktisch wohl nicht ohne weiteres ausführbar. Doch es gibt zum Glück einen Kniff, der es ermöglicht, diese Bauschwierigkeit in sehr einfacher Weise zu umgehen: das sogenannte Stufenprinzip, welches sowohl Goddard wie Oberth unabhängig voneinander als ein grundlegendes Prinzip der Raketentechnik erkannten.

Darnach verzichtet man überhaupt darauf, die gewünschte Endgeschwindigkeit mit einer einzigen Raumrakete zu erreichen; sondern man unterteilt vielmehr die letztere in mehrere Einheiten (Stufen), von denen jede immer die Last der nächstgrößeren Einheit bildet. Handelt es sich z. B. um eine dreistufige Raumrakete, dann besteht dieselbe eben aus drei Teilraketen: die Teilrakete 3 ist die kleinste und trägt die eigentliche Nutzlast. Sie bildet (samt dieser) die Last der Teilrakete 2 und letztere wieder (samt der Teilrakete 3 und deren Nutzlast) die Last der Teilrakete 1. Beim Aufstieg nun arbeitet zuerst die Teilrakete 1. Sobald dieselbe aufgebraucht ist, wird ihr Leerkörper abgekoppelt, und es beginnt die Teilrakete 2 zu wirken. Ist auch diese verbraucht, bleibt auch sie zurück, und es arbeitet nun bis

zur Erreichung der gewünschten Endgeschwindigkeit die Teilrakete 3. Nur letztere kommt mit der Nutzlast bis an das Ziel.

Da sich bei diesem Vorgang die Endgeschwindigkeiten der drei Teilraketen addieren, muß jede einzelne derselben nur $\frac{1}{3}$ der insgesamt geforderten Endgeschwindigkeit hervorbringen können.

Bei einer 3 stufigen Raumrakete also, welche die zur gänzlichen Loslösung von der Erde notwendige Steig-Höchstgeschwindigkeit von 12 500 Meter je Sekunde erlangen soll, würde demnach auf jede Teilrakete nur eine zu erreichende Endgeschwindigkeit von rund 4200 Meter je Sekunde entfallen. Dafür genügt aber, wie wir schon früher feststellten, z.B. bei einer Auspuffgeschwindigkeit $c = 3000$ Meter je Sekunde, das technisch zweifellos ausführbare Betriebsstoff-Fassungsvermögen von 75 Prozent (Massenverhältnis $\frac{M_0}{M} = 4$). Sind aber die einzelnen Teilraketen herstellbar, dann kann auch über die Erbauungsmöglichkeit der daraus zusammengesetzten Gesamtrakete kein Zweifel bestehen.

Untersuchen wir vorsichtshalber noch die absoluten Größen der sich bei obigem Beispiel ergebenden Raketen-Massen oder -Gewichte. Angenommen es sei eine Nutzlast von 10 Tonnen von der Erde loszulösen; die einzelnen Teilraketen mögen derart gebaut sein, daß ihr Leergewicht ebenso groß ist wie die von ihnen zu befördernde Last. Dann ergeben sich die Gewichte der Teilraketen in Tonnen wie folgt:

Teilrakete	Last	Eigen- gewicht	Endgewicht M	Anfangsgewicht M_0
3	10	10	$10 + 10 = 20$ ¹⁾	$4 \times 20 = 80$ ²⁾
2 + 3	80	80	$80 + 80 = 160$	$4 \times 160 = 640$
1 + 2 + 3	640	640	$640 + 640 = 1280$	$4 \times 1280 = \mathbf{5120}$

¹⁾ Das Endgewicht M ist gleich dem Eigengewicht plus der Last, wenn die Rakete — wie hier — bis zum gänzlichen Verbrauch ihres Betriebsstoffes arbeitet.

²⁾ Das Anfangsgewicht M_0 ist hier gleich dem 4fachen Endgewicht M, da laut Früherem in unserem Beispiel jeder Teilrakete das Massen(Gewichts-)verhältnis $\frac{M_0}{M} = 4$ zukommt.

Das Anfangsgewicht der gesamten, aus 3 Stufen bestehenden Raumrakete würde also 5120 Tonnen betragen, welche Zahl einer Technik, die u. a. beispielsweise Ozeandampfer von 50000 Tonnen zu schaffen imstande ist, wohl nicht sonderlich imponieren kann.

Auf diese Weise — mittels des Stufenprinzipes — wäre es, wenigstens theoretisch, eigentlich möglich, jede beliebige Endgeschwindigkeit zu erreichen. Praktisch werden sich darin, insbesondere mit Rücksicht auf die absoluten Größen der Anfangsgewichte, natürlich gewisse Grenzen ergeben. Trotzdem aber liegt im Stufenprinzip ein unumstößlicher Beweis, daß es grundsätzlich möglich wäre, zur Loslösung von der Erde geeignete Raumraketen auch schon mit den heute zur Verfügung stehenden Mitteln zu schaffen.

Damit soll jedoch nicht gesagt sein, daß das Stufenprinzip in der erläuterten Form bereits die ideale Lösung für die Konstruktion der Raumrakete darstellt; denn es führt zu einer Vermehrung der toten Last und damit des zur Beförderung notwendigen Betriebsstoffes. Doch darauf kommt es jetzt nicht an. Vorerst handelt es sich nur darum, zu zeigen, „daß es überhaupt möglich ist“. Zweifellos aber wird jede Raumraketenbauart, wie immer sie auch sein möge, sich den im Stufenprinzip zum Ausdruck kommenden Grundsatz zu eigen machen müssen: während der Dauer des Antriebes — zwecks Betriebsstoffersparnis — jeden Fahrzeugteil, der überflüssig geworden ist, sofort loszukoppeln (abzuwerfen), um nicht totes Gewicht nutzlos mitzuschleppen und gleichzeitig mit dem übrigen noch weiterhin beschleunigen zu müssen; vorausgesetzt natürlich, daß es sich um Raumraketen handelt, die größere Endgeschwindigkeiten erreichen sollen.

Auch wollen wir uns nicht verhehlen, daß es gewiß noch einige Schwierigkeiten bereiten wird, den — trotz des Stufenprinzipes — noch immer recht bedeutenden Anforderungen an das Fassungsvermögen der Betriebsstoffbehälter einer Raumrakete bautechnisch gerecht zu werden. Es wird hierzu teilweise notwendig sein, vom bisher Üblichen grundsätzlich abweichende Konstruktionsmethoden anzuwenden; denn es müssen alle Teile des Fahrzeuges, insbeson-

dere die Behälter, so leicht als nur irgend möglich ausgeführt werden. Trotzdem aber müssen letztere genügend Festigkeit und Steifheit besitzen, um beim Aufstieg sowohl dem Massendruck als auch dem Luftdruck widerstehen zu können, wobei man noch zu berücksichtigen hat, daß bei den äußerst niederen Temperaturen, welchen sie meist ausgesetzt sind, viele der üblichen Metalle bereits spröde werden und daher an Festigkeit einbüßen.

Ferner muß in einem Raumschiff ein Fahrraum (Fahrzelle) vorhanden sein zur Unterbringung des Führers, der Fahrgäste und des zum Leben Notwendigen an Vorräten und sonstigem Zubehör, sowie zur Aufnahme der Fracht, der wissenschaftlichen Beobachtungsgeräte usw. Derselbe muß luftdicht abschließen und entsprechende Vorkehrungen zur künstlichen Versorgung mit Atmungsluft und zur Aufrechterhaltung erträglicher Temperatur aufweisen. In ihm sind auch alle zur Steuerung des Fahrzeuges notwendigen Einrichtungen untergebracht, wie Handgriffe zur Regelung der Treibvorrichtung, Meßgeräte für Zeit, Beschleunigung, Geschwindigkeit, Weg (Höhe) und zur Ortsbestimmung, Vorrichtungen zur Einhaltung der gewünschten Fahrtrichtung u. dgl. Auch Raumanzüge (siehe Folgendes), Hängematten, usw. müssen vorhanden sein.

Schließlich gehören zur Ausrüstung eines Raumschiffes noch die sehr wichtigen Hilfsmittel für die Landung, wie Fallschirme, Tragflächen u. a. m.

Die bisherigen Vorschläge.

Nun die verschiedenen bisher zur praktischen Lösung des Raumfahrtproblems gemachten Vorschläge:

Prof. Goddard verwendet als Betriebsstoff seiner Raumraketen rauchloses Pulver, also einen festen Körper. Er hat keinen bestimmten Apparat beschrieben, sondern schlägt nur allgemein vor, das Pulver in Patronen verpackt, nach Art eines Maschinengewehres, automatisch in den Verbrennungsraum einzubringen. Die ganze Rakete soll aus einzelnen Teilraketen zusammengesetzt sein, welche während des Aufstieges nacheinander abgeworfen werden, sobald sie verbraucht sind, bis auf jene in welcher sich

die Last befindet, und die allein an das Ziel gelangt. Er beabsichtigt vorerst unbemannte Apparate auf einige 100 km Höhe aufsteigen zu lassen. Später will er auch versuchen, eine unbemannte, nur mit einigen Kilogramm Leuchtpulver ausgerüstete Rakete bis zum Mond emporzuschicken. Beim Auftreffen dortselbst soll der Leuchtsatz aufblitzen, was mit unseren Großfernrohren wahrgenommen werden könnte und so das Gelingen des Versuches anzeigen würde. Dem Vernehmen nach besteht für die Goddardschen Apparate von seiten der amerikanischen Kriegsmarine besonderes Interesse.

Sehr wertvoll sind die Ergebnisse der von Goddard angestellten und bisher veröffentlichten praktischen Vorversuche, für deren Durchführung ihm von der bekannten Smithsonian Institution in Washington in großzügiger Weise die Mittel zur Verfügung gestellt wurden: Er konnte bei entsprechender Formgebung und Ausführung der Düsen mit gewissen Sorten von rauchlosem Pulver Auspuffgeschwindigkeiten bis zu 2434 Meter je Sekunde erreichen. Hierbei gelang es ihm, von der im Pulver chemisch gebundenen Energie 64,5 Prozent auszuwerten, also in lebendige Kraft der ausströmenden Verbrennungsgase umzusetzen. Dieses Ergebnis stimmt nahezu überein mit den Erfahrungen der Ballistik, nach welchen etwa $\frac{2}{3}$ vom Energieinhalte des Pulvers ausgenützt werden können, während der Rest auf die von den Abgasen mitgeführte Wärme entfällt und dadurch verlorengeht. Vielleicht wird sich bei weiterer technischer Vervollkommnung der Wirkungsgrad von Ofen und Düse auch noch um Einiges erhöhen, etwa bis nahe an 70 Prozent bringen lassen.

Somit dürfte, nach Berücksichtigung der noch hinzukommenden, durch die verschiedenen Hilfsapparate (wie Pumpen u. dgl.) sowie durch sonstige Umstände verursachten Verluste, für die ganze Treibvorrichtung — also den Raketen-Motor — insgesamt ein „innerer Wirkungsgrad“ von etwa 60 Prozent zu erwarten sein. Ein sehr günstiges Ergebnis, wenn man bedenkt, daß der Wirkungsgrad selbst unserer besten bisher bekannten Wärmekraftmaschinen kaum mehr als 38 Prozent beträgt.

Man möge aber den soeben betrachteten inneren Wirkungsgrad wohl unterscheiden von jenem, mit welchem wir uns schon früher befaßten: dem Wirkungsgrad des Rückstoßes*), den man zum Unterschied auch als den „äußeren Wirkungsgrad“ des Raketen-Motors bezeichnen könnte. Beide sind voneinander gänzlich unabhängig und müssen zugleich berücksichtigt werden, um den Gesamtwirkungsgrad des Fahrzeuges (der eben das Produkt des inneren und des äußeren Wirkungsgrades ist) zu erhalten. In der Hauptkolonne 3 der Tabelle 2, Seite 33 sind als Beispiel die Werte desselben für Benzol als Betriebsstoff schon angeführt worden.

*

Prof. Oberth schlägt im Gegensatz zu Goddard vor, flüssige Betriebsstoffe zu verwenden, und zwar in erster Linie flüssigen Wasserstoff und außerdem Alkohol, beide mit den zu ihrer Verbrennung notwendigen Mengen flüssigen Sauerstoffes.

Das Gemisch Wasserstoff-Sauerstoff — Knallgas genannt — besitzt nämlich unter allen bekannten Stoffen in Bezug auf das Gewicht den höchsten Energieinhalt (3780 Kalorien je Kilogramm, gegenüber ungefähr 1240 bei bestem rauchlosem Pulver). Demgemäß ergibt es auch die weitaus höchste Auspuffgeschwindigkeit. Oberth rechnet damit, etwa 3800—4200 Meter je Sekunde erreichen zu können. Gelänge es, die im Knallgas chemisch gebundene Energie bis zur theoretisch höchstmöglichen Grenze auszuwerten, so würde sich dessen Auspuffgeschwindigkeit sogar auf über 5000 Meter je Sekunde steigern lassen. Das hierbei entstehende Verbrennungsgas ist Wasserdampf.

Leider steht dem Vorteile dieser bedeutenden Energiekapazität und dadurch bedingten hohen Auspuffgeschwindigkeit, dank welcher das Knallgas theoretisch als weitaus geeignetster Betriebsstoff für Raumraketen erscheinen müßte, die Schwierigkeit, ihn mitzuführen und praktisch anzuwenden, als großer Nachteil gegenüber; denn die Unterbringung des Wasserstoffes wie auch des Sauerstoffes ist in der Rakete aus räumlichen Gründen nur in

*) Siehe Seite 28.

verflüssigtem Zustande möglich. Nun beträgt aber die Temperatur des flüssigen Sauerstoffes -183° und die des flüssigen Wasserstoffes gar nur -253° Celsius! Es ist klar, daß dieser Umstand die Handhabung sehr komplizieren muß, abgesehen von den ungewöhnlichen Anforderungen, welche hierdurch an das Material der Behälter gestellt werden. Dazu kommt, daß die mittlere Dichte (spezifisches Gewicht) des Knallgases auch in verflüssigtem Zustand sehr gering ist, so daß zur Unterbringung einer bestimmten Gewichtsmenge desselben verhältnismäßig große Behälter notwendig sind.

Bei Alkohol, dem anderen von Oberth vorgeschlagenen Betriebsstoffe, fallen diese nachteiligen Umstände zum Teile fort, sind aber auch nicht ganz vermeidbar. Denn der zur Verbrennung notwendige Sauerstoff muß auch in diesem Falle in flüssigem Zustande mitgenommen werden. Die Auspuffgeschwindigkeit beträgt bei Alkohol nach Oberth etwa 1530—1700 Meter je Sekunde, ist also bedeutend geringer als bei Wasserstoff. Dafür besitzt er aber größere Dichte.

Wegen dieser Eigenschaften benutzt Oberth Alkohol zusammen mit flüssigem Sauerstoff als Betriebsstoff für den ersten Teil des Aufstieges; denn während desselben muß der Widerstand der dichten, erdnahen Luftschichten überwunden werden, wozu Oberth eine große Querschnittsbelastung (d. i. der auf 1 qcm des Luftwiderstandsquerschnittes eines Geschosses entfallende Teil der Gesamtmasse des letzteren) auch bei Raketen als vorteilhaft ansieht und hierzu nebst anderem empfiehlt: „das Massenverhältnis auf Kosten der Auspuffgeschwindigkeit zu vergrößern“*). Dies wird aber erreicht, wenn man als Betriebsstoff Alkohol und Sauerstoff verwendet.

*) Diesem Vorschlage können wir uns jedoch nicht anschließen, wie in vorliegendem Fall besonders hervorgehoben werden möge. Er dürfte auch kaum haltbar sein, da er sich auf die Auffassung gründet, man könne den in der Ballistik üblichen Begriff der „Querschnittsbelastung“ auch hier anwenden. Letzteres ist nach unserer Meinung aber nicht ohne weiteres zulässig; denn die mit Antrieb fortbewegte Rakete unterliegt wesentlich anderen mechanischen Bedingungen als das sich im Schwung bewegende Geschöß.

Die Oberth'sche Raumrakete hat im allgemeinen die äußere Form eines deutschen S-Geschosses und ist aus einzelnen Teilraketen zusammengesetzt, die also entweder mit Wasserstoff und Sauerstoff (Wasserstoffrakete) oder mit Alkohol und Sauerstoff (Alkoholrakete) betrieben werden.

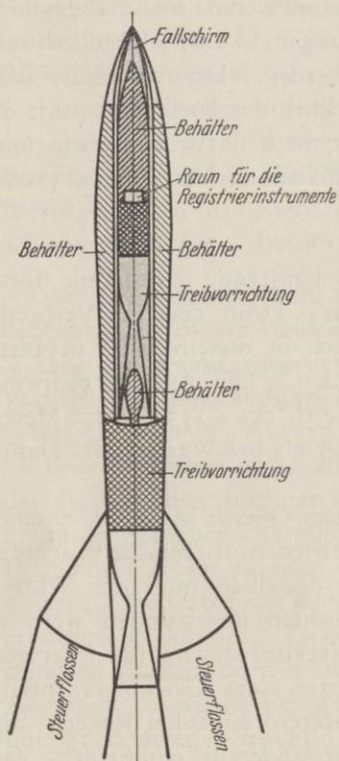


Abb. 27. Längsschnitt durch die Hauptrakete des kleinen

Oberth'schen Raketenmodells, schematisch dargestellt. Die Wasserstoffrakete (grau angelegt) steckt im vorderen Teil der Alkoholrakete.

Zwei Ausführungsbeispiele seines Raumfahrzeuges hat Oberth auch näher beschrieben. Davon ist das eine ein kleineres Modell, das unbemannt, aber mit entsprechenden Registrierinstrumenten ausgerüstet, emporsteigen und der Erforschung der höheren und höchsten Luftschichten dienen soll. Das andere ist ein großes, für Menschenbeförderung bestimmtes Raumschiff.

Das kleinere Modell (Abb. 27) besteht aus einer Wasserstoffrakete, welche in den vorderen Teil einer bedeutend größeren Alkoholrakete eingefügt ist. Unter dem Behälter der Wasserstoffrakete befindet sich ein eigener Raum zur Unterbringung der Registrierinstrumente. Am Ende der Alkoholrakete sind verstellbare Flossen angeordnet, welche zur Stabilisierung und Steuerung des Fahrzeuges dienen sollen. Der ganze Apparat ist 5 Meter lang, mißt 56 cm im Durchmesser und wiegt im startbereiten Zustand 544 kg.

Außerdem ist noch eine sogenannte „Hilfsrakete“ (Abb. 28) vorgesehen, von 2 Meter Höhe, 1 Meter Durchmesser und einem Gewicht von 220 kg im abfahrtbereiten Zustande.

Der Start erfolgt ab 5500 Meter Höhe, von Luftschiffen aus (Abb. 29). Zuerst wird mittels der Hilfsrakete, die dann zurückbleibt, die Hauptrakete bis auf eine Höhe von 7700 Meter gehoben und dabei auf eine Anfangsgeschwindigkeit von 500 Meter je Sekunde gebracht (Abb. 30). Nun tritt sie selbst in Tätigkeit: erst die Alkoholrakete und, nach deren Verbrauch und Abkopplung, dann die Wasserstoffrakete. 56 Sekunden nach dem Start ist bereits eine Steig-Höchstgeschwindigkeit von 5140 Meter je Sekunde erlangt, welche genügt, um die allein verbliebene Wasserstoffrakete nun ohne Antrieb, in freiem Aufstieg eine schließliche Höhe von etwa 2000 km erreichen zu lassen. Die Rückkehr zur Erde erfolgt mittels eines sich selbsttätig entfaltenden Fallschirmes, welcher in der Spitze der Wasserstoffrakete untergebracht ist.

Beim zweiten Modell, dem für Menschenbeförderung bestimmten, großen Raketen-Raumschiff (Abb. 31), besteht der ganze vordere Teil des Fahrzeuges aus einer Wasserstoffrakete, welche auf eine rückwärts angeordnete Alkoholrakete gestellt ist. Die Fahrzelle, für die mitreisenden Menschen, die Fracht usw. bestimmt, mit allen Steuerungsbehelfen ausgerüstet, befindet sich im vorderen Teil der Wasserstoffrakete. Darüber ist der Fallschirm untergebracht. Nach vorn ist das Fahrzeug durch eine metallene, der äußeren Geschosßform angepaßte Kappe abgeschlossen, welche später, gleichzeitig mit der Alkoholrakete, als überflüssiger Ballast abgeworfen wird (Abb. 32); denn zu diesem Zeitpunkte ist die Erdlufthülle bereits verlassen, also kein Luftwiderstand mehr zu überwinden. Die Stabilisierung und Steuerung erfolgt hier nicht mittels Flossen, sondern durch entsprechende Drosselung der äußeren Düsen.

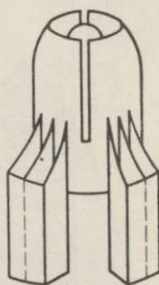


Abb. 28. Die Hilfsrakete des kleinen Oberth'schen Raketenmodells.

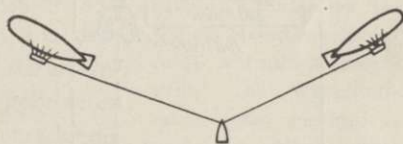


Abb. 29. Start der Rakete nach Oberth von Luftschiffen aus.

Bei diesem Modell wird der Start vom Meere aus vorgenommen. Hierbei tritt wieder zuerst die Alkoholrakete in Wirk-

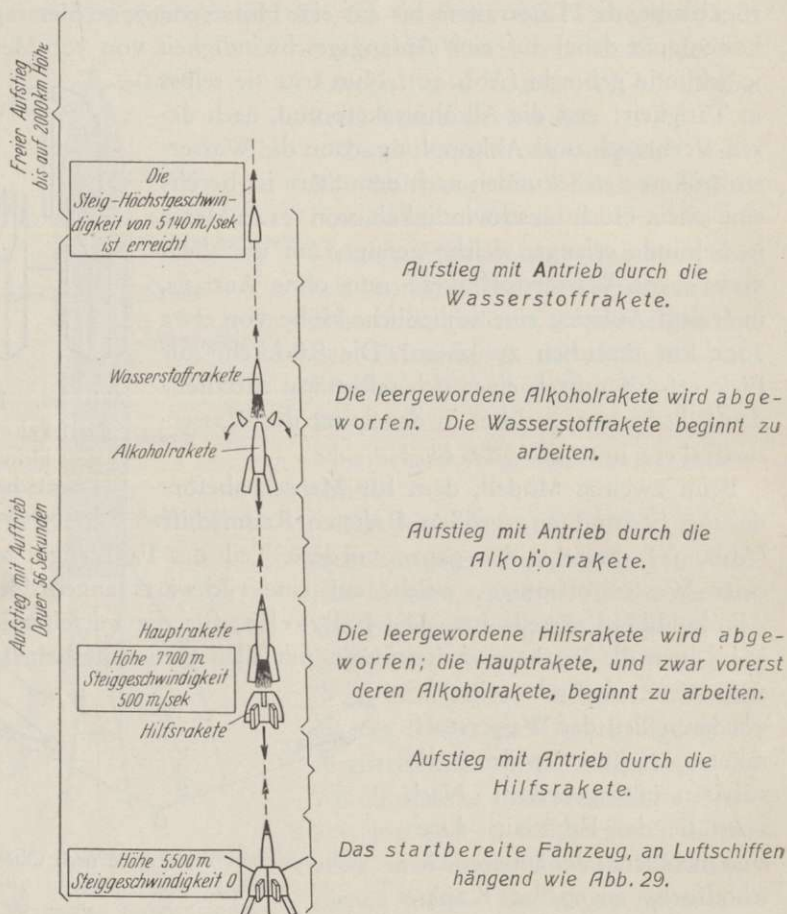


Abb. 30. Der Aufstieg des kleinen (unbemannten) Raketenmodells von Oberth. samkeit. Sie bringt das Fahrzeug bis auf eine Steiggeschwindigkeit von 3000—4000 Meter je Sekunde, worauf sie abgekoppelt und zurückgelassen wird (Abb. 32) und die Wasserstoffrakete zu arbeiten beginnt, um dem Fahrzeug die notwendige Steig-Höchst-

geschwindigkeit oder, wenn erforderlich, auch noch eine wagrechte Umlaufgeschwindigkeit zu erteilen. Ein solches Raumschiff, geeignet zur Beförderung eines Beobachters, würde nach Oberth's Angaben im startbereiten Zustand 300 t wiegen.

Bei beiden Modellen ist jede der Teilraketen für sich selbständig, besitzt daher sowohl eigene Treibvorrichtung als auch eigene Behälter. Letztere sind wegen Gewichtsersparnis sehr dünnwandig ausgeführt und erhalten die notwendige Steifheit ähnlich wie nichtstarre Luftschiffe durch Prallfüllung, also durch das Bestehen eines entsprechend großen inneren Überdruckes. Dieser wird bei Inhaltsentnahme durch Nachverdampfen der zurückbleibenden Flüssigkeit aufrechterhalten. Das Baumaterial der Sauerstoffbehälter ist Kupfer, jenes der Wasserstoffbehälter Blei, also weiche Metalle, um der schon erwähnten durch die extrem niederen Temperaturen bedingten Gefahr des Brüchigwerdens vorzubeugen.

Im rückwärtigen Teil jeder Rakete befindet sich die Treibvorrichtung (Abb. 33). Dieselbe besteht im wesentlichen aus dem Ofen und einer oder mehreren daran anschließenden aus dünnem Blech gebildeten Ausströmdüsen, sowie den verschiedenen, dazu erforderlichen Hilfsmitteln: wie Zerstäuber u. dgl. Um die Betriebsstoffe auf den für das Einführen in den Ofen notwendigen Überdruck zu bringen, verwendet Oberth eigenartige, von ihm erdachte Pumpen. Kurz vor der Verbrennung wird dann der Sauerstoff vergast, auf 700° erhitzt und so in den Ofen eingeblasen, während der Brennstoff selbst in fein verteiltem Zustand in den heißen Sauerstoffstrom gespritzt wird. Für ent-

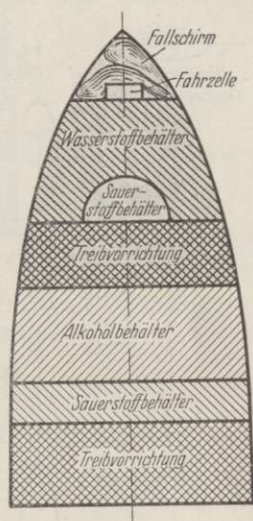
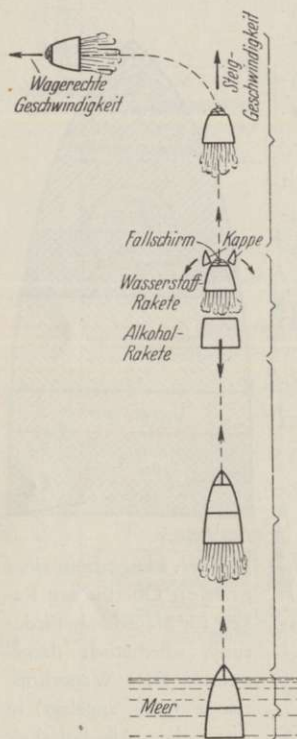


Abb. 31. Längsschnitt einer großen Oberth'schen Rakete für Menschenbeförderung, schematisch dargestellt. Die Wasserstoffrakete (grau angelegt) ist auf die Alkoholrakete gestellt.

sprechende Kühlung des Ofens, der Düsen usw. sind Vorkehrungen getroffen.

Es muß auffallen, wie klein der für die Nutzlast bestimmte Fahrraum im Vergleich zum gesamten Fahrzeug ist, das eigentlich der Hauptsache nach nur aus Behältern besteht. Dies wird



Aufstieg mit Antrieb durch die Wasserstoffrakete. Diese arbeitet je nach Zweck (lotrechter Aufstieg oder freier Umlauf) entweder auf Steig- oder auf wagerechte Geschwindigkeit.

Die leergewordene Alkoholrakete und die Kappe werden abgeworfen; die Wasserstoffrakete beginnt zu arbeiten. Bisher erreichte Steiggeschwindigkeit: 3000—4000 Meter je Sekunde.

Aufstieg mit Antrieb durch die Alkoholrakete.

Das startbereite Fahrzeug, im Meere schwimmend.

Abb. 32. Der Aufstieg des größeren (bemannten) Raketenmodells von Oberth. jedoch verständlich, wenn man bedenkt, daß die früher mittels der Raketengleichung errechneten*), für den Aufstieg notwendigen Betriebsstoffmengen etwa das 20—80fache der Gesamtlast (Fahrzeugeigengewicht, Betriebsstoffrest und Nutzlast) ausmachen!

Die Ursache für diesen enormen Bedarf an Betriebsstoffen liegt

*) Siehe Seite 49, 50.

aber nicht etwa in zu ungenügender Ausnützung derselben, bedingt vielleicht durch Unvollkommenheit des zum Antrieb verwendeten Rückstoßprinzips, wie vielfach irrtümlich geglaubt wird. Wohl geht beim Aufstieg, wie wir schon früher feststellten¹⁾, infolge des Umstandes daß die Fahrgeschwindigkeit während der Dauer des Antriebes nur allmählich zunimmt und daher nicht gleich groß (nämlich anfangs kleiner, später größer) wie die Auspuff-(Abstoßungs-)Geschwindigkeit ist, Energie verloren (Abb. 17).

Trotzdem aber ergäbe sich, wenn z. B. das Fahrzeug auf die zur gänzlichen Loslösung von der Erde ideell notwendige Geschwindigkeit von 12500 Meter je Sekunde beschleunigt werden soll, der mittlere Wir-

kungsgrad des Rückstoßes²⁾ bei einer gleichbleibenden Auspuffgeschwindigkeit von 3000 Meter je Sekunde mit 27 Prozent und von 4000 Meter je Sekunde mit 45 Prozent. Ja, er würde gemäß unseren früheren Betrachtungen im günstigsten Fall, d. i. nämlich für eine Antriebsperiode, bei welcher die dem Fahrzeug erteilte Endgeschwindigkeit das 1,59fache der Auspuffgeschwindigkeit beträgt, sogar den Wert von 65 Prozent erreichen³⁾.

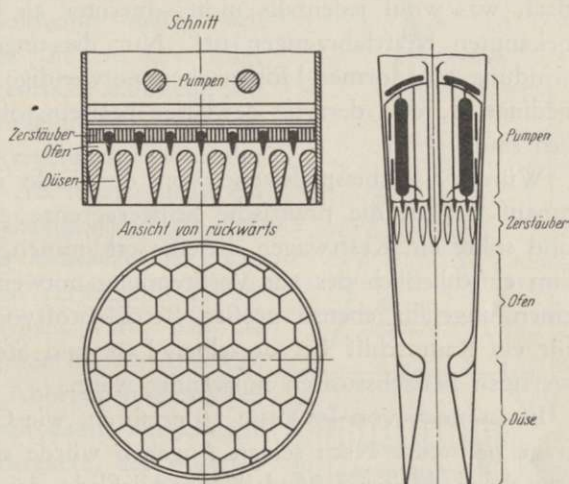


Abb. 33. Die Treibvorrichtung der Oberth'schen Rakete: rechts: des kleinen Modells. Der Ofen mündet in nur eine Düse.

links: des großen Modells. Ein gemeinsamer Ofen mündet in viele, bienenwabenartig verteilte Düsen.

¹⁾ Siehe Seite 37 bis 40. ²⁾ Mit Hilfe der Formel Seite 38.

³⁾ Siehe Tabelle 4, Seite 39.

Da nun auf Grund der früher erwähnten Goddardschen Versuche und der Erfahrungen der Ballistik der innere Wirkungsgrad der Treibvorrichtung auf etwa 60 Prozent geschätzt werden kann*), so folgt, daß während des Aufstieges mit einem durchschnittlichen Gesamtwirkungsgrad des Fahrzeuges von ungefähr 16 bis 27 (günstigstenfalls sogar bis 39) Prozent gerechnet werden darf, was wohl jedenfalls nicht schlechter als bei unseren bisher bekannten Kraftfahrzeugen ist! Nur die ungeheure, zur Überwindung so enormer Höhen eben notwendige Arbeitsleistung bedingt es, daß derartig gewaltige Betriebsstoffmengen erforderlich sind.

Würde also beispielsweise von der Erde in den Weltraum hinauf bis an die praktische Schweregrenze eine Straße führen und sollte ein Kraftwagen dieselbe erklimmen, dann müßte man ihm einschließlich des zur Verbrennung notwendigen Sauerstoffes einen ungefähr ebenso großen Betriebsstoffvorrat mitgeben, als für ein Raumschiff bei derselben Last und Steighöhe an gleichwertigen Betriebsstoffen notwendig wäre.

Es ist noch von Interesse zu erfahren, wie Oberth die Kostenfrage beurteilt. Nach seinen Angaben würde sich das früher beschriebene kleinere Modell einschließlich der Vorversuche auf 10—20000 Mark stellen. Die Baukosten eines Raumschiffes, geeignet zur Beförderung von einem Beobachter, würden über 1 Million Mark betragen. Unter günstigen Bedingungen wäre dasselbe befähigt, etwa 100 Fahrten auszuführen. Bei einem größeren Raumschiff, das außer dem Führer samt Zubehör noch 2 t Fracht befördert, würde ein Aufstieg bis in den stabilen Schwebezustand (Übergang in eine freie Umlaufbahn) etwa 50—60000 Mark erfordern.

*

Die Studie, welche von Dr.-Ing. Hohmann über das Raumfahrtproblem veröffentlicht wurde, behandelt zwar die Konstruktion der Raumrakete selbst nicht näher, befaßt sich aber dafür eingehend mit allen grundsätzlichen Fragen der Raumfahrt und

*) Siehe Seite 55.

bringt auch sehr wertvolle diesbezügliche Vorschläge. Sofern dieselben sich auf den Landungsvorgang und auf die Fernfahrt durch den Weltraum beziehen, werden sie später behandelt.

Was an dieser Stelle interessiert, ist die Berechnung eines Raumfahrzeuges zur Beförderung von zwei Menschen einschließlich allem an Zubehör und Vorräten dazu Notwendigen. Hohmann denkt sich dasselbe in großen Zügen wie folgt aufgebaut: Das eigentliche Fahrzeug soll nur aus der Fahrzelle bestehen. In dieser ist alles untergebracht — außer dem Betriebsstoff. Als solcher dient ein festes, sprengmittelartiges Material, welches unterhalb der Fahrzelle in Form eines sich nach oben verjüngenden Turmes derart anzuordnen wäre, daß die Fahrzelle dessen Spitze bildet (Abb. 34). Durch allmähliches Abbrennen dieses Betriebsstoffturmes soll dann, ähnlich wie bei einer Feuerwerkkrakete, der Vortrieb erzeugt werden. Voraussetzung hierfür ist, daß die Sprengmitteltechniker ein Material finden, welches einerseits genügende Festigkeit aufweist, um sich von selbst in der gewünschten Form erhalten zu können, und andererseits auch jene Verbrennungsenergie besitzt, die für das Zustandekommen einer entsprechend großen Abstoßungsgeschwindigkeit notwendig ist.

Unter der Annahme, daß letztere 2000 Meter je Sekunde betrage, würde ein solches Raumfahrzeug nach Hohmann im startbereiten Zustand insgesamt etwa 2800 t wiegen, wenn es zur Erreichung einer Steighöhe von 800000 km (d. i. der doppelten Mondentfernung) befähigt sein soll. Dies entspricht im Gewicht ungefähr einem kleinen Ozeandampfer. Eine solche Reise würde hin und zurück $30\frac{1}{2}$ Tage dauern.

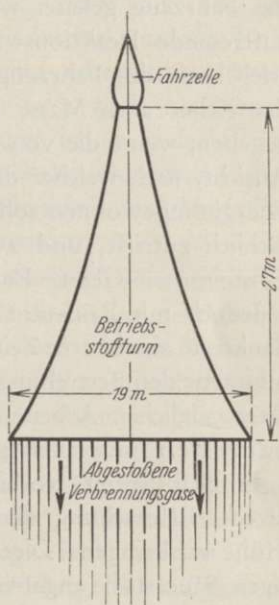


Abb. 34. Die Raumrakete nach Hohmann.

Sehr beachtenswert sind die neueren Veröffentlichungen, mit welchen Dr. v. Hoefft in jüngster Zeit hervortrat.

Sein ursprünglicher Gedanke war, den Antrieb von Raumschiffen mit Hilfe des Weltäthers zu bewirken. Zu diesem Zwecke soll mittels elektrischer Beeinflussung ein einseitiger Ätherstrom durch das Fahrzeug geleitet werden. Die nach Hoeffts Annahme dabei auftretende Reaktionswirkung des Äthers würde dann die Vortriebskraft des Fahrzeuges liefern, was allerdings voraussetzt, daß der Äther auch Masse besitzt. Letzteres hält Hoefft jedoch für gegeben, wenn die von Nernst und anderen Forschern vertretene Ansicht, nach welcher dem Weltäther eine sehr bedeutende innere Energie innewohnen soll (Nullpunktsenergie des Äthers), auch tatsächlich zutrifft, und zwar mit der Begründung, daß nach dem Einsteinschen Gesetz Energie auch Masse bedeute.

Jedoch mit Rücksicht auf die Unwahrscheinlichkeit, diesen Gedanken in absehbarer Zeit verwirklichen zu können, hat v. Hoefft sich nunmehr den Bestrebungen Oberths angeschlossen. Seine neuesten diesbezüglichen Arbeiten haben ihn, seinen Mitteilungen nach, zu baureifen Entwürfen gebracht, die nur der Finanzierung harren.

Er beabsichtigt, vorerst eine unbemannte Registrierrakete, zwecks Erforschung der oberen Luftschichten, auf etwa 100 km Höhe zu bringen. Dieselbe ist ungeteilt, durch Alkohol und flüssigen Sauerstoff angetrieben und nach Art der Torpedos mittels eines Kreisels gesteuert. Höhe der Rakete 1,2 Meter, Durchmesser 20 cm, Anfangs(Start-)gewicht 30 kg, Endgewicht 8 kg, von welchem 7 kg auf das Leergewicht und 1 kg auf die Nutzlast entfallen. Letztere wird gebildet durch einen Meteorographen, welcher in der Spitze der Rakete untergebracht ist und sich automatisch aus dieser löst, sobald die Steighöhe erreicht ist, ähnlich wie dies bei Registrierballons geschieht; er sinkt dann allein an einem sich selbst entfaltenden Fallschirm langsam zur Erde, wobei er Druck, Temperatur und Feuchtigkeit der Luft registriert. Der Aufstieg soll aus 10000 Meter Höhe von einem unbemannten Gummiballon (Pilotballon) aus erfolgen, um dadurch der Rakete das Durchdringen der unteren dichten Luftschichten zu ersparen.

Als nächstes plant v. Hoefft die Ausführung einer größeren Rakete mit einem Anfangsgewicht von 3000 kg und einem Endgewicht von 450 kg, von welchem ungefähr 370 kg auf das Leergewicht und 80 kg auf die Nutzlast entfallen. Sie soll, ähnlich wie ein Geschöß angewendet, in freier Wurfbahn (Keplerschen Ellipsen) weite Strecken der Erdoberfläche (etwa von 1500 km aufwärts) in kürzester Zeit zurücklegen und hierbei entweder Post u. dgl. befördern oder, mit einer selbsttätig arbeitenden Photoeinrichtung ausgerüstet, die überflogenen (also z. B. noch unerforschte) Gebiete aufnehmen. Die Landung ist so gedacht, daß sich die Nutzlast, ähnlich wie bei der früher beschriebenen Registrierrakete, vor dem Niedergehen automatisch aus der Spitze löst und allein an einem Fallschirm niedersinkt.

Diese einteilige Rakete soll nebstdem aber auch zu einer zweiseitigen ausgestaltet und dadurch für eine Anzielung des Mondes geeignet gemacht werden, zu welchem Zweck sie an Stelle der früheren Nutzlast von etwa 80 kg mit einer dieser gleichschweren zweiten Rakete ausgerüstet wird, welche dann erst die wirkliche, nunmehr allerdings viel kleinere Nutzlast von ungefähr 5—10 kg trägt. Da sich bei einer solchen Doppelrakete nach dem schon früher erläuterten Stufenprinzip*) während des Aufstieges mit Antrieb die Endgeschwindigkeiten beider Teilraketen addieren, würde so eine Steig-Höchstgeschwindigkeit erreicht werden, genügend groß, um die aus einer Blitzpulverladung bestehende Nutzlast bis auf den Mond zu bringen. Beim Auftreffen dortselbst soll dann diese Ladung sich entzünden und durch ihr Aufleuchten das Gelingen des Versuches anzeigen, ähnlich wie dies auch von Goddard beabsichtigt wird.

Sowohl diese als auch die vorgenannte Postrakete starten aus einer Höhe von 6000 Meter von einem Pilotballon, einer Schubrakete oder einem Bergesgipfel.

Im Gegensatz zu diesen bisher beschriebenen unbemannten Raketen sollen die für Menschenbeförderung bestimmten, großen

*) Siehe Seite 51 bis 53.

Raumfahrzeuge, welche Hoefft dann in weiterer Folge zu schaffen gedenkt, grundsätzlich nur unmittelbar von einer geeigneten Wasserfläche aus, und zwar nach Art eines Wasserflugzeuges, starten und beim Niedergehen, ähnlich wie ein solches, wassern. Um sie hierfür befähigt zu machen, sollen sie eine ganz besondere (etwa drachenähnliche) äußere Form erhalten.

Das zunächst in Aussicht genommene Modell eines derartigen Raumfahrzeuges hätte ein Startgewicht von 30 t und ein Endgewicht von 3 t. Sein Zweck ist der: einerseits ähnlich wie die Postrakete angewendet, jedoch mit zu befördernden Personen besetzt, in freier Wurfbahn (Keplerschen Ellipsen) große Strecken der Erdoberfläche in kürzester Zeit zu überwinden; andererseits hätte es aber später einmal auch als Spitzenstufe großer, mehrteiliger, zur Erreichung fremder Himmelskörper bestimmter Raumschiffe zu dienen. Deren Startgewichte wären dann schon recht bedeutend, würden etliche 100 t, bei der größten Type sogar bis zu 12000 t betragen.

Bemerkungen zu den bisherigen Konstruktionsvorschlägen.

Zu diesen verschiedenen Vorschlägen sei ergänzend noch hinzugefügt: Wohl gehört, soweit es sich bis heute überblicken läßt, die nähere Zukunft aller Wahrscheinlichkeit nach der Raumrakete mit flüssigem Betriebsstoff. Zu endgültig baureifen Entwürfen von solchen wird man jedoch erst dann kommen können, wenn die hierfür notwendigen technischen Vorbedingungen geschaffen sind, durch (im Versuchsverfahren gewonnene) praktische Lösung der für ihre Konstruktion grundsätzlichen Fragen: 1. der Mitführungsweise des Betriebsstoffes, 2. der Einbringungsart desselben in den Ofen und 3. der Vorkehrungen gegen die Zerstörung von Ofen und Düse durch die Verbrennungshitze.

Es wurde aus diesem Grund auch absichtlich vermieden, hier selbst Konstruktionsvorschläge zu bringen. Wohl aber erachten wir es zweifellos auch gegenwärtig schon als angezeigt und not-

wendig, wenigstens soweit es mit den zur Zeit vorhandenen Erfahrungen eben möglich ist, das Grundsätzliche des Fahrzeugaufbaues zu klären, und dazu gehört vor allem auch die Frage des Antriebsstoffes. Als solcher wurde, laut Früherem, bisher vorgeschlagen: einerseits Wasserstoff und Sauerstoff und andererseits Alkohol und Sauerstoff.

Besser als diese beiden dürften sich nach Meinung des Verfassers die reinen Kohlenwasserstoff-Verbindungen (zusammen mit dem zur Verbrennung notwendigen Sauerstoff) als Betriebsstoffe für Raumraketen eignen. Dies wird erkennbar, wenn man den Energieinhalt statt auf das Gewicht auf das Volumen bezogen ausdrückt, wie es Verfasser für am vorteilhaftesten hält, um die Wertigkeit eines Raketenbetriebsstoffes in einfacher Weise beurteilen zu können; denn es kommt nicht nur darauf an, welche Gewichtsmenge Betriebsstoff für eine bestimmte Leistung erforderlich ist; ebenso, ja für die Unterbringung desselben und damit für die Konstruktion des Fahrzeuges noch wichtiger ist es: welche Volumenmenge davon mitgeführt werden muß. In letzterer Hinsicht gibt aber der auf das Volumen bezogene Energiegehalt (Wärmeeinheiten je Liter) des Betriebsstoffes am klarsten Aufschluß.

Derselbe ist umso bedeutender, je größer das spezifische Gewicht sowie der untere Heizwert des betreffenden Brennstoffes ist und je weniger Sauerstoff er zu seiner Verbrennung bedarf. Im allgemeinen zeigen sich die kohlenstoffreichen Verbindungen den wasserstoffreichen überlegen, obwohl der Heizwert je Kilogramm der letzteren höher ist. Sehr geeignet erschiene danach z. B. Benzol. Am günstigsten wäre reiner Kohlenstoff. Da letzterer jedoch nicht flüssig vorkommt, sollte man versuchen, ob nicht durch mechanische Mischung eines flüssigen Kohlenwasserstoffes von möglichst hohem Energiegehalt je Liter (also vielleicht Benzol, Heptan u. a.) mit feinverteiltem, möglichst reinen Kohlenstoff (wie etwa Ruß, feinstes Kohlenmehl o. dgl.) der Energiegehalt je Liter noch weiter gesteigert und dadurch ein besonders hochwertiger, ja vielleicht der nach unserer heutigen

Kennntnis der Stoffe überhaupt bestmögliche Raketenbetriebsstoff gewonnen werden könnte.

Selbstverständliche Bedingung für die Gültigkeit vorstehender Betrachtungen ist natürlich, daß alle Betriebsstoffe mit dem gleichen Wirkungsgrad ausgenützt werden.

Unter dieser Voraussetzung würde beispielsweise eine Raumrakete, welche die Endgeschwindigkeit 4000 Meter je Sekunde erreichen soll, dann wenn sie mit Benzol und flüssigem Sauerstoff betrieben wird, rund um die Hälfte kleiner ausfallen und eine um $\frac{1}{3}$ geringere Behälteroberfläche aufweisen als bei Antrieb durch flüssigen Wasser- und Sauerstoff (Abb. 35).

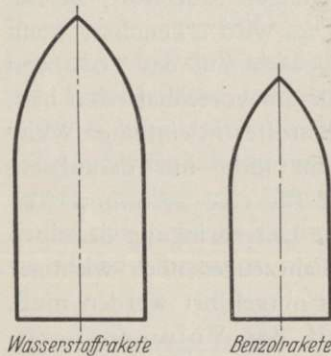


Abb. 35. Größenverhältnis zwischen einer Wasserstoffrakete und einer Benzolrakete von gleicher Leistungsfähigkeit, wenn jede imstande sein soll, sich eine Geschwindigkeit von 4000 Metern je Sekunde erteilen zu können.

Es würde daher die Benzolrakete nicht nur eher technisch ausführbar sein, sondern sich auch billiger stellen als die gleich leistungsfähige Wasserstoffrakete; wenn auch das Gewicht der notwendigen Betriebsstoffmenge in ersterem Falle etwas höher ist und daher eine größere Antriebskraft und infolgedessen auch eine stärkere, also schwerere Treibvorrichtung notwendig wäre. Dafür sind bei der Benzolrakete

eben die Betriebsstoffbehälter kleiner und können außerdem, wenigstens soweit sie dem Benzol dienen, aus irgendeinem Leichtmetall hergestellt werden, weil das Benzol normal flüssig ist, während sie für verflüssigten Wasserstoff mit Rücksicht auf dessen abnorm niedere Temperatur (-253° Celsius) nach Oberth, wie schon erwähnt, aus Blei (!) bestehen müßten. Ganz abgesehen von den vielen anderen durch diese niedere Temperatur des flüssigen Wasserstoffes bedingten Schwierigkeiten in der Handhabung und Anwendungsweise desselben, die alle beim Benzol fortfallen.

Allerdings tritt diese Überlegenheit der flüssigen Kohlenwasserstoffe bei höheren Endgeschwindigkeiten gegenüber dem reinen Wasserstoff immer mehr zurück.

Trotzdem aber würde, selbst für die Erreichung einer Geschwindigkeit von 12 500 Meter je Sekunde (wie sie zur gänzlichen Loslösung von der Erde ideell notwendig ist), eine Benzolrakete immer noch um $\frac{1}{3}$ kleiner ausfallen als eine Wasserstoffrakete (Abb. 36). Erst für die Endgeschwindigkeit von 22000 Meter je Sekunde würden sich die Volumina der Betriebsstoffmengen bei der Benzolrakete ebenso groß wie bei der Wasserstoffrakete ergeben.

Zu diesen energiewirtschaftlichen und sonstigen Vorteilen der flüssigen Kohlenwasserstoffe kommt noch, daß sie an und für sich viel billiger sind als flüssiger reiner Wasserstoff.

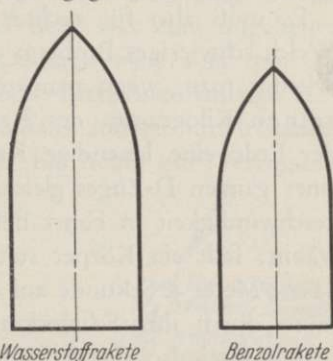


Abb. 36. Größenverhältnis zwischen einer Wasserstoffrakete und einer Benzolrakete von gleicher Leistungsfähigkeit, wenn jede imstande sein soll, sich eine Geschwindigkeit von 12 500 Metern je Sekunde (gänzliche Loslösung von der Erde!) zu erteilen.

Die Rückkehr zur Erde.

Aus den bisherigen Ausführungen geht also hervor, daß dem Aufstieg in den Weltraum, wenn auch bedeutende, so doch nicht unüberwindbare Hindernisse im Wege stehen. Bevor wir uns aber mit weiteren Betrachtungen befassen, welche aus diesem Ergebnis nun gefolgert werden können, interessiert uns vor allem die Frage: ob und wie es möglich wäre, nach gelungenem Aufstieg wieder zur Erde zurückkehren und daselbst landen zu können, ohne hierbei Schaden zu nehmen. Denn es mag wohl auch beim kühnsten Raumfahrer ein nicht gelindes Grausen erwecken, wenn er, die Erde als ferne Kugel vor sich sehend, bedenkt, daß er mit nicht weniger als etwa der zwölffachen Geschwindigkeit eines Artilleriegeschosses auf ihr einlangt, sobald er, sich ihrer

Schwerkraft frei überlassend, auf sie zufährt oder richtiger gesagt: auf sie abstürzt.

Es muß also für rechtzeitige Abbremsung gesorgt werden. Welch schwieriges Problem diese Forderung jedoch in sich schließt, erkennt man, wenn man sich vergegenwärtigt, daß jedem einzelnen Kilogramm des Raumschiffes bei seinem Eintreffen auf der Erde eine lebendige Kraft innewohnt, welche beinahe jener eines ganzen D-Zuges gleichkommt, der sich mit 70 km Stunden-geschwindigkeit in Fahrt befindet! Denn, wie schon anfangs erwähnt, fällt ein Körper stets mit der Geschwindigkeit von etwa 11000 Meter je Sekunde auf die Erde ein, sobald er aus dem Welt-raum durch ihre Schwerkraft an sie herangezogen wird; er besitzt hierbei also eine lebendige Kraft von rund 6000 Meter-tonnen je Kilogramm seines Gewichtes. Diese ungeheure Energiemenge muß nun dem Fahrzeug während der Abbremsung in der Gänze entzogen werden.

Hierfür kommen lediglich zwei Möglichkeiten in Betracht: entweder Gegenarbeit mittels des Rückstoßantriebes (ähnlich wie beispielsweise die „Rückwärtsarbeit“ der Maschine beim Stoppen eines Schiffes) oder Widerstandsbremung unter Ausnützung der Erdlufthülle.

Bei Landung nach ersterer Art müßte man also den Antrieb neuerlich und zwar diesmal entgegen der Fahrtrichtung wirken lassen (Abb. 37). Hierbei würde dem Fahrzeug seine Einfall-energie dadurch entzogen werden, daß man dieselbe durch Leistung einer gleichgroßen, entgegengesetzten Arbeit aufhebt. Dies bedingt aber, daß zur Bremsung dieselbe Energie und somit auch die gleiche Betriebsstoffmenge aufgewendet werden müßte, welche für den Aufstieg notwendig ist. Denn da die Anfangs-geschwindigkeit für den Aufstieg (Steig-Höchstgeschwindigkeit) und die Endgeschwindigkeit bei der Rückkehr (Einfallgeschwindigkeit) von ähnlicher Größe sind, so unterscheiden sich auch die lebendigen Kräfte, welche dem Fahrzeug in ersterem Falle mitge-teilt und in letzterem entzogen werden müssen, nur wenig von einander.

Diese ganze, für die Bremsung notwendige Betriebsstoffmenge muß aber vorerst noch — und das gibt den Ausschlag — auf die volle Steighöhe mitgehoben werden, was eine ungeheure Vermehrung der Steiglast bedeutet. Dadurch wird aber nun die für den Aufstieg insgesamt erforderliche Betriebsstoffmenge dermaßen groß, daß diese Bremsart jedenfalls äußerst unwirtschaftlich, ja bei der Leistungsfähigkeit der bis heute zur Verfügung stehenden Betriebsstoffe, sogar überhaupt undurchführbar erscheint. Aber auch eine nur teilweise Heranziehung des Rückstoßes zur Bremsung muß aus denselben Gründen wo nur möglich vermieden werden.

Dazu kommt, daß die Rückstoßbremsung im Bereiche der Luft-hülle — wenigstens solange die Fahrgeschwindigkeit noch von kosmischer Größe ist — vermutlich überhaupt kaum anwendbar sein dürfte. Denn die Auspuffgase,

welche das Fahrzeug dabei vor sich hertreibt, würden durch den Luftwiderstand mehr verzögert werden als das schwerere Fahrzeug selbst, und so müßte sich dieses in der Hitze der eigenen Verbrennungsgase bewegen.

Die zweite Landungsart, jene mit Ausnützung des Luftwiderstandes, wird dadurch bewerkstelligt, daß das Fahrzeug während seines Weges durch die Erdluft-hülle mittels Fallschirmen oder sonstigen Vorrichtungen abgebremst wird (Abb. 38). Hierbei ist nun ausschlaggebend, daß sich die lebendige Kraft, welche dem Fahrzeug

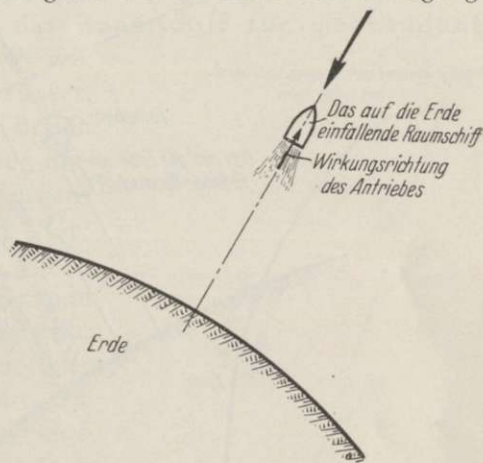


Abb. 37. Landung mit Rückstoßbremsung. Das einfallende Fahrzeug soll durch den Antrieb „aufgefangen“ werden, indem derselbe entgegen der Fahrtrichtung, also ebenso wie beim Aufstieg „von der Erde weg“ arbeitet.

während dieses Vorganges entzogen werden muß, nur zum Teil in Luftbewegung (Wirbelung) zum anderen Teil aber in Wärme umwandelt. Wenn nun der Bremsweg nicht genügend lang und daher die Bremszeit zu kurz ist, dann kann während derselben die entstehende Bremswärme nicht in genügendem Maße durch Leitung und Strahlung an die Umgebung übergehen, und es muß

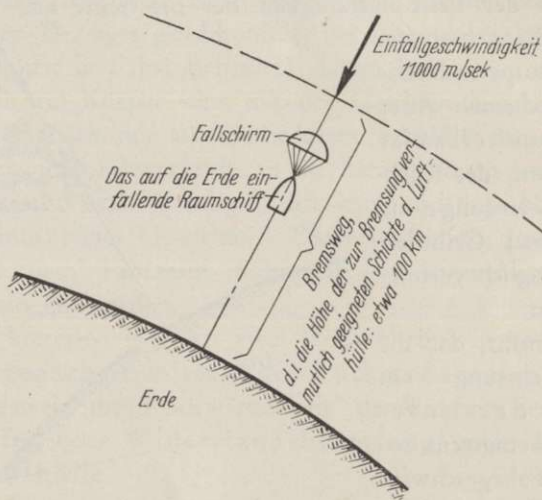


Abb. 38. Landung mit Luftwiderstandsbremung bei lotrechtem Einfall des Fahrzeuges.

daher die Temperatur der Bremsmittel (Fallschirm usw.) fortgesetzt steigen.

Nun besitzt aber in unserem Falle das Fahrzeug bei seinem Eintritt in die Lufthülle eine Geschwindigkeit von rund 11000 Meter je Sekunde, während jener Teil der Lufthülle, welcher genügende Dichte aufweist, um für Bremszwecke noch in Frage zu kommen, kaum mehr als 100 km hoch sein dürfte. Nach dem vorhin Gesagten ist ohne weiteres klar, daß ein Versuch, auf diesem für so gewaltige Geschwindigkeiten relativ viel zu kurzem Wege eine Abbremsung des Fahrzeuges durch den Luftwiderstand zu bewerkstelligen, einfach zur Verbrennung führen müßte.

So schiene es also, als ob das Problem der Raumfahrt, wenn auch nicht an der Frage des Aufstieges, so doch an der Unmöglichkeit einer wohlbehaltenen Rückkehr zur Erde scheitern sollte.

Das Hohmannsche Landungsmanöver.

Es ist ein Verdienst des deutschen Ingenieurs Dr. Hohmann, aus dieser Schwierigkeit einen Ausweg gezeigt zu haben. Nach seinem Vorschlage wird das Raumschiff für die Landung mit Tragflächen ähnlich wie ein Flugzeug ausgerüstet. Weiterhin wird schon zu Beginn der Rückkehr dem Fahrzeug mittels Rückstoßes eine solche tangentielle (wagerechte) Geschwindigkeit erteilt, daß es bei seinem Fall zur Erde gar nicht auf ihrer Oberfläche auftrifft, sondern die Erde in einer freien Umlaufbahn derart umfährt, daß es sich ihrer Oberfläche im Scheitel der Bahn auf 75 km nähert (Abb. 39).

Es sei versucht, diesen Vorgang in einfacher Weise vielleicht folgend zu erläutern: Wenn man einen Stein wirft, statt ihn nur fallen zu lassen, dann trifft er erst in einer gewissen Entfernung auf den Boden, und zwar in umso weiterer, mit je größerer Geschwindigkeit er fortgeschleudert wurde.

Könnte man nun diese Wurfgeschwindigkeit beliebig steigern, so daß der Stein nicht schon in einer Entfernung von 10 oder 100 Meter, ja auch noch nicht in einer solchen von 100 oder 1000 km niederfällt, sondern erst in einer Weite von

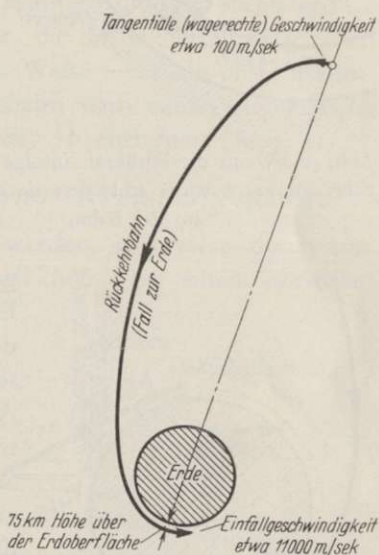


Abb. 39. Beim Hohmannschen Landungsvorgang wird die Rückkehrbahn derart künstlich beeinflusst, daß das Raumschiff gar nicht auf die Erde auftrifft, sondern dieselbe in 75 km Höhe umfährt.

40000 km zu Boden gelangte, dann würde er in Wirklichkeit überhaupt gar nicht mehr niederfallen, da ja der ganze Erd-

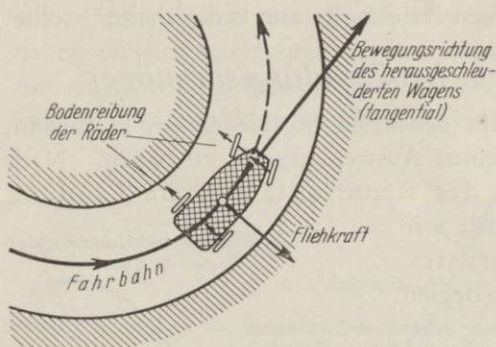


Abb. 40. Wenn die Fliehkraft infolge zu rascher Fahrt zu groß wird, schleudert sie den Wagen aus der Bahn.

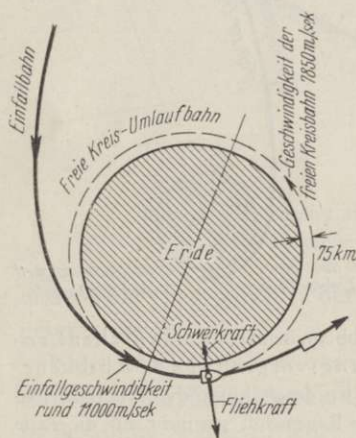


Abb. 41. Infolge der um rund 3000 m/sec zu großen Fahr- geschwindigkeit (11000 statt 7850 m/sec!) ist die Fliehkraft größer als die Schwere, weshalb das Raumschiff aus der freien Kreisbahn nach außen gedrängt wird.

umfang nur 40000 km mißt. Er würde dann die Erde wie ein winziger Mond in einer freien Umlaufbahn umkreisen. Allerdings müßte man, um dies von einem Standpunkte der Erdoberfläche aus zu erreichen, dem Steine die gewaltige Geschwindigkeit von etwa 8000 Meter je Sekunde erteilen.

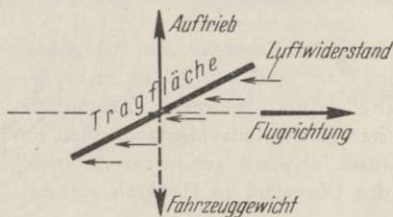
Letztere wird jedoch umso geringer, je weiter die Stelle von der Erde entfernt liegt, von welcher aus der Körper zum Umlauf um dieselbe veranlaßt werden soll. In einem Abstände von etlichen 100000 km beträgt sie nur mehr rund 100 Meter je Sekunde (Abb. 39). Dies ist auch einzusehen, wenn man bedenkt, daß das Fahrzeug ohnehin — allein schon infolge seines Falles zur Erde — immer mehr an Geschwindigkeit gewinnt. Erreicht doch die Einfallgeschwindigkeit laut Früherem schließlich sogar den Wert von 11000 Meter je Sekunde, ist also bereits um mehr als 3000 Meter je Sekunde größer, als jene Geschwindigkeit von genau 7850 Meter je Sekunde, die das Fahrzeug haben müßte, damit es die Erde

ähnlich wie früher der Stein) in freier Kreisbahn in einer Höhe von 75 km umlaufe.

Infolge dieses Überschusses an Geschwindigkeit wird nun das Raumschiff durch die Fliehkraft stärker nach außen gedrängt, als die Schwerkraft imstande ist, es nach innen zur Erde zu ziehen; ein ähnlicher Vorgang wie etwa bei einem Kraftwagen, der eine Kurve mit zu großer Geschwindigkeit (zu „scharf“) durchfährt (Abb. 40). Ebenso wie dieser nach außen geschleudert wird, weil die Fliehkraft, welche ihn aus der Bahn zu drängen sucht, größer ist als die Bodenreibung der Räder, die ihn in derselben erhalten sollte, so wird — in sinngemäßer Weise — auch unser Raumschiff bestrebt sein, die freie Kreisbahn nach außen zu verlassen und sich damit von der Erde wieder zu entfernen (Abb. 41).

Landung in erzwungener Kreisbewegung.

Letzteres kann aber verhindert werden, und zwar durch entsprechende Zuhilfenahme der Tragflächen. Bei einem normalen Flugzeuge sind dieselben nach aufwärts geneigt, damit durch die Fahrbewegung jener Auftrieb entsteht, der eben das Flugzeug tragen soll (Abb. 42). In unserem Falle werden nun die



Tragflächen entgegengesetzt, also nach abwärts geneigt, eingestellt (Abb. 43); dadurch entsteht ein nach unten, gegen die Erde zu gerichteter Druck, der bei richtiger Wahl des Anstellwinkels den Überschuss an Fliehkraft gerade aufhebt, und auf diese Weise das Fahrzeug zwingt, in der Kreisbahn zu verbleiben (Abb. 44).

Erdoberfläche

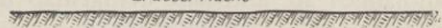
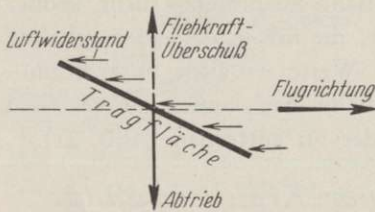


Abb. 42. Die grundsätzliche Wirkungsweise der Tragflächen beim normalen Drachenflug: Der durch den Luftwiderstand bedingte „Auftrieb“ ist nach oben gerichtet und trägt so das Flugzeug.

Für die Ausführung dieses Manövers wurde absichtlich die Höhe von 75 km über der Erdoberfläche gewählt; denn dort ist die Luftdichte bereits so gering, daß das Raumschiff trotz seiner hohen Geschwindigkeit annähernd denselben Luftwiderstand erleidet, wie ein normales Flugzeug in üblicher Höhenlage.

Im Verlaufe dieser „erzwungenen Kreisbewegung“ wird sich nun die Fahrsgeschwindigkeit infolge des Luftwiderstandes andauernd verringern und daher der Überschuss an Fliehkraft immer



Erdoberfläche

Abb. 43. Wirkungsweise der Tragflächen während der „erzwungenen Kreisbewegung“ eines landenden Raumschiffes. Hier erzeugt der Luftwiderstand einen zur Erde (nach abwärts) gerichteten „Abtrieb“, der den Überschuss an Fliehkraft aufhebt.

Da sich aber infolge des Luftwiderstandes die Fahrsgeschwindigkeit andauernd weiter vermindert, nimmt auch die Fliehkraft allmählich ab und läßt demgemäß die Schwere immer mehr zur Geltung kommen. Daher müssen die Tragflächen bald wieder in Wirksamkeit treten, und zwar jetzt ebenso wie bei einem gewöhnlichen Flugzeug (Abb. 42): der Schwere entgegenwirkend, also tragend („Gleitflugbewegung“, Abb. 44).

Endlich wird mit weiterer Abnahme der Geschwindigkeit und zunehmender Annäherung an die Erde die Fliehkraft praktisch überhaupt zu Null: das Fahrzeug wird dann nur mehr von den Tragflächen getragen, bis es schließlich im Gleitflug niedergeht.

mehr abnehmen. Demgemäß vermindert sich aber auch die Notwendigkeit einer Mithilfe der Tragflächen, bis diese schließlich vollkommen überflüssig wird, sobald die Fahrsgeschwindigkeit auf 7850 Meter je Sekunde gesunken ist und somit auch der Überschuss an Fliehkraft aufgehört hat zu bestehen. Das Raumschiff kreist dann in einer freien Umlaufbahn schwebend um die Erde („Freie Kreisbewegung“, Abb. 44).

Auf diese Weise wäre es möglich, den Weg durch die Lufthülle dermaßen auszudehnen, daß dabei sogar die ganze Erde

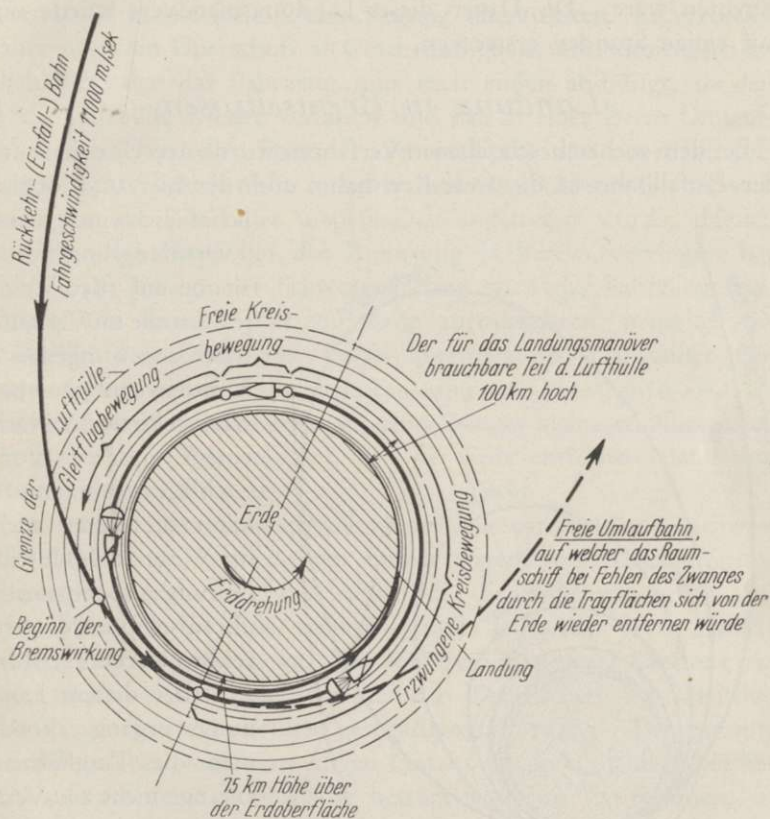


Abb. 44. Landung in „erzwungener Kreisbewegung“. (Die Lufthülle und die Landungsspirale ist in der Abbildung — der besseren Übersichtlichkeit wegen — gegenüber der Erde höher, als es der Wirklichkeit entspricht, gezeichnet. Würde maßstabrichtig den Verhältnissen der Abb. 8 gemäß aussehen müssen).

einige Male umfahren würde. Im Verlaufe dessen könnte aber durch Anwendung von Fallschirmen, die hinterher nachgezogen werden, zum Teil durch die Wirkung des eigenen Luftwiderstandes des Fahrzeuges und seiner Tragflächen, die Geschwindigkeit

keit desselben sicherlich auch von 11000 Meter je Sekunde bis auf Null abgebremst werden, ohne daß ein „Heißlaufen“ zu befürchten wäre. Die Dauer dieses Landungsmanövers würde sich auf einige Stunden erstrecken.

Landung in Bremsellipsen.

Bei dem soeben beschriebenen Verfahren wurde der Übergang aus der Einfallbahn in die freie Kreisbahn und die hierzu erforderliche Geschwindigkeits-

verminderung von

11000 auf 7850 Meter je Sekunde im Verlaufe der „erzwungenen

Kreisbewegung“ bewerkstelligt. Nach

einem anderen Vorschlage Hohmanns

kann dies aber auch im Wege der Durch-

fahrung sogenannter „Bremsellipsen“

erreicht werden (Abb. 45). Bei diesem

Landungsvorgang kommen die Tragflächen

anfangs nicht zur Verwendung, sondern es

wird nur getrachtet, sobald das Fahrzeug in

genügend dichte Luftschichten eingetreten

ist, mittels eines nachgezogenen Fallschirmes

so kräftig zu bremsen, wie die schon erwähnte Gefahr zu starker

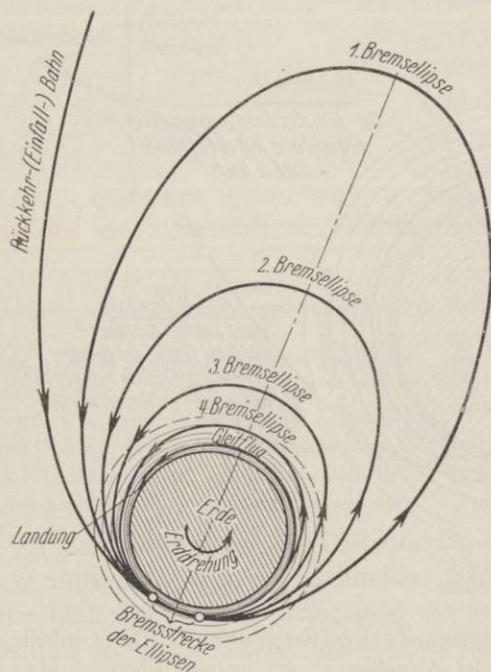


Abb. 45. Landung in „Bremsellipsen“. (Die Lufthülle und die Landungsbahn sind hier, ebenso wie in Abb. 44, höher als der Wirklichkeit entsprechend gezeichnet. Vergl. Abb. 8.)

Erwärmung es noch gestattet.

Allerdings kann dadurch die Fahrgeschwindigkeit noch nicht derart vermindert werden, wie dies notwendig wäre, um damit das Raumschiff in die freie Kreisbewegung überzuleiten. Es verbleibt daher noch ein Überschuß an Geschwindigkeit und somit auch an Fliehkraft, der das Fahrzeug nun nach außen abdrängt, so daß es die Lufthülle wieder verlassen und sich in einer freien Umlaufbahn von elliptischer Form (1. Bremsellipse) von der Erde entfernen wird; jedoch nicht mehr bis auf jenen Abstand, von welchem aus die Rückfahrt ursprünglich angetreten wurde, da sich die lebendige Kraft bei der Bremsung ja bereits verringert hat (Abb. 45). Infolge der Schwerewirkung wird das Fahrzeug nach einiger Zeit dann wieder zur Erde zurückkehren, neuerlich die Lufthülle durchfahren — wobei abermals ein Teil seiner Geschwindigkeit durch Fallschirmbremsung vernichtet wird —, sich nunmehr wieder, jetzt aber auf einer bereits kleineren elliptischen Umlaufbahn (2. Bremsellipse), von der Erde entfernen, dann von neuem zurückkehren usw.

Es werden somit, entsprechend der fortschreitenden Geschwindigkeitsabnahme, nacheinander immer engere sogenannte „Bremsellipsen“ durchlaufen, bis schließlich die Geschwindigkeit auf 7850 Meter je Sekunde gesunken und damit die freie Kreisbewegung eingetreten ist. Der weitere Verlauf der Landung erfolgt dann unter Zuhilfenahme der Tragflächen im Gleitflug ebenso wie bei dem früher geschilderten Vorgang. Die gesamte Landungsdauer vom erstmaligen Eintritt in die Lufthülle bis zur Ankunft auf der Erdoberfläche beträgt jetzt rund 23 Stunden, ist also um ein Vielfaches länger als bei dem zuvor beschriebenen Verfahren. Man wird daher die beim Hohmannschen Landungsmanöver ohnehin vorgesehenen Tragflächen wohl auch schon anfangs voll ausnützen und die Landung somit besser in erzwungener Kreisbewegung vornehmen.

Das Oberthsche Landungsmanöver.

Anders aber, wenn Tragflächen überhaupt vermieden werden sollen, wie Oberth es vorschlägt, der sich in der zweiten Auflage

seines Buches mit dem Landungsproblem nun ebenfalls näher befaßt. Danach wird der erste Teil der Landung ähnlich wie früher geschildert mittels Bremsellipsen vorgenommen (Abb. 45), wozu Tragflächen ja nicht notwendig sind. Der weitere Landungsvorgang kann aber mangels der letzteren nun nicht im Gleitfluge stattfinden. Wohl soll der Fallschirm durch einseitige Verkürzung der Fallschirmseile zur Fahrtrichtung schräg gestellt und dadurch ein Auftrieb (also eine tragflächenähnliche Wirkung) erzielt werden. Trotzdem aber dürfte sich hierbei die Mithilfe des Antriebes in sehr weitgehendem Maße als notwendig erweisen, um ein zu rasches Niedergehen des Fahrzeuges zu verhindern, so daß die Ersparung der Tragflächen wohl nur mit recht bedeutendem Betriebsstoffeinsatz erkaufte werden könnte; vorausgesetzt daß die Anwendung der Rückstoßbremsung innerhalb der Lufthülle aus früher genannten Gründen (Gefährdung durch die eigenen Verbrennungsgase) überhaupt möglich wäre.

Nach alledem scheint somit die Landung nach Hohmann mittels Tragflächen in „erzwungener Kreisbewegung“ die günstigste Lösung darzustellen.

Das bisherige Ergebnis.

Wir haben also gesehen, daß nicht nur der Aufstieg in den Weltraum, sondern auch die Sicherung geregelter Rückkehr zur Erde im Bereiche des technisch Möglichen liegt, so daß es keineswegs berechtigt erscheint, das Raumfahrtproblem von vornherein als Utopie abzulehnen, wozu man bei oberflächlicher Beurteilung überlieferungsgemäß wohl geneigt wäre. Es bestehen für die Raumschiffahrt keinerlei grundsätzliche Hindernisse und auch die heute schon gegebenen wissenschaftlichen und technischen Voraussetzungen lassen die schließliche Verwirklichung dieses kühnsten aller Menschheitsträume mit Recht erwarten. Wohl können Jahre und Jahrzehnte bis dahin vergehen; denn daß die noch zu überwindenden technischen Schwierigkeiten sehr bedeutend sind, darüber wird kein ernst Denkender sich täuschen dürfen. In vieler Hinsicht wird es sich bei der praktischen Ausführung wahrschein-

lich als notwendig erweisen, die bisher ohne genügende Versuchsgrundlagen gemachten Vorschläge wohl auch weitgehend abzuändern. Es wird Opfer kosten an Geld und Mühe und vielleicht auch an Menschenleben; haben wir ja alles dies schon in den vergangenen Jahrzehnten bei der Eroberung der Lüfte miterlebt! Doch wenn man einmal in der Technik etwas als richtig und möglich erkannt hat, dann ist die Ausführung auch stets gefolgt, selbst wenn dabei noch so bedeutende Hindernisse aus dem Weg zu räumen waren — vorausgesetzt allerdings daß die betreffende Sache genügend lohnend erschien.

Noch zwei wichtige Fragen.

Wir wollen daher nun zu zeigen versuchen, welche Ausblicke das obige Ergebnis für die Zukunft eröffnet und uns dabei Klarheit verschaffen über zwei noch bestehende wichtige Fragen; denn bisher haben wir uns ja nur mit der technischen, nicht aber auch mit der wirtschaftlichen und der physiologischen Seite des Problems befaßt:

Welches sind also die praktischen und sonstigen Vorteile, die wir von der Verwirklichung der Raumfahrt zu erwarten hätten, und wären dieselben bedeutend genug, um all die hierfür noch notwendigen, zweifellos gewaltigen Aufwendungen auch tatsächlich lohnend erscheinen zu lassen?

Und andererseits, könnte unter den gänzlich veränderten physikalischen Verhältnissen, die wir im leeren Weltraum vorfinden, menschliches Leben denn überhaupt möglich gemacht werden, und was für besondere Vorkehrungen wären hierzu erforderlich?

Die Antwort darauf wird sich von selbst ergeben, indem wir die voraussichtlichen Anwendungsmöglichkeiten der Raumschiffahrt im Folgenden nun näher untersuchen.

Gewöhnlich denkt man bei derartigen Betrachtungen vor allem an eine Fahrt zu fremden Himmelskörpern und das Betreten derselben, wie es von einzelnen Schriftstellern in romantischer Weise geschildert wird. Aber so verlockend dies auch erscheinen mag, so würde es doch jedenfalls erst den letzten Abschnitt

einer erfolgreichen Entwicklung der Raumschiffahrt bilden können. Zunächst jedoch gäbe es für dieselbe noch mancherlei Anwendungen, die leichter zu verwirklichen wären, weil sie noch nicht erfordern würden, den Bannkreis der Erde, unseres Heimatgestirns, schon völlig verlassen und sich in fremde, unbekannte Welten begeben zu müssen.

Die Raumrakete im schiefen Wurf.

Die einfachste Art einer praktischen Anwendung als Beförderungsmittel ergibt sich für die Rakete, wenn man sie von der Erde schief (statt lotrecht) aufsteigen läßt; denn sie beschreibt dann eine Wurfparabel (Abb. 46). Bekanntlich ist hierbei die Wurfweite am größten, wenn der Wurfwinkel (Abgangswinkel)

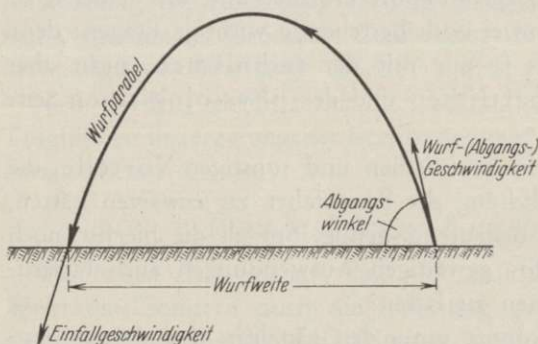


Abb. 46. Schiefer Wurf.

— in unserem Fall also der Neigungswinkel der Aufstiegsrichtung — 45° beträgt (Abb. 47).

Bei dieser Verwendungsart kommt die Rakete ähnlich wie ein Geschöß zur Wirksamkeit; jedoch mit den folgenden Unterschieden: es ist

kein Geschütz notwendig, um sie abgehen zu lassen; ihr Gewicht kann um Vieles größer sein, als bei einem gewöhnlichen, selbst noch so gewaltigen Geschöß; die Abgangsbeschleunigung läßt sich beliebig klein wählen; trotzdem wären so hohe Abgangsgeschwindigkeiten zu erreichen, daß es für die Wurf- (Schuß-) Weite der Raumrakete theoretisch eigentlich überhaupt keine irdische Grenze gäbe.

Man könnte demnach so in äußerst kurzer Zeit eine Last über sehr große Distanzen fortbringen, weshalb mitunter die Meinung vertreten wird, daß sich dieses Verfahren auch zur Beförderung

z. B. dringender Frachten etwa im Dienste der Post, des Fernmeldewesens u. dgl. benützen ließe.

Letzteres wäre aber nur möglich, wenn es gelingt, die Einfallsgeschwindigkeit der ankommenden Rakete derart rechtzeitig abzubremesen, daß ihr Auftreffen sachte erfolgt, weil sonst das Fahrzeug bzw. seine Fracht dabei zugrunde ginge. Hierfür stehen nach unseren früheren Betrachtungen*) zwei Bremsverfahren zur Verfügung, und zwar: entweder mittels Rückstoßes oder durch den Luftwiderstand. Da ersteres wegen des enormen damit verbundenen Betriebsstoffverbrauches, wo immer möglich, unbedingt vermieden werden muß, kommt praktisch also nur die Anwendung des Luftwiderstandes in Frage.



Abb. 47. Mit einer gegebenen Abgangsgeschwindigkeit wird dann die größte Wurfweite erzielt, wenn der Abgangswinkel 45° beträgt.

Nun würde aber mit einfacher Fallschirmlandung die Abbremsung gewiß nicht zu erreichen sein; denn bei der Größe der in Betracht kommenden Wurfweiten fällt die Rakete auf ihr Ziel mit mehrfacher Geschwindigkeit ein. Dafür wäre jedoch die Bremsstrecke, welche sich hierbei in der Lufthülle bestenfalls ergäbe, wegen der zu bedeutenden Steilheit des Einfalles viel zu kurz, wozu noch der Nachteil kommt, daß dabei der Hauptanteil der Einfallsgeschwindigkeit in den unteren, dichten Luftschichten zur Abbremung gelange.

Dies gilt gleichermaßen auch dann, wenn man es, wie von anderer Seite vorgeschlagen, so einrichtet, daß sich vor dem Niedergehen die Nutzlast aus der Rakete loslöst, um allein an

*) Siehe Seite 72.

einem Fallschirm herabzusinken, während der Leerkörper der Rakete preisgegeben wird; denn weder die Größe der Einfallsgeschwindigkeit noch die vor allem schädliche zu bedeutende Steilheit des Einfalles wird durch diese Maßnahme irgendwie günstig beeinflusst.

Um die Fracht unbeschädigt ans Ziel zu bringen, könnte die Abbremsung, wenn sie durch den Luftwiderstand bewirkt werden soll, nur während genügend lange dauernder, annähernd wagrechter Fahrt in höheren, dünnen, entsprechend der Fahrtgeschwindigkeit gewählten Luftschichten — also nach dem Hohmannschen Landungsverfahren (Gleitfluglandung) — geschehen und würde sich demgemäß auf Bremsstrecken ausdehnen, die nicht um vieles kürzer als der ganze zurückzulegende Weg wären.

Daher käme — für den Fall daß vor dem Auftreffen abgebremst werden soll — eine richtige Wurfbewegung überhaupt gar nicht zustande, sondern es würde sich eine Bewegungsweise ergeben, wie sie im nächsten Abschnitt: „Die Raumrakete als Flugzeug“ besprochen wird.

Im reinen schiefen Wurf könnte man die Rakete wohl nur verwenden, wenn dabei „wohlbehaltene Landung“ nicht erforderlich ist, also z. B. als Geschosß für Kriegszwecke. In letzterem Fall wären für ihren Antrieb ohne weiteres auch feste Betriebsstoffe wie rauchloses Pulver u. dgl. im Sinne des Goddardschen Vorschlages benutzbar, worauf früher bereits hingewiesen wurde*).

Solchen Raketengeschossen auch die notwendige Treffsicherheit zu geben, ist jedenfalls nur eine Frage ihrer technischen Vervollkommnung. Übrigens ließen die dafür hauptsächlich in Betracht kommenden Großziele (wie feindliche Hauptstädte, Industriegebiete usw.) ohnehin verhältnismäßig bedeutende Streuungen zu.

Bedenkt man nun, daß bei einer solchen Beschießung mit Raketen selbst etliche Tonnen schwere Ladungen über die gewal-

*) Siehe Seite 45, 54.

tigsten Entfernungen hinweg gefahrlos an Ziele gebracht werden könnten, die sehr weit im feindlichen Hinterland liegen, ja daß geradezu kein Teil desselben vor derartigen Angriffen sicher wäre und es dagegen auch gar keine Abwehr gäbe, so ersieht man, um was für ein furchtbares Kampfmittel es sich dabei handeln würde.

Immerhin aber dürfte dessen Wirkungsweite vermutlich doch nicht ganz so unbegrenzt sein, wie dies mit Rücksicht auf die Leistungsfähigkeit des Raketenantriebes eigentlich zu erwarten wäre; denn mit Vergrößerung der Wurfweite steigt auch die Geschwindigkeit, mit welcher der geworfene Körper, hier die

Rakete, auf das Ziel einfällt und dabei die dichtesten, erdnahen Luftschichten durchdringen muß (Abb. 48). Ist nun die Wurfweite und damit auch die Einfallgeschwindigkeit

zu groß, dann wird sich die Rakete durch die Luftreibung derart erhitzen, daß sie

vernichtet wird (zerschmilzt, krepirt), noch ehe sie überhaupt ans Ziel gelangt; ähnlich so wie auf die Erde zufallende Meteore auch nur selten den Erdboden erreichen, weil sie bereits vorher in der Lufthülle verglühen, infolge ihrer wesentlich größeren Einfallgeschwindigkeiten allerdings schon in viel bedeutenderen Höhenlagen. Es würde uns also die Erdlufthülle so wie in etlicher anderer Beziehung wahrscheinlich auch in dieser Hinsicht wenigstens teilweisen Schutz gewähren.

Wohl mag die eben beschriebene einfachste Anwendungsweise der Raumrakete manchem nicht gerade als Empfehlung für dieselbe erscheinen! Doch es ist eben das Schicksal fast sämtlicher großer Errungenschaften der Technik, daß sie auch für Zerstö-

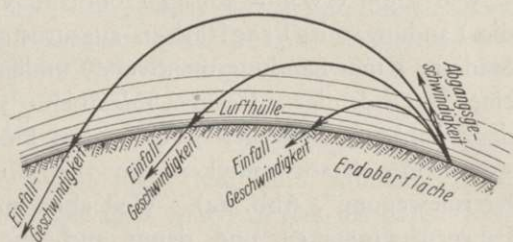


Abb. 48. Je größer die Wurfweite ist, desto größer wird auch die Einfallgeschwindigkeit sein (entsprechend der größeren hierzu notwendigen Abgangsgeschwindigkeit und Steighöhe).

rungszwecke benutzt werden können. Sollte man aber beispielsweise die Chemie etwa als schädlich und ihre weitere Ausgestaltung als nicht wünschenswert ansehen, weil sie die Waffen für den heimtückischen Gaskrieg schafft? Und es würden die Ergebnisse, die wir von einer erfolgreichen Entwicklung der Raumrakete zu erwarten hätten, weit alles überragen, was uns die Technik zu bieten bisher imstande war, wie wir im Folgenden erkennen werden.

Die Raumrakete als Flugzeug.

Wie schon erwähnt schlägt Hohmann vor, das Raumschiff für die Landung mit Tragflächen auszurüsten. In einem gewissen Stadium seines Landungsmanövers*) umläuft dasselbe die Erde in einer kreisförmigen freien Umlaufbahn schwebend (nur von der Fliehkraft „getragen“), in 75 km Höhe, mit einer dementsprechenden Geschwindigkeit von 7850 Meter je Sekunde („Freie Kreisbewegung“, Abb. 44). Weil aber im ferneren Verlaufe die Fahrgeschwindigkeit und damit auch die Fliehkraft andauernd abnimmt, bekommt das Fahrzeug immer mehr Gewicht, welches nun von den Tragflächen aufgenommen werden muß, so daß die freie Umlaufbewegung allmählich in einen Gleitflug übergeht. Demgemäß müssen immer tiefer gelegene, dichtere Luftschichten aufgesucht werden, so zwar: daß deren Widerstand bei der verringerten Fahrgeschwindigkeit und der erhöhten Last zur Erzielung des notwendigen Auftriebes gerade am besten entspricht („Gleitflugbewegung“, Abb. 44).

Da nun bei diesem Vorgange selbst die ganze Erde in nur wenigen Stunden umfahren wird, liegt der Gedanke nahe, auf ähnliche Weise auch einen irdischen Eilflugverkehr mit höchstmöglichen, und zwar kosmischen Geschwindigkeiten zu schaffen:

Ließe man nämlich ein mit Tragflächen ausgerüstetes, entsprechend gebautes Raumschiff nur bis auf eine Höhe von etwa 75 km aufsteigen und sorgte gleichzeitig, daß es sich dabei auch eine

*) Siehe Seite 78.

wagrechte Höchstgeschwindigkeit von 7850 Meter je Sekunde in der Richtung auf ein irdisches Reiseziel erteilt (Abb. 49), so könnte es den Weg bis dorthin ohne jeden weiteren Kraftaufwand zurücklegen: anfangs in annähernd kreisförmiger freier Um-

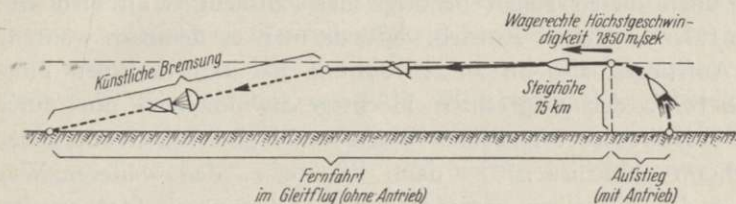


Abb. 49. Schematische Darstellung eines „Eilfluges mit kosmischer Geschwindigkeit“ bei welchem die wagrechte Höchstgeschwindigkeit so groß ist (hier gleich der Geschwindigkeit der freien Umlaufbewegung angenommen), daß die ganze Fernfahrt im Gleitflug zurückgelegt werden kann und vor der Landung noch künstlich gebremst werden muß.

laufbahn, später dann immer mehr und zum Schlusse gänzlich im Gleitflug, nur mehr getragen vom Auftrieb der Luft. Rechtzeitig vor der Landung müßte schließlich die Geschwindigkeit durch künstliche Luftwiderstandsbremung z. B. mittels eines nachgezogenen Fallschirmes entsprechend herabgemindert werden.

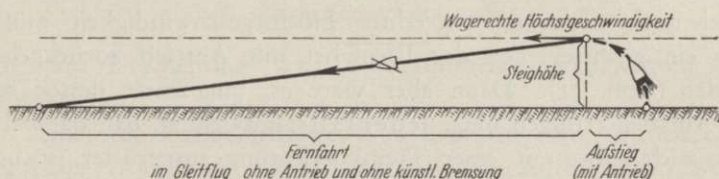


Abb. 50. Schematische Darstellung eines „Eilfluges mit kosmischer Geschwindigkeit“, bei welchem die wagrechte Höchstgeschwindigkeit gerade noch ausreicht, die ganze Fernfahrt im Gleitflug zurücklegen zu können, wenn dabei jede künstliche Bremsung vermieden wird.

Mag letzteres bei derart hohen Geschwindigkeiten noch einige Schwierigkeiten bieten, so würde es hingegen ohne weiteres gelingen, wenn man die wagrechte Höchstgeschwindigkeit kleiner wählt, weil dann auch dementsprechend weniger künstliche Brem-

sung notwendig wäre. Bei einer bestimmten wagrechten Höchstgeschwindigkeit würde sogar schon die natürliche Bremsung durch den unvermeidlichen Fahrwiderstand der Luft hierfür allein genügen (Abb. 50).

In allen diesen Fällen benötigt das Fahrzeug während der Fernfahrt keinerlei Antrieb. Würde man es demnach während des Aufstieges, also bis zur Erreichung der erforderlichen Flughöhe bzw. der wagrechten Höchstgeschwindigkeit, nur durch eine Schubrakete antreiben lassen — es also mittels derselben gleichsam „abschießen“ — dann könnte es den weiteren Weg bis an das Ziel allein vermöge seines „Schwunges“ (der erhaltenen lebendigen Kraft) zurücklegen und brauchte daher selbst überhaupt mit keiner Treibvorrichtung versehen zu sein, außer höchstens mit einem kleinen Reserveantrieb zur Ausgleichung eventueller Schätzungsfehler beim Landen. Natürlich könnte während des Aufstieges bis zur Erreichung der wagrechten Höchstgeschwindigkeit der Antrieb, statt durch eine Schubrakete, auch vom Fahrzeug zum Teil oder in der Gänze selbst geleistet werden. In ersterem Falle dürfte es vorteilhaft sein, die Schubrakete hauptsächlich auf Steiggeschwindigkeit, das Fahrzeug dagegen auf wagrechte Geschwindigkeit hinarbeiten zu lassen.

Bei noch kleinerer wagrechter Höchstgeschwindigkeit müßte auch ein gewisser Teil der Fernfahrt mit Antrieb zurückgelegt werden (Abb. 51). Dann aber wäre es, ungeachtet dessen wie der Aufstieg erfolgen mag, jedenfalls notwendig, daß das Fahrzeug auch selbst mit einer Treibvorrichtung ausgerüstet ist und soviel Betriebsstoff mitführt, als für die Dauer der Fahrt mit Antrieb erforderlich ist.

Angenommen, daß als Betriebsstoff Benzol und flüssiger Sauerstoff verwendet und damit eine Auspuffgeschwindigkeit von 2500 Meter je Sekunde erreicht wird: dann müßte nach den früher erläuterten Grundgesetzen der Raketenfahrtechnik*), zwecks Erreichung günstigsten Wirkungsgrades, auch die Fahrgeschwin-

*) Siehe Seite 31.

digkeit während der Dauer des Antriebes (und demgemäß auch die wagrechte Höchstgeschwindigkeit) ebenso groß sein, also 2500 Meter je Sekunde betragen. Die hierfür voraussichtlich am besten entsprechende Flughöhe würde sich im Sinne der Überlegungen des Hohmannschen Landungsvorganges mit rund 60 km ergeben. Bei dieser Geschwindigkeit, besonders wenn die Fahrt auch noch entgegen der Erddrehung also in der Richtung von Ost nach West erfolgt, wäre die Fliehkraftwirkung bereits so gering, daß die Tragflächen schon nahezu mit dem vollen Fahrzeuggewicht belastet wären, es sich hierbei also fast nur mehr

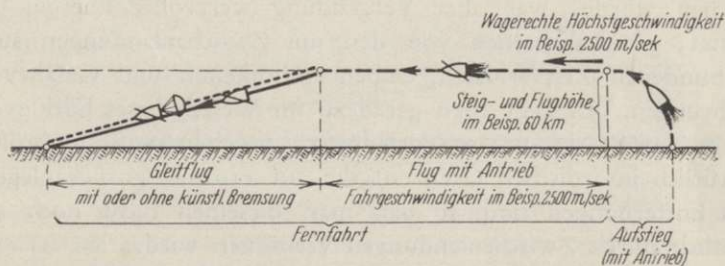


Abb. 51. Schematische Darstellung eines „Eilfluges mit kosmischer Geschwindigkeit“, bei welchem die wagrechte Höchstgeschwindigkeit zur Zurücklegung der ganzen Fernfahrt im Gleitflug nicht ausreicht, so daß ein Teil derselben mit Antrieb zurückgelegt werden muß.

um reine Drachenflug- statt um Himmelskörperbewegung handeln würde.

Über die konstruktive Ausführung eines solchen durch Rückstoß (Raketenwirkung) angetriebenen Eilflugzeuges nähere Angaben zu machen, wollen wir mit Rücksicht auf den Mangel genügender technischer Unterlagen vorläufig lieber noch unterlassen. Es wird dies — wie auch schon früher*) hinsichtlich der Raumrakete im allgemeinen angedeutet wurde — erst dann wirklich möglich sein, wenn einmal die grundlegende Frage des Raketen-Motors in befriedigender Weise praktisch gelöst ist.

Hingegen ist die Fahrweise, welche hierbei zur Anwendung

*) Siehe Seite 68.

kommen müßte, der Hauptsache nach bereits heute zu erkennen. Zu dem, was darüber ohnehin schon erwähnt wurde, sei noch gesagt:

Da beim Aufstieg die Emporhebung des Fahrzeuges auf so beträchtliche Flughöhen (35—75 km) nicht unbedeutenden Betriebsstoffaufwand erfordern würde, erscheint es angezeigt, Zwischenlandungen jedenfalls zu vermeiden. Dafür spricht außerdem der Umstand, daß die Unterteilung des gesamten Reiseweges wegen der dadurch bedingten Verkürzung jener Luftstrecken, welche in einem Zuge zurückzulegen sind, die Anwendung künstlicher Bremsung in vermehrtem Maße notwendig machen würde, was aber Vergeudung wertvoller Energie bedeutet; ganz abgesehen von den mit Zwischenlandungen stets verbundenen Zeitverlusten, Unbequemlichkeiten und Gefahrvermehrungen. Es liegt eben geradezu im Wesen dieses Eilflugverkehrs, daß er sich um so vorteilhafter erweisen muß, je größer (natürlich in irdischen Grenzen) die auf einmal zurückzulegenden Entfernungen sind, so daß man dieselben nicht noch absichtlich durch Zwischenlandungen verkürzen wird.

Es wäre demnach z. B. die Einschaltung von Tankzwischenstationen, wie dies in Anlehnung an manche Projekte des Transozeanflugverkehrs für das Raketenflugzeug u. a. schon vorgeschlagen wurde, der Eigenart desselben durchaus entgegen. Aber auch sonst ist es gewiß ein falscher Weg, um über dessen Bewegungsweise Klarheit zu gewinnen, sich einfach nur die Fahrtechnik unserer bisherigen Flugzeuge zum Vorbild zu nehmen; denn dafür sind Raketen- und Propellerfahrzeuge zu sehr im Wesen verschieden.

Andererseits aber halten wir es ebenso für unrichtig, daß die Fahrt des Raketenflugzeuges überhaupt nicht als eigentlicher „Flug“, sondern vielmehr hauptsächlich als Wurf (also ähnlich wie im früheren Abschnitt besprochen) vor sich gehen soll, was viele Autoren befürworten. Denn in diesem Fall ist beim Niedergehen des Fahrzeuges nebst der wagrechten auch eine lotrechte Fahrgeschwindigkeits-Komponente abzubremsen, die jedoch, wegen zu geringer Länge eines in der Erdlufthülle bestenfalls möglichen lot-

rechten Bremsweges, nicht mittels Luftwiderstandes sondern nur durch Rückstoßbremsung vernichtet werden kann. Letztere ist aber mit Rücksicht auf den damit verbundenen großen Betriebsstoffverbrauch, wo immer möglich, zu vermeiden.

Man muß deshalb das Auftreten einer wesentlicheren lotrechten Fahrgeschwindigkeits-Komponente überhaupt verhindern, und das wird eben erreicht, wenn die Fahrt, wie vom Verfasser vorgeschlagen, durchweg als Drachenflug in annähernd wagrechter Bahn — womöglich größtenteils im Gleitflug (ohne Antrieb) — zurückgelegt wird, also ähnlich wie die letzte Phase einer Hoh-

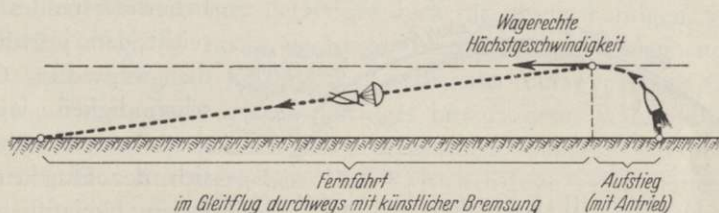


Abb. 52. Die größte mittlere Reisegeschwindigkeit wird dann erreicht, wenn man die wagerechte Höchstgeschwindigkeit so groß wählt, daß sie gerade noch abgebremst werden kann, wenn gleich nach ihrer Erlangung mit der künstlichen Bremsung begonnen wird. (In den schematischen Abb. 49 bis 52 würde bei naturgetreuer Darstellung die Erdoberfläche ebenso wie in Abb. 53 gekrümmt erscheinen.)

mannschen Gleitfluglandung, die jedoch in unserem Fall, und zwar mit der wagrechten Höchstgeschwindigkeit, erst neu begonnen wird, vor sich geht*).

Die größte mittlere Reisegeschwindigkeit, mit welcher bei einem solchen Eilflug eine bestimmte Reisestrecke überhaupt zurückgelegt werden könnte, hängt ab von der Länge der letzteren; denn die Fahrgeschwindigkeit ist begrenzt durch die Forderung, daß die Abbremsung des Fahrzeuges zwecks Landung noch gelingen muß, wenn damit sobald als möglich, d. h. also gleich nach Erlangung der wagrechten Höchstgeschwindigkeit, begonnen wird (Abb. 52).

*) Vgl. hierzu das auf Seite 85, 86 Gesagte.

Die „günstigste wagrechte Höchstgeschwindigkeit“ für eine bestimmte Reisedecke dürfte jene sein, welche für die Zurücklegung der ganzen Fahrt bis an das Ziel im Gleitflug, ohne wesentliche künstliche Bremsung gerade ausreicht (Abb. 50 und 53). Nach Meinung des Verfassers stellt dies zweifellos die vorteilhafteste Fahrweise für ein Raketenflugzeug dar. Sie ist zudem für alle, selbst für die weitesten irdischen Entfernungen anwendbar, wenn nur die wagrechte Höchstgeschwindigkeit entsprechend gewählt wird, und zwar deshalb, weil man nämlich mit Vergrößerung der letzteren zugleich auch eine Verminderung des



Abb. 53. Vorteilhafteste Art der Ausführung eines „Eilfluges mit kosmischer Geschwindigkeit“: Die wagrechte Höchstgeschwindigkeit wird — entsprechend der Entfernung — so groß gewählt („günstigste wagrechte Höchstgeschwindigkeit“), daß die ganze Fernfahrt im Gleitflug ohne Antrieb und ohne künstliche Bremsung zurückgelegt werden kann (Schema siehe Abb. 50).

Fahrwiderstandes erreicht; denn je größer die wagrechte Geschwindigkeit wird, desto mehr nähert sich der Flug einer freien Umlaufbewegung um die Erde und verliert demnach das Fahrzeug infolge stärkerem Hervortretens der Fliehkraft an Gewicht; desto

weniger Auftrieb durch die Luft ist dann aber nötig, so daß die Fahrbahn nun in dementsprechend höhere, dünnere Luftschichten mit kleinerem Widerstand — also auch geringerer natürlicher Bremswirkung — verlegt werden kann.

Die Größe der günstigsten wagrechten Höchstgeschwindigkeit hängt allein nur von der Länge des zurückzulegenden Weges ab, wird sich genau aber erst dann angeben lassen, wenn einmal die Widerstandsverhältnisse in den höheren Luftschichten bei Überschall- und kosmischen Geschwindigkeiten erforscht sind.

Aber auch kleinere wagrechte Höchstgeschwindigkeiten, bei denen ein Teil der Fahrt mit Antrieb zurückgelegt werden müßte (früher für Benzolantrieb untersucht), könnten mitunter

in Betracht kommen. Wesentlich größere hingegen kaum; denn dieselben würden den Betrieb sehr unwirtschaftlich gestalten, wegen der Notwendigkeit, einen bedeutenden Teil der aufgewendeten Energie durch Fallschirmbremung künstlich vernichten zu müssen.

Doch sie wären wohl auch gar nicht notwendig! Denn schon bei Anwendung der „günstigsten“, ja auch bei kleineren wagrechten Höchstgeschwindigkeiten, könnte jede auf der Erde überhaupt mögliche Entfernung, selbst jene bis zu den Antipoden, in nur wenigen Stunden zurückgelegt werden.

Zu dem Vorteil einer derartigen auch für unsere heutigen, verwöhnten Begriffe noch geradezu ungeheuerlich erscheinenden Reisegeschwindigkeit, kommt aber noch jener der geringen Gefährlichkeit eines solchen Eilfluges hinzu; denn während der Fernfahrt selbst können unvorhergesehene „äußere Gefahren“ sich überhaupt nicht ergeben: Daß Bahnhindernisse auftauchen, ist hierbei ja, wie auch bei jedem anderen sich in entsprechend großer Höhe bewegendem Luftfahrzeug, praktisch nicht möglich. Aber auch Wettergefahren, die für ein solches insbesondere bei sehr weiten Fernfahrten (z. B. Ozeanüberquerungen) mitunter verhängnisvoll werden können, sind für das Eilflugzeug während der ganzen Fernfahrt vollkommen ausgeschaltet; denn die Wetterbildung ist nur auf den unteren, bis etwa auf 10 km Höhe reichenden Teil der Atmosphäre — die sogenannte „Troposphäre“ — beschränkt. Der darüber lagernde Teil der Lufthülle — die „Stratosphäre“ — woselbst eben der Eilflugverkehr sich abwickeln würde, ist gänzlich frei davon. Dort gibt es, abgesehen von stets gleichbleibenden Luftströmungen, keinerlei atmosphärische Veränderungen mehr.

Wenn man außerdem noch die „günstigste wagrechte Höchstgeschwindigkeit“ anwendet, so daß während der Fernfahrt weder Antrieb noch künstliche Bremsung notwendig ist, sind auch die „inneren“, d. h. in der Funktion des Fahrzeuges selbst gelegenen Gefahren auf ein Minimum reduziert. Solche können sich dann, ebenso wie äußere Gefahren, überhaupt nur während des Auf-

stieg- und des Landungsvorganges ergeben. Sobald man die letzteren einmal wenigstens mit jener Sicherheit beherrscht, welche bei den anderen Verkehrsmittel üblich ist, dann werden durch Rückstoß angetriebene Eilflugzeuge nicht nur die für unsere Erde schnellstmöglichen sondern auch die sichersten Fahrzeuge darstellen.

Die Erreichung eines derartigen verkehrstechnischen Erfolges wäre etwas so Großartiges, daß dies allein schon alle Opfer rechtfertigen würde, welche die Verwirklichung der Raumfahrt noch erfordern mag. Unsere Begriffe über irdische Entfernungen aber müßten sich von Grund aus wandeln, wenn wir einmal z. B. von Berlin nach Tokio oder auch rund um die ganze Erde in einem knappen Vormittage reisen könnten! Dann erst würden wir uns als Beherrscher unserer Erde fühlen dürfen, aber auch zugleich so recht zu der Erkenntnis kommen, wie klein in Wirklichkeit unser Heimatplanet ist und die Sehnsucht würde steigen nach jenen fernen Welten, die wir bis heute nur als Sterne kennen.

Eine Warte im leeren Weltraum.

Doch bisher sind wir ja dem eigentlichen Zweck der Raumfahrt noch überhaupt gar nicht gefolgt. Das in diesem Sinn zunächst liegende Ziel wäre nun: so hoch emporzusteigen, daß man entsprechend weit über die Erdlufthülle bis in den völlig leeren Raum gelangte, ohne aber sich vorerst von der Erde auch gänzlich loszulösen. Nur allein dadurch würden sich schon gewaltige, ganz neuartige Möglichkeiten eröffnen.

Allerdings genügte es hierzu nicht, lediglich aufsteigen und wieder landen zu können. Wohl dürfte es möglich sein, im Verlaufe einer Fahrt, bei der die Steighöhe so groß gewählt wird, daß die Reise Tage oder Wochen dauert, mancherlei wissenschaftliche Beobachtungen vorzunehmen; aber eine großzügige Ausnützung der Raumfahrt ließe sich auf diese Weise doch nicht erzielen. Schon aus dem Grunde nicht, weil die hierzu nötigen Einrichtungen wegen ihres Umfangs nicht auf einmal in die Höhe

mitgenommen, sondern nur nacheinander, bestandteilweise hinaufgebracht und erst oben zusammengesetzt werden könnten.

Letzteres setzt aber die Fähigkeit voraus, in der erreichten Höhe auch beliebig lang verweilen zu können; ähnlich etwa wie ein Fesselballon, der sich dort ohne jeden Energieaufwand, nur durch den Auftrieb der Luft getragen, lange Zeit schwebend erhält. Wie wäre dies in unserem Falle aber möglich, in Höhen, die bis in den leeren Weltraum ragen, wo nichts besteht, ja selbst die Luft zur Unterstützung fehlt? Und doch! Wenn auch nichts Materielles vorhanden ist, so stünde dennoch etwas, und zwar noch viel Verlässlicheres zur Verfügung, uns dort oben zu erhalten. Eine ganz einfache Naturerscheinung ist es: die bereits so oft erwähnte Fliehkraft.

Schon einleitend wurde darauf hingewiesen*), daß man sich der Schwerkraft eines Gestirns, außer durch Erreichung der praktischen Schweregrenze, auch durch den Übergang in eine freie Umlaufbahn entziehen könnte; denn in letzterem Falle wird die Wirkung der Schwerkraft durch die erweckten Trägheitskräfte (bei kreisförmigem Umlauf nur durch die Fliehkraft allein, Abb. 5) aufgehoben, so daß ein stabiler Schwebezustand entsteht, der es gestatten würde, beliebig lange über dem betreffenden Gestirn zu verharren. Von dieser Möglichkeit müßte nun auch in vorliegendem Falle Gebrauch gemacht werden.

Es handelt sich demnach also darum, beim Aufstieg nicht nur die gewünschte Höhe zu erreichen, sondern auch eine bestimmte, der betreffenden Höhenlage (bzw. der Entfernung vom Erdmittelpunkt) gerade entsprechende Umlaufgeschwindigkeit zu erlangen, deren Größe aus den Gesetzen der Gravitationsbewegung genau errechnet werden kann. Die Erteilung dieser Umlaufgeschwindigkeit, welche für die Erde in keinem Falle mehr als rund 8000 Meter je Sekunde betragen müßte, würde keine Schwierigkeiten bereiten, sobald wir in der Vollendung des Raumfahrzeuges einmal soweit sind, auch derart hoch aufsteigen zu können.

*) Siehe Seite 13 bis 16.

Unter den unzähligen vielen, überhaupt möglichen freien Umlaufbahnen um die Erde haben für unseren vorliegenden Zweck nur die wenigstens annähernd kreisförmig verlaufenden Bedeutung und hiervon wieder sind jene besonders interessant, deren Halbmesser (Abstand vom Erdmittelpunkte) 42 300 km beträgt (Abb. 54); denn diesem entspricht, bei einer zugeordneten Umlaufgeschwindigkeit von 3080 Meter je Sekunde, eine Umlaufwinkelgeschwindigkeit, welche ebenso groß ist, wie jene der Erdrotation. D. h. aber nichts anderes, als daß ein Körper in einer

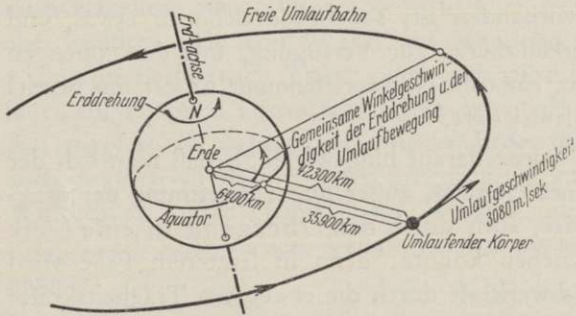


Abb. 54. Jeder Körper, der die Erde in der Ebene des Äquators, 42 300 km entfernt vom Erdmittelpunkte, in kreisförmiger Bahn umläuft, verharrt freischwebend beständig über demselben Punkte der Erdoberfläche.

dieser freien Umlaufbahnen die Erde ebenso schnell umkreist, als sie sich selber dreht: nämlich einmal in einem Tage („Stationärer Umlauf“).
Richten wir es nun außerdem noch so ein, daß die Umlaufbahn genau in der Äquatorebene liegt,

dann würde der Körper dauernd über ein und demselben Äquatorpunkte stehen, und zwar in 35900 km Höhe über der Erdoberfläche, wie sich nach Berücksichtigung des Erdhalbmessers von rund 6400 km ergibt (Abb. 54). Er würde dann gleichsam die Spitze eines ungeheuer hohen Turmes bilden, welcher selbst jedoch gar nicht vorhanden, dessen Tragkraft aber ersetzt wäre durch die Wirkung der Fliehkraft (Abb. 55).
Diese schwebende „Turmspitze“ könnte nun bis zu jeder Größe ausgebaut und zweckentsprechend eingerichtet werden. Es entstünde so ein Bauwerk, das fest zur Erde gehört, ja sogar dauernd in unveränderlicher Stellung zu ihr verharrt und sich doch weit über der Lufthülle bereits im leeren Weltraum befin-

det: eine Warte mit der „Seehöhe 35900000 Meter über dem Meeresspiegel“. Würde man diese „Weltraumwarte“ z.B. im Meridian von Berlin errichtet haben, dann wäre sie von dort ständig an jener Himmelsstelle zu erblicken, an welcher sich die Sonne in der Zeit um Mitte Oktober zur Mittagsstunde befindet.

Wollte man die Warte jedoch statt über einem Punkte des Äquators über einer anderen Stelle der Erde haben, dann müßte man allerdings darauf verzichten, sie in Bezug auf die Erdoberfläche in unveränderter Lage erhalten zu können; denn es wäre hierzu erforderlich, der Ebene ihrer Umlaufbahn gegenüber der Äquatorebene einen entsprechenden Neigungswinkel zu erteilen, was aber zur Folge hätte, daß sie im Verlaufe des Tages vom Zenite gegen den Horizont je nach der Größe dieses Neigungswinkels mehr oder weniger tief schwanken würde. Diesen Nachteil könnte man jedoch zum Teil ausgleichen, wenn man für einen bestimmten Ort nicht nur eine sondern mehrere Raumwarten errichtet; bei entsprechender Wahl der Bahnneigung wäre es dann möglich zu erreichen, daß stets eine der Raumwarten sich nahe dem Zenite des betreffenden Ortes befindet.

Schließlich käme auch der besondere Fall in Frage, die Umlaufbahn so einzustellen, daß ihre Ebene entweder zur Ebene der Erdbahn, wie Oberth es vorschlägt, oder zu jener des Äquators senkrecht steht.

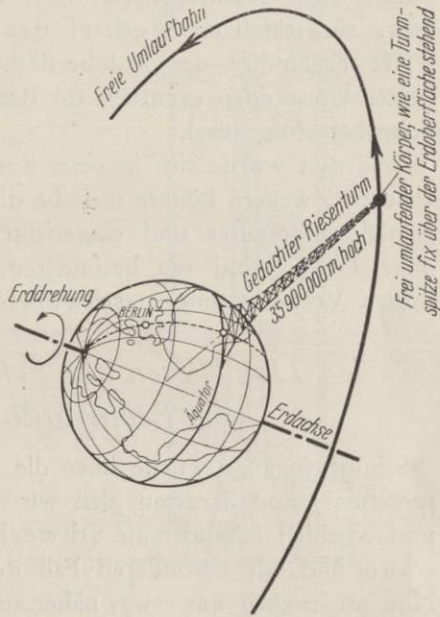


Abb. 55. Ein Körper, der die Erde wie in Abb. 54 umläuft, verhält sich so, als ob die Spitze eines riesigen (natürlich nur gedachten), 35900000 Meter hohen Turmes bilden würde.

Desgleichen könnte natürlich auch die Größe (der Durchmesser) der Umlaufbahn anders gewählt werden, als dies in vorliegendem Fall zwecks Erreichung des stationären Umlaufes geschehen ist; so z. B., wenn der Umlauf aus energiewirtschaftlichen Gründen in größerer Entfernung von der Erde (Verkehrsstützpunkt, siehe Nachfolgendes) oder näher zu ihr stattfinden soll, bzw. ein ständiger Wechsel des Standpunktes der Raumwarte gegenüber der Erdoberfläche besonders erwünscht wäre (unter Umständen eventuell für Raumspiegel, Kartographie usw., siehe Nachfolgendes).

Wie nun würde sich in einer Raumwarte das Leben abspielen, welchen Zwecken könnte dieselbe dienen und wie müßte sie demgemäß ausgestaltet und eingerichtet werden? Entscheidend für diese Fragen sind die besonderen, dort herrschenden physikalischen Voraussetzungen: schwerelos und luftleer.

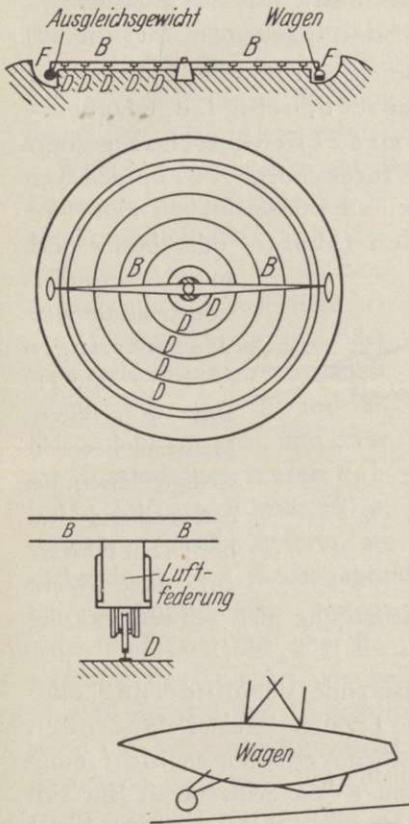
Das Wesen der Schwere und ihre Beeinflußbarkeit.

Schon eingangs wurde über die sogenannten Massenkräfte gesprochen*) und dargetan, daß wir verschiedene Arten derselben unterscheiden nämlich: die Schwerkraft, den Trägheitswiderstand und, als besonderen Fall des letzteren, die Fliehkraft. Nun müssen wir uns etwas näher auch mit ihrem Wesen befassen.

Dasselbe besteht nämlich darin, daß diese Kräfte nicht wie die anderen mechanischen Kräfte nur an einzelnen Stellen der Oberfläche eines Körpers, sondern daß sie an allen, auch an den in seinem Inneren gelegenen Punkten gleichzeitig angreifen. Da diese Besonderheit allen Massenkräften gemeinsam zukommt, ist es somit für die praktische Wirkung ganz gleichgültig, von welcher Art eine Massenkraft ist. Stets wird sie sich auf einen Körper in gleicher Weise äußern wie die Schwerkraft, und wir werden sie auch in jedem Falle ebenso empfinden, wie das uns wohlbekannte „Schweregefühl“, einerlei ob es sich hierbei um Schwer-

*) Siehe Seite 9 bis 11.

kraft, Trägheitswiderstand, Fliehkraft oder auch um die Resultierende mehrerer dieser Kräfte handelt. Durch diese vollkommene Gleichartigkeit der Wirkung ist es möglich, daß die verschiedenen



B. Querarm. D. Fahrstühlen.
 Abb. 56. Karussell nach Oberth,
 beide dazu bestimmt, den Zustand erhöhter Schwere künstlich zu erzeugen,
 zwecks Vornahme von physiologischen Versuchen.

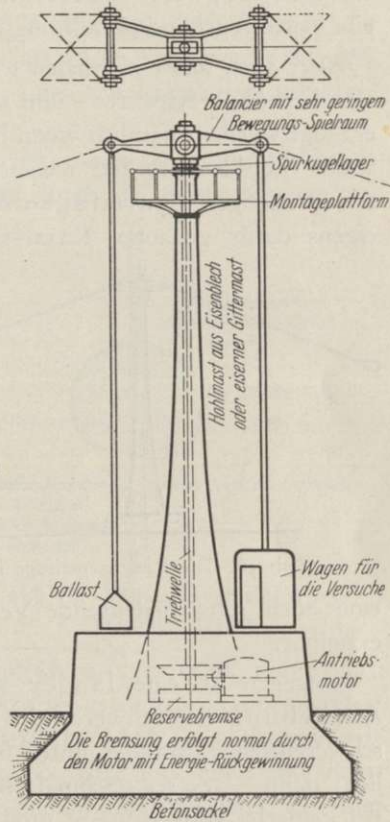


Abb. 57. Riesenzentrifuge nach
 Vorschlag des Verfassers,
 Die Bremsung erfolgt normal durch
 den Motor mit Energie-Rückgewinnung

Arten von Massenkräften sich gegenseitig sowohl verstärken als schwächen oder auch sich gänzlich aufheben können.

Ein Beispiel für das Zustandekommen gegenseitiger Verstär-

kung von Massenkräften lernten wir schon bei der Untersuchung des Aufstieges von Raumraketen kennen^{*)}). In diesem Falle wird die Schwerkraft, solange der Antrieb wirkt, durch den dabei erweckten Trägheitswiderstand vermehrt, was sich praktisch wie eine vorübergehende Erhöhung der Schwere geltend macht (Abb. 22).

Aber auch unter normalen irdischen Verhältnissen kann der Zustand erhöhter Schwere — und sogar auf beliebig lange Dauer — erzeugt werden: nämlich wenn hierzu die Fliehkraft herangezogen wird. Letzteres findet, technisch angewendet, z. B. in den verschiedenartigen Zentrifugen statt und würde sich mit Hilfe von eigens dafür gebauten Karussellen (Abb. 56) oder besser noch

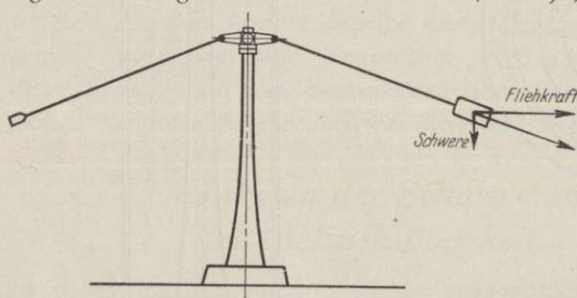


Abb. 58. Die Riesenzentrifuge in Betrieb.

mittels besonders konstruierter Riesenzentrifugen (Abb. 57 und 58) auch in größtem Maßstabe bewerkstelligen lassen. Bei entsprechend hoher Drehzahl wäre auf diese Weise

eine auch sehr bedeutende Vervielfachung der Schwerkraftwirkung erzielbar.

Hingegen ist eine länger andauernde Verminderung oder Aufhebung der Schwere, also die Erzeugung eines dauernden schwerelosen Zustandes unter irdischen Verhältnissen nicht möglich; denn — es sei nochmals betont — die Schwerkraft läßt sich auf keinerlei andere Weise unwirksam machen, als nur durch das Entgegensetzen einer gleichgroßen anderen Massenkraft. So kann man einen Körper durch Unterstützen wohl daran hindern, daß er fällt (also der Schwerkraft folgt), aber sein Gewicht aufheben kann man dadurch nicht, was ja das Fortbestehen seines Druckes auf die Unterlage beweist. Auch der Versuch, einen Kör-

^{*)} Siehe Seite 41, 42.

per etwa durch irgendeine Veränderung seines materiellen Aufbaues dem Einfluß der Schwerkraft zu entziehen, dürfte wohl für alle Zeiten zum Mißlingen verurteilt sein.

Nun steht auf der Erdoberfläche aber weder eine entsprechend starke fremde Schwerkraft zur Verfügung, noch können das selbst Fliehkräfte in einem Körper auf solche Art erweckt werden, daß er durch deren Wirkung in einen beobachtbaren schwerelosen Zutsand versetzt wird.

Wohl aber ist es auch auf der Erde — allerdings nur für kurze Dauer — möglich, die Schwerkraft durch die dritte Massenkraft nämlich mittels des Trägheitswiderstandes aufzuheben.

Alltäglich können wir diese Art des Zustandekommens der Schwerelosigkeit an uns selbst erleben oder auch an anderen Körpern beobachten, und zwar im Zustande des freien Fallens. Daß ein Körper fällt, bedeutet ja nichts anderes, als daß er durch sein Gewicht gegen den Erdmittelpunkt bewegt wird, und zwar mit einer Be-

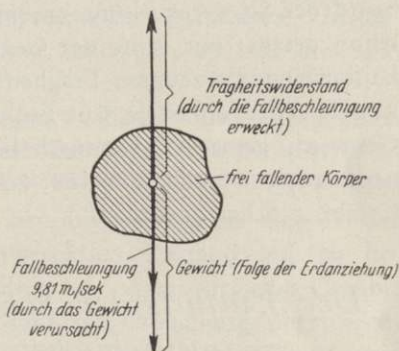


Abb. 59. Kräftespiel an einem frei fallenden Körper.

schleunigung (von bei uns bekanntlich $9,81 \text{ m/sec}^2$), die genau so groß ist, daß der dadurch im Körper erweckte Trägheitswiderstand das Körpergewicht gerade aufhebt (Abb. 59); denn würde davon ein Rest noch übrigbleiben, so hätte dies eben eine dementsprechende Vergrößerung der Beschleunigung und damit des (hier der Schwere entgegenwirkenden) Trägheitswiderstandes zur Folge.

Im freien Fallen, auch während eines Sprunges, sind wir demnach gewichtslos. Jenes Gefühl, das wir dabei empfinden, ist also das der Schwerelosigkeit; jenes Verhalten, das wir an einem Körper während des freien Fallens beobachten, würde er auch in einem auf andere Weise erzeugten gewichtslosen Zustande zeigen. Da aber das Fallen nur Augenblicke andauern kann, wenn es nicht zur Vernichtung

führen soll (am längsten noch bei Fallschirmabsprüngen, Skisprüngen usw.), so ist eben das Zustandekommen des schwerelosen Zustandes auf der Erde nur für ganz kurze Zeit möglich. Trotzdem gelang es Oberth auf diese Weise sehr interessante Versuche anzustellen, aus denen auf das Verhalten der verschiedenen Körper und den Ablauf von Naturerscheinungen im schwerelosen Zustand geschlossen werden kann.

Ganz anders liegen jedoch die Verhältnisse bei der Raumfahrt. Nicht nur daß bei dieser der freie Fall Tage und Wochen andauern kann. Es wäre hierbei auch möglich, einen Körper bleibend der Schwerkraft zu entziehen, und zwar wie eingangs*) schon gesagt: mit Hilfe der Gegenwirkung von durch freie Umlaufbewegung erzeugten Trägheitskräften, insbesondere der Fliehkraft. Hiervon ist ja laut Früherem auch bei der Raumwarte Gebrauch gemacht. Demnach befindet sich diese im Zustande unbegrenzt andauernder, vollkommener Schwererfreiheit („stabiler Schwebzustand“).

Der Einfluß der Schwererfreiheit auf den menschlichen Organismus.

Wie wirkt sich nun das Fehlen der Schwere auf den menschlichen Organismus aus? Die Erfahrung beim freien Fall zeigt, daß ein nur kurze Zeit währender Zustand der Gewichtslosigkeit nicht gesundheitsschädlich ist. Ob dies aber auch bei dauernder Schwererfreiheit gelten würde, kann mit Bestimmtheit nicht vorausgesagt werden, da solches noch niemand erlebt hat. Doch darf man es mit größter Wahrscheinlichkeit annehmen, zumindest in physiologischer Beziehung; denn sämtliche körperlichen Funktionen erfolgen durch muskuläre oder osmotische Kräfte, benötigen also nicht die Mithilfe der Schwere. Tatsächlich erweisen sich auch alle lebenswichtigen Vorgänge von der Körperlage als vollkommen unabhängig und vollziehen sich

*) Siehe Seite 13, 14.

ebensogut wie in aufrechter auch in liegender oder jeder anderen Körperstellung.

Nur bei sehr langem Verbleiben in gewichtslosem Zustand dürfte vielleicht eine gewisse Schädigung dadurch entstehen, daß wichtige Muskelgruppen infolge der andauernden Nichtbenutzung schwinden und daher ihren Dienst versagen würden, wenn sich das Leben wieder unter normalen Schwereverhältnissen (z. B. nach der Rückkehr zur Erde) abwickeln soll. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß dem durch systematische Muskelübungen erfolgreich entgegengewirkt werden könnte, abgesehen davon, daß es auch möglich wäre, mittels entsprechender technischer Vorkehrungen diesem Umstande Rechnung zu tragen, wie wir dies später sehen werden.

Voraussichtlich das einzige Organ, welches durch das Fehlen der Schwere beeinflusst würde, ist das Gleichgewichtsorgan im inneren Ohr. Allerdings wird dieses dann auch nicht mehr in derselben Weise wie sonst benötigt; denn der Begriff des Gleichgewichtes hört ja im schwerelosen Zustand auf zu bestehen. In jeder Körperlage haben wir dann dasselbe Gefühl; „oben“ und „unten“ verlieren (auf die Umgebung übertragen) ihre gewohnte Bedeutung; Fußboden, Decke und Wände eines Zimmers unterscheiden sich nicht mehr voneinander.

Der Eindruck dieser ganz außergewöhnlichen Verhältnisse dürfte allerdings, zum mindesten anfangs, eine starke seelische Beeinträchtigung hervorrufen. Dazu kommt noch der Einfluß, welcher auf das Nervensystem durch den Zustand der Gewichtslosigkeit unmittelbar ausgeübt wird. Die wesentlichsten damit verbundenen Sinneseindrücke sind: die schon erwähnte Beeinflussung des Gleichgewichtsorgans, das Aufhören der Wahrnehmung eines Unterstützungsdruckes gegen den Körper und gewisse Veränderungen der Muskel- und Gelenkempfindungen.

Nun ist uns dieser Gefühlskomplex bisher aber nur aus dem Zustande des freien Fallens bekannt, da wir, wie schon erwähnt, unter irdischen Verhältnissen Schwerfreiheit nur im Fallen er-

leben können; unwillkürlich werden wir daher das mit dem Fallen an und für sich verbundene Angstgefühl, sowie alle sonstigen durch diese außergewöhnliche Situation erweckten Seelenzustände, bei Aufhören des Schweregefühls auch dann empfinden, wenn die Schwerefreiheit gar nicht durch Fallen, sondern auf andere Weise (wie z. B. in der Raumwarte durch die Wirkung der Fliehkraft) hervorgerufen wird.

Allerdings ist nach den bisherigen Erfahrungen (Flieger, Skispringer usw.) zu erwarten, daß es durch Gewöhnung möglich sein wird, den schwerelosen Zustand auch in seelischer Beziehung ohne weiteres ertragen zu können, und zwar um so eher, je mehr man damit vertraut wird, daß „schwerelos“ und „fallen“ nicht miteinander verknüpft sein müssen. Ja es ist sogar anzunehmen, daß bei ganz allmählichem Erlöschen des Schwereempfindens das Angstgefühl überhaupt ausbleibt.

Oberth hat sich mit allen diesen Fragen eingehend beschäftigt. Unter Verwertung seiner Ergebnisse, können wir zusammenfassend sagen: Während in körperlicher Beziehung die Schwerelosigkeit fast sicher auch lange Zeit, wenn auch vielleicht nicht unbegrenzt, ohne wesentliche Schädigungen zu ertragen wäre, kann dies in seelischer Hinsicht nicht mit Gewißheit behauptet, aber doch als wahrscheinlich angenommen werden. Der Verlauf der seelischen Eindrücke dürfte hierbei vermutlich ungefähr folgender sein: Anfangs — wenigstens bei raschem, unvermitteltem Eintritt der Schwerefreiheit — Angstgefühl; Gehirn und Sinnesorgane arbeiten außerordentlich intensiv, alle Gedanken sind streng sachlich und werden rasch und mit scharfer Logik gefaßt; die Zeit scheint langsamer abzulaufen; eine eigentümliche Unempfindlichkeit gegen Schmerzen und Unlustgefühle stellt sich ein. Später lassen diese Erscheinungen nach, und es bleibt nur ein gewisses Gefühl erhöhter Spannkraft und Frische zurück, ähnlich vielleicht wie nach Einnahme eines nervenanregenden Mittels, bis schließlich nach längerer Gewöhnung der seelische Zustand möglicherweise auch ganz normal wird.

Das physikalische Verhalten der Körper bei Fehlen der Schwere.

Um sich nun auch von den allgemeinen physikalischen Verhältnissen, die im schwerelosen Zustand herrschen, eine Vorstellung bilden zu können, muß man festhalten: Die alle Massen auf den Boden niederziehende und so nach bestimmter Gesetzmäßigkeit ordnende Kraft der Erdschwere ist nicht mehr wirksam. Demnach bewegen sich die Körper, nahezu nur dem Trägheitsgesetze (Beharrungsvermögen) folgend, solange in ihrer zufälligen Bewegungsrichtung geradlinig fort, als kein Widerstand sie hemmt, und sie ordnen sich allein nach den zwischen und in ihnen wirkenden, den Körpern selbst zukommenden (molekularen, elektrischen, magnetischen, Massenanziehungs- und sonstigen) Kräften.

Diese außergewöhnlichen Voraussetzungen müssen aber zur Folge haben, daß sämtliche Körper ein gänzlich verändertes Verhalten zeigen und daß sich demgemäß auch unser eigenes Tun und Lassen in einer vom Bisherigen völlig verschiedenen Art abwickeln wird.

So kann die menschliche Fortbewegung nun nicht mehr durch „gehen“ erfolgen. Die Füße haben ihren gewohnten Zweck verloren. Mangels eines Gewichtsdruckes fehlt die Reibung unter den Sohlen; diese bleiben daher am Boden noch viel weniger haften, als selbst auf dem glattesten Eissspiegel. Um sich fortzubewegen, muß man sich entweder entlang einer Fläche mit den Händen fortziehen (Abb. 60, z), zu welchem Zweck die Wände der Raumwarte womöglich durchweg mit entsprechenden Griffen (etwa Schlingen ähnlich jenen der Straßenbahnwagen) ausgestattet sein müßten (Abb. 60 und 61), oder aber man stößt sich in der Richtung auf ein Ziel ab und schwebt demselben zu (Abb. 60, a).

Es mag dabei dem Neuling schwerfallen, mit seinen Kräften entsprechend Maß zu halten. Dies aber ist notwendig; denn da man ja mit der vollen Kraft der Abstoßung auch auf der gegenüberliegenden Wand des Zimmers auftrifft, kann allzu großer

Eifer in diesem Fall sehr leicht zu schmerzlichen Beulen führen. Deshalb müßten in allen von Menschen benutzten Räumen die Wände und insbesondere sämtliche Ecken und Kanten sehr gut gepolstert sein (Abb. 60).

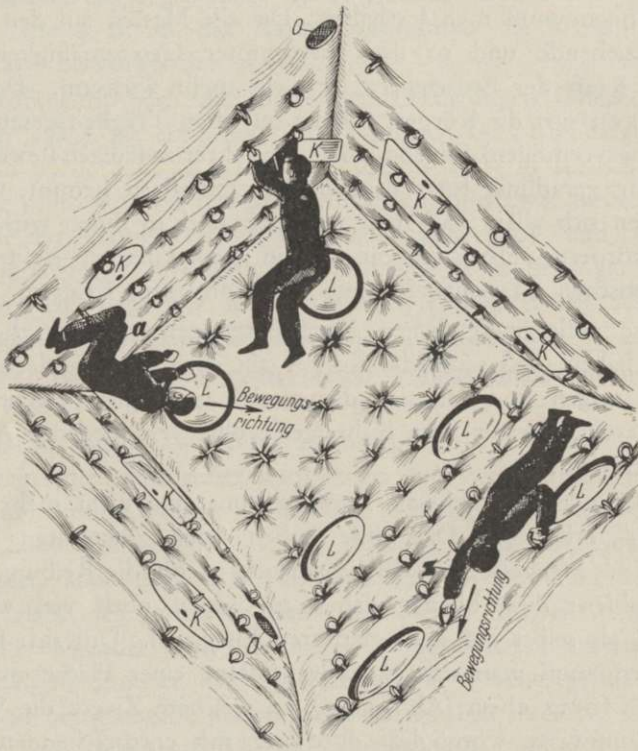


Abb. 60. Ein Zimmer der Raumwarte, in welchem gewichtsloser Zustand herrscht und das demgemäß ausgestattet ist: Die Wände sind durchweg gepolstert und mit Greifschlingen versehen. Kein loser Gegenstand ist vorhanden.

- K Verschließbare Kästen zum Aufbewahren von Gebrauchsgegenständen u. dgl.
- L Luken für den Lichteinlaß (siehe folgende Seite 129).
- O Öffnungen der Belüftungsleitung (siehe folgende Seite 130).
- z Fortbewegung des Menschen durch Fortziehen.
- a Fortbewegung des Menschen durch Abstoßen.

Die Abstoßung kann aber auch lebensgefährlich werden, und zwar wenn sie nicht in einem geschlossenen Raum sondern im Freien erfolgt, also z. B. bei Aufenthalt (im Raumanzug, siehe Folgendes) außerhalb der Raumwarte; denn hat man es versäumt, hierbei entsprechende Vorsichtsmaßnahmen zu treffen und beim Abstoßen sein Ziel verfehlt, dann schwebt man fortgesetzt weiter: ohne Ende in die totbringende Leere des Weltenraums. So droht nun, als Gegenstück zur irdischen Gefahr des „Stürzens in die Tiefe“, die nicht minder erschreckende Möglichkeit des „Entschwebens in den Raum“. Der Ruf: „Mann über Bord“ gilt also auch bei Fehlen der Schwere, allerdings in anderem Sinn.

Da die Körper nun nicht mehr durch ihr Gewicht auf ihre Unterstützung gedrückt werden, hat es natürlich keinen Zweck, daß man einen Gegenstand irgendwo „aufhängt“ oder „hinlegt“, es wäre denn, man würde ihn auf seiner Unterlage ankleben oder etwa durch magnetische oder andere Kräfte niederhalten. Einen Körper aufbewahren kann man also nur mehr dadurch, daß man ihn irgendwo befestigt oder besser noch einschließt. Daher müßten die Räume der Warte mit gut verschließbaren, an den Wänden entsprechend angebrachten Kästen ausgestattet sein (Abb. 60 und 61, K).

Kleiderrechen, Stellagen u. dgl., ebenso Tische, soweit sie zum Ablegen von Gegenständen dienen sollen, sind also unbrauchbare Möbelstücke geworden. Aber auch Sessel, Bänke und Betten können ihren Zweck nicht mehr erfüllen; man müßte sich an ihnen festbinden, um nicht schon bei der kleinsten Bewegung von ihnen fort in irgendeine Zimmerecke zu entschweben. Ohne Schwere gibt es eben weder ein „Stehen“ noch ein „Sitzen“ oder „Liegen“. Um eine Arbeit zu verrichten, ist es somit nötig, sich an der Stelle seiner Tätigkeit ebenfalls festzumachen: also z. B. an der Tischplatte, wenn man schreiben oder zeichnen wollte (Abb. 61). Um zu schlafen, muß man jedoch nicht erst sich niederlegen: in jeder Körperlage, an jeder Stelle des Raumes kann man der Ruhe pflegen.

Aber trotz dieser durch das Fehlen der Schwere bedingten Regellosigkeit im physikalischen Verhalten der frei beweglichen Körper, ist die Art, wie dieselben nunmehr zur Ruhe kommen, doch nicht vollkommen willkürlich; denn das allgemeine Gesetz

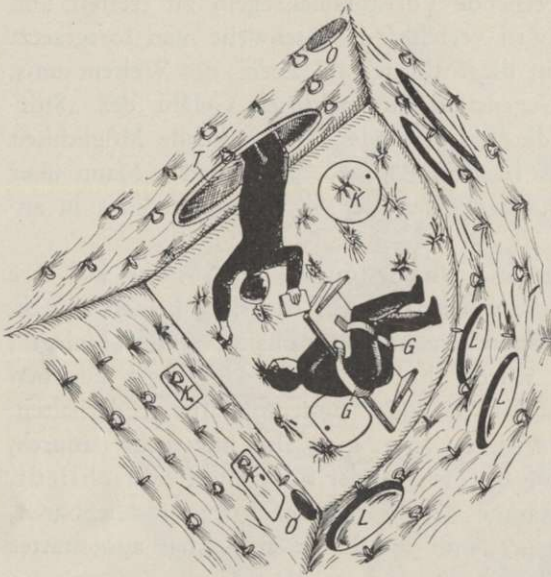


Abb. 61. Verrichtung von Schreibarbeiten im schwerelosen Zustand: Man muß sich hierzu an der Tischplatte z. B. mittels Ledergurten (G) festmachen, um (ohne sich anzuhalten) an derselben überhaupt verbleiben zu können. — Durch die (hier runde) Türöffnung (T) schwebt eben ein Mann aus dem Nebenraum herein, einen Gegenstand bringend.

der Massenanziehung gilt ja auch für die Raumwarte selbst und bewirkt, daß alle Massen gegen den gemeinsamen Schwerpunkt hingezogen werden. Allerdings — infolge der verhältnismäßigen Kleinheit der Gesamtmasse — mit so äußerst geringer Beschleunigung, daß die Zurücklegung von nur einem Meter Weges Stunden dauert. Aber schließlich werden die nicht festgehaltenen Körper, entweder infolge dieser oder ihrer sonstigen zufälligen Bewegung, doch auf eine der Zimmerwände treffen und entweder gleich an derselben angelegt bleiben oder, wenn ihre Geschwindigkeit genügend groß war, je nach dem Grade der Elastizität immer wieder zurückgestoßen zwischen den Wänden des Raumes solange hin und her schweben, bis ihre Bewegungsenergie sich allmählich verbraucht hat und sie an einer der Wände ebenfalls zur Ruhe kommen. Es werden sich somit sämtliche im Bereiche

der Massenanziehung gilt ja auch für die Raumwarte selbst und bewirkt, daß alle Massen gegen den gemeinsamen Schwerpunkt hingezogen werden. Allerdings — infolge der verhältnismäßigen Kleinheit der Gesamtmasse — mit so äußerst geringer Beschleunigung, daß die Zurücklegung von nur einem Meter Weges Stunden dauert. Aber schließlich werden die nicht festgehaltenen Körper, entweder infolge dieser oder ihrer sonstigen

der Raumwarte freischwebenden Körper im Laufe der Zeit an die Wandungen anlegen, und zwar vornehmlich so, daß sie dem gemeinsamen Gebäudeschwerpunkt dabei möglichst nahekommen.

Da sich dieser Vorgang jedoch über Stunden, ja auch viele Tage ausdehnen kann und sogar schon ein schwacher Luftzug genügen würde, ihn zu stören, bzw. die bereits zur Ruhe gekommenen, aber nur äußerst schwach haftenden Körper von den Wänden loszureißen und wieder durcheinanderzubringen, so wird dadurch praktisch genommen doch keine Gesetzmäßigkeit in die Bewegungsweise der gewichtslosen Massen gebracht.

Letzteres macht sich besonders unangenehm bemerkbar, wenn es sich um Körper handelt, die in bedeutender Zahl in einen Raum gelangten. Sind dieselben staubförmig, so können sie noch in verhältnismäßig einfacher Weise, und zwar durch Filtrieren der Luft mittels Staubsaugapparaten oder ähnlichen Vorrichtungen gesammelt und entfernt werden. Sind sie aber etwas größer, würde man z. B. so unvorsichtig sein, einen Sack Äpfel in einem Zimmer auszuleeren, dann bliebe nichts anderes übrig, als dieselben mittels Netzen einzufangen. Es müssen eben alle Körper sehr gut verwahrt werden; denn die ordnende Macht der Schwere hat aufgehört zu herrschen: die Materie ist „entfesselt“.

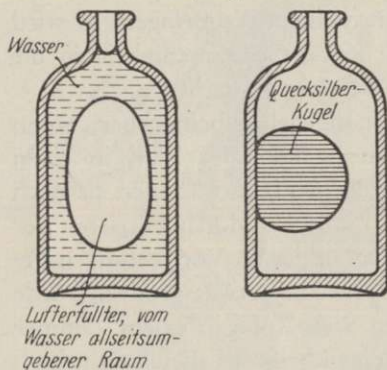
Auch die Bekleidungsstoffe streiken nun; denn sie „fallen“ nicht mehr, auch wenn sie aus noch so schwerem Gewebe bestünden. Daher sind Mäntel, Frauenröcke, Schürzen und dgl. unbenützbare Kleidungsstücke. Sie würden sich bei Körperbewegungen ganz regellos nach allen möglichen Richtungen legen.

Besonders eigenartig ist im gewichtslosen Zustand das Verhalten der Flüssigkeiten. Diese sind unter normalen Verhältnissen bekanntlich bestrebt, der Schwere folgend, nach möglichst tief gelegenen Stellen zu gelangen und schmiegen sich demnach stets vollkommen der jeweiligen Unterlage (dem Gefaße, dem Erdboden usw.) an. Fehlt jedoch die Schwere, dann können die einzelnen Massenteilchen ungehindert ihren Molekularkräften folgen und sich nach deren Wirkungsweise ordnen.



Flüssigkeiten nehmen daher im gewichtslosen Zustand eine selbständige, und zwar die einfachste geometrische Körperform, nämlich Kugelgestalt an. Voraussetzung hierfür ist allerdings, daß sie nur ihren Kohäsionskräften unterliegen, also mit keinem Körper in Berührung sind, den sie „benetzen“ können.

Es wird nun auch verständlich, warum sich das Wasser im Fallen gerade zu Tropfen formt: denn in diesem Zustande ist es laut Früherem ja gewichtslos, nimmt daher also Kugelgestalt an, die durch den Luftwiderstand aber zur Tropfenform verzerrt wird.



Lufterfüllter, vom Wasser allseitumgebener Raum

Abb. 62. Verteilung des Wassers in einer nur teilweise gefüllten Flasche bei Fehlen der Schwere.

Abb. 63. Verhalten des Quecksilbers in einer Flasche bei Fehlen der Schwere.

Befindet sich die Flüssigkeit jedoch mit einem Körper in Berührung, dem gegenüber sie benetzend wirkt, dann kommen zu den Kohäsions- noch Adhäsionskräfte von überwiegender Stärke hinzu. Die Flüssigkeit wird dann bestrebt sein, letzteren zu folgen, und sich über die Oberfläche des Körpers möglichst auszubreiten: ihn also mit einer mehr oder weniger dicken Flüssigkeitsschicht zu überziehen.

Demgemäß wird z. B. das Wasser einer nur zum Teil gefüllten Flasche nicht etwa den Boden derselben einnehmen, sondern, die Mitte leer lassend, sich über sämtliche Gefäßwände auszubreiten suchen (Abb. 62). Hingegen wird Quecksilber, das eine nicht benetzende Flüssigkeit ist, zu einer Kugel zusammengeballt und an eine Gefäßwand angelegt, in der Flasche schwebend verharren (Abb. 63).

In beiden Fällen ist es gänzlich gleichgültig, in welcher Lage man dabei die Flasche hält. Daher kann dieselbe auch nicht, wie sonst, durch einfaches Neigen entleert werden. Man muß sie zu diesem Zwecke nun:

entweder rasch zurückziehen (also nach rückwärts beschleunigen, Abb. 64)

oder in der Richtung der Ausflußöffnung vorstoßen und daraufhin bzw. in schon bestehender Vorwärtsbewegung plötzlich anhalten (also in einer Vorbewegung verzögern, auch wie Abb. 64),

oder endlich man muß sie im Kreise schwingen (Abb. 65).

Die Flüssigkeit wird dann infolge ihres Beharrungsvermögens (das sich in letzterem Falle als Fliehkraft äußert) aus der Flasche austreten, unter gleichzeitigem Einsaugen von Luft (wie das Glucksen beim normalen Ausgießen

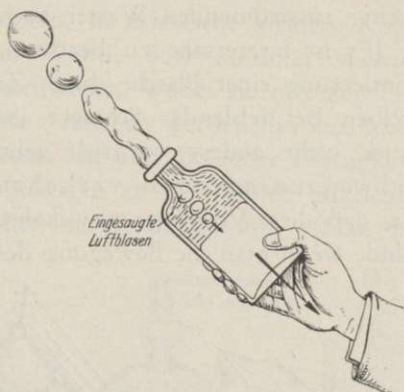


Abb. 64. Entleeren einer Flasche in gewichtslosem Zustand durch Zurückziehen derselben.

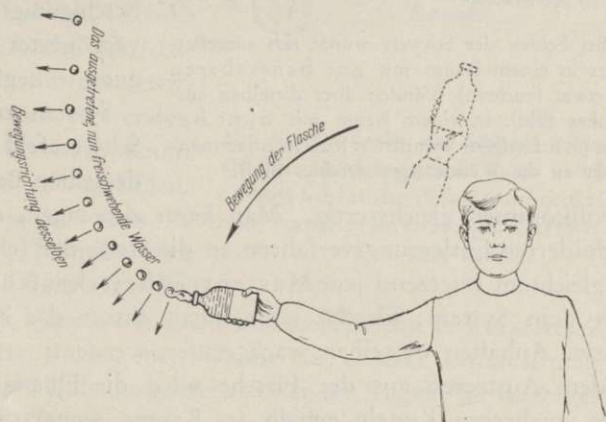


Abb. 65. Im Kreise Schwingen einer Wasserflasche zwecks Entleerung derselben bei Fehlen der Schwere. (In Wirklichkeit wird sich die ausgetretene Flüssigkeit auf der angedeuteten Ausflußkurve wahrscheinlich nicht so regelmäßig verteilen.)

einer Flasche). Voraussetzung hierfür ist allerdings, daß der Flaschenhals ausreichend weit ist, bzw. die Bewegung mit genügender Kraft

ausgeführt wird, damit dieser Lufteinlauf entgegen dem gleichzeitig ausströmenden Wasser auch tatsächlich stattfinden kann.

[Es ist interessant zu beachten, daß die beschriebene Art der Entleerung einer Flasche durch Zurückziehen oder Anhalten derselben bei fehlender Schwere im Grunde genommen eigentlich auch nicht anders vor sich geht, als wenn sie bei normalem Schwerezustand durch verkehrtes Halten ausgegossen wird. Ja, daß diese Vorgänge physikalisch sogar vollkommen geichartig sind, wenn man die Bewegung des Zurückziehens bzw. Anhaltens

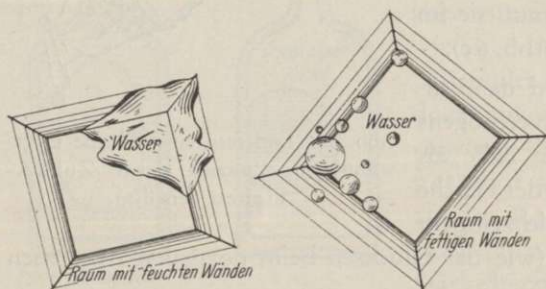


Abb. 66. Bei Fehlen der Schwere würde sich ausgeflossenes Wasser in einem Raum mit gut benetzbaren (also z. B. etwas feuchten) Wänden über dieselben ausbreiten (linkes Bild), in einem Raum mit nicht benetzbaren (z. B. fettigen) Wänden in Kugeln zusammengeballt an die Wände legen (rechtes Bild).

genau mit der Beschleunigung der Schwere (bei uns $9,81 \text{ m/sec}^2$) ausführt; denn nach der allgemeinen Relativitätstheorie ist bekanntlich ein in beschleunigter oder verzögerter Bewegung begriffenes

System einem Schwerefeld von derselben Beschleunigung vollkommen gleichwertig.

Man kann also sagen, daß bei dem geschilderten Entleerungsverfahren an die Stelle der fehlenden Schwere gleichsam ersetzend jene Massenträgheitskräfte treten, welche in dem System: Flasche samt Inhalt durch das Zurückziehen bzw. Anhalten desselben wachgerufen werden.]

Nach dem Austreten aus der Flasche wird die Flüssigkeit zu einer oder mehreren Kugeln geballt im Raume weiterschweben, was vielleicht ähnlich wie durch die Luft sich bewegende Seifenblasen aussehen mag. Schließlich muß dann jede solche schwebende Flüssigkeitskugel auf eine der Zimmerwände stoßen.

Kann sie dieselbe benetzen, dann wird sie sich darüber auszubreiten suchen (Abb. 66 links).

Andernfalls aber wird sie durch den Stoß, ähnlich etwa wie ein auffallender Quecksilbertropfen, in zahlreiche kleinere Kügelchen zerbröseln, die längs der Wände oder mitunter vielleicht auch frei durch den Raum entschweben, wobei sie sich zum Teil wieder vereinigen und abermals zerstieben werden, bis ihre lebendige Kraft sich endlich verbraucht hat und die ganze Flüssigkeitsmenge dann zu einer oder mehreren an die Wände angelegten Kugeln vereinigt (Abb. 66 rechts) zur Ruhe kommt. (Man vergleiche hierzu das früher über die Vorgänge in einer Flasche Gesagte, Abb. 62 und 63.)

Mit Rücksicht auf dieses ungewöhnliche Verhalten der Flüssigkeiten würde keines der üblichen Gefäße wie Flaschen, Trinkgläser, Kochtöpfe, Krüge, Waschbecken usw. noch zu verwenden sein. Es wäre kaum möglich, sie zu füllen. Aber selbst wenn es gelänge, beispielsweise ein Bad bereitzustellen

— wir könnten es nicht benützen; denn in kürzester Zeit würde sich das Wasser der Wanne zu unserer Enttäuschung über die Zimmerwände ausgebreitet oder als Kugeln an diese gelegt haben.

Zur Unterbringung von Flüssigkeiten wären nur mehr verschließbare Schläuche, Gummiballons oder Gefäße mit kolbenartig verschiebbaren Böden, ähnlich Handspritzen, geeignet (Abb. 67); denn nur solche ließen sich in einfacher Weise füllen (Abb. 68) sowie bequem entleeren. Letzteres, indem man durch Zusammendrücken derselben bzw. durch Verschieben des Kolbens

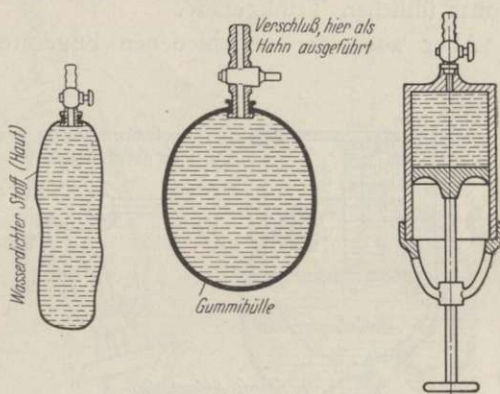


Abb. 67. Bei Fehlen der Schwere müßten die sonst üblichen Flüssigkeitsgefäße durch verschließbar ausgeführte Schläuche (links), Gummiballons (Mitte) oder handspritzenartige Gefäße (rechts) ersetzt werden.

den Inhalt aus ihnen herauspreßt (Abb. 69). Bei elastischen Gummiballons, die unter Dehnung der Hülle gefüllt werden, genügte auch schon die Spannung der letzteren allein, um die Flüssigkeit bei Öffnen des Hahnes zum Ausfließen zu bringen (Abb. 70).

Derartige zusammendrückbare Gefäße müßten (mit einem entsprechenden Mundstück ausgestattet) nun auch zum Trinken benützt werden, an Stelle der jetzt unbrauchbar gewordenen sonst üblichen Trinkgefäße.

Aber auch die verschiedenen Eßgeräte wie Teller, Schüsseln,

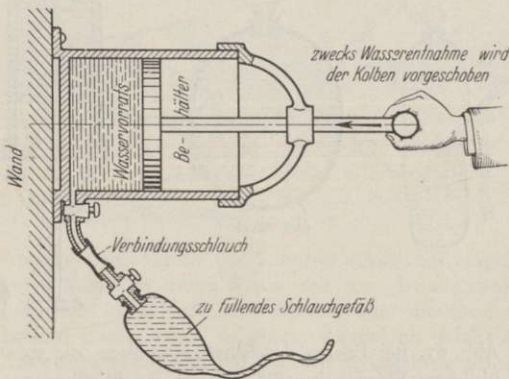


Abb. 68. Füllen eines Wassergefäßes im schwerelosen Zustand.

Löffel usw. ließen sich nicht mehr verwenden. Eine unvorsichtige Bewegung: und wir müßten ihrem vielleicht köstlichen Inhalt durch das Zimmer schwebend nachjagen. Das Zusichnehmen der Speisen wäre daher überhaupt nur auf zwei Arten möglich: entweder indem man sie in fester Form wie ein Brot ißt oder in

flüssigem oder breiigem Zustand mit Hilfe der erwähnten zusammendrückbaren Gefäße trinkt. Dementsprechend zubereitet würde sie der Koch auch liefern müssen.

Letzterer hätte bei seiner wichtigen Tätigkeit allerdings mit besonders großen Schwierigkeiten zu kämpfen. Immerhin ließen sich aber auch diese überwinden. So könnte man z. B. verschließbare, elektrische Kochgeräte gebrauchen, die während der Benützung in ständiger Rotation erhalten werden, so daß (an Stelle der nun fehlenden Schwere) die dabei erzeugte Fliehkraft den Inhalt an die Gefäßwände andrückt und ähnliches mehr. Jedenfalls

aber wäre das Kochen recht unbequem, trotzdem jedoch ebenso wie das Essen und Trinken in irgendeiner Weise möglich.

Gänzlich verzichten müßte man aber darauf, sich in gewohnter Weise zu waschen oder zu baden! Reinigungen könnten jetzt nur mehr durch Abreiben mittels feuchter, nach Bedarf auch eingeseifter Tücher, Schwämme oder dgl. bewerkstelligt werden, so gut oder schlecht es auf diese Art eben ginge.

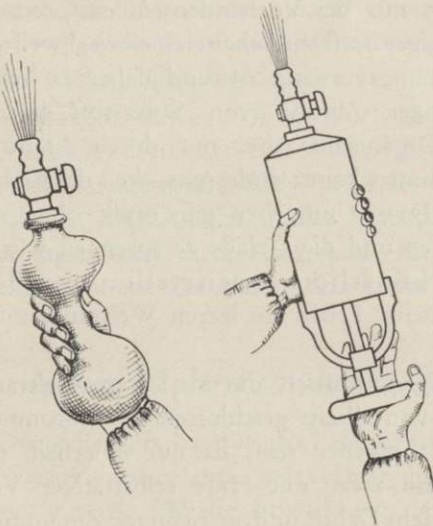


Abb. 69. Das Entleeren eines Flüssigkeitsgefäßes kann bei Fehlen der Schwere in zweckdienlicher Weise nur durch Herauschieben (-pressen) des Inhaltes bewerkstelligt werden.

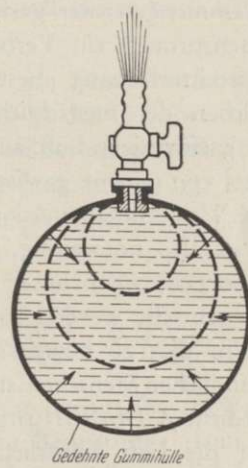


Abb. 70. Bei elastischen, unter Druck gefüllten Gummiballonen fließt der Inhalt bei Öffnen des Hahnes von selbst aus.

Je näher wir also die Sache betrachten, desto mehr müssen wir erkennen, daß es in Wirklichkeit keineswegs ein ganz ungetrübtes Vergnügen sein dürfte, von allem lästigen Gewicht befreit, engelsgleich schweben zu können; ja sogar auch dann nicht, wenn wir selbst diesen Zustand angenehm empfinden würden. Denn die Schwere hält nicht nur uns in ihrem Bann: auch alle anderen Körper zwingt sie zu Boden und hindert sie so, ganz ohne Ge-

setzmäßigkeit, dem Zufall frei überlassen, sich wirr durcheinander zu bewegen. Sie ist vielleicht die wichtigste ordnungsgebende Macht unseres Daseins. Wo sie fehlt, ist alles im wahrsten Sinne „auf den Kopf gestellt“, es hat seinen Halt verloren.

Ohne Luft.

Menschliches Leben kann nur bei Vorhandensein entsprechend zusammengesetzter gasförmiger Luft bestehen: einerseits, weil der Lebensprozeß ein Verbrennungsvorgang ist und daher zu seiner Aufrechterhaltung beständiger Zufuhr von Sauerstoff bedarf, welchen der menschliche Organismus aber nur durch Atmung aus gasförmiger Luft aufnehmen kann; andererseits, weil der Körper stets von einem gewissen Druck umgeben sein muß, ohne den sein Wasserinhalt verdampfen und die Gefäße zersprengen würde. Es ist also notwendig, für künstliche Bereitstellung von Luft zu sorgen, wenn unser irdisches Leben im leeren Weltraum möglich gemacht werden soll.

Um dies zu bewerkstelligen, müssen die im leeren Weltraum befindlichen Menschen stets von allseits geschlossenen, vollkommen luftdichten Einhüllungen umgeben sein, da nur innerhalb solcher die Luft künstlich, und zwar mit Hilfe selbsttätiger Vorrichtungen, auf entsprechendem Druck und in richtiger Zusammensetzung erhalten werden kann.

Der Hauptsache nach wird es sich dabei wohl nur um größere, geschlossene Räume von der Ausdehnung einer Kammer bis zum Ausmaße ganzer Gebäude handeln, wie sie für längeren Aufenthalt allein in Frage kämen. Die Wandungen derselben müßten nach den Grundsätzen des Dampfkesselbaues ausgeführt sein, da sie einem inneren Luftüberdruck (gegenüber dem leeren Weltraum) von 1 Atmosphäre standzuhalten haben; sie sollen also nicht nur entsprechende Stärke, sondern auch womöglich nur gekrümmte Flächen aufweisen, da ebene mit Rücksicht auf den Überdruck einer besonderen Verspannung oder Abstützung bedürfen. Der für die künstliche Luftbereitung notwendige Stick-

stoff und besonders der Sauerstoff wäre in eigenen Tanks in verflüssigtem Zustand stets reichlich vorrätig zu halten und durch Nachschub von der Erde fortgesetzt zu ergänzen.

Um sich aber auch außerhalb solcher geschlossener Räume im leeren Weltraum aufhalten zu können, müßte man luftdichte Anzüge benützen, deren Inneres durch mitgenommene Apparate ebenfalls selbsttätig mit Luft versorgt wird: also Vorrichtungen, ziemlich ähnlich den bekannten Unterwasser-Taucheranzügen. Wir wollen sie „Raumanzüge“ nennen. Es soll später noch näher darauf eingegangen werden.

Man sieht, daß es sich im Vorliegenden um Ähnliches handelt wie beim Aufenthalt unter Wasser, also in der U-Boottechnik und im Taucherwesen. Auf Grund der hierbei bereits gesammelten, reichlichen Erfahrungen in der künstlichen Luftversorgung, kann man sagen, daß diese Frage auch für den Aufenthalt im leeren Weltraum ohne Zweifel restlos lösbar ist.

Im leeren Weltraum herrscht ewiges Schweigen.

Doch die Luft hat für das Leben nicht nur unmittelbaren Wert. Sie besitzt dafür auch mittelbar höchste Bedeutung; denn sie beeinflusst die für die Abwicklung des Lebens äußerst wichtigen Naturerscheinungen: die Wärme, das Licht und den Schall in weitgehendstem Maße.

Der Schall ist ein Schwingungsvorgang der Luft und kann somit niemals entstehen, wo letztere fehlt. Deshalb herrscht im leeren Weltraum ewiges Schweigen. Die schwerste Kanone könnte man nicht feuern hören, selbst in unmittelbarer Nähe derselben. Auch eine normale Verständigung durch Sprache wäre unmöglich. Dies gilt natürlich nicht für die geschlossenen, belüfteten Räume, innerhalb welcher ja die gleichen Luftverhältnisse wie auf der Erdoberfläche künstlich aufrechterhalten werden; wohl aber für den Aufenthalt außerhalb derselben (im Raumanzug). Dort ließe sich Verständigung durch Sprache nur auf telephonischem Wege ermöglichen.

Sonnenschein bei nächtlichem Dunkel.

Aber auch die Lichtverhältnisse sind nun wesentlich verändert. Bekanntlich ist der Begriff des Tages an die Vorstellung blauen Himmels oder erleuchteter Wolken und allseits zerstreuten Lichtes geknüpft, ohne daß hierzu direkter Sonnenschein notwendig wäre. Alle diese Erscheinungen sind aber nur eine Folge des Vorhandenseins der Erdlufthülle; denn in ihr wird ein Teil der einfallenden Sonnenstrahlen vielfach gebrochen, zurückgeworfen und dadurch nach allen Seiten zerstreut, wodurch gleichzeitig der Eindruck der blauen Färbung des Himmels entsteht. So erzeugt die Luft eine vielfältige, wohltuende Abstufung zwischen dem Grell des Sonnenlichtes und der Dunkelheit.

Im leeren Weltraum ist alles dies nicht möglich, weil dort die Luft fehlt. Damit hört aber strenggenommen auch der Begriff des Tages eigentlich auf. Unentwegt erscheint der Himmelsgrund in tiefstem Schwarz, aus welchem, außergewöhnlich grell, mit gleichmäßig ruhigem Licht die zahllosen Gestirne leuchten und, alles überbietend, mit unvorstellbar blendender Kraft die Sonne strahlt.

Und doch: sobald wir den Blick von ihr abwenden, haben wir den Eindruck der Nacht, trotzdem unser Rücken von ihrem Lichte überflutet wird; denn während unter ihren Strahlen die ihr zugekehrte Seite eines Körpers, z. B. eines Schirmes, grell aufleuchtet, herrscht auf der abgewandten nächtliche Dunkelheit. Nicht etwa vollkommene Finsternis! Es leuchten ja von allen Seiten die Sterne, wenn nicht gar noch die Erde oder der Mond durch ihre Rückstrahlung die im Sonnenschatten liegende Körperseite aufhellt. Doch immer handelt es sich hierbei nur um härtestes, scharfes, nie um mildes, zerstreutes Licht.

Unbegrenzte Fernsicht.

In mancher Beziehung hat aber das Fehlen der Luft für die Lichtverhältnisse des leeren Weltraums auch Vorteile. Es ist ja allgemein bekannt, welchen großen Einfluß die Beschaffenheit der Luft auf die Fernsicht (z. B. im Gebirge, auf See usw.) ausübt;

denn stets, auch an klaren Tagen, geht ein Teil der Lichtstrahlen in ihr bzw. durch die beständig in ihr schwebenden kleinen Staub- und Dunstteilchen verloren.

Letzterer Umstand ist aber für die Durchführung von Fernbeobachtungen aller Art, besonders für jene der Astronomie, sehr nachteilig. Daher errichtet man Sternwarten womöglich in hoher Lage auf Bergen, weil dort die Luft verhältnismäßig noch am klarsten ist. Jedoch ergeben sich darin bald Grenzen. Außerdem kann hierdurch nicht verhindert werden, daß die Fixsterne flimmern, was ebenfalls nur das Vorhandensein der Luft verursacht. Desgleichen ist es nicht möglich, das für astronomische Beobachtungen während des Tages sehr störende, auch durch die Lufthülle bedingte, zerstreute Sonnenlicht (das Blau des Himmels) zu beseitigen, wodurch die Erforschung jener Gestirne, die während der Vollnacht nicht zu sehen sind, wie der Merkur, die Venus und nicht zuletzt die Sonne selbst, sehr erschwert wird.

Alle diese nachteiligen Umstände fallen im leeren Ätherraum des Weltalls fort: nichts schwächt nun die Leuchtkraft der Gestirne, die Fixsterne flimmern nicht mehr, kein Himmelsblau stört die Beobachtung. Jederzeit bieten sich hierfür gleich günstige, nahezu unbegrenzte Möglichkeiten; denn da jetzt kein optisches Hindernis vorhanden ist, könnten nun Teleskope von jeder beliebigen auch noch so gewaltigen Größe Verwendung finden.

Wärmelos.

Besonders bedeutungsvoll ist der Einfluß, den das Fehlen der Luft auf die Wärmeverhältnisse des Weltraums ausübt. Da die Wärme, wie man heute weiß, nichts anderes ist als ein bestimmter Bewegungszustand der kleinsten materiellen Teilchen, aus denen sich die Körperstoffe aufbauen, ist ihr Auftreten stets an die Voraussetzung geknüpft, daß überhaupt Stoffe vorhanden sind. Wo letztere fehlen, kann es somit keine Wärme geben: der leere Weltraum ist also praktisch „wärmelos“. Ob dies auch theoretisch vollkommen richtig ist, hängt davon ab, inwieweit die man-

cherseits vertretene Ansicht, daß der Weltraum doch mit einem wenn auch außerordentlich fein verteilten wirklichen Stoff erfüllt sei, tatsächlich zutrifft. Herrscht völlige materielle Leere, dann verliert damit der Begriff der Temperatur überhaupt seinen Sinn.

Diese Auffassung steht nicht im Widerspruch mit der Tatsache, daß der Weltraum von den Wärmestrahlen der Sonne und jenen der anderen Fixsterne in reichlichem Maße durchsetzt wird; denn die Wärmestrahlen selbst sind noch keine Wärme! Sie sind nichts als elektromagnetische Ätherwellen von gleicher Art wie beispielsweise die Licht- oder die Funkwellen; jedoch mit der besonderen Eigenschaft, daß sie eben jene molekulare Bewegung, die wir Wärme nennen, erzeugen können, sobald sie auf etwas Stoffliches treffen. Dies aber auch nur dann, wenn sie dabei von dem betreffenden Stoffe aufgenommen (vernichtet) werden, denn nur in diesem Falle geht ihre Energie auf den Körper über und setzt sich dabei in Wärme desselben um.

So wird sich die Temperatur eines durchsichtigen oder eines spiegelglatt polierten Körpers auch bei starker Wärmebestrahlung nur wenig erhöhen, er wird sich gegen Wärmestrahlen als nahezu unempfindlich erweisen; denn in ersterem Falle werden die Strahlen vom Körper größtenteils durchgelassen in letzterem zurückgeworfen, ohne aber geschwächt oder vernichtet worden zu sein, also ohne hierbei von ihrer Energie etwas abzugeben zu haben. Ist hingegen die Oberfläche des Körpers dunkel und rauh, dann kann er die auftreffenden Strahlen weder durchlassen noch zurückwerfen: sie müssen in diesem Falle aufgenommen werden und führen dadurch zur Erwärmung des Körpers.

Diese Erscheinung gilt jedoch nicht nur für die Aufnahme sondern ebenso auch für die Abgabe von Wärme durch Strahlung: Je heller und glatter die Oberfläche eines Körpers ist, desto geringer ist auch sein Ausstrahlungsvermögen, desto länger behält er demgemäß seine Wärme, während er sich hingegen bei dunkler, rauher Oberfläche sehr rasch durch Ausstrahlung abkühlen kann.

Den Wärmestrahlungsvorgängen der verschiedenen Art unterliegen also am meisten mattschwarze und am wenigsten hellspiegelnde Flächen. Dieser Umstand würde es ermöglichen, die Temperatur von Körpern im leeren Weltraum auf einfache Weise und in weitgehendem Maße willkürlich zu beeinflussen.

Soll sich ein Gegenstand im Weltraum erwärmen, so wird man demnach seine der Sonne zugekehrte Seite mattschwarz und die Schattenseite hellspiegelnd machen (Abb. 71); oder man schirmt die

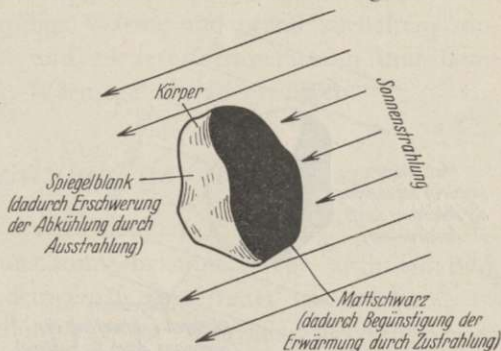


Abb. 71. Erwärmung eines Körpers im leeren Weltraum mittels Sonnenstrahlung, durch entsprechende Wahl seiner Oberflächenbeschaffenheit.

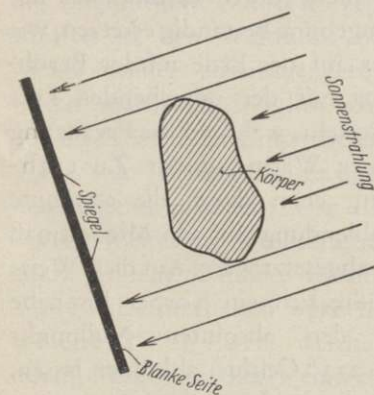


Abb. 72. Erwärmung eines Körpers durch Abschirmung seiner Schattenseite gegen den leeren Weltraum mittels eines Spiegels.

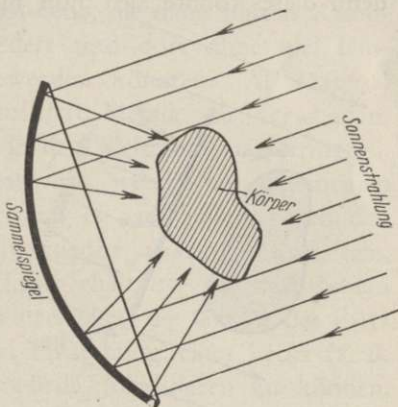


Abb. 73. Starke Erhitzung eines Körpers durch Konzentration von Sonnenstrahlen auf denselben mittels eines Hohlspiegels.

Schattenseite mittels eines Spiegels gegen den Weltraum ab (Abb. 72). Benutzt man hierzu einen Sammelspiegel, der außerdem noch

Sonnenstrahlen in entsprechender Stärke auf den Körper hinlenkt, dann könnte dessen Temperatur auch sehr hoch gebracht werden (Abb. 73).

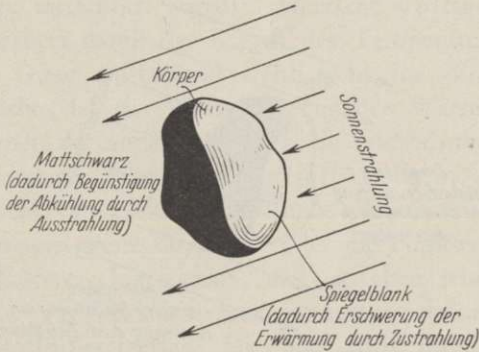


Abb. 74. Abkühlung eines Körpers im leeren Weltraum durch entsprechende Wahl seiner Oberflächenbeschaffenheit.

in den Weltraum immer mehr von seiner Wärme verlieren; denn diese könnte sich nun nicht mehr durch Leitung aus der

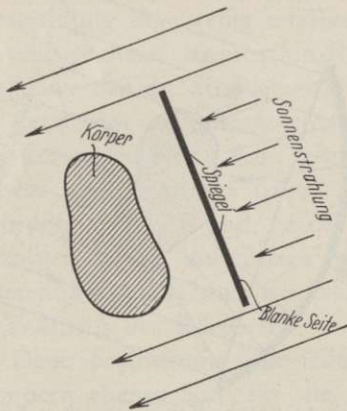


Abb. 75. Abkühlung eines Körpers durch Abschirmung desselben gegen die Sonnenstrahlung mittels eines Spiegels.

ein gewisses Maß von Wärme Spiegel nie vollkommen gegen

Soll sich hingegen ein Körper im Weltraum abkühlen, dann muß seine Sonnenseite spiegelnd gemacht und seine Schattenseite mattschwarz gelassen werden (Abb. 74); oder man schirmt ihn mittels eines Spiegels gegen die Sonne ab (Abb. 75). Er wird dann durch Ausstrahlung

Umgebung beständig ersetzen, wie dies auf der Erde infolge Berührung mit der umgebenden Luft geschieht, während die Ergänzung seiner Wärme durch Zustrahlung eben durch die erwähnte Ablendung auf ein Mindestmaß herabgesetzt wäre. Auf diese Weise müßte sich ein Körper bis nahe an den absoluten Nullpunkt (-273° Celsius) abkühlen lassen. Ganz erreichen könnte man denselben dabei allerdings auch nicht, weil auf der Schattenseite dem Körper durch die Fixsterne doch die Sonne abschirmen könnten.

Es wäre somit in der Raumwarte möglich, durch die geschilderte Ausnützung der Strahlungserscheinungen nicht nur die normale, zum Leben notwendige Wärme andauernd zu halten, sondern auch äußerst hohe und niedere Temperaturen und demnach auch sehr gewaltige Wärmegefälle zu erzeugen.

Die Ausgestaltung der Raumwarte.

Die physikalischen Voraussetzungen und Möglichkeiten des leeren Weltraums sind uns somit bekannt. Nun auch ein Bild, wie unsere Raumwarte demgemäß ausgestaltet sein müßte:

Um bei ihrer Herstellung die im Weltraum auszuführenden Arbeiten tunlichst zu vereinfachen (diese sind ja nur im Raumanzug möglich), müßte das ganze Bauwerk samt Einrichtung zuerst auf der Erde gänzlich fertiggestellt und auf Zuverlässigkeit geprüft werden; ferner müßte es so konstruiert sein, daß es sich leicht in seine Bestandteile, womöglich in einzelne, vollständig eingerichtete „Zellen“ zerlegen ließe, die dann mittels Raumschiffen in den Weltraum befördert und dort ohne viel Umstände wieder zusammengefügt werden könnten. Als Material wären soweit als möglich nur leichte Metalle zu verwenden, um die Kosten der Emporhebung in den Weltraum zu verringern.

Das zur Benutzung fertige Bauwerk würde im allgemeinen nun folgend aussehen: Vor allem muß es nach außen, gegen den leeren Weltraum, vollkommen luftdicht abschließend sein, damit in seinem Innern normale Luftverhältnisse auf künstlichem Wege aufrechterhalten werden können. Um die Gefahr des Entweichens der Luft, welche bei Entstehung eines Lecks (z. B. durch Meteoreinschlag) eintreten würde, lokalisieren zu können, ist von der aus dem Schiffbau bekannten Unterteilung in „Schotten“ in zweckentsprechender Weise Gebrauch gemacht.

Da alle Räume untereinander in Verbindung stehen und luftgefüllt sind, ist der Verkehr im Innern überallhin ohne weiteres möglich. Nach außen, in den leeren Weltraum, kann man jedoch nur mittels sogenannter Luftschleusen gelangen. Diese

aus dem Unterwasserbau bekannte (bei den Caissons, den Taucherglocken usw. angewendete) Vorrichtung, besteht im wesentlichen aus einer kleinen Kammer, die zwei luftdicht abschließende Türen besitzt, von denen die eine in das Innere des Gebäudes und die andere nach außen führt (Abb. 76).

Will man beispielsweise die Warte verlassen („Ausschleusen“),

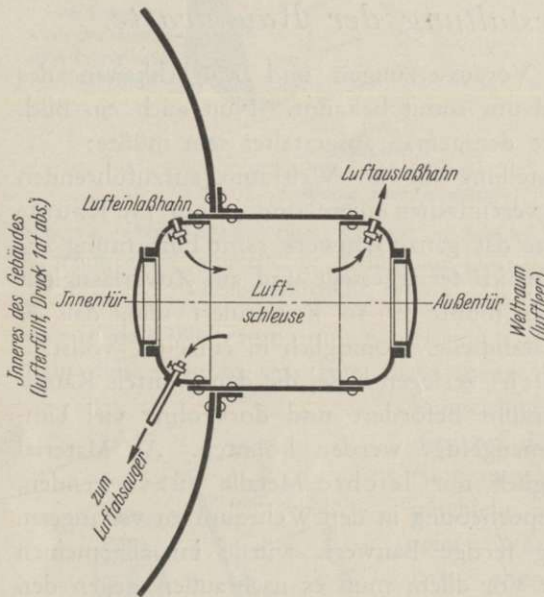


Abb. 76. Grundsätzliche Anordnung einer Luftschleuse, für den Verkehr zwischen einem luftgefüllten Raum (z. B. das Innere der Raumwarte) und dem leeren Weltraum.*)

Für den Betrieb und die demgemäße Einrichtung der Raumwarte maßgebend ist der Umstand, daß an Ort und Stelle garnichts zur Verfügung steht als nur die Strahlen der Ge-

*) Das Luftleermachen der Schleuse beim „Ausschleusen“ geschieht aus Spar-
samkeitsgründen größtenteils durch Absaugen der Luft in das Innere des Ge-
bäudes; nur der letzte Rest des Luftinhaltes der Schleuse wird durch Ausströmen
in den Weltraum abgelassen.

dann begibt man sich im Raumanzug durch die Innentür in die Schleuse, deren Außentür hierbei verschlossen sein muß. Nun wird die Innentür zugemacht und die in der Schleuse vorhandene Luft abgesaugt bzw. ausgelassen, worauf man die Außentür öffnen und ins Freie hinaus-schweben kann. Um in das Innere der Warte zu gelangen („Einschleusen“), müßte der umgekehrte Vorgang eingehalten werden.

stirne, vor allem jene der Sonne — diese allerdings fast zu jeder Zeit und auch in unbeschränkter Menge. Sämtliche, insbesondere auch die zum Leben notwendigen Stoffe, wie beispielsweise Luft und Wasser, müssen also von der Erde ständig zugeführt werden. Daraus ergibt sich für die Wirtschaft in der Raumwarte von selbst der Grundsatz: mit allen Verbrauchsstoffen äußerste Sparsamkeit zu üben, dafür aber die in den Sonnenstrahlen an Ort und Stelle reichlich verfügbare Energie in weitgehendstem Maße zum Betrieb von technischen Anlagen aller Art heranzuziehen, insbesondere auch von solchen, welche es ermöglichen, die abfallenden Verbrauchsstoffe neuerdings verwendbar zu machen.

Dies kann nun geschehen: entweder unmittelbar durch Ausnutzung der Licht- und Wärmewirkung der Sonne, oder aber mittelbar im Wege der Umwandlung ihrer Strahlenwärme in elektrische Energie.

Das Sonnenkraftwerk.

Das für letzteren Zweck dienende Sonnenkraftwerk (Abb. 77) bildet somit eine der allerwichtigsten Einrichtungen der Raumwarte. Es liefert Gleichstrom, ist mit einer Speicher-Akkumulatorenbatterie ausgerüstet und ähnelt im Prinzip einer normalen Dampfturbinenanlage gleicher Art; jedoch mit dem Unterschiede, daß nun der Dampferzeuger mit Sonnenstrahlen beheizt wird, welche hierbei zur Erzielung genügend hoher Temperaturen durch Sammelspiegel konzentriert werden (Abb. 77, D), und daß die Kühlung des Kondensators nur durch Ausstrahlung in den leeren Weltraum erfolgt, weshalb er gegen denselben offen und gegen die Sonne abgeschirmt untergebracht sein muß (Abb. 77, K).

Dies bedingt, gemäß unseren früheren Ausführungen, daß sowohl der Dampferzeuger wie auch der Kondensator außen mattschwarz gefärbt ist. Beide bestehen der Hauptsache nach eigentlich nur aus entsprechend langen Metallrohren, welche

stetig gekrümmt sind, damit die inneren Rohrwände auch in gewichtslosem Zustande von der durchströmenden Treibflüssigkeit genügend stark und andauernd berührt werden (Siehe Abb. 77).

Letztere befindet sich in ständigem, verlustlosem Kreislauf. Abweichend vom Gebräuchlichen, ist hier als Treibflüssigkeit nicht Wasser (Wasserdampf) sondern ein leichtflüchtigeres Medium, und zwar Stickstoff verwendet. Dieser gestattet nämlich,

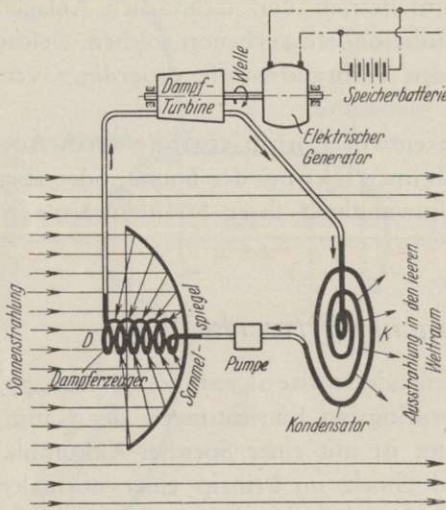


Abb. 77. Schema des Sonnenkraftwerkes der Raumwarte.

Da es nur von der Größe der verwendeten Sammelspiegel abhängt, wieviel Energie man der Sonnenstrahlung hierbei entnimmt, kann durch entsprechend leistungsfähigen Ausbau des Kraftwerkes ohne weiteres erreicht werden, daß in der Raumwarte elektrische und damit zugleich mechanische Energie stets reichlich zur Verfügung steht. Da außerdem Wärme, auch in großen Mengen, aus der Sonnenstrahlung unmittelbar gewonnen und Kälte, selbst bis zu den niedersten Temperaturen, durch Ausstrahlung in den Weltraum auf einfachste Weise erzeugt werden kann, sind somit die Voraussetzungen gegeben, um technische Anlagen aller Art betreiben zu können.

lich, die Kondensatortemperatur so tief zu halten, daß die außerordentliche

Abkühlungsmöglichkeit des leeren Weltraums dadurch auch wirklich ausgenutzt werden kann; außerdem bildet ein zufälliger Austritt desselben in die Räume der Warte keine Verunreinigung der dort so wertvollen Luft.

Da es nur von der Größe der verwendeten Sammelspiegel abhängt, wieviel Energie man der Sonnenstrahlung hierbei entnimmt, kann durch

Die Lichtversorgung.

Am einfachsten zu bewerkstelligen ist die Beleuchtung der Raumwarte; denn diese erfordert nahezu keinerlei maschinelle Einrichtungen, sondern kann größtenteils unmittelbar durch die Sonne erfolgen, welche dort ja unentwegt scheint — abgesehen von eventuellen, jedenfalls aber nur kurzen Durchgängen der Raumwarte durch den Erdschatten.

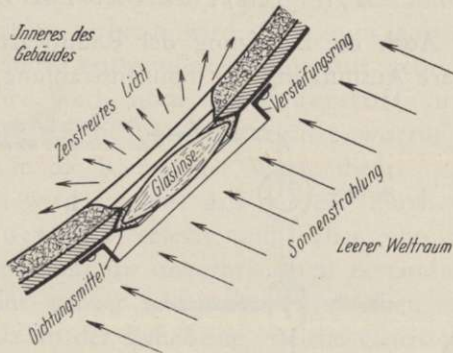


Abb. 78. Beleuchtungsluke.

Zu diesem Zwecke weisen die Wände runde, den Luken eines Schiffes ähnliche Öffnungen auf, welche mit starken, linsenartig geformten Fenstern (Abb. 78) luftdicht verglast sind (Abb. 60 und 61, L). Durch milchweise Färbung bzw. Mattierung derselben und entsprechende Wahl der Sorte des Glases, ist dafür gesorgt, daß das Sonnenlicht von allen schädlichen Strahlenbeimengungen befreit, in gleicher Weise wie durch die Luft-hülle gefiltert und ferner in zerstreutem Zustand in die Warte einfällt, deren Inneres somit von normalem Tageslicht erhellt wird.

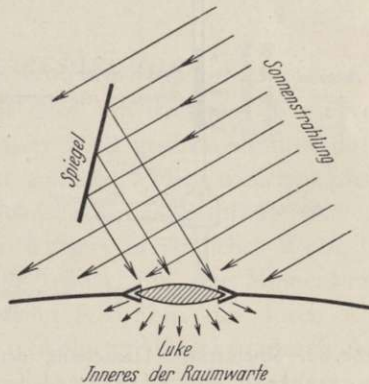


Abb. 79. Der Spiegel lenkt eigens Sonnenstrahlen auf die Luke hin.

Manche der Luken sind mit besonderen Spiegeln ausgestattet, durch welche Sonnenstrahlen nach Bedarf auch eigens auf die betreffenden Luken hingelenkt werden können (Abb. 79).

Außerdem ist noch für künstliche, nämlich elektrische Beleuchtung gesorgt, wozu der Strom dem Sonnenkraftwerk entnommen wird.

Die Luft- und Wärmeversorgung.

Auch die Beheizung der Raumwarte erfolgt durch unmittelbare Ausnutzung der Sonnenstrahlung, und zwar nach dem Prinzip der Luftheizung gleichzeitig mit der Belüftung.

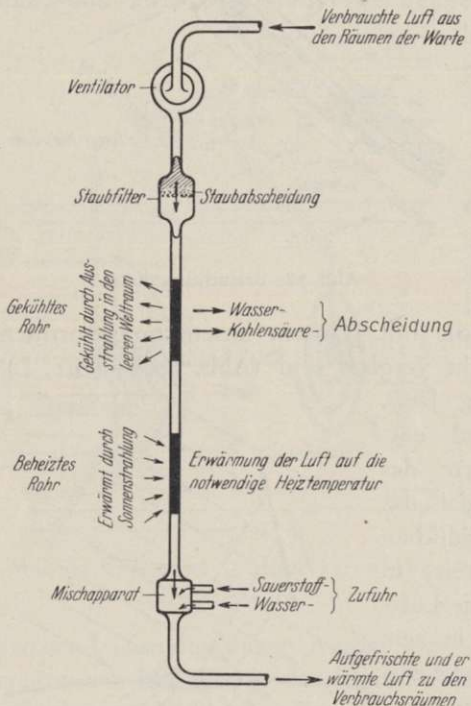


Abb. 80. Schematische Darstellung der Belüftungsanlage. Das gekühlte und das beheizte Rohr könnte z. B. ähnlich wie in Abb. 73, D bzw. K ausgeführt sein.

Zu diesem Zwecke befindet sich die ganze Luft der Raumwarte in ständigem Kreislauf: zwischen den Räumen, in denen sie benötigt wird, und einer Belüftungsanlage, in welcher ihre Reinigung, Auffrischung und Erwärmung erfolgt. Ein großer, elektrisch angetriebener Ventilator sorgt für die Aufrechterhaltung dieser Bewegung. Hierfür notwendige Rohrleitungen sind auch vorhanden. Sie münden durch kleine vergitterte Öffnungen (Abb. 60 und 61, O) in die einzelnen Verbrauchsräume.

Die Belüftungsanlage (Abb. 80) ist ähnlich dem von Oberth angedeuteten Lufterneuerungsapparat eingerichtet. Erst durchströmt die Luft einen Staubfilter. Sodann gelangt sie in

ein durch Ausstrahlung in den Weltraum gekühltes Rohr, in welchem ihre Temperatur allmählich bis unter -78° Celsius erniedrigt wird, wodurch sich die gasförmigen Beimengungen, und zwar zuerst der Wasserdunst und später die Kohlensäure abscheiden. Dann strömt die Luft durch ein Heizrohr, das mittels konzentrierter Sonnenstrahlen erhitzt wird, um nun auf die zur Warmhaltung der Räume notwendige Temperatur gebracht zu werden. Endlich wird auch noch ihr Sauerstoff- und Feuchtigkeitsgehalt auf das richtige Maß ergänzt, worauf sie schließlich wieder zurück in die Räume der Warte fließt.

Durch dieses Verfahren wird erreicht, daß nur der durch die Atmung verbrauchte Sauerstoff ersetzt und daher von der Erde nachgeschafft werden muß; die unverbrauchten Bestandteile der Luft (insbesondere ihr ganzer Stickstoffanteil) bleiben dauernd in Verwendung. Da an der Beheizung, welche gleichzeitig damit erfolgt, die Außenwände der Raumwarte keinen Anteil haben, muß nur soweit als möglich verhindert werden, daß dieselben durch Ausstrahlung in den Weltraum Wärme abgeben, weshalb das ganze Bauwerk außen vollkommen spiegelblank gemacht ist.

Die Wasserversorgung.

Ebenso sparsam wird auch mit dem vorhandenen Wasservorrat verfahren: Alles benutzte Wasser wird gesammelt und durch Reinigung neuerlich verwendbar gemacht. Hierzu dienen große Destillationsapparate, in welchen die Verdampfung und die darauffolgende Kondensation des Wassers in ähnlicher Weise bewerkstelligt wird, wie dies schon früher für das Sonnenkraftwerk beschrieben wurde: nämlich in Rohren, die durch konzentrierte Sonnenstrahlen beheizt (Abb. 77, D) bzw. durch Ausstrahlung in den Weltraum gekühlt (Abb. 77, K) werden.

Die Fernverständigung.

Sehr wichtig sind ferner die Einrichtungen für die Fernverständigung. Diese erfolgt entweder durch Lichttelegraphie

mittels Blinkspiegel, elektrischer Lampen, Scheinwerfer, farbiger Scheiben usw., oder sie wird auf elektrischem Wege durch Funk, innerhalb des engsten Bereiches der Raumwarte auch drahtlich, bewerkstelligt.

Im Verkehr mit der Erde hat die Verständigung mittels Lichttelegraphie den Nachteil, unverläßlich zu sein, weil ihre Anwendbarkeit davon abhängt, daß die Gegenstation auf der Erde wolkenfrei ist.

Daher verfügt die Warte auch über eine Großfunkanlage, welche sowohl Fernschreib- als auch Sprechverkehr mit der Erde zu jeder Zeit ermöglicht. Die Überwindung der verhältnismäßig bedeutenden Entfernung sowie der abschirmenden Wirkung, welche die Lufthülle auf Funkwellen zum Teil ausübt (Haavesidschicht), gelingt hierbei (unter Wahl entsprechender Strahlrichtung) durch Anwendung kurzer, gerichteter Wellen und genügend hoher Sendeenergie; denn die Voraussetzungen hierfür sind günstig, weil mittels des Sonnenkraftwerkes elektrische Energie ja in beliebigen Mengen bereitgestellt werden kann und auch der Bau jeder Art von Antennen, infolge der herrschenden Gewichtlosigkeit, keine wesentlichen Schwierigkeiten bietet.

Mittel zur Einstellung der Raumwarte.

Schließlich sind noch besondere Schwenkmotoren und Rückstoßantriebe vorgesehen, die dazu dienen, die Warte sowohl in beliebiger Richtung wenden als auch ihren Bewegungszustand nach Bedarf beeinflussen zu können.

Diese Möglichkeit muß bestehen, und zwar einerseits um die Raumwarte in dem beabsichtigten Verhältnis zur Erde, bzw. in der erforderlichen Stellung zur Richtung der Sonnenstrahlen, überhaupt erhalten zu können; denn zu diesem Zwecke sind nicht nur alle jene (von außerhalb des Systems herrührenden!) Bewegungsimpulse, welche ihr im Verkehr mit den Raumschiffen unvermeidlicherweise immer wieder erteilt werden, fortwährend auszugleichen, sondern es muß auch dem Einfluß der Erdbewegung um die Sonne andauernd Rechnung getragen werden.

Andererseits aber ist dies auch aus dem Grunde notwendig, um die Warte zur Erfüllung ihrer besonderen, später noch zu besprechenden Aufgaben zu befähigen, da für manche derselben beliebige Änderungen ihrer Lage im Raume möglich sein müssen, und endlich weil sich gelegentlich auch die Notwendigkeit zur Durchführung von Ortsverschiebungen gegenüber der Erdoberfläche ergeben kann.

Die Schwenkmotoren sind normale Gleich-

strom-Elektromotoren, aber mit möglichst hoher maximaler Drehzahl und relativ großer Rotormasse. Besondere Bremsen ermöglichen es, ihren Lauf beliebig rasch zu vermindern oder stillzusetzen. Sie sind so eingebaut, daß ihre verlängerte theoretische Drehachse durch den Schwerpunkt des Gebäudes geht.

Wird nun ein solcher Schwenkmotor angelassen (Abb. 81), dann dreht sich gleichzeitig mit seinem Rotor (Anker) auch sein Stator (der sonst feststehende Teil eines Elektromotors) und sonach auch das ganze, mit

letzterem fest verbundene Gebäude um die Motorachse — jedoch in entgegengesetzter Richtung und, entsprechend der größeren

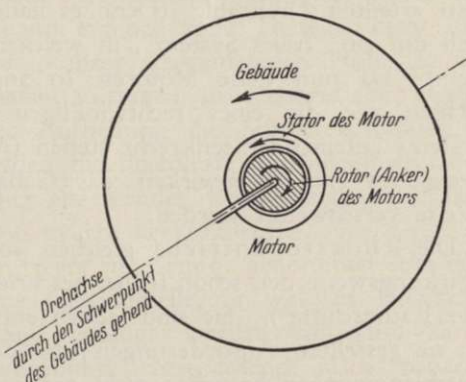


Abb. 81. Wirkungsweise eines Schwenkmotors (siehe Buchtext Seite 133 unten).

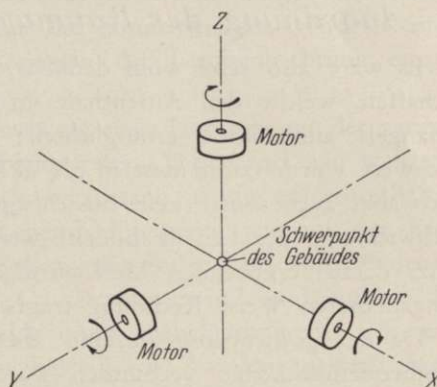


Abb. 82. Anordnung der Schwenkmotoren. Die 3 Achsen stehen aufeinander senkrecht und gehen durch den Schwerpunkt des Gebäudes.

Masse, viel langsamer als der Rotor — und zwar solange, bis der Motor wieder stillgesetzt wird und verschieden rasch je nach der ihm erteilten Drehzahl. (Denn es handelt sich in vorliegendem Fall um ein „freies System“, in welchem nur innere Kräfte wirken.) Da nun diese Motoren so angeordnet sind, daß ihre Achsen wie die eines rechtwinkligen räumlichen Koordinatensystems aufeinander senkrecht stehen (Abb. 82), kann durch ihr geeignetes Zusammenwirken das Gebäude in jeder beliebigen Weise verschwenkt werden.

Die Rückstoßantriebe gleichen sowohl im Bau als in der Wirkungsweise den schon früher beschriebenen Treibvorrichtungen der Raumschiffe*). Sie sind jedoch entsprechend den geringeren an sie gestellten Anforderungen (die durch sie hervorgerufenen Beschleunigungen brauchen nicht groß zu sein) viel schwächer als diese ausgeführt. Ihre Verteilung ist so getroffen, daß man mit ihrer Hilfe dem Gebäude in jeder beliebigen Richtung eine Beschleunigung erteilen kann.

Anordnung der Raumwarte in 3 Objekten.

Es wäre also sehr wohl denkbar, technische Einrichtungen zu schaffen, welche den Aufenthalt im leeren Weltraum trotz des Mangels aller Stoffe ermöglichen; aber auch das Fehlen der Schwere würde (zumindest in physikalischer Hinsicht, wahrscheinlich aber auch sonst) kein ausschlaggebendes Hindernis für die Abwicklung des Lebens bilden, wenn man den verschiedenen, sich daraus ergebenden Merkwürdigkeiten in der schon früher angedeuteten Weise Rechnung trägt.

Da der gewichtslose Zustand aber jedenfalls mit erheblichen Unbequemlichkeiten verbunden wäre und sich bei sehr langer Andauer vielleicht auch als gesundheitsschädlich erweisen könnte, ist auf der Raumwarte für künstlichen Ersatz der Schwere gesorgt.

Gemäß unseren früheren Ausführungen kann die Schwerkraft,

*) Siehe Seite 46, 47.

weil sie selbst eine Massenkraft ist, nur ebenfalls wieder durch eine Massenkraft beeinflußt, aufgehoben oder ersetzt werden und insbesondere nur durch die Fliehkraft, wenn sich dabei ein dauernder (stabiler) Zustand ergeben soll. Dieselbe dient uns ja schon dazu, die Warte in ihrer schwindelnden Höhe zu erhalten, sie dort gewissermaßen zu tragen. Da letzteres aber gleichzeitig auch zur gänzlichen Aufhebung des Schwerezustandes in der Warte selbst führt, wird die Fliehkraft nun nochmals, aber auf andere Weise als früher angewendet, herangezogen, den fehlenden Schwerezustand von neuem hervorzurufen.

Dies zu bewerkstelligen, wäre im Grunde genommen sehr einfach: Man muß nur jene Gebäudeteile, in welchen Fliehkraft und damit Schwerezustand erzeugt werden soll, um ihren Massenmittelpunkt (Schwerpunkt) entsprechend rasch rotieren lassen. Schwieriger ist es jedoch, dabei auch gleichzeitig noch die Forderung zu erfüllen: daß man bei diesen rotierenden Gebäudeteilen einfach und ungefährlich aus- und eingelangen, Kabelleitungen anschließen und große Sammelspiegel anbringen kann und ferner daß es auch möglich ist, die Lage des Ganzen nicht nur mit Rücksicht auf die Sonnenstrahlen sondern auch nach den jeweiligen Erfordernissen der Fernbeobachtung einzustellen.

Diese Umstände nun führen zu einer Unterteilung der ganzen Raumwarte in 3 einzelne Objekte: das „Wohnrad“, in welchem durch Rotation künstlicher Schwerezustand ständig aufrechterhalten wird, daher die gleichen Lebensbedingungen wie auf der Erde herrschen und das normalerweise zum Aufenthalt, zum Wohnen benutzt wird; ferner das „Observatorium“ und endlich das „Maschinenhaus“, die beide unter Beibehaltung des schwere-losen Zustandes, nur ihren besonderen Zwecken gemäß eingerichtet sind, dafür aber auch nur vorübergehend, der gerade diensttuenden Besatzung während der Verrichtung ihrer Arbeiten zum Aufenthalt dienen.

Allerdings macht diese Unterteilung der Raumwarte es notwendig, besondere Maßnahmen zu treffen, um die gegenseitige

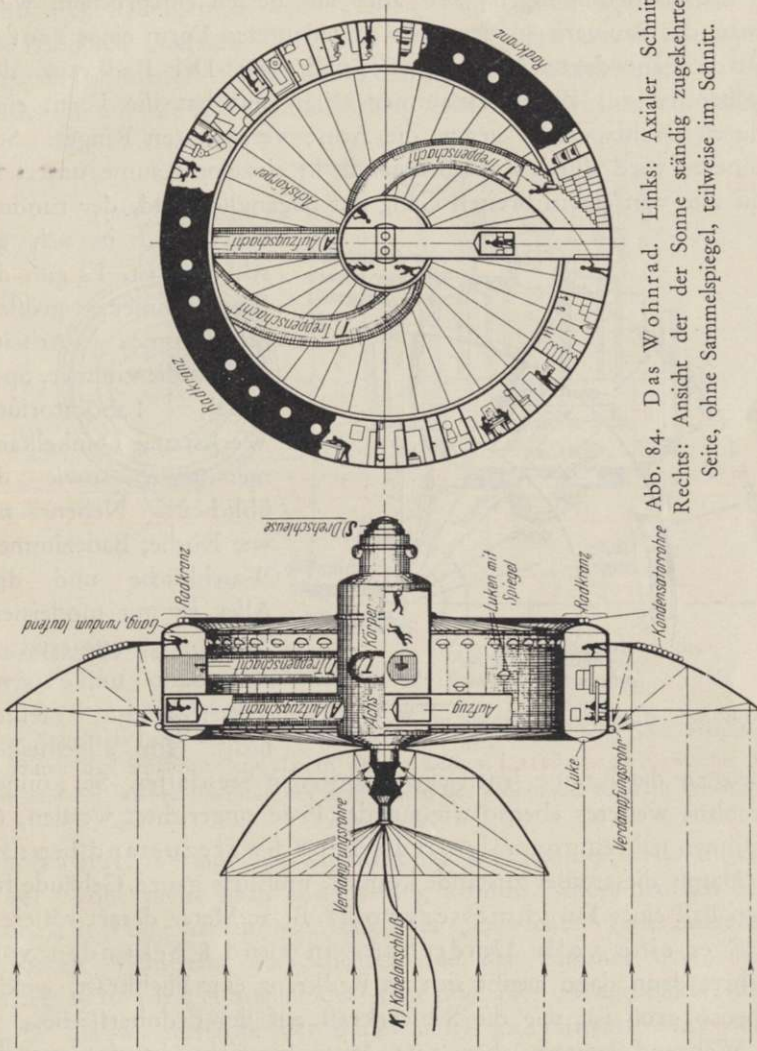


Abb. 84. Das Wohnrad. Links: Axialer Schnitt. Rechts: Ansicht der Sonne ständig zugekehrten Seite, ohne Sammelspiegel, teilweise im Schnitt.

von der Achse entfernt: am Umfang befinden, weil dort die Fliehkraft am stärksten ist.

Diesen Bedingungen wird aber am besten entsprochen, wenn man das Bauwerk in der schon angedeuteten Form eines großen Rades anordnet (Abb. 84, 89 und 90): Der Radkranz desselben ist aus Zellen zusammengefügt und hat die Form eines durch Drahtspeichen gegen die Achse verspannten Ringes. Sein Inneres wird durch Zwischenwände in einzelne Räume unterteilt, die alle von einem breiten Gang aus zugänglich sind, der rundum

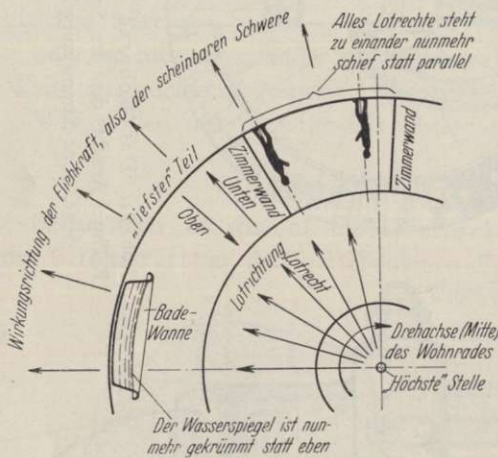


Abb. 85. Richtungsverhältnisse im Wohnrad.

führt und in sich geschlossen ist. Es gibt da: Einzelzimmer, größere Schlafräume, Arbeits- und Studierzimmer, Speisesaal, Laboratorium, Werkstatt, Dunkelkammer usw., sowie die üblichen Nebenräume wie Küche, Badezimmer, Waschküche und dgl. Alles ist mit modernem Komfort ausgestattet; auch Kalt- und Warmwasserleitung fehlen nicht. Im allgemeinen gleichen die Räume jenen eines modernen Seeschiffes. Sie können ja ohne weiteres ebenso wie auf der Erde eingerichtet werden, da in ihnen nahezu normaler, irdischer Schwerezustand herrscht.

Damit dieser aber zustande kommt, muß das ganze Gebäude für den Fall eines Durchmesser von z. B. 30 Meter derart rotieren, daß es eine volle Umdrehung in rund 8 Sekunden vollführt; denn dann ergibt sich im Radkranz eine Fliehkraft, welche ebenso groß ist, wie die Schwerkraft auf der Erdoberfläche.

Während letztere aber zur Mitte hinwirkt, ist dagegen die Fliehkraft von der Mitte weg gerichtet. Daher bedeutet beim

Wohnrad „lotrecht“ (umgekehrt wie bei der Erde): die radiale Richtung von der Mitte (also der Drehachse) nach auswärts (Abb. 85). Demgemäß weist „unten“ nun gegen den Umfang und zugleich „tiefsten“ Teil und „oben“ gegen die Achse und zugleich „höchste“ Stelle dieses künstlichen Weltkörpers. Mit Rücksicht auf die Kleinheit desselben tritt aber bei ihm nun auch

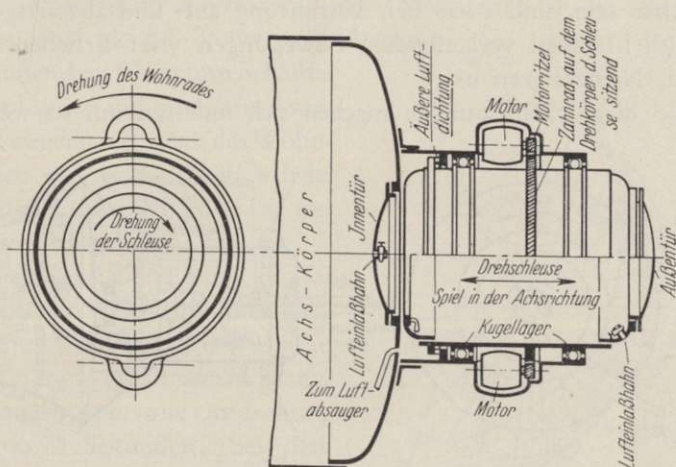


Abb. 86.

Draufsicht auf die Außentür der

Axialer Schnitt durch die

Dreh-Luftschleuse des Wohnrades.

(Siehe Abb. 84 und Buchtext Seite 141 oben.)

Die Kugellager sind so ausgeführt, daß sie in der Achsrichtung Spiel erlauben, wodurch das Schließen bzw. Lösen der äußeren Luftdichtung, welche die Schleuse bei offener Innentür mit dem Innern des Wohnrades luftdicht verbindet, möglich ist.

der radiale Verlauf der Lotrichtung, der bei der Erde infolge ihrer Größe meist nicht zur Geltung kommt, schon deutlich hervor. Die Folge davon ist, daß alles „Lotrechte“ (wie aufrechtstehende Menschen, die Scheidewände der Zimmer usw.) nun schief statt parallel zueinander steht und alles „Wagerechte“ (also z. B. die Wasserfläche der Badewanne) gekrümmt statt eben erscheint (Siehe Abb. 85).

Eine weitere Eigentümlichkeit besteht darin, daß sowohl die

Umfangsgeschwindigkeit als auch die Fliehkraft, infolge ihrer Abnahme gegen die Drehmitte zu (Abb. 83), für den Kopf eines im Wohnrad stehenden Menschen etwas kleiner als für seine Füße ist (bei einem Raddurchmesser von 30 Meter etwa um $\frac{1}{9}$). Hiervon dürfte der Unterschied der Fliehkkräfte zwar kaum, jener der Umfangsgeschwindigkeiten aber doch schon einigermaßen bemerkbar sein, und zwar bei Ausführung auf- und abwärtsgehender (d. h. radial verlaufender) Bewegungen wie: Erheben einer Hand, Niedersetzen usw.

Alle diese Erscheinungen machen sich indessen um so weniger

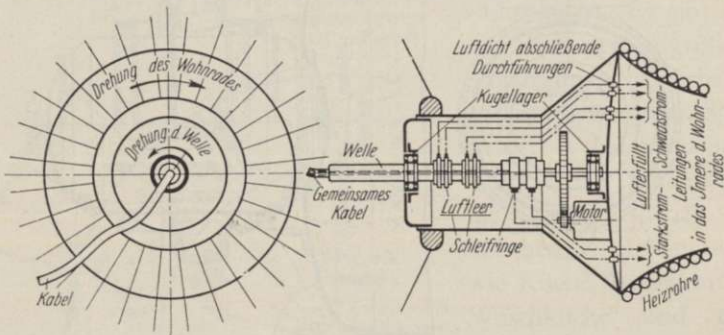


Abb. 87.

Draufsicht auf den Axialer Schnitt durch den
Kabelanschluß des Wohnrades.

(Siehe Abb. 84, K und Buchtext Seite 141 unten.)

geltend, je größer der Raddurchmesser ist. Bei dem vorhin gewählten Fall (Durchmesser 30 Meter) wäre hiervon nur mehr Geringes fühlbar.

Da in der Gegend der Achse (weil dort die geringste Bewegung herrscht!) die Vorrichtungen zur Verbindung mit der Außenwelt angebracht sind, bildet der Achskörper gewissermaßen die „Vorhalle“ des ganzen Gebäudes. Er besitzt zylindrische Form. An seinen beiden Enden (um jene Stellen, wo er von der theoretischen Drehachse durchsetzt wird) ist auf der einen Seite die Luftschleuse und auf der anderen der Kabelanschluß angeordnet (Abb. 84, S und K).

Die Luftschleuse ist hier drehbar gemacht, um den Über-

gang zwischen der Rotationsbewegung des Wohnrades und dem Ruhezustande des Weltraums zu erleichtern (Abb. 86). Beim „Ausschleusen“ steht sie gegenüber dem Wohnrad still (dreht sich also gegenüber dem Weltraum). Man kann sich somit aus dem Wohnrad ohne weiteres in die Schleuse begeben. Nun wird dieselbe durch elektrischen Antrieb langsam angedreht — und zwar entgegen der Rotationsrichtung des Wohnrades — bis sie mit diesem auf gleiche Tourenzahl kommt. Sie gelangt dadurch gegenüber dem Weltraum in Ruhezustand und kann nun ebenso verlassen werden, als wenn das Wohnrad sich gar nicht drehen würde. Für das „Einschleusen“ ist der Vorgang umgekehrt.

Bei einiger Übung kann auf das Andrehen der Schleuse aber auch verzichtet werden, da das Wohnrad ohnehin nur verhältnismäßig langsam rotiert (eine volle Umdrehung in etwa 8 Sekunden, bei dem früher angenommenen Fall eines Raddurchmessers von 30 Meter).

Auch der Kabelanschluß auf der anderen Seite des Achskörpers ist in grundsätzlich ähnlicher Weise ausgeführt, um damit zu verhindern, daß durch die Rotation des Wohnrades das Kabel verdreht wird. Letzteres geht deshalb vom Ende einer Welle aus (Abb. 87), welche in der theoretischen Drehachse des Wohnrades angeordnet ist und mittels eines Elektromotors fortgesetzt so angetrieben wird, daß sie sich mit genau derselben Tourenzahl wie das Wohnrad — aber verkehrt wie dieses — dreht. Infolgedessen befindet sich die Welle gegenüber dem Weltraum andauernd in Ruhe. Das von ihr austretende Kabel kann also durch die Rotation des Wohnrades tatsächlich nicht in Mitleidenschaft gezogen werden.

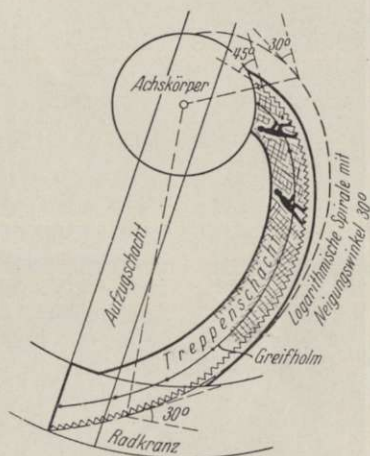


Abb. 88. Treppenschacht des Wohnrades.

Zur Verbindung zwischen Achskörper und Radkranz dienen Treppen und elektrische Aufzüge, welche in eigenen Röhrenschächten untergebracht sind. Letztere verlaufen für die Aufzüge



Abb. 89. Gesamtansicht der Sonnenseite des Wohnrades. Der mittlere Sammelspiegel könnte auch weggelassen und durch entsprechende Vergrößerung des äußeren Spiegels ersetzt werden.

„lotrecht“, also radial (Abb. 84, A). Bei den Treppen hingegen, die ja geneigt sein müssen, sind sie — mit Rücksicht auf das Divergieren der Lotrichtung — nach logarithmischen Spiralen

gekrümmt, die aber nach „oben“ (der Mitte) zu allmählich steiler werden (Abb. 88 und 84, T), gemäß der nach dort mehr und mehr abnehmenden Schwerkraft (Flichkraft). Durch ent-



Abb. 90. Gesamtansicht der Schattenseite des Wohnrades.

sprechend langsames Benützen der Treppen bzw. der Aufzüge kann der Übergang zwischen dem im Radkranz herrschenden Zustand der Schwere und der Schwerefreiheit des Weltraums beliebig allmählich vollzogen werden.

Die Versorgung des Wohnrades mit Licht, Wärme, Luft und Wasser erfolgt in der schon früher für die Raumwarte allgemein angegebenen Weise, unter Verwendung der dort beschriebenen technischen Einrichtungen. Nur mit dem Unterschiede, daß an der Beheizung des Wohnrades auch die der Sonne ständig zugekehrte Wand des Radkranzes mitwirkt*), welche deshalb mattschwarz gefärbt ist (Abb. 89 und 84), im Gegensatz zur vollkommenen Spiegelblankheit der sonstigen Außenflächen des Gebäudes. Auch ein kleines, für den Notbedarf des Wohnrades genügendes Sonnenkraftwerk ist vorhanden.

Alle Magazine und Tankräume für die stets reichlichen Luft-, Wasser-, Nahrungsmittel- und sonstigen Vorräte befinden sich im Radkranz, desgleichen auch sämtliche maschinellen Einrichtungen. Die zu letzteren gehörenden Sammelspiegel und mattschwarz gefärbten Dampferzeuger- und Kondensatorrohre sind am Wohnrad außen in zweckentsprechender Weise angebracht und rotieren mit (Abb. 84, 89 und 90).

Schließlich sind noch Schwenkmotoren und Rückstoßantriebe vorgesehen, welche außer zu den schon früher angegebenen Zwecken hier auch noch dazu dienen, die Drehbewegung des Wohnrades erzeugen und wieder stillsetzen zu können, bzw. regelnd darauf einzuwirken.

Das Observatorium und das Maschinenhaus.

Der für das Wohnrad leitend gewesene Gedanke: möglichst günstige Lebensbedingungen zu schaffen, muß beim Observatorium und Maschinenhaus zurücktreten gegenüber der Forderung, diese Objekte vor allem zur Erfüllung ihrer besonderen Aufgaben geeignet zu machen, weshalb bei denselben, wie schon erwähnt, auf die Beseitigung des schwerelosen Zustandes verzichtet wird.

Für das Observatorium (Abb. 91) ist vor allem wichtig, daß man ihm jede beliebige, durch die vorzunehmenden Beob-

*) Natürlich könnte darauf auch verzichtet und die Wärmeversorgung des Wohnrades ebenfalls allein nur mittels Luftheizung bewirkt werden. Der Radkranz müßte dann durchaus spiegelblank sein.

achtungen bedingte Lage im Raume ohne weiteres erteilen kann. Es muß daher von der Stellung der Sonne vollkommen unabhängig sein, darf also keine der früher beschriebenen, durch Sonnenstrahlen betriebenen Einrichtungen aufweisen. Aus diesem Grund erfolgt die Belüftung und damit gleichzeitig auch die Beheizung des Observatoriums ebenso wie seine Elektrizitätsversorgung vom Maschinenhause aus, zu welchem Zweck beide Objekte



Abb. 91. Beispiel für die Ausführung des Observatoriums. Es hat annähernd die Form eines Kessels mit Rücksicht auf den darin herrschenden Überdruck von 1 Atm. Die Luftschleuse, zwei elektrische Kabel (links), das biegsame Luftrohr (rechts) und die Beleuchtungsluken sind erkennbar.

außer mittels eines Kabels noch durch eine biegsame Rohrleitung verbunden sind (Abb. 91 und 92). Doch ist Vorsorge getroffen, daß die Belüftung des Gebäudes im Notfalle auch selbständig, unter Zuhilfenahme von Reinigungspatronen in ähnlicher Weise vorgenommen werden kann, wie dies bei den modernen Taucheranzügen üblich ist.

Im Observatorium sind vorhanden: vor allem, seiner Bestimmung gemäß, die Fernbeobachtungs-Einrichtungen und ferner sämtliche, in Abhängigkeit von der Fernbeobachtung zu

betätigenden Steuerungen, wie z. B. jene der Raumspiegel (siehe Folgendes). Endlich befindet sich dortselbst auch noch ein Laboratorium für Untersuchungen im schwerelosen Zustand.

Das Maschinenhaus ist dazu bestimmt, die wichtigeren, für die ganze Raumwarte gemeinsamen maschinellen Anlagen aufzunehmen, insbesondere jene, welche zur großzügigen Auswertung der Sonnenstrahlen dienen. Es enthält daher vor allem das Haupt-Sonnen-Kraftwerk samt Speicherbatterie. Ferner

ist darin die ganze Apparatur der Großfunkstation untergebracht und schließlich noch eine Belüftungsanlage vorhanden, die gleichzeitig auch für das Observatorium arbeitet.

Die Zufuhr der Sonnenenergie erfolgt durch einen mächtigen, mit dem Gebäude fest verbundenen Sammelspiegel (Abb. 93), in dessen Brennpunktgebiet sich die Verdampfungs- und Heizrohre befinden, während auf seiner Rückseite die Kondensator- und Kühlrohre angebracht sind.

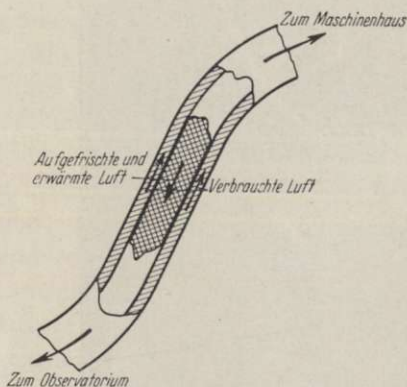


Abb. 92. Die biegsame Rohrleitung zur Verbindung des Observatoriums mit der Belüftungsanlage des Maschinenhauses.

Die Lage des Maschinenhauses ist daher im vorhinein festgelegt: sie muß stets so erhalten werden, daß der Sammelspiegel mit seiner Vorderseite die Sonnenstrahlen voll aufnimmt.

Die Beleuchtung sowohl des Observatoriums als auch des Maschinenhauses erfolgt in der für die Raumwarte bereits allgemein beschriebenen Weise. Die Außenflächen der Gebäude sind zwecks Verringerung der Abkühlung vollkommen spiegelblank gehalten. Schließlich sind beide Objekte auch mit Schwenkmotoren und Rückstoßantrieben ausgerüstet.

Küchen, Wasserreinigungsanlagen, Waschgelegenheiten u. dgl. fehlen jedoch, mit Rücksicht auf das sehr unbequeme Verhalten

der Flüssigkeiten im schwerelosen Zustand. Für die Nahrungsaufnahme und Körperpflege ist eben das Wohnrad vorhanden. Was im Observatorium und Maschinenhaus an Speise und Trank

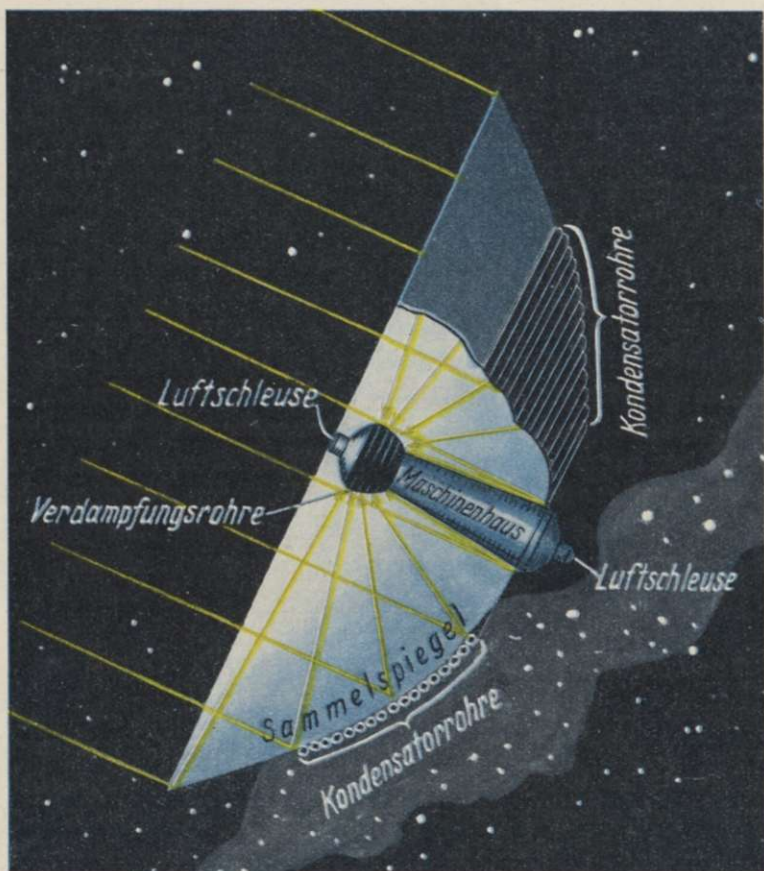


Abb. 93. Beispiel für die Anordnung des Maschinenhauses, im Achsschnitt andeutungsweise dargestellt.

benötigt wird, muß jeder Mann selbst, bereits in der für den gewichtslosen Zustand geeigneten Art zubereitet, aus dem Wohnrad dorthin mitnehmen.

Vorsorgen für die Fernverständigung und Sicherheit.

Die Verständigung zwischen den einzelnen Objekten der Raumwarte erfolgt in der schon früher angedeuteten Weise entweder durch Lichtsignale oder mittels Funk oder endlich auf drahtlichem Wege. Demgemäß sind alle drei Objekte mit eigenen Lokalfunkstationen ausgerüstet und außerdem miteinander durch Kabel verbunden, welche zugleich auch der Starkstromübertragung dienen.

Schließlich ist noch jedes der drei Objekte mit Reservevorräten an Nahrung, Sauerstoff, Wasser, Heizstoff und (in Reservebatterien aufgespeicherter) Elektrizität derart ausgestattet, daß es zur Not die ganze Besatzung der Raumwarte auf einige Zeit aufnehmen kann, wenn etwa durch einen Unglücksfall die beiden anderen Objekte gleichzeitig unbrauchbar werden sollten. Auf diese Weise trägt die aus technischen Gründen vorgesehene Dreiteilung der Raumwarte auch zur Sicherheit wesentlich bei. Um letztere noch weiter zu erhöhen, ist Vorsorge getroffen, daß jedes Objekt nicht nur über die Großfunkstation sondern auch selbständig, durch eigene Blinkspiegeleinrichtungen, mit der Erde in Verbindung treten kann.

Anordnung der Raumwarte in 2 Objekten.

Statt in 3 Teilen könnte man die Raumwarte aber auch in nur 2 Objekten anordnen, und zwar durch Vereinigung des Wohnrades und des Maschinenhauses. Es wäre dies deshalb grundsätzlich möglich, weil für diese beiden Objekte die Lage im Weltraum nur durch die Richtung der Sonnenstrahlen, und zwar in gleicher Weise bestimmt wird.¹

Will man dabei vermeiden, daß der Spiegel des Maschinenhauses die für seine Größe verhältnismäßig rasche Drehung des Wohnrades voll mitmacht, dann könnte man beispielsweise das Wohnrad und das Maschinenhaus (samt seinem Spiegel) beide um eine gemeinsame Drehachse — aber in verkehrtem Sinne

— rotieren lassen. Oder man könnte das Wohnrad und das Maschinenhaus völlig zu einem Gebäude verschmelzen und um dessen Drehachse den großen Spiegel des Maschinenhauses allein in ebenfalls entgegengesetzter Richtung rotieren lassen u. a. m.

Folgendes wären die Vorteile daraus:

1. Der Verkehr innerhalb der Raumwarte wird vereinfacht.
2. Die bei getrennter Anordnung notwendigen Maßnahmen zum Ausgleich der gegenseitigen Massenanziehung der Objekte fallen zwischen Wohnrad und Maschinenhaus fort.
3. Die Drehbewegung des Wohnrades kann jetzt durch Motor-kraft statt wie sonst mittels Rückstoßantriebes — also ohne Betriebsstoffaufwand — erzeugt, geändert und stillgesetzt werden; denn es steht für diesen Zweck nun das ganze Maschinenhaus bzw. der große Spiegel desselben als „Gegenmasse“ zur Verfügung (daher die verkehrte Rotationsrichtung desselben).

Diesen Vorteilen steht aber der Nachteil gegenüber, daß sich dabei nicht unwesentliche, wenn auch lösbare, konstruktive Schwierigkeiten ergeben. Wir wollen es hier unterlassen, auf diese Anordnungsweise der Raumwarte noch weiter einzugehen, um das von ihr bisher gewonnene Bild nicht zu komplizieren.

Der Raumanzug.

Sowohl für die Herstellung als auch für den Betrieb der Raumwarte (Verkehr zwischen den einzelnen Objekten, mit den Raumschiffen, verschiedene Arbeiten usw.) ist es erforderlich, sich auch außerhalb der geschlossenen Räume im Freien aufhalten zu können. Da letzteres nur mit Hilfe der schon früher angedeuteten Raumanzüge möglich ist, müssen wir uns auch mit diesen noch näher befassen.

Sie sind, wie schon erwähnt, den modernen Taucher- bzw. Gasschutzanzügen ähnlich. Doch muß die Hülle, aus welcher sie bestehen, nicht nur wie bei diesen: luftdicht, gegen äußere Einflüsse widerstandsfähig und so beschaffen sein, daß sie möglichst ungehinderte Bewegung gestattet. Sie muß bei Raumanzügen außerdem noch große Zugfestigkeit besitzen, da in ihrem

Innern eine Gasspannung (Luftüberdruck gegenüber dem leeren Weltraum) von einer vollen Atmosphäre herrscht, und sie soll überdies gegen extrem niedere Temperaturen, wie solche sich durch Ausstrahlung in den leeren Weltraum ergeben können, unempfindlich sein, darf dadurch weder brüchig werden noch sonst an Festigkeit einbüßen. Es werden also an das Material der Hülle eines solchen Raumanzuges zweifellos recht bedeutende Anforderungen gestellt.

Jedenfalls bietet am meisten Schwierigkeit die Frage des Kälteschutzes, d. h., richtiger gesagt, die Aufgabe: den Wärmeverlust durch Ausstrahlung in erträglichen Grenzen zu halten. Man muß daher trachten, die Ausstrahlungsfähigkeit der Hülle auf ein Mindestmaß zu beschränken. Am günstigsten wäre es für die Erreichung dieses Zweckes, den Anzug in der Gänze außen spiegelblank zu machen. Er müßte dann allerdings entweder vollständig aus Metall bestehen, oder wenigstens mit einem solchen belegt sein. Vielleicht aber würde als Hülle auch ein entsprechend präparierter, gegen starke Abkühlung unempfindlicher, schmiegsamer Stoff genügen, wenn er außen hellweiß gefärbt und möglichst geglättet ist.

Allerdings dürfte der Vorteil eines solchen für die Bewegungsfreiheit nicht allzugroß sein; denn auch wenn die verwendete Hülle an und für sich schmiegsam ist, würde sie — weil der Anzug durch den inneren Überdruck aufgebläht also prall wird — steif sein, so daß man zwecks Erreichung genügender Beweglichkeit trotzdem besondere Vorkehrungen treffen müßte, ähnlich so als ob die Hülle überhaupt aus einem festen Stoff, also z. B. aus Metall, bestünde. Da über die Ausführungsweise solcher steifen Anzüge von den modernen Panzertauchern her schon vielfache Erfahrungen vorliegen, man ihnen zum Teil vielleicht auch ein ähnliches Gefüge, wie es die Metallschläuche aufweisen, geben könnte, schiene somit die Ganzmetallkonstruktion offenbar am günstigsten zu sein.

Wir wollen daher annehmen, daß die Raumanzüge auf diese Art ausgeführt sind. Durch vollkommene äußere Spiegelblank-

heit wird ihre Abkühlung infolge Wärmeausstrahlung möglichst verhindert. Eine besondere Ausfütterung des ganzen Anzuges sorgt außerdem für weitgehende Wärmeisolierung. Falls sich bei sehr langem Aufenthalt im Freien die Abkühlung trotzdem bemerkbar macht, wird durch Bestrahlung der im Sonnenschatten befindlichen Seite des Raumanzuges mittels Spiegeln der Ausstrahlung entgegengewirkt.

Die Luftversorgung erfolgt ähnlich wie bei den modernen Panzertauchern. Die hierzu notwendigen Sauerstoff-Flaschen und Luftreinigungspatronen befinden sich in einem metallenen Tornister am Rücken.

Da die sprachliche Verständigung durch den luftleeren Raum nur auf telephonischem Weg möglich ist und hierzu eine Verbindung mit Drähten unpraktisch wäre, sind die Raumanzüge mit Funksprecheinrichtungen ausgestattet: Ein kleiner, als Sender und Empfänger wirkender, durch Akkumulatoren betriebener Röhrenapparat ist zu diesem Zwecke ebenfalls im Tornister untergebracht. Das Mikrophon und die Kopftelephone sind im Helm fest eingebaut. Als Antenne dient ein geeignet angebrachter Draht bzw. das Metall des Anzuges. Da auch jedes einzelne Objekt der Raumwarte für den lokalen Funkverkehr ausgerüstet ist, können somit die im Freien schwebenden Personen sowohl untereinander als auch mit dem Innern der Raumwarte sprechen, wie sonst im luftgefüllten Raum — allerdings nicht mittels Luft- aber durch Ätherwellen.

Zur besonderen Sicherung gegen die beim Aufenthalt im Freien drohende, schon erwähnte Gefahr des „Entschwebens in den Weltraum“ sind die Lokalfunkstationen überdies mit sehr empfindlichen Alarmapparaten ausgerüstet, welche auf eventuelle Rettungsanrufe aus den Raumanzügen selbst noch auf große Entfernungen ansprechen.

Um gegenseitige Störungen zu vermeiden, sind für die einzelnen Arten des lokalen Funkverkehrs naturgemäß verschiedene Wellen festgesetzt, die bei den Funkgeräten der Raumanzüge in einfacher Weise eingestellt werden können.

Zur Ermöglichung willkürlicher Fortbewegung dienen kleine Rückstoß-Handapparate. Deren Betriebsstoffbehälter befinden sich nebst den schon früher erwähnten Geräten ebenfalls im Tornister.

Die Reise zur Raumwarte.

Der Verkehr zwischen der Erde und der Raumwarte erfolgt durch Raketen-Raumschiffe, wie solche schon im ersten Teil dieser Ausführungen annähernd beschrieben wurden. Es mag das Bild vervollständigen, eine solche Reise in großen Umrissen einmal mitzuerleben:

Das Raumschiff ist auf der Erde bereitgestellt. Wir betreten die Fahrzelle, eine kleine im Innern seines Rumpfes untergebrachte Kammer, die zur Aufnahme des Führers und der Fahrgäste dient. Die Tür wird von innen luftdicht verschlossen. Wir müssen uns in Hängematten legen.

Einige Steuergriffe des Führers, ein leises Erbeben des Fahrzeuges und schon im nächsten Augenblick fühlen wir uns schwer wie Blei, fast schmerzhaft pressen sich die Schnüre der Hängematte in den Körper, das Atmen wird zur Anstrengung, das Erheben eines Armes zur Kraftprobe: Der Aufstieg hat begonnen. Der Antrieb arbeitet und hebt uns mit einer Beschleunigung von 30 m/sec^2 empor, was wir wie eine Erhöhung unseres Gewichtes auf den vierfachen Wert des Normalen empfinden. Unter dieser Last sich aufrecht zu erhalten, wäre unmöglich gewesen.

Es dauert nicht lange — da hört für einen Augenblick das vermehrte Schweregefühl auf, um gleich wieder von Neuem einzusetzen. Der Führer erklärt, daß er soeben die erste Teilrakete, die nun verbraucht ist, abgekoppelt und die zweite angelassen hat.

Doch bald erfolgen neue Steuergriffe: Wir haben, wie uns der Führer verrät, die notwendige Steig-Höchstgeschwindigkeit bereits erlangt; deshalb wurde das Fahrzeug um 90° gewendet, so daß der Antrieb jetzt in wagerechter Richtung arbeitet, um uns noch auf die notwendige Umlaufgeschwindigkeit zu bringen.

Schon haben wir auch diese erreicht. Erst einige Minuten sind

seit dem Start verflossen, aber endlos deucht uns, daß wir den anstrengenden Zustand erhöhter Schwere bereits ertragen müssen. Allmählich verringert sich nun der auf uns lastende Druck. Erst fühlen wir wohltuende Erleichterung, dann aber — beklemmende Angst: wir glauben zu fallen, haltlos in die Tiefe zu stürzen. Der wackere Führer bemüht sich uns zu beruhigen: er hat den Antrieb langsam abgestellt; unsere Bewegung erfolgt jetzt nur mehr vermöge unserer eigenen lebendigen Kraft; was wir als Fall empfinden, ist nichts als das Gefühl der Schwerelosigkeit, an das wir uns nun wohl oder übel gewöhnen müssen. Leichter gesagt, als getan; doch da keine andere Möglichkeit besteht, gelingt schließlich auch dieses.

Indessen hat der Führer mit seinen Instrumenten scharf beobachtet, seine Tabellen und Fahrkurven zu Rate gezogen; einige Male wurde auf kurze Zeit der Antrieb wieder angelassen: es mußten kleine Bahnfehler korrigiert werden.

Nun aber ist das Ziel erreicht. Wir haben die Raumanzüge angelegt, die Luft wird aus der Fahrzelle abgelassen, die Tür geöffnet und vor uns, in einiger Entfernung erblicken wir etwas gar Seltsames, das sich vom tiefschwarzen, sternübersäten Himmel abhebt, metall glitzernd in hellstem Sonnenschein: die Weltraumwarte (Abb. 94).

Doch man läßt uns wenig Zeit zu staunen. Schon stößt unser Führer sich ab und schwebt der Warte zu. Wir folgen ihm, aber nicht mit sehr behaglichen Gefühlen: gähnt doch zur Erde ein Abgrund von beinahe 36000 km!

Für die Rückreise finden wir unser Fahrzeug mit Tragflächen ausgerüstet. Diese sind während des Aufstieges in zerlegtem Zustande mitgeführt und nun aufmontiert worden, was infolge der herrschenden Gewichtslosigkeit keine Schwierigkeiten verursachte.

Wieder begeben wir uns in die Fahrzelle des Raumschiffes; die Tür wird geschlossen, Luft eingelassen. Vorerst ganz schwach beginnt der Antrieb zu arbeiten: ein leichtes Schweregefühl stellt sich ein. Abermals müssen wir uns in die Hängematten legen. Dann, nach und nach, schaltet der Führer weitere Düsen ein, so

daß sich das Schweregefühl zu immer größerer Stärke vermehrt. Noch viel drückender als früher empfinden wir es diesmal, nachdem wir nun durch längere Zeit der Schwere entwöhnt waren. Mit voller Kraft arbeitet jetzt der Antrieb, und zwar in wagrechter Richtung, aber entgegengesetzt wie früher; denn es gilt, unsere Umlaufgeschwindigkeit und damit die Fliehkraft, die uns während des Aufenthaltes bei der Raumwarte getragen hatte, so stark zu vermindern, daß wir in einer elliptischen Bahn der Erde frei zufallen. Im Verlaufe dieses Teils der Rückfahrt herrscht dann wieder schwereloser Zustand.

Indessen sind wir der Erde bereits erheblich näher gekommen. Allmählich treten wir nun auch in ihre Lufthülle ein; schon macht sich der Luftwiderstand bemerkbar, und es beginnt nun der schwierigste Teil der Reise: die Landung. Denn jetzt heißt es, unsere Fahrgeschwindigkeit, die sich während unseres Falles zur Erde bis auf den rund 12fachen Wert der Geschwindigkeit eines Geschosses gesteigert hat, mittels des Luftwiderstandes so langsam abzubremsen, daß dabei kein Heißlaufen durch die Luftreibung eintritt.

Vorsichtshalber haben wir uns alle angegurtet. Der Führer ist vollauf beschäftigt, die Tragflächen und Fallschirme zu steuern, die jeweilige Lage des Fahrzeuges zu bestimmen, Luftdruck und Außentemperatur zu messen u. a. m. Stundenlang umfahren wir so in rasender Eile unseren Planeten: anfangs ist es ein Kopfflug in einer Höhe von etwa 75 km; später dann, mit fortschreitender Abnahme der Geschwindigkeit, nähern wir uns in einer langen Spirale immer mehr der Erde und gelangen dadurch in tiefere, dichtere Luftschichten; allmählich stellt sich wieder das irdische Schweregefühl ein, und unsere Fahrt geht in einen normalen Gleitflug über. Wie in rasendem Lauf eilt hierbei unter uns die Erdoberfläche hinweg: in halben Stunden nur werden ganze Ozeane überflogen, Kontinente überquert.

Doch immer langsamer wird die Fahrt und näher kommen wir dem Erdboden, bis wir schließlich in der Nähe eines Hafens auf dem Meere niedergehen.



Abb. 94. Die gesamte Raumwarte mit ihren 3 Objekten, gesehen durch die Türöffnung eines Raumschiffes. Im Hintergrunde — 35 900 km entfernt — die Erde. Der Mittelpunkt ihres Umfangskreises ist jene auf dem Äquator gelegene Stelle der Erdoberfläche, über welcher die Raumwarte ständig schwebend verharrt (Siehe Seite 98, 99). Dieselbe liegt, so wie die Annahme hier getroffen wurde, im Meridian von Berlin, und zwar etwa in der Südspitze von Kamerun.

Besondere physikalische Untersuchungen.

Und nun zur wichtigen Frage, welchen Nutzen die besprochene Weltraumwarte uns bringen könnte! Oberth hat diesbezüglich mancherlei interessante Anregungen gegeben, auf welche im Folgenden vielfach Bezug genommen wird.

Beispielsweise könnte man besondere physikalische und chemische Versuche anstellen, die große, vollkommen luftleere Räume benötigen oder das Fehlen der Schwere bedingen und deshalb unter irdischen Verhältnissen nicht durchführbar sind.

Ferner wäre es möglich, extrem niedere Temperaturen nicht nur in einfacherer Weise als auf der Erde zu erzeugen, sondern auch dem absoluten Nullpunkt dabei viel näher zu kommen, als dies in unseren Kältelaboratorien gelingt (bisher erreichte man daselbst etwa 1° absolut, d. i. -272° Celsius); denn in der Raumwarte würde ja außer dem für diesen Zweck bereits gebräuchlichen Verfahren der Heliumverflüssigung auch noch die Möglichkeit weitgehendster Abkühlung durch Ausstrahlung in den leeren Weltraum zur Verfügung stehen.

Man könnte so das Verhalten von Körpern im Zustande fast gänzlicher Wärmelosigkeit prüfen, was zu äußerst wertvollen Aufschlüssen über den Aufbau der Materie sowie über die Natur der Elektrizität und der Wärme führen dürfte, wie die in unseren Kältelaboratorien bisher vorgenommenen derartigen Versuche erwarten lassen. Daraus aber würde sich in weiterer Folge wahrscheinlich auch praktischer Nutzen — vielleicht sogar in großartigstem Ausmaß — ergeben. Hängt damit doch z. B. auch das Problem zusammen, ein Verfahren zur Auswertung der in der Materie gebundenen, ungeheuren Energiemengen zu finden.

Schließlich könnte, mit Rücksicht auf die besonderen Möglichkeiten, welche eine Raumwarte bieten würde, vermutlich auch die Frage des Polarlichtes, dann gewisser kosmischer Strahlen und mancher anderer noch nicht völlig aufgeklärter Naturerscheinungen einer endgültigen Lösung zugeführt werden.

Teleskope von ungeheurer Größe.

Wie früher schon erläutert wurde, besteht im leeren Weltraum infolge des Fehlens der Luft kein optisches Hindernis, Fernsehgeräte von noch so bedeutender Größe zu verwenden. Aber auch in bautechnischer Hinsicht sind hierfür die Voraussetzungen infolge der herrschenden Schwerelosigkeit sehr günstig. Die für das Fernbewegen der Geräte bzw. ihrer Bestandteile notwendige elektrische Energie ist in der Raumwarte ebenfalls vorhanden.

So wäre es z. B. möglich, selbst kilometerlange Spiegelteleskope in einfacher Weise dadurch zu erhalten, daß man elektrisch einstellbare, parabolische Spiegel entsprechend weit vom Beobachter im leeren Weltraum schwebend postiert. Derartige und ähnliche Fernsehgeräte würden selbst den besten, heute auf der Erde vorhandenen geradezu ungeheuer überlegen sein. Ja man kann sagen, daß für die Leistungsfähigkeit derselben und damit auch für die Möglichkeiten der Fernbeobachtung beinahe überhaupt keine Grenze bestünde.

Beobachtung und Erforschung der Erdoberfläche.

Mit so gewaltigen Teleskopen würde sich von der Raumwarte aus auf der Erdoberfläche alles bis zu Kleinigkeiten erkennen lassen. So könnte man von der Erde mit einfachsten Mitteln gegebene optische Signale wahrnehmen und dadurch Forschungs Expeditionen mit ihrem Heimatlande in Verbindung halten, bzw. ihr Schicksal dauernd verfolgen. Man könnte auch unerforschte Länder absuchen, ihre Bodengestaltung feststellen, sich über ihre Bewohntheit und Wegsamkeit allgemeinen Aufschluß verschaffen und dadurch geplanten Forschungs Expeditionen wertvolle Vorarbeit leisten, ihnen sogar photographisch aufgenommene Detailkarten des zu bereisenden Neulandes zur Verfügung stellen.

Damit ist auch schon angedeutet, daß die Kartographie auf eine gänzlich neue Grundlage gestellt würde; denn mittels Fernphotographie ließen sich von der Raumwarte aus nicht nur

im Großen ganze Länder und selbst Kontinente, für deren Vermessung sonst viele Jahre und dementsprechend bedeutende Geldmittel notwendig gewesen wären, auf einfachste Weise kartographisch aufnehmen, sondern ebenso auch Detailkarten jeden Maßstabes herstellen, die an Genauigkeit selbst durch die gewissenhaftesten Arbeiten der Geometer und Mappedeure nicht übertroffen werden könnten. Letzteren bliebe dann nur die Aufgabe, nachträglich die Höhengliederung hinzuzufügen. Von allen noch wenig bekannten Gebieten der Erde, wie z. B. Innerafrika, Tibet, Nordsibirien, den Polargegenden usw. ließen sich so ohne große Mühe sehr genaue Karten gewinnen.

Ferner könnten wichtige Seefahrtlinien — wenigstens während des Tages und soweit die Bewölkung es gestattet — unter Beobachtung gehalten werden, um die Schiffe vor Gefahren, wie schwimmende Eisberge, herannahende Unwetter u. dgl., rechtzeitig warnen oder schon geschehene Schiffsunglücke sogleich melden zu können.

Da von der Raumwarte aus die Wolkenbewegung von mehr als $\frac{1}{3}$ der ganzen Erdoberfläche auf einmal überblickt und gleichzeitig von der Erde aus nicht mögliche kosmische Beobachtungen vorgenommen werden könnten, dürften sich auch für die Wettervorhersage ganz neue Anhaltspunkte ergeben.

Und nicht zuletzt sei noch auf den strategischen Wert solcher Fernbeobachtungsmöglichkeiten hingewiesen: wie ein Kriegsspielplan ausgebreitet, läge vor den Augen des Beobachters der Raumwarte das gesamte Aufmarsch- und Kampfgebiet! Selbst unter weitgehendster Vermeidung jeder Bewegung bei Tag, würde es dem Feinde kaum gelingen, vor solchen „Argusaugen“ seine Absichten zu verbergen.

Die Erforschung der Sternenvwelt.

Die großartigsten Ausblicke eröffneten sich für die Fernbeobachtung von der Raumwarte aus jedoch in astronomischer Hinsicht; denn in diesem Falle kommt zu der Möglichkeit, beliebig große Teleskope verwenden zu können, noch der Vorteil hinzu, daß

die Strahlen der Gestirne vollkommen ungeschwächt und unverfälscht einlangen und daß der Himmelsgrund gänzlich schwarz erscheint.

So würde beispielsweise letzterer Umstand es gestatten, alle jene Sonnenbeobachtungen, die von der Erde aus nur bei totalen Sonnenfinsternissen ausführbar sind, schon bei einfacher Abblendung der Sonnenscheibe mittels eines runden schwarzen Schirmes vorzunehmen.

Unser ganzes Sonnensystem, mit allen seinen Planeten, Planetoiden, Kometen, großen und kleinen Monden usw. könnte bis ins kleinste durchforscht werden. Auch die beiden, der Sonne näheren („unteren“) Wandelsterne: Venus und Merkur, wären ebensogut zu beobachten, wie die entfernteren („oberen“) Planeten, was von der Erde aus, wie schon erwähnt, wegen der Dämmerungserscheinung nicht möglich ist. Es ließe sich daher die Oberfläche zumindest aller der benachbarten Gestirne (Mond, Venus, Mars, Merkur), soweit sie uns sichtbar wird, genau erforschen und durch Fernphotographie auch kartographisch aufnehmen. Ja selbst die Frage, ob die Planeten bewohnt sind, oder doch ob sie bewohnbar wären, könnte wahrscheinlich schon auf diese Weise endgültig entschieden werden.

Die interessantesten Entdeckungen dürften sich aber voraussichtlich in der Fixsternwelt ergeben. Manches ungelöste Rätsel dieser äußersten Fernen würde sich klären und unsere Erkenntnis über das Weltgeschehen sich dadurch vielleicht so sehr erweitern, daß es dann möglich wäre, auch mit völliger Gewißheit auf die Vergangenheit und das zukünftige Schicksal unseres eigenen Sonnensystems und der Erde schließen zu können.

All diese Forschungsergebnisse hätten aber außer ihrem sonstigen Wert auch für die weitere Ausgestaltung der Raumschiffahrt selbst die größte Bedeutung; denn sind uns die Verhältnisse in jenen Gebieten des Weltraums und auf den Himmelskörpern, welchen unsere Reise gilt, einmal genau bekannt, dann würde eine Weltraumfahrt nicht mehr ins Ungewisse gehen und dürfte so auch manches an Gefährlichkeit verlieren.

Ein schwebender Riesenspiegel.

Doch damit sind die Möglichkeiten einer Raumwarte noch nicht erschöpft. Aus dem Umstande, daß dort die Sonne sowohl unbeschränkt als (abgesehen von eventuellen kurzen Durchgängen durch den Erdschatten) auch ununterbrochen scheint, ließe sich weiterhin für manche technische Zwecke der Erde Nutzen ziehen. Man könnte nämlich von der Raumwarte aus — selbst in größtem Maßstabe — Sonnenstrahlen künstlich auf verschiedene Gebiete der Erdoberfläche hinlenken, wenn man hierzu entsprechend konstruierte, die Erde in freien Umlaufbahnen umkreisende und so über ihr schwebende Riesenspiegel errichten würde, wie Oberth es vorschlägt.

Danach sollen dieselben aus einzelnen Facetten bestehen, welche derart beweglich angeordnet sind, daß ihnen von einem Ort aus durch elektrische Beeinflussung jede beliebige Lage zur Ebene des Gesamtspiegels erteilt werden kann. Durch entsprechende Einstellung der Facetten wäre es dann möglich, die ganze vom Spiegel rückgestrahlte Sonnenenergie je nach Bedarf über weite Gebiete der Erdoberfläche auszubreiten oder auf einzelne Punkte derselben zu konzentrieren oder schließlich, bei Nichtverwendung, in den Weltraum strahlen lassen.

Der Umstand, daß solche „Raumspiegel“ infolge ihrer Umlaufbewegung sich in gewichtslosem Zustand befänden, würde ihre Herstellung wesentlich erleichtern. Nach Oberth soll zu ihrem Aufbau ein kreisförmiges Drahtnetz als Gerippe dienen und zu diesem Zweck durch Rotation im Raume ausgebreitet werden. In dessen Maschen hätten dann die einzelnen Facetten Platz zu finden, die aus papierdünnem Natriumblech bestehen sollen. Seinen Angaben gemäß würde ein derartiger Spiegel, bei einem Durchmesser von 100 km, rund 3 Milliarden Mark kosten und zu seiner Fertigstellung etwa 15 Jahre erfordern.

Nebst dieser gäbe es aber wohl auch noch andere Möglichkeiten, einen solchen schwebenden Riesenspiegel aufzubauen. Bei kleineren Durchmessern von vielleicht nur einigen 100 Meter würde es ge-

wiß gelingen, dem Ganzen ein so starres Gefüge zu verleihen, daß man den Spiegel auch in seiner Gesamtheit mittels Schwenkmotoren beliebig um seinen Schwerpunkt wenden und mit ihm willkürliche Ortswechsel vornehmen könnte.

Die für die Steuerung solcher Spiegel notwendige elektrische Energie wäre in der Raumwarte hinreichend verfügbar. Die Steuergriffe selbst müßten im Observatorium untergebracht und so angeordnet sein, daß man sie bei gleichzeitiger Beobachtung mittels des Riesenteleskopes bedienen könne, damit es möglich ist, das Lichtfeld des Spiegels auf der Erde genauestens einzustellen.

Mannigfach wäre der Nutzen dieser Einrichtung. So könnten wichtige See- oder Flughäfen, große Bahnhöfe, auch ganze Städte usw. des Nachts, wenn die Bewölkung es gestattet, mit natürlichem Sonnenlicht beleuchtet werden. Welche Mengen Kohle ließen sich ersparen, wenn beispielsweise Berlin und die anderen Weltstädte auf diese Weise mit Licht versorgt würden!

Mit ganz großen Raumsiegeln wäre es aber nach Oberth auch möglich: weite Länderstrecken des Nordens durch künstliche Sonnenbestrahlung bewohnbar zu machen, die Seewege nach den nordsibirischen Häfen, nach Spitzbergen usw. eisfrei zu halten oder auch die Witterung zu beeinflussen, Wetterstürze, Fröste, Hagelschläge zu verhindern u. a. m.

Das furchtbarste Kampfmittel.

Aber wie jede technische Errungenschaft so würde auch diese für kriegerische Zwecke verwendet werden können und noch dazu — sie gäbe ein Kampfmittel ab, das alles bisher Dagewesene an Furchtbarkeit weit überträfe.

Es ist bekannt, daß durch die Konzentration von Sonnenstrahlen mittels eines Sammelspiegels (in ähnlicher Weise wie mit Hilfe eines sogenannten „Brennglases“) recht bedeutende Temperaturen erzeugt werden können. Auch wenn derselbe nur die Größe einer Hand besitzt, ist es möglich, in seinen Brennpunkt

gehaltene Papierstücke ja auch Holzspäne u. dgl. ohne weiteres zu entzünden (Abb. 95).

Stelle man sich nun vor, daß der Durchmesser eines solchen Spiegels nicht nur 10 cm, sondern einige 100 oder gar 1000 Meter beträgt, wie dies bei einem Raumspiegel der Fall wäre: Auch Stahl müßte schmelzen und selbst feuerfestere Stoffe würden auf die Dauer kaum standhalten können, wenn ein so ungeheuer konzentriertes Sonnenlicht sie träfe.

Und vergegenwärtigt man sich nun auch noch, daß der Beobachter der Raumwarte mit Hilfe seines mächtigen Teleskopes

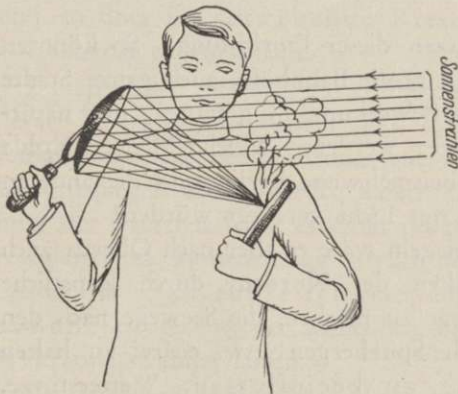


Abb. 95. Entzünden eines Holzspanes mittels eines Sammelspiegels.

das ganze Kampfgebiet, mit der Etappe und dem Hinterland des Feindes, mit allen seinen Land- und Seefahrtswegen usw. vor sich ausgebreitet sähe, wie einen riesigen, auch die kleinsten Einzelheiten zeigenden Plan, dann kann man sich davon ein Bild machen, was solch ein Raumspiegel, von seiner Hand geleitet, als Kampfmittel bedeuten würde!

Ein leichtes wäre es: damit die Munitionslager des Feindes in die Luft zu sprengen, die Stapelplätze seines Kriegsgerätes zu entzünden, Kanonen, Panzerkuppeln, eiserne Brücken, die Schienenstränge wichtiger Bahnhöfe u. dgl. in Glutflüssigkeit zu verwandeln. Fahrende Eisenbahnzüge, kriegswichtige Fabriken, ja ganze Industriebezirke und große Städte könnte man in Flammen aufgehen lassen. Marschierende oder lagernde Truppen würden einfach verkohlen, wenn man das Strahlenbündel dieses konzentrierten Sonnenlichtes über sie hinweggleiten ließe. Und die Schiffe des Feindes, mögen sie auch noch so gewaltig sein und in den stärksten Seefestungen Zuflucht suchen, nichts würde sie davor

bewahren können: vernichtet, ebenso ausgebrannt zu werden, wie man mit einer Stichflamme das Ungeziefer in seinen Schlupfwinkeln vertilgt.

Es wären wirkliche Todesstrahlen! Und doch keine anderen als jene lebenspendenden, die wir alltäglich von der Sonne uns erwünschen; nur eben ein wenig „zuviel des Guten“.

Doch zu allen diesen Greueln würde es wohl gar nicht kommen; denn kaum dürfte eine Macht es jemals wagen, mit einem Volke Krieg zu beginnen, das über derartig furchtbare Waffen verfügt.

Zu fremden Himmelskörpern.

Bei den bisherigen Betrachtungen haben wir den Bereich der überwiegenden Anziehungskraft der Erde — gleichsam ihr „Hoheitsgebiet im Weltraum“ — noch nicht verlassen. Wie verhält es sich nun aber mit dem eigentlichen Zweck der Raumfahrt: sich von der Erde gänzlich loszulösen und fremde Himmelskörper zu erreichen?

Zuvor noch kurz ein Bild der Sternenwelt, wenn sie vom Standpunkte der Raumschiffahrt, also als zukünftiges Bereisungsgebiet angesehen wird. Vor allem heißt es da: den Rahmen der gewohnten Vorstellung erweitern; denn wollen wir als unsere Welt das ganze All betrachten, dann wird, was uns bisher als Welt erschien, die Erde, nur mehr — zu unserer „engeren Heimat“. Nicht sie allein! Auch alles, was sie durch ihre Schwerkraft an sich gefesselt hält, wie die zukünftige Weltraumwarte, ja selbst der Mond muß noch zu unserer engeren Heimat im Weltall: zum „Reich der Erde“ gerechnet werden; denn wie gering ist der rund 380000 km messende Abstand des Mondes von der Erde, im Vergleiche zu den anderen Weltraumweiten! Beträgt er doch nur Tausendstel von der Entfernung der uns nach ihm zunächst befindlichen Gestirne Venus und Mars, und leicht könnte selbst die Erde samt der ganzen Mondbahn innerhalb der Sonnenkugel Platz finden.

Die für uns nächstgrößere Einheit im Weltall ist das System der Sonne, mit allen seinen verschiedenartigen, dazu gehörenden

Gestirnen. Es sind dies die 8 großen Planeten oder Wandelsterne, von denen einer eben unsere Erde ist (Abb. 96 und 97), und zahlreiche andere Himmelskörper von meist viel kleinerer Masse: die Planetoiden, periodischen Kometen, Meteorschwärme usw. Von den Planeten steht der Sonne am nächsten der Merkur, dann folgt die Venus, die Erde, der Mars, der Jupiter, der Saturn, der Uranus und am entferntesten der Neptun. Es sind

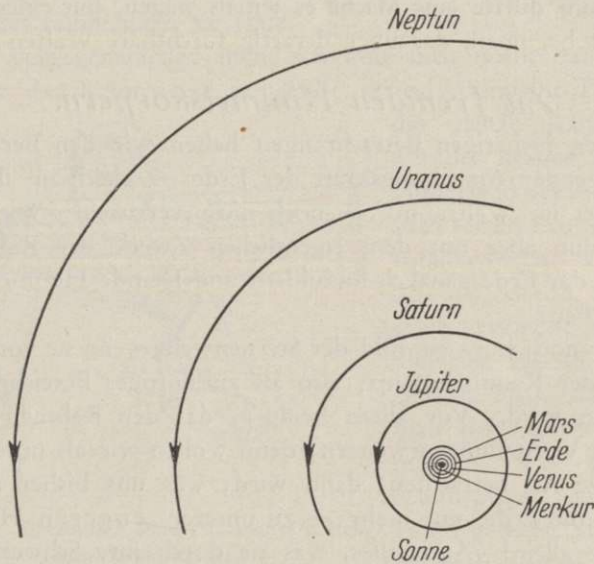


Abb. 96. Skizze der Bahnen der 8 Planeten unseres Sonnensystems in ihrem gegenseitigen Größenverhältnis.

also Venus und Mars nebst dem Mond die der Erde unmittelbar benachbarten Gestirne.

Alle diese Himmelskörper sind durch die Wirkung der Massenanziehung dauernd an die Sonne gefesselt, gezwungen, sie — als den Zentralkörper — ständig in elliptischen Bahnen zu umlaufen. Sie bilden mit ihr zusammen gleichsam das „Reich des Fixsternes Sonne“: durch deren Strahlenpracht beleuchtet und erwärmt und zugleich beherrscht durch die unerschütterliche Macht ihrer Schwerkraft, so zu ewiger Gemeinsamkeit verbun-

den, eine Insel in der Leere und Finsternis des unendlichen Raums; das ist unsere „weitere Heimat“ im Weltenall. Ein Reich, fürwahr, von ungeheurer Größe: benötigt ja sogar das Licht mehr als 8 Stunden, um es quer zu durchmessen, und es durchheilt den Raum mit der Geschwindigkeit von 300000 km je Sekunde!

Und doch, wie winzig klein ist diese Welt verglichen mit den unfassbaren Weiten des Alls, aus welchen jene vielen glutflüssigen Himmelskörper, die uns als Fixsterne bekannt sind, ihre leuchtenden Strahlengrüße herübersenden. Selbst der von ihnen uns am nächsten befindliche, der Fixstern Alpha-Centauri, steht 4,3 Lichtjahre von uns ab, d. i. rund 4500 mal so weit als der Durchmesser des ganzen Sonnenreichs beträgt! Alle andern sind

aber noch viel mehr, die meisten hunderte und tausende von Lichtjahren von uns entfernt. Und sollte es bereits erloschene Fixsterne geben, die näher zu uns stehen — in der ewigen Finsternis des leeren Weltraums könnten wir sie nicht gewahren.

Daraus läßt sich schon jetzt ersehen, daß für die Fahrt zu fremden Himmelskörpern nach heutigem Ermessen wohl nur jene Gestirne überhaupt in Frage kommen können, die zum Sonnenreich gehören.

Die Fahrtechnik.

In welcher Weise die Fernfahrt durch den Weltraum zu erfolgen hätte, wurde schon am Beginn angedeutet*): im allgemeinen in freien Umlaufbahnen um jene Himmelskörper, in deren überwiegendem Anziehungsfeld die Reise gerade vor sich geht.

*) Siehe Seite 15, 16.

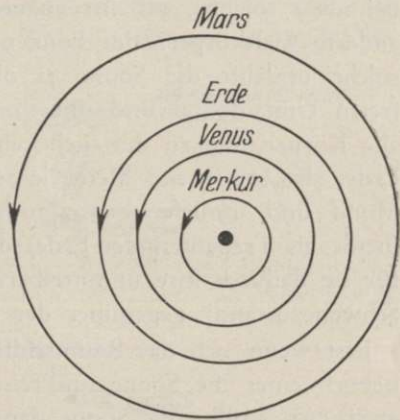


Abb. 97. Vergrößerte Darstellung der Bahnen der Planeten Mars, Erde, Venus und Merkur aus Abb. 96.

Innerhalb des Reichs der Sonne also muß letztere demnach stets in irgendeiner freien Umlaufbahn umfahren werden, will man verhindern, ihrer Schwerkraft zu verfallen und in ihr Glutmeer abzustürzen.

Allerdings brauchen wir hierauf nicht erst besonders Rücksicht zu nehmen, solange wir im engeren Bereich der Erde oder eines andern Weltkörpers des Sonnensystems verweilen. Denn jeder solche umläuft die Sonne ja ohnehin schon in einer eigenen freien Umlaufbahn und mit ihm zugleich und von selbst auch alle Körper, die zu ihm gehören. Mit der Geschwindigkeit der Erde, also mit 30000 Meter je Sekunde, umkreist z. B. auch der Mond und umfliehe ebenso auch unsere zukünftige Raumwarte (beide als Trabanten der Erde) die Sonne, deren Anziehungskraft für sie dadurch ihre unmittelbare Wirksamkeit verliert („stabiler Schwebezustand“ gegenüber der Sonne).

Erst wenn sich das Raumschiff aus dem engeren Anziehungsbereich eines die Sonne umkreisenden Himmelskörpers weiter entfernt, müßte die Sonne dann in einer selbständigen freien Umlaufbahn umfahren werden. Handelt es sich hierbei z. B. um die Reise von der Erde zu einem fremden Planeten, dann muß, auf Grund vorhergegangener Berechnung, sowohl der Verlauf dieser selbständigen Bahn als auch der Zeitpunkt der Abreise von der Erde so gewählt werden, daß das Raumschiff in der Umlaufbahn des zu besuchenden Planeten annähernd zu jenem Zeitpunkt anlangt, in welchem die Eintreffstelle auch von dem Planeten selbst durchlaufen wird.

Ist auf diese Weise das Fahrzeug in den praktischen Wirkungsbereich der Anziehung des zu besuchenden Himmelskörpers gebracht, dann steht die Möglichkeit offen; denselben entweder in einer freien Umlaufbahn als Trabant beliebig oft zu umfahren oder auf ihn niederzugehen. Letzteres kann, im Falle er eine der irdischen ähnliche Lufthülle besitzt, in gleicher Weise geschehen, wie früher schon für die Erde besprochen*) (Hohmannsches Landungsmanöver, Abb. 44 und 45). Fehlt jedoch eine entsprechende

*) Siehe Seite 75 bis 81.

Lufthülle, dann ist die Landung nur durch Rückstoßbremsung möglich, indem man während des Niedergehens den Antrieb entgegengesetzt der Fallrichtung wirken läßt*) (Abb. 37).

Man müßte also, um innerhalb des Sonnensystems zu einem andern Himmelskörper zu reisen, nach erfolgter Loslösung von dem ursprünglichen, die Umlaufbewegung, welche man mit diesem bisher gleichzeitig um die Sonne ausführte, unter Zuhilfenahme des Antriebes derartig ändern, daß man dadurch in eine selbständige Umlaufbahn um die Sonne gelangte, welche die Umlaufbahn des eigenen mit jener des anderen Gestirnes verbindet. Gemäß den Gesetzen der Himmelsmechanik wäre zu diesem Zweck die ursprüngliche Umlaufbewegung zu beschleunigen, wenn sich

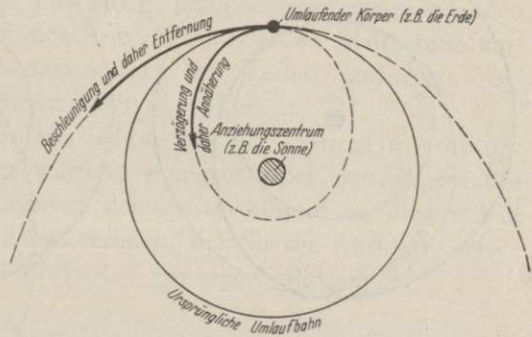


Abb. 98. Wird die Bewegung eines frei umlaufenden Körpers beschleunigt, dann vergrößert er seine ursprüngliche Umlaufbahn und entfernt sich damit vom Anziehungszentrum; wird sie verzögert, dann nähert er sich demselben, indem er seine Umlaufbahn verengt.

das Fahrzeug (entsprechend der Lage des Reisezieles) hierbei von der Sonne entfernen soll (Abb. 98) und zu verzögern, wenn es sich ihr zu nähern hätte. Schließlich muß, sobald der zu besuchende Weltkörper erreicht ist, dann die selbständige, in der „Verbindungs-Umlaufbahn“ eingehaltene Bewegung in jene übergeleitet werden, die das Fahrzeug in bezug auf den neuen Himmelskörper zwecks Ausföhrungs- oder des Landungsmanövers einhalten muß. In gleicher Weise hätte auch die Rückreise zu erfolgen.

Man sieht also, daß im Verlaufe einer solchen Fernfahrt durch

*) Siehe Seite 72, 73.

den Planetenraum wiederholte Änderungen des Bewegungszustandes notwendig sind, die jedesmal durch Antrieb mit künstlicher Kraft bewirkt werden müßten und daher Betriebsstoffaufwand erforderten, worauf ja auch schon einleitend*) hingewiesen wurde. Letzterer wird, wie Hohmann rechnerisch festgestellt hat,

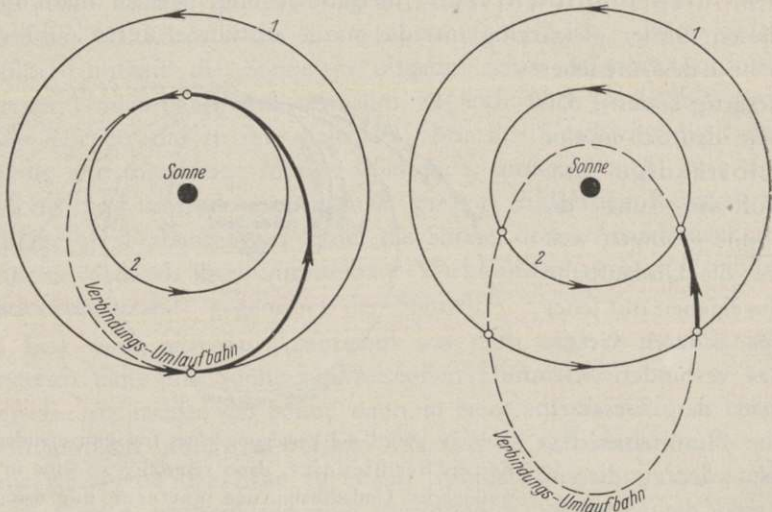


Abb. 99.

Tangierende

Schneidende

Verbindungs-Umlaufbahn, in welcher sich das Raumfahrzeug selbständig bewegen muß, um innerhalb des Sonnensystems zu einem fremden Himmelskörper zu gelangen.

Es bedeutet im Bilde: 1 die Umlaufbahn des ursprünglichen, 2 die des zu besuchenden Himmelskörpers. Die stark ausgezogene Strecke —→— der Verbindungs-Umlaufbahn ist jener Teil derselben, den das Raumfahrzeug tatsächlich durchläuft.

dann am geringsten, wenn die Umlaufbahn des ursprünglichen und jene des zu besuchenden Gestirns durch die Verbindungs-Umlaufbahn des Fahrzeuges nicht geschnitten sondern tangiert (berührt) wird (Abb. 99). Immerhin sind auch dann die erforderlichen Betriebsstoffmengen nicht unbeträchtlich.

*) Siehe Seite 16.

Zu diesen kommen aber noch weitere hinzu, wenn der zu besuchende Weltkörper nicht zu umfahren wäre, sondern auf ihn niedergegangen werden soll, und zwar umsomehr, je größer seine Masse und damit auch seine Anziehungskraft ist; denn der Wiederaufstieg von demselben bei Antritt der Rückreise erfordert ja, wie uns schon von der Erde her bekannt ist*), einen sehr bedeutenden Energieaufwand. Ist dazu außerdem noch die Abbremsung bei der Landung, mangels einer entsprechenden Lufthülle, durch Arbeit des Antriebes zu leisten (Rückstoßbremsung), dann ergibt sich daraus noch eine weitere, gewaltige Vielfachung der notwendigen Betriebsstoffe

Letztere müssen aber alle schon bei der Hinreise von der Erde aus mitgenommen werden, wenigstens bei erstmaligem Besuch eines fremden Gestirns; denn man könnte in diesem Fall nicht von vornherein damit rechnen, die für die Rückreise erforderlichen Betriebsstoffe dortselbst gewinnen zu können.

Start von der Erdoberfläche aus.

Würde man nun eine solche Reise unmittelbar von der Erdoberfläche aus beginnen, dann müßte diese ganze Betriebsstoffmenge erst von der Erde (unter Überwindung ihrer Schwerkraft) losgelöst werden. Hierzu ist aber nach Früherem*) an und für sich schon ein ganz außerordentlicher Arbeitsaufwand notwendig.

In vorliegendem Falle würde demnach, wenigstens bei der Leistungsfähigkeit der zurzeit verfügbaren Betriebsstoffe, die mitzunehmende Menge der letzteren einen so hohen Anteil vom Gesamtgewicht des Fahrzeuges ausmachen, daß dessen bauliche Ausführung kaum möglich wäre.

Der einzige Himmelskörperbesuch, welcher sich mit den bisher bekannten Betriebsstoffen wohl auch unmittelbar von der Erdoberfläche aus vornehmen ließe, wäre eine Umfahrung des Mondes, zwecks näherer Erforschung seiner Oberflächenbeschaf-

*) Siehe Seite 49, 50.

fenheit, insbesondere auf der von der Erde ständig abgekehrten Seite desselben. Hierbei könnte man sich von ihm auch „einfangen“ lassen, um ihn als Mond des Mondes in einer freien Umlaufbahn beliebig oft zu umkreisen. Die für dieses Unternehmen erforderliche Betriebsstoffmenge wäre nicht viel größer als für einen normalen Aufstieg von der Erde bis zur Erreichung der praktischen Schweregrenze.

Die Raumwarte als Basis für den Weltraum-Fernverkehr.

Wesentlich günstiger lägen die Verhältnisse jedoch, wenn man, wie Oberth es vorschlägt, ein entsprechend hoch über der Erde schwebendes, dieselbe in einer freien Umlaufbahn ständig umkreisendes Betriebsstoffdepot errichten und die Reise von dort statt von der Erdoberfläche aus antreten würde; denn dann wäre zur gänzlichen Loslösung von der Erde nur mehr geringer Arbeitsaufwand notwendig und das Fahrzeug brauchte daher nicht mit dem für den Aufstieg von der Erde erforderlichen Betriebsstoff belastet zu werden. Es müßte davon nur wenig mehr als das für die Fernfahrt selbst Notwendige mitnehmen.

Da sich das Depot infolge seiner freien Umlaufbewegung in gewichtslosem Zustand befände, könnten die Betriebsstoffe dortselbst in jeder Menge einfach an irgendeiner Stelle des Raums freischwebend gelagert werden. Gegen die Sonnenstrahlen geschützt, würde sich so auch Sauerstoff und Wasserstoff beliebig lange Zeit in festem Zustande halten.

Ihre Zufuhr müßte durch einen ständigen Raumschiffpendelverkehr bewerkstelligt werden, und zwar:

entweder von der Erde aus, woselbst man die Betriebsstoffe (wenigstens soweit sie aus flüssigem Sauerstoff und Wasserstoff bestehen) beispielsweise in großen, durch die Wärme der tropischen Meere betriebenen Kraftwerken erzeugen könnte;

oder vom Monde her, wie Max Valier vorschlägt. Letzteres wäre besonders vorteilhaft; denn da die Masse und infolgedessen

auch die Anziehungskraft des Mondes viel kleiner ist als jene der Erde, würde der für den Aufstieg und damit für die Betriebsstoffzufuhr von demselben aus notwendige Arbeitsaufwand bedeutend geringer sein. Allerdings setzt dies voraus, daß die hierzu erforderlichen Rohstoffe sich auf dem Mond auch wirklich vorfinden, dort also zumindest Wasser (etwa in eisförmigem Zustand) vorhanden wäre; denn letzteres ließe sich dann auf elektrolytischem Weg in Sauerstoff und Wasserstoff zerlegen, wozu Sonnenkraftwerke die Energie liefern könnten. Leider ist die Wahrscheinlichkeit hierfür nicht allzu groß.

Sollte es aber doch zutreffen, dann könnte man, nach dem Vorschlage Hohmanns, auch den Mond als Ausgangspunkt für den Weltraum-Fernverkehr benutzen, also auf ihm selbst das Betriebsstoffdepot errichten.

Trotz mancher damit verbundener Vorteile erscheint aber der Oberthsche Vorschlag eines freischwebenden Depots doch günstiger, weil von einem solchen aus die gänzliche Loslösung vom Anziehungsfeld des Erdenreichs (einschließlich des Mondes) erheblich geringeren Arbeitsaufwand erforderte; und zwar wäre es in energiewirtschaftlicher Hinsicht zweifellos am vorteilhaftesten, das Depot auf ein oder mehrere Millionen Kilometer Entfernung von der Erde zu errichten, insbesondere dann, wenn die Betriebsstoffe von der Erde aus zugeführt werden müssen.

Wir wollen es jedoch zu unserer Raumwarte verlegen und diese dadurch zum Verkehrsstützpunkt machen, weil sie mit allen jenen Einrichtungen, welche hierfür noch erforderlich sind, ohnehin schon ausgestattet ist.

Davon besonders wertvoll wären unter anderem die Riesenteleskope; denn sie würden es, dank ihrer nahezu unbeschränkten Wirkungsfähigkeit, nicht nur ermöglichen, die zu bereisenden Gebiete der Sternwelt erst aus der Ferne gründlich zu erforschen, worauf schon früher hingewiesen wurde*). Man könnte damit wahrscheinlich auch das Raumschiff während eines großen

*) Siehe Seite 159.

Teiles, ja in manchen Fällen vielleicht sogar während des ganzen Verlaufes seiner Fahrt unter ständiger Beobachtung halten und durch zu bestimmten Zeiten von demselben abzugebende Lichtsignale mit ihm in wenigstens einseitiger Verbindung bleiben.

So würde also die Raumwarte außer den vielen schon besprochenen Aufgaben noch jene erfüllen können, die eigentliche Bereisung des Alls nicht nur vorbereiten zu helfen, sondern schließlich auch als Basis für den ganzen Weltraum-Fernverkehr zu dienen.

Die Erreichbarkeit der benachbarten Gestirne.

Hohmann hat das Problem der Fahrt zu fremden Himmelskörpern eingehend untersucht. Nach seinen Ergebnissen würde, in irdischem Zeitmaß ausgedrückt, die Fernfahrt von der Erde zur Venus 146 und jene zum Mars 235 Tage dauern. Eine Rundreise mit Vorbeifahrt sowohl bei der Venus als auch beim Mars in dem verhältnismäßig geringen Abstand von etwa 8 Millionen Kilometer könnte in der Zeit von ungefähr $1\frac{1}{2}$ Jahren durchgeführt werden. Für den Besuch der Venus mit Landung auf derselben würden, einschließlich eines dortigen Aufenthaltes von $14\frac{1}{2}$ Monaten, samt Hin- und Rückreise nicht ganz $2\frac{1}{4}$ Jahre notwendig sein.

Setzen wir nun voraus: die Reise werde im Sinne unserer früheren Betrachtungen von der Raumwarte aus angetreten, so daß für die gänzliche Loslösung vom Schwerfeld der Erde nur mehr geringe Arbeitsleistung notwendig wäre, und es erfolge die Rückkehr unmittelbar zur Erdoberfläche, so daß hierfür überhaupt gar keinerlei Energie aufgewendet werden müßte, weil in diesem Falle die Möglichkeit bestünde, nur mittels Luftwiderstandsbremung niederzugehen. Die zu befördernde Last sei: 2 Menschen samt den für die ganze Reise notwendigen Vorräten und allen für die Beobachtung und die sonstigen Zwecke erforderlichen Geräten.

Dann folgt aus den Hohmannschen Berechnungen, daß das Fahr-

zeug im startbereiten Zustand, ausgerüstet mit dem gesamten, für die Hin- und Rückreise erforderlichen Betriebsstoff, ungefähr wiegen müßte: zur Ausführung der vorerwähnten Rundreise mit Vorbeifahrt bei Venus und Mars 144 t, wovon 88 % auf die Betriebsstoffe entfallen würden; für eine erstmalige Landung auf dem Mond 12 t, auf der Venus 1350 t und auf dem Mars 624 t, wobei in ersterem Falle 79 %, in den beiden letzteren aber ungefähr 99 % dieses gesamten Fahrzeuggewichtes nur aus den mitgeführten Betriebsstoffen bestehen müßte. Hierbei wurde die Auspuffgeschwindigkeit mit 4000 Meter je Sekunde angenommen.

Es ist klar, daß die konstruktive Ausführung eines Fahrzeuges, welches Betriebsstoffmengen mitführen soll, die 99 % seines Gesamtgewichtes ausmachen, so bedeutende technische Schwierigkeiten bereiten würde, daß dessen Herstellung zunächst schwerlich gelingen dürfte. Daher käme unter den größeren uns benachbarten Gestirnen für einen Besuch mit Landung vorläufig wohl nur der Mond in Frage, während man sich den Planeten bestenfalls stark nähern und sie umfahren könnte, ohne jedoch auf ihnen niederzugehen. Immerhin aber kann man erhoffen, daß es im Laufe der Zeit — und zwar mit Hilfe des schon eingangs erläuterten Stufenprinzips*) — schließlich gelingen wird, selbst mit den heute bekannten technischen Mitteln auch solche Raumraketen zu schaffen, die sogar Landungen auf den uns benachbarten Planeten durchführen ließen.

Damit sind aber wohl alle Möglichkeiten erschöpft, die sich bei dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft im besten Falle für die Raumschiffahrt zu bieten scheinen. Denn noch viel größer wären die Schwierigkeiten, die sich einem Besuche der entfernteren Gestirne des Sonnenreichs entgegenstellen. Nicht nur, daß die bis dahin zurückzulegenden Wege um ein Vielfaches länger sind als die bisher betrachteten. Da alle diese Himmelskörper von der Sonne sehr viel anders abstehen als die Erde, spielt bei ihrer Erreichbarkeit auch das Schwerfeld der Sonne

*) Siehe Seite 51 bis 53.

bereits eine bedeutende Rolle; denn dieses muß ja, wenn man sich beispielsweise von der Sonne entfernt (d. h. von ihr „aufsteigt“), in ganz gleicher Weise, wie es in solchem Fall auch für das Erdschwerefeld notwendig wäre, unter Arbeitsleistung überwunden werden, was eben in der schon früher erwähnten*), bei Fernfahrten durch den Planetenraum erforderlichen Änderung der Umlaufgeschwindigkeit um die Sonne zum Ausdruck kommt.

Wollte man aber auf einem dieser Himmelskörper gar auch niedergehen, dann würden sich dafür ganz ungeheuer große Betriebsstoffmengen als notwendig ergeben, insbesondere bei Jupiter und Saturn, da dieselben infolge ihrer gewaltigen Massen sehr starke Schwerefelder besitzen.

An eine Erreichung der Fixsterne ist aber nach dem nun Ausgeführten allein nur wegen ihrer enormen Entfernung gegenwärtig naturgemäß schon gar nicht zu denken.

Ferne Welten.

Doch dies will nicht besagen, daß wir für alle Zeiten nur an das Erdenreich und die ihm nächsten Himmelskörper gewiesen bleiben müssen; denn würde es gelingen, bei der Rückstoßerzeugung die Abstoßungsgeschwindigkeit über jenes Maß von etwa 4000 (vielleicht 4500) Meter je Sekunde, mit welchem man zurzeit als praktisch höchst erreichbar rechnen darf, weiter zu steigern, bzw. eine Möglichkeit zu finden, sehr große Mengen Energie auf kleinem Raum untergebracht mitzuführen, dann lägen die Verhältnisse ganz anders.

Und warum sollten es die Chemiker der Zukunft nicht zu einem Treibstoff bringen, der die bisher bekannten an Wirkung noch bei weitem überbietet? Ja es wäre sogar denkbar, daß es mit der Zeit tatsächlich gelingt, jene ungeheuren in der Materie gebundenen Energiemengen, von deren Vorhandensein man heute bereits weiß, auch technisch auswertbar zu machen und für den Antrieb von Raumfahrzeugen heranzuziehen. Vielleicht, daß man

*) Siehe Seite 167, 168.

einmal auch ein Verfahren finden wird, die elektrische Erscheinung der Kathodenstrahlung hierfür auszunützen, oder sonst auf eine Weise durch elektrische Beeinflussung eine vielfache Erhöhung der Abstößungsgeschwindigkeit zu erreichen. Auch eine diesem Zweck gemäße Verwertung der Sonnenstrahlung oder des Radiumzerfalles u. a. könnte schließlich in Frage kommen.

Jedenfalls sind naturgesetzliche Möglichkeiten für die Forscher und Erfinder der Zukunft in dieser Hinsicht noch vielfach vorhanden. Sollte sich daraus Erfolg ergeben, dann würden wohl auch manche andere jener fremden Welten, die wir bisher nur unermesslich fern am Sternenhimmel sahen, von uns besucht, betreten werden können.

Ein uralter Menschheitstraum! Ob seine Erfüllung uns auch Nutzen brächte? Der Wissenschaft gewiß, sie würde außerordentlich gewinnen. Über den praktischen Wert aber ist heute noch kein eindeutiges Urteil möglich. Wie wenig wissen wir doch selbst von unseren nächsten Nachbarn unter den Gestirnen!

Der Mond, noch ein Teil des Erdenreichs, unserer „engeren Heimat“ im Weltall, ist uns von allen fremden Himmelskörpern am meisten bekannt. Er ist erkaltet, besitzt keine Lufthülle, ist ohne jedes höheres Leben: ein riesiger, im Raume schwebender Felsenkörper, zerklüftet, unwirtlich, totstarr — eine vergangene Welt.

Aber schon bedeutend weniger Klarheit haben wir über den nach dem Mond noch am besten beobachteten Himmelskörper, über den uns benachbarten Planeten Mars, obwohl wir von ihm in Vergleich zu anderen Gestirnen doch noch verhältnismäßig Vieles wissen.

Auch er ist ein, allerdings viel weniger als der Mond, gealterter Weltkörper. Seine Masse und damit auch seine Anziehungskraft sind beide wesentlich kleiner als jene der Erde. Er besitzt zwar eine Lufthülle, aber von viel geringerer Dichte als die irdische (an seiner Oberfläche ist der Luftdruck gewiß noch bedeutend niedriger als selbst auf dem höchsten Bergesgipfel der Erde). Auch Wasser findet sich auf ihm wahrscheinlich vor. Es dürfte aber ein ziemlich großer Teil desselben vereist sein; denn seine mitt-

lere Temperatur scheint wesentlich unter der der Erde zu liegen, wenn auch stellenweise, wie in der Marsäquatorgegend, schon verhältnismäßig bedeutende Wärmegrade festgestellt wurden. Die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht sind wegen der Düntheit der Atmosphäre sehr hoch.

Die eigenartigste und am häufigsten besprochene unter allen Marsbeobachtungen ist die Erscheinung der sogenannten „Marskanäle“. Wenn auch in letzter Zeit vielfach nur als optische Täuschung angesehen, ist man darüber eigentlich doch immer noch im unklaren.

Jedenfalls bietet das bisher über den Mars Bekannte nicht genügend Anhaltspunkte, um sich ein endgültiges Urteil darüber bilden zu können, ob dieser Himmelskörper von irgendwelchen oder gar von intelligenten Lebewesen bevölkert ist; für Erdenmenschen würde er, vor allem wegen der Düntheit seiner Atmosphäre, wohl kaum bewohnbar sein. Er böte also der Raumschiffahrt in wissenschaftlicher Hinsicht gewiß ein außerordentlich interessantes Forschungsziel; ob ein Betreten desselben aber auch praktischen Wert hätte, läßt sich heute zwar mit Sicherheit noch nicht erkennen, scheint jedoch wenig wahrscheinlich zu sein.

Anders verhält es sich mit dem zweiten uns unmittelbar benachbarten Planeten, der Venus, dem uns als „Morgen- und Abendstern“ bekannten, prächtig leuchtenden Gestirn. Ihre Größe sowie ihre Masse und demgemäß auch die auf ihrer Oberfläche herrschende Schwerewirkung ist nur unwesentlich kleiner als jene der Erde. Sie besitzt auch eine Lufthülle, die der irdischen sehr ähnlich, wenn auch etwas höher und dichter als diese, sein dürfte. Leider ist die Venus von der Erdoberfläche aus schwer zu beobachten, weil sie sich stets in Sonnennähe zeigt und daher nur bei Dämmerung sichtbar wird. Man ist sich infolgedessen über ihre Eigendrehung noch gänzlich im unklaren. Sollte dieselbe annähernd so wie bei der Erde, also etwa in 24 Stunden verlaufen, was von manchen Seiten angenommen wird, dann bestünde zwischen Venus und Erde äußerst weitgehende Ähnlichkeit.

Man kann daher bei diesem Planeten noch am ehesten damit rechnen, auf ihm den irdischen ähnliche Lebensbedingungen vorzufinden, selbst wenn die Vermutung, daß er andauernd von einer Wolkenhülle umschlossen sei, wirklich zutreffen sollte; denn auch auf der Erde war hochentwickeltes Pflanzen- und Tierleben bereits vorhanden, zu einer Zeit, als vermutlich ein Teil des heute die Meere erfüllenden Wassers, infolge der damals weniger fortgeschrittenen Abkühlung der Erdkugel, noch dunstförmig war und unseren Heimatplaneten daher als dichte Wolkenhülle ständig umgab. Jedenfalls ist bei der Venus unter allen uns bekannten Himmelskörpern noch am meisten Wahrscheinlichkeit vorhanden, daß sie für eine Besiedlung geeignet sein und somit als Auswanderungsziel der Zukunft in Frage kommen könnte. Da sie sich außerdem unter allen Planeten uns auch am nächsten befindet, dürfte sie für die Raumschiffahrt wohl das verlockendste Reiseziel bedeuten.

Noch ungünstigere Beobachtungsbedingungen als die Venus bietet der Merkur, da er der Sonne noch näher steht. Er ist unter allen Planeten der kleinste, besitzt eine Lufthülle, die wahrscheinlich aber nur äußerst dünn ist und eine Oberflächenbeschaffenheit, die vermutlich jener des Mondes ähnlich sein dürfte. Deshalb und insbesondere wegen seiner großen Sonnennähe (rund 9 mal stärkere Sonnenstrahlung als auf der Erde!) müssen auf ihm höchst ungünstige Temperaturverhältnisse herrschen. Als Reiseziel dürfte der Merkur demnach sehr wenig einladend sein.

War es bei der Beurteilung vorstehend besprochener Gestirne doch immerhin noch möglich, zu einem einigermaßen wahrscheinlichen Ergebnis zu gelangen, so reicht das über die entfernteren Planeten: Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun bisher Bekannte hierzu schon kaum mehr aus. Wohl hat man feststellen können, daß alle von ihnen dichte Lufthüllen besitzen. Die Frage der Oberflächenbeschaffenheit dieser Himmelskörper ist jedoch noch gänzlich ungeklärt; bei Jupiter und Saturn deshalb, weil dieselben von Kondensationsprodukten (Wolken irgendwelcher Art) so dicht umhüllt sind, daß wir ihre eigentliche Ober-

fläche vermutlich gar nicht sehen, bei Uranus und Neptun, weil ihre große Entfernung sie einer genaueren Beobachtung entzieht.

Über ihren Wert als Raumfahrtziele kann daher schwer etwas gesagt werden. Doch allein schon der Umstand, daß man bei diesen Planeten eine verhältnismäßig sehr geringe mittlere Dichte festgestellt hat ($\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ von jener der Erde), was auf eine von der Erde stark verschiedene physikalische Beschaffenheit schließen läßt, muß unsere Erwartungen in dieser Hinsicht gewaltig dämpfen.

Eher noch wäre es vielleicht möglich, daß einige der Monde dieser Himmelskörper (am meisten kämen dafür die des Jupiter in Betracht) verhältnismäßig günstigere Voraussetzungen bieten.

Eines ist jedenfalls sicher; daß nämlich die im Vergleich zur Erde um Vieles größere Masse und dadurch bedingte Mächtigkeit der Schwerefelder dieser Planeten einen Besuch derselben außerordentlich erschweren würde, insbesondere bei Jupiter und Saturn.

Bezüglich der übrigen, verschiedenartigen Weltkörper schließlich, die noch zum Sonnensystem gehören, steht aber schon heute mit ziemlicher Sicherheit fest, daß wir aus einer Bereisung derselben kaum bedeutenderen praktischen Nutzen ziehen könnten.

Wir sehen also, daß man im allgemeinen sich nicht in gar zu großen Hoffnungen ergehen darf bezüglich der Vorteile, die wir von anderen Himmelskörpern unseres Sonnenreiches zu erwarten hätten. Immerhin aber wissen wir von ihnen doch noch viel zu wenig, um dem Fluge der Gedanken in dieser Hinsicht nicht freien Lauf lassen zu dürfen:

Wohl könnte es sein, daß alle diese Welten für uns völlig wertlos wären! Vielleicht aber fänden wir auf manchen von ihnen fruchtbaren Boden, Pflanzen- und Tierwelt, möglicherweise von uns gänzlich fremder, eigentümlicher Art; oder wohl auch von gigantischer Größe, wie sie früher auf der Erde vorhanden war. Ja es wäre nicht undenkbar, daß wir selbst Menschen oder solchen ähnliche Wesen anträfen, vielleicht sogar mit Kulturen, die sehr viel anders oder auch älter als die unseres Heimatplaneten sind.

Es ist ja höchstwahrscheinlich, daß sich das Leben auf den fremden Gestirnen — falls solches dort vorhanden ist — auf einer anderen Stufe befindet, als jenes der Erde. Wir könnten dann das Wunderbare erleben, aus der Entwicklung unseres irdischen Seins Bilder zu erschauen: gegenwärtig, wirklich, lebendig und doch — Bilder aus undenklicher, millionenjähriger Vergangenheit bzw. ebensoferner Zukunft.

Oder, daß wir besonders wertvolle, auf der Erde sehr seltene Stoffe wie z. B. Radium in großen, leicht gewinnbaren Vorkommen anträfen?

Und, wenn die vorgefundenen Lebensbedingungen uns auch für dauernden Aufenthalt entsprächen, vielleicht werden dann — so unglaublich dies heute wohl noch klingen mag — mit der Zeit einmal dennoch fremde Himmelskörper sogar als Auswanderungsziele in Frage kommen.

Daß solche Gestirne auch unter jenen unseres Sonnenreichs vorhanden sind, ist nach dem früher Angedeuteten allerdings nur wenig wahrscheinlich, außer wie schon gesagt bei der Venus.

Könnten Fixsterne jemals erreicht werden?

Viel günstiger wäre es in dieser Hinsicht jedoch, wenn auch die außerhalb unseres Sonnensystems liegende Sternenwelt hierfür in Betracht gezogen werden könnte; denn ungeheuer ist die Zahl nur jener Himmelskörper, welche, weil sie sich in glühendem Zustande befinden, uns sichtbar und daher als Fixsterne bekannt sind. Viele von diesen sind unserer Sonne ähnlich und, als gewaltige Massenanziehungszentren, vermutlich ebenso wie diese von einer Menge kleiner und großer Weltkörper verschiedenster Art umlaufen.

Sollten sich darunter nicht auch solche vorfinden, die unseren Planeten gleichen? Wohl wäre es viel zu weit bis hin, um sie auch wahrzunehmen; aber die Wahrscheinlichkeit spricht sehr für ihr Vorhandensein: Hat doch die neuere Wissenschaft — als eines ihrer wunderbarsten Ergebnisse — zeigen können, daß das

ganze Universum, selbst in seinen fernsten Teilen, sowohl von denselben Naturgesetzen beherrscht, als auch aus den gleichen Stoffen aufgebaut ist wie die Erde und unser Sonnensystem! Müßte unter diesen Umständen (also aus der gleichen Materie und unter dem Einfluß derselben Gesetze) denn nicht auch noch an anderen Stellen des Alls Ähnliches, ja vielfach nahezu Gleiches, hervorgegangen sein wie bei uns?

Es ist also gewiß nicht unberechtigt zu vermuten, daß es im Weltall auch noch andere dem unseren mehr oder weniger ähnliche Sonnensysteme gäbe, und unter deren zahlreichen Planeten sich wohl auch solche vorfinden dürften, die der Erde in ihren physikalischen wie sonstigen Bedingungen nahezu gleichen und daher durch Erdenmenschen bewohnt, besiedelt werden könnten, ja voraussichtlich von irgendwelchen, vielleicht sogar von intelligenten Lebewesen überhaupt schon bevölkert sein mögen. Mindestens ist die Wahrscheinlichkeit, daß dies so sei, in vorliegendem Fall bedeutend größer, als wenn wir nur die verhältnismäßig wenigen Gestirne unseres Sonnenreiches hierfür in Betracht ziehen.

Doch wäre es denn überhaupt denkbar, daß jene unermeßlichen Entfernungen, die uns selbst von den nächsten dieser Fixsterne noch trennen, von Menschen je zurückgelegt werden könnten, allein nur mit Rücksicht auf die Grenze, welche der zeitlichen Ausdehnung einer Reise durch die mittlere Lebensdauer des Menschen gesetzt ist, ganz abgesehen von der dazu notwendigen technischen Leistungsfähigkeit des Fahrzeuges.

Nehmen wir zuvor erst an, es sei das für unsere heutigen Begriffe allerdings noch ungeheuerlich Erscheinende bereits gelungen: den Rückstoßantrieb so zu vervollkommen, daß man dem Raumschiff während sehr langer Zeit, selbst Jahre hindurch, ständig eine Beschleunigung von etwa 15 m/sec^2 erteilen könne, welche der Mensch bei allmählicher Gewöhnung wahrscheinlich auch auf die Dauer vertragen würde. Es wäre dann möglich, um eine bestimmte Weltraumstrecke zurückzulegen, das Fahrzeug auf der ganzen ersten Hälfte seines Weges fortgesetzt

gleichförmig zu beschleunigen, also immer mehr in Fahrt zu bringen, und es auf der zweiten Hälfte ebenso zu verzögern und dadurch wieder allmählich abzubremsen (Abb. 100), nach welchem Verfahren eine bestimmte Entfernung, bei vorgegebener, höchstzulässiger Beschleunigung bzw. Verzögerung, in der kürzesten überhaupt erreichbaren Zeit durchheilt wird.

Erfolgte nun die Fahrt zu den benachbarten Fixsternen auf diese Weise, dann würden sich für die gesamte Reise hin und zurück (wie sie bei erstmaligem Besuch in Einem ausgeführt werden müßte) rechnermäßig folgende Zeiten ergeben: 7 Jahre zum Alpha-Centauri, dem nächsten uns bekannten Fixstern; 10 Jahre zu den vier in der Entfernung dann folgenden Fixsternen; mit 12 jähriger Gesamtreisezeit wären schon zahlreiche Fixsterne erreichbar.

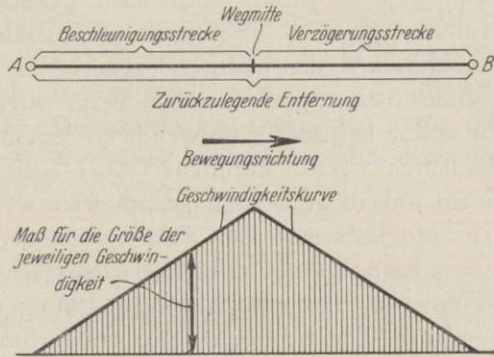


Abb. 100. Zurücklegung einer Entfernung, wenn auf der ganzen ersten Hälfte des Weges gleichförmig beschleunigt und auf der zweiten ebenso verzögert wird. Die höchste Bewegungsgeschwindigkeit ergibt sich dabei in der Wegmitte.

Hierbei wurde allerdings stillschweigend vorausgesetzt, daß im leeren Ätherraum die Entfaltung jeder auch noch so großen Geschwindigkeit möglich sei. Nach der Relativitätstheorie kann aber eine höhere Geschwindigkeit als die des Lichtes von 300000 km je Sekunde in der Natur überhaupt niemals zustande kommen.

Wird dem nun Rechnung getragen und gleichzeitig auch angenommen, daß sich sonst kein (uns heute noch nicht erkennbares, vielleicht in der Natur des Weltäthers gelegenes) Hindernis ergeben würde, um Fahrgeschwindigkeiten zu erreichen, die sich der Größenordnung der Lichtgeschwindigkeit nähern: dann könnte man immerhin noch mit einer Gesamtreisezeit, einschließlich Hin-

und Rückfahrt, von rund 10 Jahren den Fixstern Alpha-Centauri, von 20 Jahren die vier weiteren und von 30 Jahren bereits eine beträchtliche Zahl der uns bisher bekannten, benachbarten Fixsterne erreichen.

Für die einfache Fahrt, wie sie bei einem ständigen Verkehr in Frage käme, würden die halben Zeiten genügen.

Wohl lägen Reisen von solcher Dauer schon ziemlich hart an der Grenze des Menschenmöglichen; als gänzlich unausführbar kann man sie jedoch noch nicht bezeichnen, so daß in dieser Hinsicht eigentlich noch kein grundsätzliches Hindernis für die Erreichbarkeit der nächsten Fixsterne zu ersehen ist.

Indes bleibt immer noch die Frage offen, ob Fahrzeuge von der für solche Leistungen notwendigen technischen Vollendung jemals geschaffen werden könnten? Aber auch darauf kann nicht mit einem unbedingten Nein geantwortet werden; denn naturgesetzliche Möglichkeiten sind dafür vorhanden, worauf schon früher hingewiesen wurde*): beispielsweise etwa die durch Atomzertrümmerung bewirkte Nutzbarmachung der in der Materie gebundenen Energie, oder die Auswertung des Radiumzerfalles, der Kathodenstrahlung usw.

Allerdings, wie weit sind wir bis heute noch davon entfernt, solche Naturvorgänge derartig vollkommen zu beherrschen, daß man dieselben für vorliegende Raumfahrtzwecke technisch nutzen könnte! Und ob dies überhaupt gelingen wird?

Den Söhnen unseres Zeitalters nach menschlichem Ermessen kaum. Ihnen wird daher die Fixsternwelt wohl unerreichbar bleiben, sie, welche die ganz großen Geheimnisse des Alls in ihrer Unermeßlichkeit verbirgt. Was ferne Zeiten aber an wissenschaftlichen Triumphen und technischen Möglichkeiten noch bringen werden — wer kann es sagen! Welch großartigen Fortschritt bedeuten heute, da die Menschheit mit dem naturwissenschaftlichen Denken nun einmal vertraut geworden ist, nur einige Jahrzehnte; und was sind 100, ja selbst 1000 Jahre in der nach allem noch vor uns liegenden Zeitspanne menschlicher Entwicklung.

*) Siehe Seite 174, 175.

Die Besiegung des Raums! Es wäre die grandioseste aller nur erträumbaren Leistungen, Erfüllung höchsten Zwecks: der Menschheit geistige Errungenschaften vor ihrem endlichen Untergang in die Ewigkeit zu retten; denn erst wenn es gelänge, unsere Kultur auf fremde Himmelskörper zu verpflanzen und so über das All zu verbreiten, erst wenn die ganze Menschheit mit ihrem Tun und Hoffen und dem, was sie in vieltausendjährigem Streben errang, wenn alles das nicht mehr nur eine Laune kosmischen Geschehens sein wird, ein Zufallsergebnis im Spiel der ewigen Natur, welches mit dem nur für uns so großen und in der Allwelt doch nur winzig kleinen Kügelchen Erde entsteht und vergeht: dann wird unser ganzes Dasein erst wirklich Sinn erhalten; dann wird die Menschheit erst berechtigt sein, sich gottgesandt zu fühlen, als Werkzeug höheren — und doch nur aus ihr selbst hervorgebrachten Wirkens.

Der voraussichtliche Entwicklungsgang der Raumfahrt.

Aber kehren wir nun zurück aus diesen Zukunftsträumen in die Wirklichkeit der Gegenwart. Wäre heute ja selbst das schon ein Ereignis, wenn es gelänge: eine unbemannte Rakete einige 10 oder gar 100 km hoch zu bringen! Denn wenn auch, dank der verschiedenseitigen Bemühungen der letzten Jahre, das Raumfahrtproblem theoretisch schon einigermaßen durchgearbeitet ist — praktisch wäre nahezu alles erst zu leisten. Es sei daher zum Schluß noch kurz ein Bild entworfen, in welcher Weise sich die Raumfahrt voraussichtlich entwickeln könnte.

Das Erste und Wichtigste dabei ist zweifellos die technische Durchbildung des Raketen-Motors, der Treibvorrichtung des Raumschiffes; eine Aufgabe, die nur in gründlicher, selbstloser Forschungsarbeit gelöst werden kann, ein Problem, das vorerst noch vor allem in die Versuchsstätten der Hochschulen und auf die Prüffelder bewährter Maschinenfabriken gehört.

Im Zusammenhange damit müssen (wenigstens soweit es sich um

Raumraketen für flüssigen Betriebsstoff handelt) Erfahrungen gesammelt werden in der hierzu notwendigen Anwendungsweise verflüssigter Gase, wie insbesondere des flüssigen Sauerstoffes, dann des flüssigen Wasserstoffs u. a. Weiterhin wäre durch Laboratoriumsversuche das Verhalten der Metalle bei extrem niederen Temperaturen zu prüfen, um das als Baustoff für Raumschiffe am besten geeignete Material zu ermitteln. Schließlich wird auch die Konstruktionsweise der Betriebsstoffbehälter noch eingehenden Studiums bedürfen.

Nach Lösung dieser grundsätzlichen, technischen Fragen käme als Nächstes dann in Betracht: unbemannte Raumraketen bis in die höheren Schichten der Atmosphäre oder auch über diese hinaus bis in den leeren Weltenraum aufsteigen und mit einfacher Fallschirmlandung niedergehen zu lassen, soweit sich letzteres als durchführbar erweist.

Diese Versuche werden es ermöglichen, nicht nur die notwendigen technischen Erfahrungen hinsichtlich der Arbeitsweise des Raketenmechanismus zu sammeln, sondern insbesondere auch die bei abnorm hohen Geschwindigkeiten geltenden Gesetze des Luftwiderstandes und der Erwärmung durch Luftreibung kennenzulernen, was aber für die Formgebung des Fahrzeuges selbst sowie der Fallschirme, Tragflächen usw. von größter Wichtigkeit ist. Man wird ferner feststellen können, bis zu welchen Steighöhen einfache Fallschirmlandungen noch zulässig sind (mit Rücksicht auf die Gefahr der Verbrennung des Fallschirmes infolge der Luftreibung) und endlich wird sich dadurch auch genauer Aufschluß gewinnen lassen über die Beschaffenheit der höheren Schichten der Erdlufthülle, was eine der wichtigsten Vorbedingungen für die weitere Entwicklung der Raumfahrt bildet, aber auch in mancher anderer Hinsicht (wie z. B. für das Funkwesen) von großem Wert wäre.

Eine Beschießung des Mondes mittels unbemannter mit Blitzpulver geladener Raumraketen, wie sie von mancher Seite vorgeschlagen wird, könnte in weiterer Folge dann wohl ebenfalls versucht werden, hätte aber kaum praktischen Wert.

Gleichzeitig mit diesem müßte man — um auch den Aufstieg von Menschen vorzubereiten — die gesundheitliche Zuträglichkeit erhöhter Schwerkewirkung erforschen, durch Vornahme von entsprechenden Versuchen mittels großer Zentrifugen (oder Karuselle) und ferner die Möglichkeit für den Aufenthalt im luftleeren Raum schaffen, durch Vervollkommnung der bisherigen Methoden der künstlichen Luftversorgung und Erprobung zweckdienlich gebauter Raumanzüge in luftleer gemachten, tiefst gekühlten Behältern.

Sobald die Ergebnisse der bisher geschilderten, vorbereitenden Arbeiten es gestatten, können dann (eventuell nach zuvor gemachten Proben mit Versuchstieren) auch mittels bemannter Raumraketen Aufstiege mit einfacher Fallschirmlandung bis zu den hierfür früher als zulässig ermittelten Steighöhen vorgenommen werden.

Nun wird man aber auch daran gehen, die Fahrzeuge mit Tragflächen auszurüsten, um sie dadurch zur Gleitfluglandung (Hohmannsches Landungsmanöver) und damit zur Erreichung auch solcher Höhen geeignet zu machen, aus denen einfache Fallschirmlandung nicht mehr durchführbar wäre.

Die zur Schaffung solcher flugzeugartiger Raumschiffe (oder wenn man will: durch Rückstoß angetriebener Flugzeuge, also „Rückstoßflugzeuge“, „Raketenflugzeuge“ usw.) notwendige Erfahrung in der Technik des Rückstoßantriebes, dann bzgl. der Luftreibung, des Luftwiderstandes usw., wird man zu dieser Zeit aus den schon früher geschilderten, mit unbemannten Raumraketen gemachten Vorversuchen bereits gewonnen haben.

Bei der Erprobung dieser Fahrzeuge, die unter möglichst weitgehender Verwertung der bisherigen Erfahrungen der Flugtechnik vorgenommen werden müßte, wird man zuvor wohl mit verhältnismäßig geringen Flugstrecken und Höhen beginnen und diese erst allmählich, durch entsprechende Vergrößerung der Höchstgeschwindigkeiten immer mehr zu steigern trachten.

Sobald man dann das Manövrieren mit Raketenflugzeugen überhaupt und insbesondere auch die bei kosmischen Geschwindig-

keiten in den höheren dünnen Luftschichten notwendige Flugtechnik beherrscht, ist damit zugleich und von selbst auch schon:

1. der eingangs geschilderte irdische „Eilflugverkehr mit kosmischen Geschwindigkeiten“ geschaffen, also der erste praktische Erfolg der Raumfahrt erreicht (denn jeder über die Lufthülle nicht hinausführende derartige Aufstieg mit Gleitfluglandung ist ja im Grunde genommen nichts anderes als ein solcher Eilflug);

2. wird dadurch ermöglicht, daß zurückkehrende Raumschiffe nun auch mit Gleitfluglandung (statt mit einfacher Fallschirmlandung) niedergehen können, d. h. es wird dadurch die wohlbehaltene Rückkehr zur Erde aus jeder beliebigen Steighöhe gesichert, was für die Raumfahrt von höchster Wichtigkeit ist, ja geradezu notwendigste Vorbedingung für ihre Verwirklichung bedeutet.

Dieser bisher geschilderte Entwicklungsgang: also zuvor mittels unbemannter Raumraketen Aufstiege mit einfacher Fallschirmlandung vorzunehmen und erst auf Grund der dabei gesammelten Erfahrungen an die Schaffung des Rückstoßflugzeuges zu schreiten, dürfte voraussichtlich zweckmäßiger sein, als letzteres unmittelbar aus dem heutigen Flugzeug heraus zu entwickeln, wie es von anderer Seite befürwortet wird; denn die dabei erst zu sammelnden Erfahrungen werden für das Raketenflugzeug wahrscheinlich eine Bauweise notwendig machen, welche sich von jener der bisher bekannten Flugzeuge auch sehr wesentlich unterscheiden mag. Zu diesem vermutlichen Ergebnis aber nur allein über Versuche mit (an und für sich kostspieligen) Flugzeugen zu gelangen, dürfte voraussichtlich bedeutend teurer und überdies mit viel mehr Gefahren verbunden sein.

Doch das Wichtigste ist jedenfalls, daß überhaupt mit praktischen Versuchen begonnen wird.

Durch allmähliche Steigerung der Leistungen dieser Rückstoßflugzeuge oder flugzeugartigen Raumschiffe wird man mit der Zeit schließlich immer bedeutendere wagerechte Geschwindigkeiten und Steighöhen erzielen, bis sich so endlich von selbst die über

der Lufthülle verlaufende freie Umlaufbewegung um die Erde ergibt. Die Bahn derselben beliebig zu wählen, wird dann keine Schwierigkeiten mehr bieten.

Damit ist aber bereits die Möglichkeit zur Schaffung der eingangs beschriebenen Weltraumwarte, also zur Erreichung des zweiten praktischen Erfolges in der Entwicklung der Raumfahrt gegeben.*

Auch beliebige Hochaufstiege könnten nun vorgenommen und gelegentlich derselben der Mond umfahren werden.

Sowohl der Eilflugverkehr als auch die Raumwarte sind beide noch rein irdische Angelegenheiten. Nun wird man trachten, unter Benützung der Warte als Verkehrsstützpunkt, auch die weiteren Ziele der Raumfahrt zu verwirklichen: den Mond betreten, wenn möglich ein Werk zur Betriebsstoffgewinnung auf ihm errichten, die benachbarten Planeten umfahren u. a. m., was sich sonst noch als durchführbar erweisen mag.

Schlußwort.

Aber selbst wenn es wider Erwarten doch zur Zeit noch nicht gelänge, die zu letzterem notwendigen höheren Auspuffgeschwindigkeiten mit Hilfe genügend einfacher Vorrichtungen wirklich praktisch zu erreichen, auch wenn man es dabei nur bis auf etwa 2000—3000 Meter je Sekunde brächte: dann würde trotzdem die Raumfahrt vorläufig wenigstens dazu führen, die Erdlufthülle bis in ihre höchsten Schichten gänzlich erforschen zu können und insbesondere — als unmittelbaren praktischen Gewinn — den beschriebenen irdischen Eilflugverkehr mit kosmischen Geschwindigkeiten zu schaffen, bis spätere Zeiten schließlich die Verwirklichung der anderen Ziele bringen.

Damit allein aber wäre schon ein Erfolg errungen, der alles auf technischem Gebiete bisher Dagewesene weit in den Schatten stellen würde. Und daß dieses, bei zielbewußter Vervollkommnung der bereits vorhandenen technischen Möglichkeiten, auch heute schon mindestens erreichbar wäre, kann garnicht mehr

bezweifelt werden. Es wird um so eher gelingen, je früher und in je großzügigerer und ernster, wissenschaftlicher Weise an die praktische Bearbeitung des Problems geschritten wird, wenn man sich auch keiner Täuschung hingeben darf über die Größe der dabei noch zu bewältigenden Schwierigkeiten.

Doch der Zweck der vorliegenden Betrachtungen ist auch nicht der, glaubhaft machen zu wollen, daß man schon morgen wird zu fremden Himmelskörpern reisen können. Es soll damit nur versucht sein zu zeigen, daß die Befahrung des Weltraums nicht mehr als etwas für den Menschen Unmögliches angesehen werden darf, sondern ein Problem darstellt, welches sehr wohl technisch gelöst werden kann und — ein Problem, das all die Hindernisse, die seiner endgültigen Bemeisterung auch noch im Wege stehen mögen, nur nichtig erscheinen lassen muß ob der überwältigenden Großartigkeit des dabei Erstrebten.



Wir bitten um Beachtung der folgenden Seiten.

Wir empfehlen

Bibliothek für Luftschiffahrt
und
Flugtechnik

(bisher erschienen 27 Bände)

*

Flugtechnische Bibliothek

(bisher erschienen 17 Bände)

*

Handbuch der Flugzeugkunde

(bisher erschienen 6 Bände)

*

Berichte
der
Aeromechanischen Versuchsanstalt
in
Wien

*

*Verlangen Sie ausführliche Prospekte, die wir auf Verlangen
unberechnet versenden!*

RICHARD CARL SCHMIDT & CO.
BERLIN W 62

Automobiltechnische Fachliteratur

*

Autotechnische Bibliothek

(bisher erschienen 87 Bände)

*

Handbücher für Motoren=
und
Fahrzeugbau

(bisher erschienen 11 Bände)

*

Motorschiff= und Yacht=Bibliothek

(bisher erschienen 14 Bände)

*

Wichtige Spezialwerke

*

Ausführliche Prospekte stehen zur Verfügung

RICHARD CARL SCHMIDT & CO.
BERLIN W 62

Schiffstechnische Literatur

Einzelwerke

*

Segelsport=Bücherei

(bisher erschienen 15 Bände)

*

Elektrotechnische Literatur

Die Radio=Reihe

(bisher erschienen 25 Bände)

*

Sonderverzeichnisse auf Verlangen unberechnet

RICHARD CARL SCHMIDT & CO.
BERLIN W 62

Narodna in univerzitetna knjižnica
v Ljubljani

R 402873