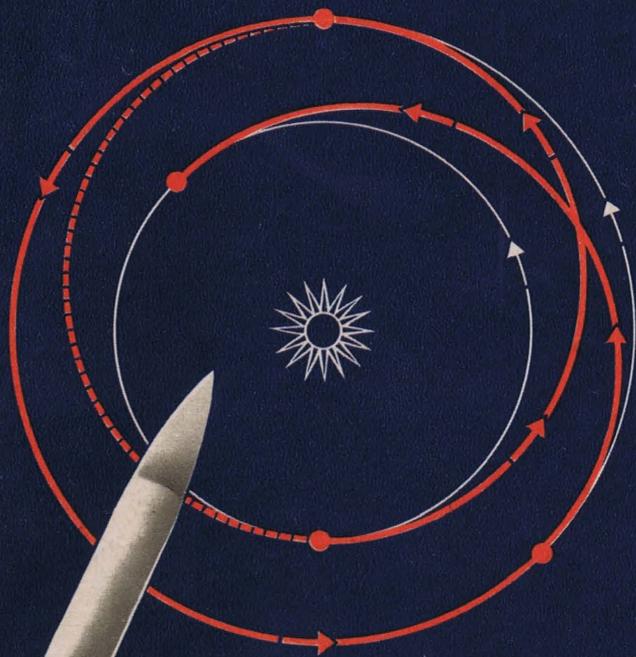


OTTO WILLI GAIL



**PHYSIK DER
WELTRAUMFAHRT**

LEONHARD

OTTO WILLI GAIL: PHYSIK DER WELTRAUMFAHRT

AUS DER BUCHREIHE:
ERFORSCHTE WELT

BAND
2

OTTO WILLI GAIL

**PHYSIK
DER WELTRAUMFAHRT**



HANNS REICH VERLAG MÜNCHEN

Published under Military Government License Nr. US-E-120

Alle Rechte vorbehalten. — Copyright 1948 by Hanns Reich-
Verlag München. — Druck: Buch- und Kunstdruckerei Manz,
Dillingen-Donau. — Einbandzeichnung: Walter Leonhard, Mün-
chen. — 44 Textzeichnungen nach Entwürfen des Verfassers
von H. und B. v. Römer, München. — Printed in Germany.

1.—10. Tausend.

Kapitel-Verzeichnis

1. Kapitel: Vom Rückstoß-Prinzip der Rakete	9
2. Kapitel: Von Rak-Wagen und Rak-Flugzeugen	17
3. Kapitel: Von der Schwerkraft der Erde	21
4. Kapitel: Von der Fluchtgeschwindigkeit	28
5. Kapitel: Vom Schuß ins All	35
6. Kapitel: Von den Energie-Sorgen	42
7. Kapitel: Von der Navigation im Nichts	50
8. Kapitel: Von den Gefahren im Weltenraum	61
9. Kapitel: Vom Gewicht	67
10. Kapitel: Vom Strahl-Triebwerk	73
11. Kapitel: Von den Sphären der Lufthülle	81
12. Kapitel: Von den modernen Großraketen	89
13. Kapitel: Erlebnisse im Weltenraum	98
14. Kapitel: Vom Sinn der Weltraumfahrt	112

A n h a n g :

Daten aus der Geschichte der Rakete	116
Tabelle der Massenverhältnisse	120
Energiegehalt von Treibstoffen	121
Steighöhen-Tabelle	122
Gravitations-Tabelle	123
Planeten-Tabelle	123
Einige Himmelskörper: Absolute Zahlen	124
Einige Himmelskörper: Vergleichszahlen zur Erde	124
Lexikon	125

„Was kann wohl handgreiflich lächerlicher und alberner sein, als das Versprechen, eine Lokomotive für die doppelte Geschwindigkeit der Postkutschen zu bauen! Ebenso gut könnte man glauben, daß die Einwohner von Woolwich sich auf einer Congreveschen Rakete abfeuern ließen, als daß sie sich einer solchen Maschine anvertrauen würden.“

(Aus einer Ingenieurzeitschrift vom Jahre 1825)

Vorwort

Die Entwicklung der Technik ist unaufhaltsam. Sie nähert sich bereits der Schwelle des Weltenraumes. Der technische Fortschritt aber erhält seine Berechtigung allein durch den Sinn, die Lebenshaltung möglichst aller Menschen zu verbessern. Die Technik von heute und morgen könnte die Erde tatsächlich in ein Paradies verwandeln und die gesamte Menschheit von Not und Lebensangst befreien — wenn sie nicht immer wieder für die Zerstörung mißbraucht würde und wirklich nur dem friedlichen Aufbau und Ausbau dienen könnte.

Wir sollen und dürfen nicht Sturm laufen gegen die Weiterentwicklung der Technik, sondern allein gegen ihre unheilvolle Anwendung. Wir sollten dafür sorgen, daß die technischen Wissenschaften in die breite Masse dringen, damit die versklavende Bewunderung dem nüchternen Wissen weiche.

Großes Wissen einer kleinen Anzahl birgt stets die Drohung der Entartung und der Diktatur — das Mitwissen von Millionen aber kann dieser Drohung begegnen. Die Menschheit muß endlich lernen, mit dem wunderbaren, aber scharfen Werkzeug „Technik“ umzugehen; und wenn jeder einzelne sein Wissen erweitert, dann lernt die Menschheit.

München, im Sommer 1948.

Otto Willi Gail

PROFESSOR HERMANN OBERTH,
der mit seinem grundlegenden wissenschaftlichen Werk „Wege zur Raumschiffahrt“ das Zeitalter der Großraketen-Technik einleitete, hat den Entwurf dieses Buches kritisch durchgesehen. Seine Anregungen und Mitteilungen führten zu einer wesentlichen Erweiterung und Vertiefung mehrerer Kapitel.

Dafür danken der Autor, der Verlag und gewiß auch — der Leser.

Erstes Kapitel

Vom Rückstoß-Prinzip der Rakete

Die Rakete ist nicht nur ein spielerisches Schaustück nächtlicher Volksfeste. Sie ist das älteste, primitivste und zugleich das modernste, verheißungsvollste Prinzip der motorischen Fortbewegung.

Vor achthundert Jahren schon banden chinesische Krieger kleine pulvergefüllte Papierhüllen an ihre Pfeile und Lanzen und erzielten damit, wenn sie richtig abbrannten, nicht nur ein schreckenerregendes Feuerwerk, sondern auch größere Wurfweiten. Heute baut man in Flugzeuge Strahltriebwerke ein, welche die Luft ansaugen, stark verdichten, mit Treibstoff mischen und die Verbrennungsgase mit

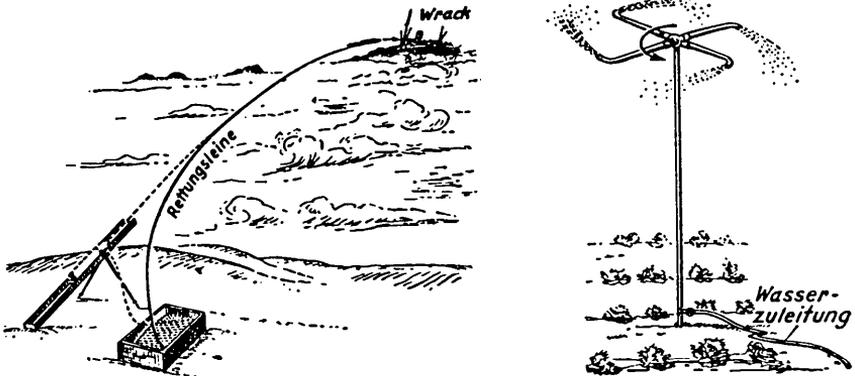


Abb. 1:
Beispiele für die Anwendung des Rückstoß-Prinzips.

Lelnenwurf zur Rettung aus Seenot. Eine Rakete zieht eine Leine vom Ufer zum gestrandeten Wrack.

Automatischer Rasensprenger. Der Rückstoß der unter Druck austretenden Wasserstrahlen setzt das Sprengrad in Bewegung.

explosiver Gewalt nach hinten ausstoßen. Die mittelalterlichen „Feuerpfeile“ und die modernen „Düsenflugzeuge“ verwenden das gleiche Motorenprinzip: den Rückstoß. Beide sind Raketen.

Durch Rückstoß lassen sich vielerlei praktische Wirkungen hervorgerufen. Man kann bunt abbrennende Feuerwerkskörper zum Vergnügen der Zuschauer in die Luft hinaufjagen; man kann gestrandeten Schiffen vom Ufer aus Rettungsleinen hinüberschießen; man kann Sprühhäuser drehen und damit Gemüsegärten unter dauernder Berieselung halten; man kann Pfeile (oder auch Bomben) über beträchtliche Entfernungen schleudern; man kann Boote und Flugzeuge durch Rückstoß antreiben — aber all das ließe sich auch mit anderen Mitteln erreichen. Die Rakete ist hier nur eine von vielen Möglichkeiten, und nicht immer die beste.

Aber einmal wird sich der Mensch von seiner Bindung an Erdboden und Erdenluft frei machen wollen — und dafür hat er dann keine Auswahl mehr. Den luftleeren Raum bezwingt kein Verbrennungs-

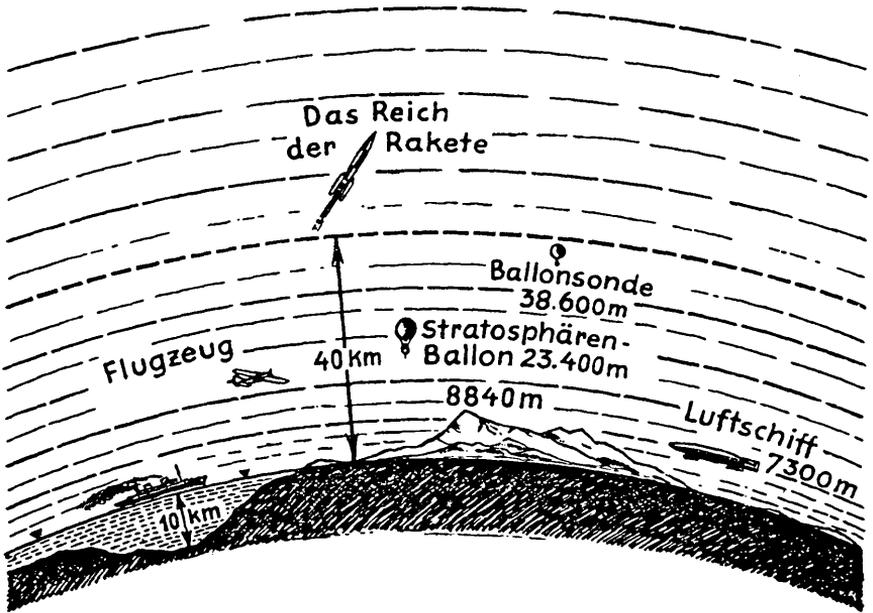


Abb. 2:
Höhen über 40 000 Meter sind das alleinige Reich der Rakete.

motor, keine Dampfmaschine, keine Turbine; es versagt der Ballon, der Propeller, der Flügel, die Schraube, das Rad; es versagen all die Hunderte von Mitteln und Methoden, die unseren irdischen Verkehrsbetrieb in Bewegung halten. Es gibt nur eine einzige Ausnahme: das Prinzip des Rückstoßes. Ein Fahrzeug, das den Menschen dereinst über den Luftmantel der Erde hinaustragen soll, kann nur eine Rakete sein; eine andere Möglichkeit gibt es nicht.

Ein Interview:

„Was ist das überhaupt: Rückstoß? Rakete?“

„Eine Rakete ist eine Art Geschöß, das seinen Bewegungsimpuls nicht von außen her erhalten hat, sondern durch Rückstoß aus sich selbst entwickelt.“

„Sie wird also nicht abgeschossen?“

„Nein, sie wird abgelaßen. Man kann eine Rakete natürlich auch abschießen, um ihr zur Schonung ihres Treibstoffvorrats eine gewisse Anfangsgeschwindigkeit zu erteilen. Dann fliegt sie eben zunächst als gewöhnliches Geschöß; aber erst dann, wenn ihre eigene Triebkraft zu wirken beginnt, wird sie zur Rakete.“

„Dann muß aber die Rakete einen eigenen Motor besitzen.“

„Man kann es Motor nennen; aber dann müssen wir unsere landläufige Vorstellung von ‚Motor‘ etwas korrigieren.“

„Wieso?“

„Weil wir bei dem Wort Motor doch stets an bewegte Maschinenteile, an rotierende Wellen und Räder denken. Der Motor der Rakete aber kennt so etwas nicht. Die Rakete hat keinen Motor, sondern sie ist einer — und zwar im Prinzip der einfachste Motor, der sich überhaupt denken läßt.“

„Das glaube ich nicht.“

„Weshalb?“

„Weil man diesen Motor, wenn er wirklich so primitiv wäre, dann schon längst im großen entwickelt hätte, lange vor dem Diesel und der Dampfmaschine.“

„Sie haben ein Wort überhört: im Prinzip! Dieses Prinzip ist tatsächlich viel älter als das aller anderen Motoren. An der Rakete ist aber nur das Prinzip so einfach. Die technische Bändigung dieses Prinzips für große Energiemengen ist eine ungemein schwierige Aufgabe.“

„Dieses Prinzip heißt: Rückstoß! Wie kommt der eigentlich zustande?“

„Durch das Impuls-Gesetz von der Erhaltung des Schwerpunktes.“

„Das klingt unangenehm wissenschaftlich.“

„Ist aber trotzdem hoch interessant. Sie wissen, daß jeder Körper einen Schwerpunkt hat, in dem man sich sein Gewicht, seine Masse, vereinigt denken kann. Also sozusagen einen Massenmittelpunkt.“

„Ja. Er liegt immer in der Mitte des Körpers.“

„Immer? Nein! Er kann auch außerhalb des Körpers liegen.“

„Außerhalb? Das ist doch unmöglich.“

„Betrachten Sie doch mal Ihren Ehering! Wo hat der seinen Schwerpunkt?“

„Tatsächlich! In der Mitte des Kreises! Also außerhalb des Metallkörpers. Sie haben recht.“

„Dieser Schwerpunkt hat nun das Bestreben, seine Lage oder seine Bewegung beizubehalten — was immer auch mit dem Körper selbst geschehen mag.“

„Das verstehe ich nicht ganz.“

„Denken Sie an eine fliegende Granate. Ihr Schwerpunkt bewegt sich in der Schußbahnlinie. Nun explodiert die Granate im Flug, sie wird in tausend Stücke zerrissen. Was geschieht mit dem Schwerpunkt?“

„Der Schwerpunkt? Hm, der ist verschwunden.“

„Nein! Der fliegt auf seiner bisherigen Bahn weiter, als ob gar nichts geschehen wäre.“

„Aber das ist doch — verzeihen Sie, aber was Sie da sagen, das ist doch — —“

„Glatter Unsinn! Sprechen Sie es nur ruhig aus. Es hört sich tatsächlich wie Unsinn an. Für den Ballistiker aber ist dieser glatte Unsinn eine ebenso glatte Realität.“

„Auf dem Papier, mag sein! Aber praktisch?“

„Auch praktisch! Die Sprengstücke der Granate fliegen zwar nach allen Richtungen auseinander, aber sie tun das keineswegs willkürlich, sondern jedes einzelne Stück erhält eine solche Flugrichtung und eine solche Geschwindigkeit, daß ihr gemeinsamer Schwerpunkt in jedem Augenblick erhalten bleibt und unbeirrt seine ursprüngliche Bahn weiterverfolgt.“

„Das klingt unglaublich.“

„Es ist aber so! Könnte man die auseinanderfliegenden Sprengstücke kurz nach der Detonation gleichzeitig plötzlich anhalten, so fände man eine Massenverteilung im Raum, deren gemeinsamer Schwerpunkt

genau dort liegt, wo er auch liegen würde, wenn die Granate gar nicht explodiert, sondern als Ganzes weitergefliegen wäre.“

„Und was folgt daraus?“

„Daß für jedes Stück, das nach rechts abfliegt, auch ein Stück nach links abgeschleudert werden muß — entweder ein gleich großes mit derselben Geschwindigkeit oder ein kleineres Stück mit entsprechend höherer Geschwindigkeit. Genauer gesagt: die Richtungen, Geschwindigkeiten und Massen der auseinanderfliegenden Sprengstücke, also ihre Impulse, müssen sich gegenseitig aufheben.“

„Und die krepierende Granate hält sich gehorsam an diese komplizierte Forderung der Physiker?“

„Ja. Sie k a n n ja gar nicht anders explodieren. Denn stärker als die Energien des Dynamits sind die Gesetze der Physik.“

„Eine unheimliche Vorstellung! Aber was hat das alles mit der Rakete zu tun?“

„Sehr viel, eigentlich alles! Nehmen Sie einmal an, ein Sprengkörper von hundert Kilo Gewicht schwebt irgendwo bewegungslos im Raume.“

„Das ist aber wirklich unmöglich!“

„Es soll ja nur eine gedankliche Vorstellung sein. Nun nehmen Sie weiter an, dieser Körper explodiert und wird dabei in zwei gleich große Stücke zerrissen. Was geschieht?“

„Die beiden Stücke fliegen in entgegengesetzten Richtungen auseinander —“

„— und zwar mit gleich großen Geschwindigkeiten. Zerspringt der Körper aber so, daß nur ein kleines Stück von ihm abgerissen wird, sagen wir ein Kilo, dann geschieht zwar das gleiche: die beiden Stücke fliegen in entgegengesetzten Richtungen auseinander; aber das große Neunundneunzig-Kilostück fliegt neunundneunzig mal langsamer als das kleine Ein-Kilostück — weil eben nur so der gemeinsame Schwerpunkt erhalten bleibt. Und das muß er.“

„Wie wird das Ganze aber nun zur Rakete?“

„Wird? Ist schon. Das große, langsamer wegfliegende Stück ist bereits eine Rakete. Der Sprengkörper hat ein Stück seiner Masse mit großer Geschwindigkeit abgeschleudert und sich dadurch selbst in entgegengesetzter Richtung in Bewegung gesetzt. Durch den sogenannten Rückstoß!“

„Eine Rakete muß also Teile ihrer eigenen Masse abschleudern, um ihre Eigenbewegung herbeizuführen.“

„So ist es.“

„Dann wird aber bald nichts mehr von ihr vorhanden sein.“

„Was heißt hier bald? Es müssen ja keine großen Brocken sein, die abgestoßen werden. Die Teilchen können sehr klein sein — so klein,

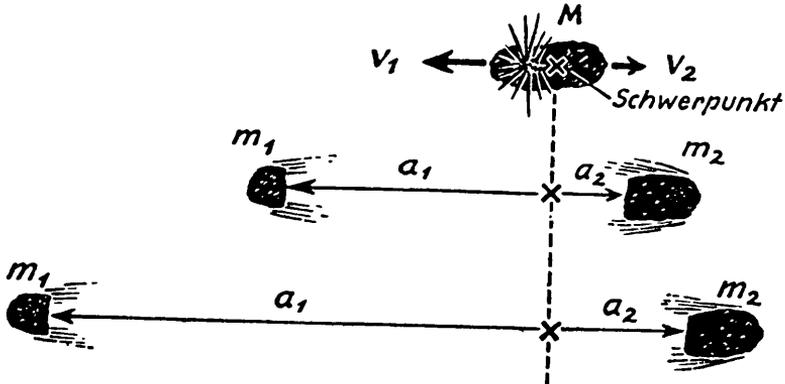


Abb. 3:

Das Gesetz von der Erhaltung des Schwerpunkts. Die Masse M explodiert und zerspringt dabei in zwei ungleiche Teile m_1 und m_2 . Die Abschleuder-
geschwindigkeiten verhalten sich umgekehrt wie die Massen: $v_1 : v_2 = m_2 : m_1$. Die Produkte aus Masse und Geschwindigkeit (Impulse) sind rechts
und links gleich groß: $m_1 \cdot v_1 = m_2 \cdot v_2$ (Impuls-Satz). Die Teile bewegen
sich so, daß die Produkte aus Masse und Abstand vom ehemaligen Schwer-
punkt rechts und links gleich groß bleiben: $m_1 \cdot a_1 = m_2 \cdot a_2$. Dieses Gesetz
ist das Grundgesetz der Rakete.

wie eben Moleküle und Atome zu sein pflegen. Die Hauptsache ist, daß ihre Abstoßgeschwindigkeit recht groß wird.“

„Moleküle und Atome sagten sie?“

„Ja, warum nicht? Das Gesetz des Rückstoßes, oder genauer: das Gesetz von der Erhaltung des Schwerpunktes, gilt unabhängig von der Größe der Massen. Die abzuschleudernde Masse kann daher auch ein Gasstrom sein, der durch die Verbrennung von Treibstoff erzeugt und durch Düsen mit großer Geschwindigkeit nach hinten ausgestoßen wird. Die Rakete selbst setzt sich dann nach vorn in Bewegung — erst langsam, dann immer schneller, und ihre Geschwindigkeit nimmt zu, so lange eben der Ausstoß der Massenteilchen dauert, so lange also der Raketenmotor arbeitet.“

„Und wenn der Treibstoff erschöpft ist?“

„Dann hat die Rakete ihre Höchstgeschwindigkeit erreicht und sie fliegt nun weiter wie ein gewöhnliches Geschöß.“

„Eine Rakete wäre also nur so lange eine Rakete, als der Rückstoßantrieb dauert?“

„Ja. Der Antrieb braucht keineswegs während der gesamten Flugzeit zu wirken.“

„Und auf der übrigen Strecke bewegt sich die Rakete wie jedes andere abgeschleuderte Geschöß?“

„Ja!“

„Dann ist der Raketenmotor eigentlich nichts anderes als ein Ersatz für ein Geschützrohr — gewissermaßen ein verlängertes Rohr.“

„Ganz recht! Bloß mit dem Unterschied, daß im Geschützrohr die gesamte Fluggeschwindigkeit plötzlich in Bruchteilen von Sekunden erzeugt werden muß, während die Rakete ihre Geschwindigkeit allmählich aus sich selbst heraus entwickelt und steigert.“

„Nun wird mir der Sinn der Rakete klar. Die plötzliche Entwicklung der Fluggeschwindigkeit im Abschußrohr zieht der Technik naturgemäß bestimmte Grenzen. Die Methode der Rakete hingegen —“

„— hat natürlich auch ihre Grenzen, wenn sie auch sehr viel weiter hinausgesteckt sein mögen. Bis in die Fernen des Weltenraums.“

„Der Rückstoß wirkt also auch im luftleeren Raum?“

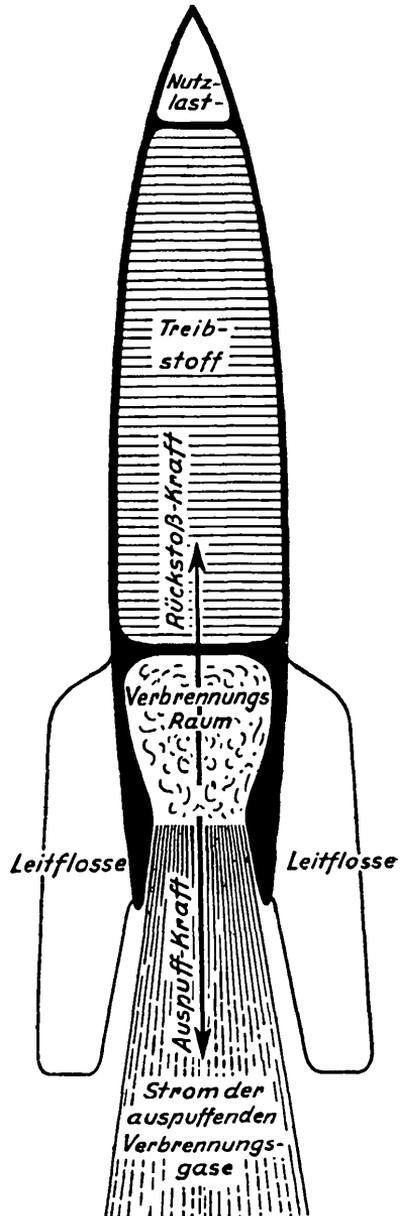


Abb. 4: Schematische Darstellung einer Rakete.

„Gerade dort entfaltet er erst seine volle, ungehemmte Wirksamkeit. Darum ist die Rakete das gegebene und allein mögliche Motorenprinzip eines zukünftigen Ultraschnellverkehrs, der seine Wege außerhalb der hemmenden und nutzlos Energie verzehrenden Luftschichten nehmen wird.“

„Und dabei ist doch das alles im Grunde sehr einfach.“

„Ja — aber eben leider nur im Grunde, im Prinzip! Wäre der Bau einer Großrakete so einfach wie ihre Theorie, dann hätte die Technik unserer Zeit schon längst den Sprung zum Mond herbeigeführt.“

Zweites Kapitel

Von Rak-Wagen und Rak-Flugzeugen

Die Rakete hat das eigentümliche kometenhafte Schicksal, von Zeit zu Zeit plötzlich und glanzvoll am Himmel der Weltpopularität aufzutauchen und dann wieder für geraume Zeit hinter dem Horizont der Vergessenheit zu versinken.

Als sie zum letzten Mal öffentliches Aufsehen erregte, hatte sie die Gestalt eines niedrigen, leicht gebauten Rennwagens, der von dem Automobilfabrikanten Fritz von Opel, dem Raketenforscher Max Valier und dem Feuerwerker Friedrich Sander konstruiert worden war. Am 11. April 1928 wurde er einem kleinen Kreis von ausgewählten Presse-männern vorgeführt. Der Wagen unterschied sich kaum von anderen seiner Art; aber die langgestreckte Motorhaube war eine Attrappe: sie umschloß leeren Raum. Der Wagen besaß keinen Motor; doch am Heck, hinter dem Fahrersitz ragten aus einem starkwandigen Stahlkasten zwölf kurze Rohrenden heraus: die Düsen starker Schubraketen.

„Die Pulverfüllung genügt, um einen mittleren Wohnblock in die Luft zu sprengen“, meinte Sander gemütlich; aber er stand ein für das disziplinierte Verhalten seiner unheimlichen Geschöpfe.

Dennoch war es ein aufregender Augenblick, als der Opelrennfahrer Karl Volkhart den Wagen bestieg, seinen Rücken an den Stahlkasten lehnte, der fast einen Zentner Sprengstoff barg, und dann mit einer Lässigkeit, die über die Nervenspannung hinwegtäuschen sollte, nach dem Schalter der elektrischen Zündung griff. Ein schwacher Fingerdruck, und aus dem Heck des Wagens stach ein greller Lichtblitz. Ein eigenartig erregendes Zischen und Brausen setzte ein, schwoll an zum ohrenbetäubenden Heulen, und der leichte Wagen schnellte ab wie der Pfeil von der Sehne. Vor einer gewaltigen, sich aufbäumenden Rauchschlange raste er über die Betonbahn und binnen acht Sekunden hatte sein Tempo die Hundertkilometergrenze überschritten. Nach

einigen weiteren Sekunden waren freilich die Raketen bereits ausgebrannt und der ganze schöne Zauber war zu Ende; aber immerhin: die Rakete hatte zum ersten Mal in ihrer langen Geschichte ein Fahrzeug angetrieben und einen Menschen befördert.

„Wir sind uns darüber klar“, diktierte damals Fritz von Opel den Journalisten in die Feder, „daß das Opel-Sander-Raketenaggregat nur eine erste Vorstufe auf dem Wege zum späteren Weltraumschiff im Sinne des Valierschen Projektes darstellt.“

Dem ersten Versuch, ein Fahrzeug durch Pulverraketen anzutreiben, folgten bald weitere. Auf der Berliner Avusbahn führte Fritz von Opel seinen geflügelten Rak-Rennwagen vor, dessen Tragflächen so gestaltet waren, daß sie den Wagen nicht hoben, sondern im Gegenteil fest auf die Fahrbahn preßten; auf einer Bahnstrecke in der Lüneburger Heide lief ein unbemannter Rak-Schienenwagen, der ein Höchsttempo von 281 Stundenkilometern erreichte und dann unter dem Druck der Schubraketen in die Luft sprang; auf den verschneiten Feldern bei Schleißheim unternahm Max Valier Versuche mit einem Rak-Schlitten, den der weiche Pappschnee freilich nicht zu voller Leistung kommen ließ, und schließlich wagte Fritz von Opel auf dem alten Flugplatz von Frankfurt am Main den ersten Flug mit Raketenkraft.

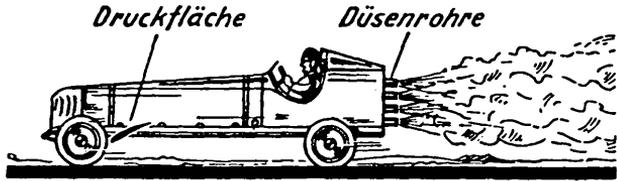
Das Flugzeug war ein Hatry-Segelflug-Hochdecker von drei Zentnern Eigengewicht; es saß auf einem kleinen Startwagen, der auf einer Schienenbahn lief und mit Sanderraketen von zusammen 900 Kilogramm Schubkraft ausgestattet war, — genug, um die leichte Maschine nicht nur vorwärts in die Luft zu jagen, sondern geradezu senkrecht emporzuschleudern. Den Zuschauern hämmerte das Herz an die Rippen, als der gewaltige Feuerstrahl nach hinten schoß, als der Startwagen über die 18 Meter langen Schienen raste und das Flugzeug in die Luft hinauswarf. Im gleichen Augenblick zündeten die Schubraketen in der Maschine selbst und trieben sie weiter ins Ungewisse. In dreißig Metern Höhe umrundete sie das halbe Flugfeld, wurde dann aber von einer Fallbö zu Boden gedrückt und zertrümmert. Wie durch ein Wunder blieb der Pilot unverletzt.

Alle diese Versuche mögen uns heute naiv und praktisch bedeutungslos erscheinen; denn Pulver ist ein gefährlicher und kostspieliger Treibstoff und die Rakete ist überhaupt als Fahrzeugmotor denkbar ungeeignet. Aber es war immerhin ein Anfang. Auf irgendeine Art mußten die allerersten praktischen Erfahrungen gesammelt werden und die Männer, die diese grotesken und keineswegs harmlosen

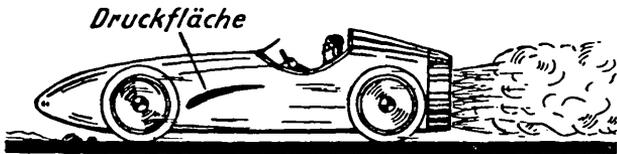
Abb. 5:

Raketen-Maschinen
von 1928/1929

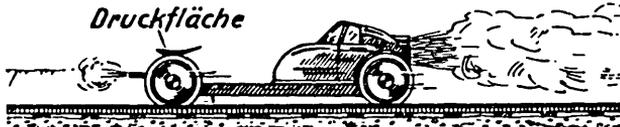
a) Opel-Sander-Rakwagen I erreichte am 11. April 1928 auf der Rüsselsheimer Opelrennbahn in 8 Sekunden ein Tempo von 100 Stundenkilometern.



b) Opel-Sander-Rakwagen II wurde am 23. Mai 1928 von Fritz von Opel mit einem Höchsttempo von 170 km/st über die Berliner Avusbahn gesteuert.



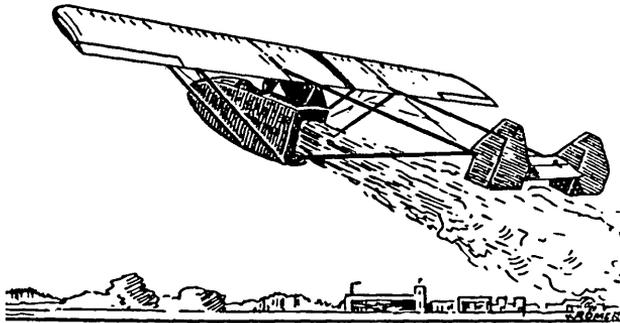
c) Opel-Sander-Rakschienenwagen verunglückte am 23. Juni 1928 auf der Bahnstrecke Burgwedel-Zelle, nachdem er auf eine Geschwindigkeit von 281 Stundenkilometern gekommen war.



d) Valier-Sauer-Rakschlitten fuhr am 22. Januar 1929 auf dem Flugfeld Schleißheim ein Tempo von 110 Stundenkilometern.



e) Opel-Sander-Rakflugzeug am 30. September 1929 über dem Flugplatz von Frankfurt-Main.



Die Druckflächen an den Rakwagen sind verkehrt gestellte Tragflächenstützen und sollen die Bodenhaftung des Fahrzeugs verbessern.

Pulverfahrzeuge steuerten, spielten bei jeder Fahrt kaltblütig mit ihrem Leben. Obgleich die Erfolge, die neben vielen herben Enttäuschungen erzielt wurden, kaum einen praktisch-wissenschaftlichen

Wert besaßen, blühten immer kühnere Zukunftshoffnungen auf. Man sah schon die erste Valier-Großrakete zum Mond zischen und in den Opelwerken liefen dreitausend Briefe ein, die alle den gleichen Inhalt hatten: dreitausend Menschen boten sich als Versuchsfahrgast für die erste Mondfahrt an.

„... weil ich auf dem Standpunkt stehe: entweder tot oder steinreich!“ begründete ein offenherziger Pedant sein Anerbieten.

Aber es wurde nichts daraus.

Max Valier fand bei einem seiner Experimente im Jahre 1930 den Tod; Fritz von Opel ging nach Amerika; Sander zog sich auf seine Wesermünder Pulverfabrik und seine bewährten Raketen-Leinwandgeräte zurück; den noch vorhandenen Theoretikern der Rakete fehlten die Mittel für Experimente großen Stils — und das Interesse der Welt erlosch.

Im Jahre 1931 erregte der österreichische Ingenieur Schmiedl noch einiges Aufsehen durch seine Raketenpost, die sogar amtlich eingeschriebene Briefe mit eigenen Raketenbriefmarken zu einem abgelegenen Berggasthaus hinauf beförderte und beim internationalen Postmuseum in Bern als „Raketenflugpost Schmiedl“ registriert wurde, — — aber dann wurde es still um das Projekt der Großrakete. Die Reise zum Mond unterblieb. Es ging nicht. Es ging noch nicht! Der Begriff der Weltraumrakete verschwand wieder aus den Spalten der Zeitungen.

Als er fünfzehn Jahre später in der amerikanischen Presse wieder auftauchte, war die „Utopie“ ihrer Verwirklichung schon um ein beträchtliches Stück näher gerückt und aus dem naiven Rak-Wagen war die aus den deutschen Kriegsraketen entwickelte „Ionosphären-Rakete“ geworden, die schon fast bis an die Schwelle des Weltraumes emporzudringen vermochte.

Drittes Kapitel

Von der Schwerkraft der Erde

Einem Flug ins Weltall scheinen auf den ersten Blick so viele Schwierigkeiten entgegenzustehen, daß es durchaus verständlich ist, wenn die meisten Leute solche Pläne als nicht ernst zu nehmende Hirngespinnste phantastischer Mathematiker ansehen. Die Leere und die riesigen Entfernungen des Weltenraums, der Mangel an Atemluft, die furchtbare Kälte — das sind allerdings abschreckende Tatsachen. Aber sie sind nicht unüberwindlich. In Wirklichkeit gibt es nur ein einziges Hindernis, das uns bis jetzt die Reise zum Mond verwehrt hat, und das ist die Schwere, die übermächtige Anziehungskraft der Erde.

Was Anziehung in ihrem Wesen eigentlich ist und wovon sie herührt, das hat die Wissenschaft bis heute noch nicht zu ergründen vermocht. Wir sagen, die gegenseitige Anziehung sei eine allgemeine Eigenschaft der Massen und jeder Körper sei von einem Anziehungskraftfeld umgeben. Erklärt ist damit natürlich nichts; aber die Hauptsache ist, daß wir wissen, wie stark diese Anziehung ist und wie sie wirkt.

Die Erde zieht alle Körper an, wie etwa ein Magnet kleine Eisenstückchen anzieht. Diese Anziehung wirkt so, als wäre die gesamte Masse der Erde in ihrem Mittelpunkt vereinigt und als ginge die Anziehungskraft allein von diesem Mittelpunkt (Schwerpunkt) aus. Jedes Lot weist also zum Erdmittelpunkt hin.

Die Anziehungskraft der Erde erzeugt die Schwere; man nennt sie daher auch Schwerkraft oder Gravitation. Sie gibt allen Dingen ihr Gewicht und sie allein bewirkt, daß ein Liter Wasser ein Kilogramm wiegt. Aber dieses Gewicht ist nicht überall gleich groß. Es ist am größten an der Erdoberfläche in Meereshöhe. Aber je mehr wir uns über den Meeresspiegel erheben, um so geringer wird die Schwerkraft

und damit das Gewicht aller Dinge. Bei den uns zugänglichen Höhenunterschieden bleibt dieser Gewichtsverlust freilich recht unbedeutend. Auf dem höchsten Berg der Erde, dem 9000 Meter hohen Mount Everest, macht er kaum drei Gramm auf ein Kilogramm aus. In tausend Kilometern Höhe aber verlieren alle Körper schon ein Viertel ihres Gewichtes, in sechstausend Kilometern sogar fast drei Viertel, und in der Höhe, in der unser Mond um die Erde kreist, würde ein ausgewachsener Mann kaum mehr zwanzig Gramm wiegen.

Seit Newton wissen wir, daß die Schwerkraft mit dem Quadrat der Entfernung vom Erdmittelpunkt abnimmt. Das heißt: in doppelter

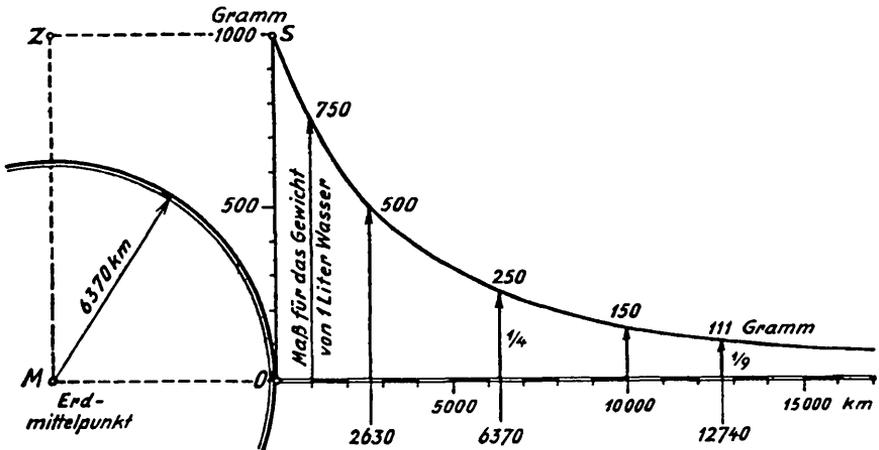


Abb. 6:

Das Schwerefeld der Erde. Die Grammzahlen geben das Gewicht von einem Liter Wasser an, der auf der Erdoberfläche 1000 Gramm wiegt. Die von der Schwerkraftkurve und der Grundlinie eingeschlossene Fläche ist gleich dem Rechteck M O S Z und ein Maß für die wirksame Schwermacht.

Entfernung vermindert sie sich auf ein Viertel, in dreifacher Entfernung auf ein Neuntel, in vierfacher auf ein Sechzehntel und so weiter. In der Abbildung 6 ist diese Abnahme der Schwerkraft durch eine Kurve dargestellt, die sich der Grundlinie immer mehr nähert, ohne sie aber jemals ganz zu erreichen. Die Anziehungskraft wird mit der Entfernung immer geringfügiger, aber völlig zu Null wird sie nie. Das Schwerefeld reicht theoretisch bis ins Unendliche.

Die zwischen der Schwerkraftkurve und der Grundlinie liegende Fläche ist ein Maß für die Energie, die aufgewendet werden muß, um

das Schwerefeld zu überwinden. Diese Fläche ist aber, obwohl sie in fortwährender Verengung bis ins Unendliche reicht, nicht unendlich groß. Ein Mathematiker kann ohne besondere Mühe beweisen, daß diese Fläche genau so groß ist wie das Rechteck (MOSZ) aus Erdradius und Oberflächenschwerkraft. Man nennt dieses Produkt aus Erdhalbmesser und Schwerkraft die „Schwermacht“ der Erde und sie ist das große Hindernis, das der Raumfahrt entgegensteht und bis jetzt nicht zu überwinden war. Wohnten wir auf dem kleinen Mond, so würden schon längst unsere Raketen den Weltenraum durchziehen. Die Schwerkraft auf der Oberfläche des Mondes beträgt nur ein Sechstel und die von den Raketen zu überwindende Schwermacht gar nur ein Zweiundzwanzigstel von derjenigen der massenreicheren Erde.

Bei der Beurteilung des Schwerefeldes der Erde oder eines anderen Himmelskörpers müssen wir also zwischen drei Begriffen unterscheiden:

1. Das Anziehungsfeld überhaupt. Es ist bestimmt durch die Masse des Sterns. Die Masse der Erde ist zum Beispiel einundachtzigmal so groß wie die des Mondes.

2. Die Schwerkraft, die den Dingen ihr Gewicht verleiht. Ihre Größe hängt ab von der Entfernung vom Massenmittelpunkt des Sternes und beträgt auf der Erdoberfläche genau 1000 Gewichtsgramm für die Masse eines Kilogramms.

3. Die Schwermacht, die durch Energieaufwand überwunden werden muß, um von dem Stern loszukommen. Sie ergibt sich aus dem Produkt aus Oberflächen-Schwerkraft und Stern-Halbmesser.

In der folgenden Tabelle sind die Werte für Mond und Sonne im Vergleich zur Erde zusammengestellt. (Die Werte für die Erde sind dabei gleich 1 gesetzt, um den Vergleich zu erleichtern.)

	Erde	Mond	Sonne
Masse	1	$\frac{1}{81}$	333000
Schwerkraft auf der Oberfläche . . .	1	$\frac{1}{6}$	28
Schwermacht auf der Oberfläche . . .	1	$\frac{1}{22}$	3050

Die Sonne bindet also ihre Massen an sich mit einer Macht, die über dreitausendmal größer ist als unsere Bindung an unseren Heimatplaneten.

Mathematisch und theoretisch reicht zwar jedes Schwerefeld bis ins Unendliche, praktisch aber findet die Anziehung der Erde dort ihre Grenze, wo die Anziehungskraft eines anderen Himmelskörpers, also der Sonne oder des Mondes, zu überwiegen beginnt. Zwischen Erde

und Mond liegt diese „Schweregrenze“ in einer Entfernung von neun Zehnteln der Gesamtstrecke Erde—Mond: 346 000 Kilometer von der Erde und 38 000 Kilometer vom Mond. Hier heben sich die Anziehung der großen, aber fernen Erde und die des kleinen, aber nahen Mondes gegenseitig auf. Ein Körper, der sich an diesem Punkt befände, würde weder zur Erde noch zum Mond hingezogen werden und überhaupt kein Gewicht mehr besitzen.

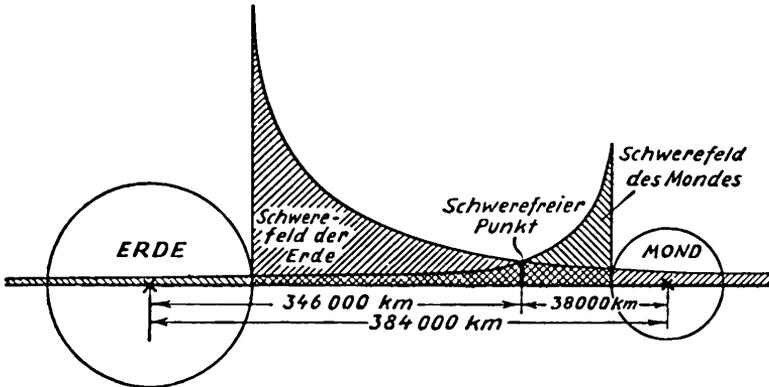


Abb. 7:

Die Schwerkraftfelder von Erde und Mond überschneiden sich. An einem bestimmten Punkt ist die Anziehungskraft der Erde ebenso groß wie diejenige des Mondes und beide Kräfte heben sich gegenseitig auf. (Die Zeichnung ist nur schematisch, nicht maßstäblich.)

Noch enger wird das Schwerkraftfeld der Erde durch die Sonne begrenzt. Schon in 250 000 Kilometern Entfernung vom Erdmittelpunkt beginnt die Anziehung der sehr fernen, aber machtvollen Sonne die der Erde zu überwiegen. Ein Raumschiff, das sich mehr als 250 000 Kilometer von unserem Heimatstern entfernt, schwebt also nicht mehr im Kraftfeld der Erde, sondern bereits in dem der Sonne; und hätte es keine Eigenbewegung, so würde es zur Sonne hingezogen — erst unmerklich langsam, dann aber immer schneller und das Ende wäre ein rasender Absturz in den Glutball unseres Zentralgestirns. Vor diesem Schicksal aber bleibt es ebenso sicher bewahrt wie die Erde selbst. Die Zentrifugalkraft ihres Jahresumlaufs um die Sonne gleicht die Sonnenanziehung aus und macht sie unwirksam. Dreißig Kilometer legt dabei die Erde in jeder Sekunde zurück, und da ein Raumschiff

diese Geschwindigkeit von vorneherein als Mitgift mitbekommt, braucht sich der Mondfahrer um das Schwerfeld der Sonne überhaupt nicht zu kümmern.

Die etwas schwierige Vorstellung, daß bei einer Fahrt zum Mond die Bewegung der Erde und das übermächtige Schwerfeld der Sonne keine Rolle spielen, sei erleichtert durch das folgende Gespräch aus der Zukunftserzählung „Hans Hardts Mondfahrt“. Es wird geführt zwischen

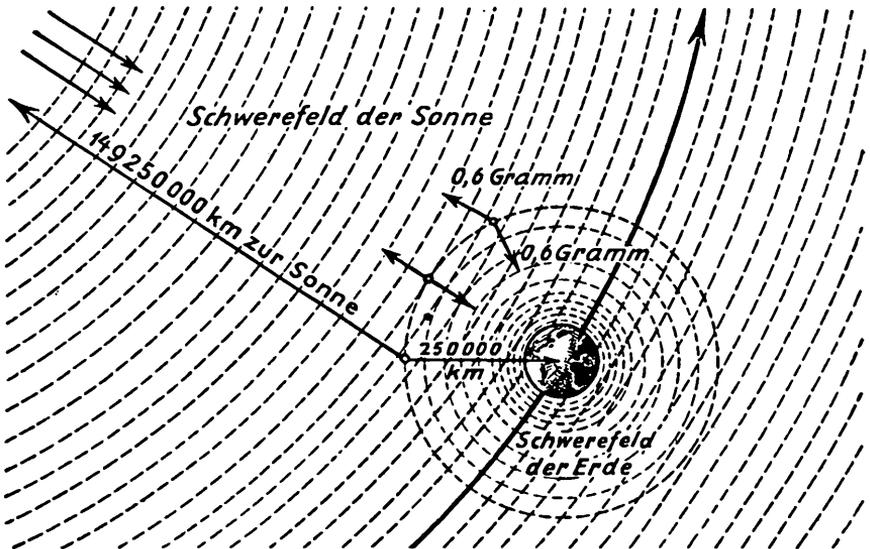


Abb. 8:

Das Schwerfeld der Erde im Kraftfeld der Sonne. In 250 000 Kilometern Entfernung vom Erdmittelpunkt beginnt die Anziehung der fernen Sonne diejenige der nahen Erde zu überwiegen. An der Schweregrenze hätte ein Liter Wasser (vorausgesetzt, daß er sich relativ zur Sonne nicht in Bewegung befindet) zur Sonne hin dasselbe Gewicht wie zur Erde hin, nämlich 0,6 Gramm.

dem Erbauer des Raumschiffes „Wieland“ und seinem Onkel, dem Schiffsarzt, auf der Fahrt von der Erde zum Mond.

„Es ist seltsam“, meinte der Doktor, „daß wir so gar nichts davon spüren, ob wir schnell oder langsam fahren. Mir ist es, als ob unser Raumschiff immerzu still stünde.“

„Geschwindigkeit an sich ist überhaupt nicht spürbar, sondern nur die Beschleunigung oder Bremsung, also eine Änderung der Geschwindig-

keit. Oder hast du in deiner Studierstube zuhause jemals etwas davon bemerkt, daß du mit der furchtbaren Geschwindigkeit von dreißig Kilometern in der Sekunde ununterbrochen durch das Weltall flogst? Als Passagier des Raumschiffes Erde auf seiner ewigen Kreisfahrt um die Sonne?“

„Dreißig Kilometer in der Sekunde, sagst du? Das kann nicht stimmen, Hans!“

„Weshalb denn nicht?“

„Wenn die Erde dreißig Kilometer in der Sekunde zurücklegt und unser ‚Wieland‘ nur — —“ er unterbrach sich: „Welche Fahrt haben wir denn im Augenblick?“

„Etwas über zwei Kilometer in der Sekunde.“

„Na also! Wo geraten wir denn da hin? Müssen wir denn nicht schon nach wenigen Minuten so weit hinter der davonrasenden Erde zurückbleiben, daß an eine Rückkehr nicht mehr zu denken ist?“

„Was du da sagst, Onkel Alex, das scheint auf den ersten Blick ganz einleuchtend zu sein. Die Verhältnisse sind sogar noch viel schlimmer; denn nicht nur die Erde läuft uns nach deiner Theorie davon, sondern auch die Sonne bewegt sich mitsamt ihren Planeten fort — auf das Sternbild des Herkules zu — und zwar mit einer Geschwindigkeit von auch annähernd zwanzig Kilometern in der Sekunde.“

„Du lieber Himmel, was soll da bloß aus uns werden?“ sagte der Doktor mit gespielter Entsetzen. Er war sich natürlich darüber klar, daß die ganze Überlegung nur ein Gedankenspiel war; aber er konnte trotz allen Nachdenkens nicht herausfinden, wo der Trugschluß steckte. Er fand keine andere Lösung als die, daß der „Wieland“ in Wirklichkeit eben doch viel schneller fliegen müsse als zwei Kilometer in der Sekunde.

„Strenge dich nicht weiter an, Onkel Alex! Ich gestehe dir offen, daß auch ich keine Ahnung habe, mit welcher absoluten Geschwindigkeit sich unser Schiff im Raume bewegt. Das ist ja auch vollkommen gleichgültig.“

„Du bist köstlich, Hans! Mir ist es ganz und gar nicht gleichgültig, ob uns Mutter Erde auf Nimmerwiedersehn entwischt oder nicht. Ich fürchte, so nach dreihundert Jahren würde uns die Reise in deinem prächtigen Schiff vielleicht doch etwas langweilig werden.“

Hans Hardt lachte. „Keine Sorge! Die Erde entwischt uns nicht und wir ihr hoffentlich auch nicht. Wie soll ich das erklären? In dem

System Erde-Mond haben wir die errechnete Fahrt, und alles andere geht uns nichts an.“

„Diese Erklärung ist etwas billig, lieber Hans!“

„Aber trotzdem richtig. Vielleicht überzeugt dich ein Beispiel. Stelle dir einen Speisewagen in einem fahrenden Schnellzug vor. An der Wagendecke dreht sich zur Kühlung eine Windschraube und auf dem einen Flügel der Schraube sitzt ein Maikäfer. Kommst du mit, Onkel Alex?“

„Ich schon! Aber um den Maikäfer bin ich etwas in Sorge.“

„Der Maikäfer ist ein ganz toller Bursche, der sich nicht so leicht abschütteln läßt. Und nun kriecht er vom Ende des Flügels zur Nabe hin und zwar mit derjenigen Geschwindigkeit, die eben ein rüstiger Maikäfer zu entwickeln vermag, sagen wir: zwei Zentimeter in der Sekunde. Ist der Flügel zwanzig Zentimeter lang, so wird der Käfer sein Ziel, die Nabe, nach zehn Sekunden erreichen und er braucht sich gar nicht darum zu kümmern, daß er eigentlich durch die Umdrehung der Schraube eine Spiralbahn beschreibt, außerdem durch die Fahrt des Zuges fortbewegt wird und dabei auch noch die Erdumdrehung mitmacht. Nun sage mir, Onkel Alex, welche absolute Geschwindigkeit hat der Maikäfer und in welcher Kurve bewegt er sich?“

„Das kann kein Mensch ausrechnen!“

„Doch, doch! Aber das Ergebnis interessiert den Maikäfer nicht.“

„Bist du dessen ganz sicher?“

„Es würde ihn bestimmt nur dann interessieren, wenn er plötzlich Lust bekäme, die rotierende Windschraube zu verlassen und sich auf einen Stuhl zu setzen. Bei diesem Vorhaben müßte er allerdings die Eigenbewegung des Rades berücksichtigen. Und möchte er sogar dem Speisewagen entfliehen, weil ihm die Buchenwälder draußen schmackhafter erscheinen als Krebsuppe und Nierenbraten, dann wird er plötzlich merken und beachten müssen, daß der Zug durch die Natur rast.“

„Und die Moral aus dieser Maikäferballade?“

„Sie liegt auf der Hand. Solange wir auf unserem Windradflügel Erde-Mond bleiben, kann uns die Bewegung des Speisewagens Erde ganz gleichgültig sein. Wollten wir aber nach dem Mars reisen, so müßten wir die Eigenbewegung der Erde im Kraftfeld der Sonne unbedingt in Rechnung stellen. Es ist eben alles relativ auf der Welt. Und hier im leeren Weltenraum noch mehr als anderswo. Begreifst du nun, daß ich die absolute Fahrt unseres ‚Wieland‘ nicht kenne? Und daß sie überhaupt nicht feststellbar ist?“ — —

Viertes Kapitel

Von der Fluchtgeschwindigkeit.

Durch den leeren Raum kann man nicht fahren oder fliegen im Sinne unserer irdischen Verkehrsmittel. Es gibt nur eine einzige Möglichkeit, den Abgrund des Nichts zu überbrücken, und die ist gleichzeitig die älteste, einfachste und robusteste Methode der Beförderung von Gegenständen: der Wurf.

Wird ein Stein senkrecht emporgeworfen, so überwindet er während des Aufstiegs tatsächlich die Erdschwere, aber freilich nur für kurze Zeit. Denn die Schwerkraft bleibt wirksam; sie zerrt unaufhörlich an dem aufsteigenden Stein und seine Geschwindigkeit wird dabei immer geringer, bis sie schließlich ganz erlahmt: der Stein fällt wieder herab und schlägt auf dem Boden auf mit ungefähr derselben Geschwindigkeit, mit der er abgeschleudert wurde. Wirft man ihn nun mit größerer Wucht, das heißt mit größerer Anfangsgeschwindigkeit, empor, so wird er sich länger der an ihm zerrenden Schwerkraft erwehren können und um ein Stück höher steigen. Ersetzt man die Muskelkraft durch ein Gewehr oder Geschütz, so ändert sich an dem Vorgang nichts als dies, daß das abgefeuerte Geschöß eine noch größere Steighöhe erreicht. Es kann infolge der bedeutenden Abschußgeschwindigkeit länger gegen die nach unten ziehende Kraft der Erde ankämpfen; aber schließlich erliegt es doch und fällt wieder zurück.

Es kommt also alles auf die Anfangsgeschwindigkeit an. Je größer diese ist, um so höher steigt das Geschöß und um so weiter dringt es in den leeren Raum hinaus. Glücklicherweise aber wachsen die erreichten Höhen schneller als die erforderlichen Abschußgeschwindigkeiten. Um zum Beispiel ein Geschöß auf fünfzig Kilometer Höhe zu bringen, ist (wenn wir zunächst vom Luftwiderstand absehen) eine Anfangsgeschwindigkeit von 1000 Metern pro Sekunde erforderlich. Das ist etwa die Geschößgeschwindigkeit der großen Schiffsgeschütze.

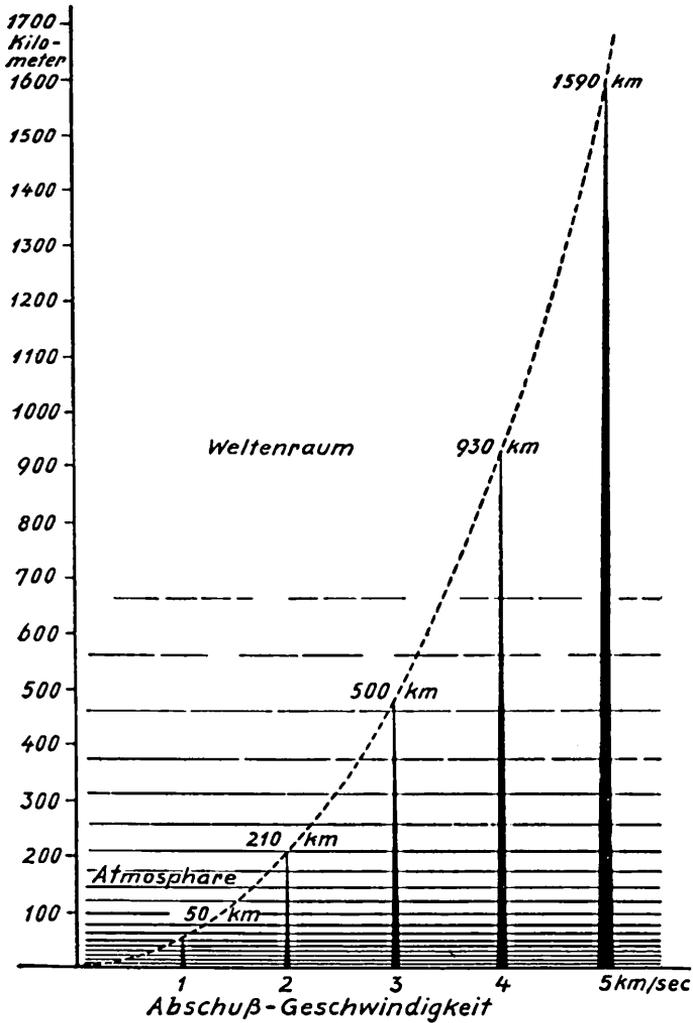


Abb 9:
 Wie hoch steigt ein senkrecht abgefeuertes Geschöß? (Die Zahlen gelten nur für den luftleeren Raum. Der Luftwiderstand vermindert die Steighöhen.)

Könnten wir diese Geschwindigkeit verzehnfachen, so würde das Geschöß nicht bloß zehnmahl so hoch, also 500 Kilometer, emporsteigen, sondern es würde mehr als 25 000 Kilometer Höhe erreichen. Und bei einer weiteren Steigerung der Abschußgeschwindigkeit würde es mit einem Male passieren, daß das Geschöß überhaupt nicht mehr zur Erde zurückfällt. Immer zwar zerzt die Erdschwere am Geschöß und vermindert dauernd seine Fluggeschwindigkeit; aber dieses Zerren wird um so schwächer, je höher das Geschöß hinaufdringt. Denn die Anziehung der Erde nimmt ja mit der Höhe stark ab, und so kommt es einmal so weit, daß die Schwerkraft die völlige Vernichtung der Steiggeschwindigkeit des Geschosses nicht mehr herbeizuführen vermag. Dann fällt das Geschöß nicht mehr zurück; es zieht seine Bahn weiter im leeren Weltenraum und nichts (auch kein Luftwiderstand) hemmt mehr seinen Flug ins Unendliche.

Dieser Fall tritt ein, wenn die Abschußgeschwindigkeit 11 180 Meter in der Sekunde beträgt. Ein Körper, der mit mindestens dieser Geschwindigkeit abgeschleudert wird, verläßt für immer unseren Planeten.

Woher weiß man das?

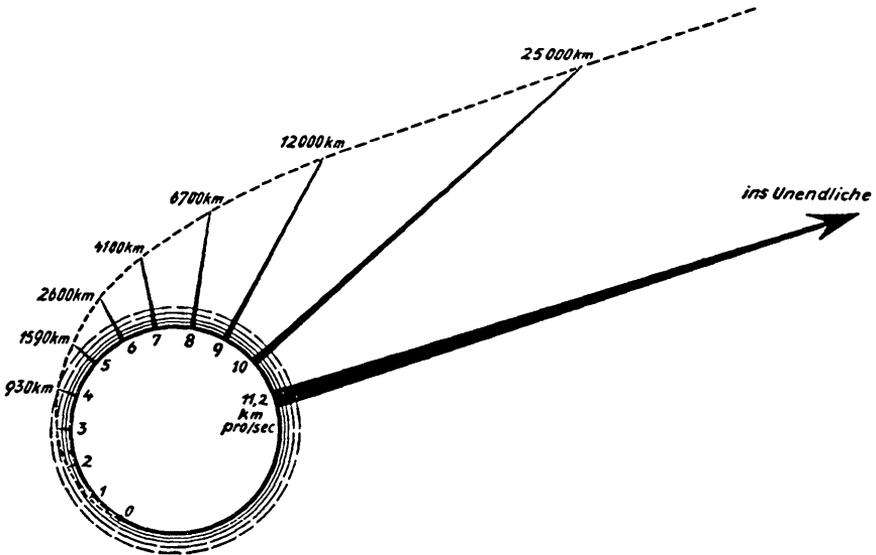


Abb. 10:
Ideale Steighöhen bei hohen Abschuß-Geschwindigkeiten.

Die Geschwindigkeit, mit der ein emporgeschleudertes Körper beim Zurückfallen auf dem Boden aufschlägt, ist (im luftleeren Raum) stets ebenso groß wie diejenige, mit der er emporgeschickt wurde. Könnten wir nun die Schnelligkeit ermitteln, mit der ein aus fernen Räumen auf die Erde stürzendes Meteor aufprallt, so würden wir tatsächlich eine Geschwindigkeit finden, die nie unter 11 180 Metern pro Sekunde liegt. Natürlich kann man diese Messungen nicht durchführen; aber für den Mathematiker ist es eine Kleinigkeit, die Geschwindigkeit zu berechnen, mit der ein aus den Fernen des Weltenraums zur Erde fallender Stein aufschlägt. Und nimmt er diese Ferne als unendlich an, so kommt die Zahl 11 180 heraus. Umgekehrt heißt das: ein Geschöß, das mit einer Geschwindigkeit von mindestens 11 180 Metern pro Sekunde abgeschossen wird, fällt nicht mehr auf die Erde zurück, sondern es zieht hinaus in die Unendlichkeit des Alls.

Diese kritische Geschwindigkeit 11 180 hängt nur von der Stärke der Erdanziehung und damit lediglich von der Größe und Masse unseres Planeten ab. Die Zahl 11 180 ist unserer Erde zu eigen wie einem Menschen die Halsweite oder die Schuhnummer. Man nennt sie die Fluchtgeschwindigkeit der Erde. Je massenreicher ein Stern ist, um so größer ist auch die auf seiner Oberfläche geltende Fluchtgeschwindigkeit. Auf der riesigen Sonne, deren Masse für eine Drittel-Million Erdkugeln ausreichen würde, müßte man ein Geschöß mit einer Geschwindigkeit von 617 Kilometern in der Sekunde wegzagen, wenn es der Sonnenanziehung dauernd entkommen soll. Auf dem kleinen Mond hingegen würden bereits 2,4 Kilometer (die doppelte Mündungsgeschwindigkeit eines Schiffgeschützes) genügen, und befänden wir uns auf einem der winzigen Monde des Planeten Mars, so würde das Fußballspielen größte Vorsicht erfordern; denn die Fluchtgeschwindigkeit auf diesem Zwergstern ist so klein, daß der Ball bei jedem kräftigen Weitschlag auf Nimmerwiedersehen im Weltenraum verschwände. Wenn es auf diesem Marsmond Bewohner gäbe, so wäre es für sie kein Problem, die Fahrt ins Weltall täglich wahr zu machen.

Wäre nur unser Erdball nicht so groß! Längst schon würden irdische Raumschiffe den Weltenraum durchziehen und unser Mond wäre vielleicht schon seit Jahrhunderten eine Kolonie der Erde. Nur die vertrackte Zahl 11 180 hält uns auf der Erde fest; denn bisher war es schlechterdings unmöglich, einem wägbaren großen Körper die phantastische Geschwindigkeit von mehr als elf Kilometern pro Sekunde auch nur für einen Augenblick zu erteilen.

Nun wollen wir noch kurz untersuchen, wie der Schuß in den Weltenraum verlaufen würde, wenn wir das Geschöß nicht senkrecht nach oben sondern waagrecht zum Horizont hin abfeuern. Denken wir uns auf einem sehr hohen Berg ein gigantisches Geschütz, dessen Rohr genau waagrecht steht. Wir wissen aus Erfahrung, daß das abgefeuerte Geschöß eine Flugbahn durchläuft, die sich zur Erdoberfläche hinabsenkt. Steigern wir die Abschußwucht, so wird die Flugstrecke länger. Nach den Gravitationsgesetzen (unter Vernachlässigung des Luftwiderstandes) ist die Bahn des Geschößes eine Ellipse um den Erdmittelpunkt. Das Geschöß kann diese Ellipse nur nicht ganz durchlaufen, weil ihm recht bald schon der Erdboden Halt gebietet.

Erhöhen wir die Abschußgeschwindigkeit weiter, so wird die Bahnellipse immer aufgeblähter und schließlich gelangen wir zu einer Geschößbahn, die sich zum Kreis gerundet hat und in die Erdoberfläche nicht mehr einschneidet. Dieser Fall tritt bei einer Abschußgeschwindigkeit von 7,9 Kilometern in der Sekunde ein. Das Geschöß durchfliegt eine geschlossene Kreisbahn rund um die Erde, es schwingt wie ein zweiter kleiner Mond dauernd um unseren Planeten und braucht zu

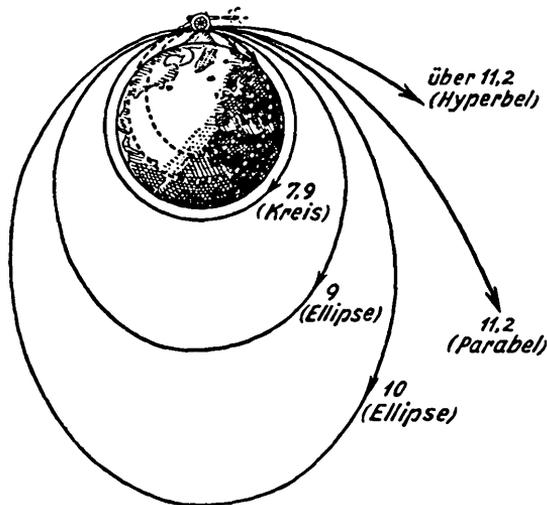


Abb. 11:
Flugbahn-Ellipsen um den Erdball. Die Zahlen bedeuten die Abschußgeschwindigkeiten in Kilometern pro Sekunde.

jedem Umlauf 84 Minuten. Eine Fortbewegung von rund acht Kilometern in der Sekunde ist das äußerste, was die Erde mit ihrer Anziehungskraft eben noch an ihre Kugelformung zu binden vermag. Bei noch höheren Abschußgeschwindigkeiten streckt sich der Kreis wieder zur Ellipse, der zweite Brennpunkt wandert immer weiter in den Raum hinaus und schließlich — bei der Fluchtgeschwindigkeit von 11 180 Metern pro Sekunde — entsteht jene

Ellipse, deren zweiter Brennpunkt im Unendlichen liegt und die man Parabel nennt. Das Geschöß fliegt also hinaus in den Raum, entfernt sich immer weiter von der Erde und kehrt nie mehr zurück. Man nennt daher diese kritische Fluchtgeschwindigkeit auch die „parabolische“ Geschwindigkeit.

Wird die Wucht des Abschusses noch weiter verstärkt, so geht die Parabel in eine Hyperbel über. Sollte das Geschöß streng geradlinig von der Erde wegfliegen, so müßte die Abschußgeschwindigkeit unendlich groß sein; aber das gibt es natürlich nicht.

Geradlinige Bewegungsbahnen sind in den kosmischen Kraftfeldern unseres Sonnensystems kaum denkbar. Die Reisewege eines Raumschiffes werden stets gekrümmte Gravitationsbahnensein: Teile von Ellipsen, Kreisen, Parabeln, Hyperbeln, die nach den gleichen Gesetzen entstehen und sich formen wie die Bahnen der Planeten und Monde. Die Fahrt von der Erde zum Mond wird in einer langgestreckten komplizierten Kurve verlaufen, die beide Himmelskörper einschließt und in der Nähe der Erde einer

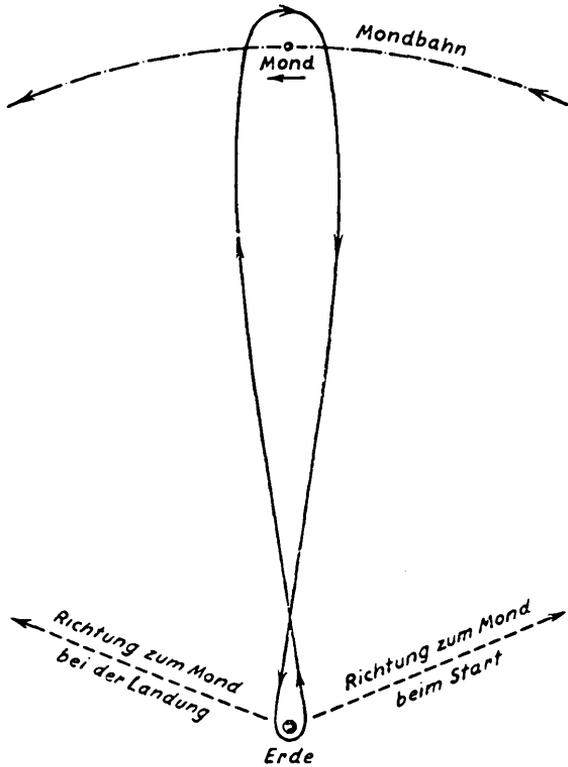


Abb 12:
Der Reiseweg eines Raumschiffes, das den Mond umfährt und wieder zur Erde zurückkehrt. Durch die achterförmige Verschränkung der Bahnkurve wird erreicht, daß Start und Landung in der Richtung der Erdumdrehung und die Umfahrung des Mondes entgegen seiner Eigenbewegung erfolgen können. Die gesamte Bahnkurve wird in etwa 250 Stunden durchlaufen.

Ellipse, in der Nähe des Mondes einer Hyperbel ähnelt. Das Raumschiff wird in dieser Kurve den Mond umfahren und ganz von selbst wieder zur Erde zurückkehren.

In welcher Richtung der Abschluß auch erfolgen mag, stets ist eine Abschleudergeschwindigkeit von rund 11,2 Kilometern pro Sekunde die unerläßliche (aber auch ausreichende) Voraussetzung für eine Loslösung von der Erde. Jeder Körper, der einmal diese Geschwindigkeit erhält — und sei es auch nur für einen Augenblick —, fliegt in den Weltraum hinaus. Die Erde kann ihn nicht mehr an sich fesseln und er wird zum Himmelskörper, der ohne weiteren Antrieb stumm und einsam seine kosmische Bahn durch das Universum zieht, nur mehr den Gesetzen gehorchend, die auch den Lauf unserer Erde um die Sonne bestimmen.

Fünftes Kapitel

Vom Schuß ins All

Die Bedingung ist also ganz einfach! Man braucht „nur“ eine Geschwindigkeit von 11 bis 12 Kilometern in der Sekunde zu erzeugen und der Flug in den Weltenraum wird Wirklichkeit.

Aber 12 Kilometer in der Sekunde ist ein ganz fürchterliches Tempo. Es ist die zehnfache Geschwindigkeit des schnellsten Artilleriegeschosses und das bedeutet: in $3\frac{1}{4}$ Minuten von London nach Moskau oder in 6 Minuten von Berlin nach New York. Wenn es jemals gelingen sollte, einem Apparat diese kosmische Geschwindigkeit zu erteilen, könnte denn ein Mensch eine so rasende Fahrt überhaupt aushalten?

Warum denn nicht? Der Mensch erträgt jede, auch die denkbar höchste Geschwindigkeit ohne Schaden, wenn sie nur gleichmäßig bleibt. Wir haben ja auch nicht die geringsten Beklemmungen davon, daß wir mit der noch viel größeren Eile von 30 Kilometern in der Sekunde (das sind über 100 000 Kilometer in der Stunde) auf dem „Raumschiff Erde“ dauernd um die Sonne rasen. Für uns fühlbar und gefährlich ist niemals die Schnelligkeit unserer Bewegung, sondern nur die Veränderung der Geschwindigkeit: die Beschleunigung oder Bremsung. Würde sich der Lauf unseres Planeten um die Sonne plötzlich nur um ein Prozent beschleunigen oder verlangsamen, dann wäre mit einem Schlag alles Leben auf der Erde vernichtet. Und wollte man ein Raumschiff etwa aus einem gigantischen Geschützrohr abschießen, so wäre eine sofortige Katastrophe unausbleiblich. Das Geschöß würde, falls es überhaupt heil aus dem Geschützrohr herauskäme, unweigerlich am Widerstand der Luft zerschellen und dazu noch in der Reibungshitze verbrennen. Das hat Jules Verne völlig übersehen, als er in seinem prächtigen Roman „Reise um den Mond“ ein Projektil aus einem Übergeschütz auf den Mond schießen ließ. Nein — auf diese Weise wird der „Schuß ins All“ niemals möglich werden. Ein Schuß in den Weltenraum hat

nur dann Sinn und Möglichkeiten, wenn die erforderliche Abschleudergeschwindigkeit nicht plötzlich in einem Geschützrohr, sondern in allmählicher Steigerung herbeigeführt wird. Dann hängt es eben nur vom Grade dieser Steigerung ab, ob der Start ertragbar bleibt oder nicht.

Jede Beschleunigung erzeugt einen Andruck nach hinten, jede Bremsung einen solchen nach vorne. Wir fühlen das sehr deutlich in der Straßenbahn, wenn zu heftig angefahren oder gebremst wird. Beim Anfahren werden wir an die Rückenlehne gepreßt; hat aber das Fahrzeug seine normale gleichmäßige Fahrgeschwindigkeit erreicht, so ist von Andruck nichts mehr zu spüren.

Physiologische Untersuchungen haben ergeben, daß ein Geschwindigkeitszuwachs von nicht mehr als 25 Metern in der Sekunde für gesunde Menschen unschädlich ist. Der dabei entstehende zusätzliche Andruck entspricht etwa dem Zweieinhalbfachen des Körpergewichts ($2\frac{1}{2} g$ *) und er ist wesentlich kleiner als der Druck, der etwa beim Abfangen eines Sturzkampfflugzeuges auftritt (kurzfristig bis zu 5 g). Wenn also der Abschluß in den Weltenraum für einen durchschnittlichen menschlichen Organismus ertragbar sein soll, dann darf in der ersten Sekunde nur eine Geschwindigkeit von 25 Sekundenmetern erreicht werden, die sich dann in jeder folgenden Sekunde um weitere 25 Sekundenmeter steigert.

Man kann sich nun leicht ausrechnen, daß auf diese Weise nach $7\frac{1}{2}$ Minuten die notwendige Abschleudergeschwindigkeit von 11 200 Metern pro Sekunde erreicht ist und daß das Geschloß in dieser Zeit eine Strecke von rund 2500 Kilometern durchheilt hat. Also können beim Schuß ins All nur dann Menschen mitbefördert werden, wenn der Abschluß, das heißt die Entwicklung der notwendigen Startgeschwindigkeit, auf einen Zeitraum von $7\frac{1}{2}$ Minuten und auf eine Strecke von 2500 Kilometern ausgedehnt wird. Wollte man einen solchen verzögerten Abschluß mit Hilfe eines Geschützes herbeiführen, so müßte das Rohr mindestens 2500 Kilometer lang sein. Es ist klar, daß an den Bau eines Geschützes, dessen Rohr fast über den Atlantik hinwegreichen müßte, auch in den phantastischsten Zukunftsträumen nicht zu denken ist. Die Mondkanone bleibt Utopie.

Die einzige Möglichkeit für diese allmähliche und regulierte Geschwindigkeitssteigerung bietet der Raketenantrieb. Es liegt ja im

*) g ist das mathematische Symbol für die normale Fallbeschleunigung an der Erdoberfläche ($9,81 \text{ m/sec}^2$) und damit ein Maß für die Stärke der Schwerkraft. $2\frac{1}{2} g$ bedeutet $2\frac{1}{2}$ fache Schwere.

Wesen der Rakete, daß sie nicht „abhaut“, sondern verhältnismäßig langsam anfährt und unter dem stetig wirkenden Rückdruck der ausströmenden Verbrennungsgase ihre Geschwindigkeit gleichmäßig so lange steigert, als der Treibstoffsatz brennt. Die Rakete soll beim Schuß ins All also nur das gigantische Geschützrohr ersetzen, sie soll lediglich innerhalb eines Zeitraums von 7 bis 8 Minuten die erforderliche Abschlußgeschwindigkeit erzeugen, also nur auf der Startstrecke von 2000 bis 3000 Kilometern arbeiten. Dann ist ihre Aufgabe zunächst erfüllt und das Raumschiff durchläuft ganz von selbst seine kosmische Bahn hinaus ins All.

Bei unseren bisherigen Betrachtungen haben wir freilich eine Tatsache außer acht gelassen, die praktisch eine beträchtliche und recht hinderliche Rolle spielt: den Luftwiderstand. Unsere Rechnungen und Zahlenangaben über Wurfhöhen und Abschlußgeschwindigkeiten gelten streng genommen nur für den luftleeren Raum. Aber bei den hohen Geschwindigkeiten, mit denen wir hier operieren, verhält sich die Luft wie eine zähe butterartige Masse, deren Durchstoßung einen erheblichen Mehraufwand an Energie bedingt. Besonders die dichten,

untersten Schichten unserer Atmosphäre stellen einen Widerstand dar, der die Flugbahnen von Geschossen stark verkürzt. Ein schweres Schiffsgeschütz, das theoretisch im leeren Raume eine Schußweite von 64 Kilometern erreichen würde, erzielt in Wirklichkeit nur 35 Kilometer. Und da der Luftwiderstand auf kleine Massen naturgemäß noch hemmender wirkt als auf große, ist seine Einwirkung bei Gewehrgeschossen noch beträchtlicher. Ein Infanteriegeschosß mit einer Abschlußgeschwindigkeit von 880 Metern in der Sekunde müßte beim senkrechten Schuß im luftleeren Raum eine Höhe von 40 Kilometern erreichen. Durch den

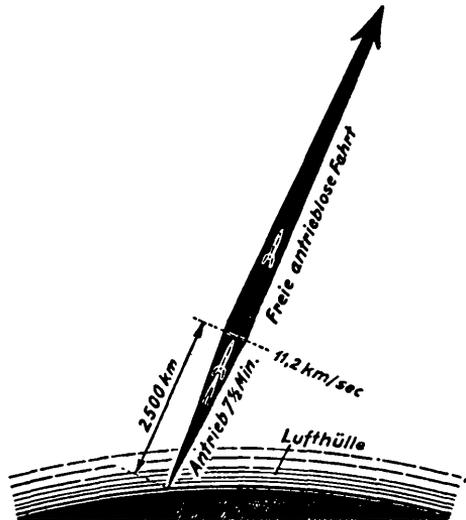


Abb. 13:
Der Raketenschuß ins All. Die Stärke des Striches deutet die jeweilige Fahrgeschwindigkeit an.

Luftwiderstand aber wird es so stark gebremst, daß es nicht einmal 3000 Meter hoch steigt.

Wenn der Luftwiderstand schon bei den Geschößgeschwindigkeiten so starke Bremsungen herbeiführt, wie mag er sich dann erst bei einem Raumschiff auswirken, das doch mit zehnfacher Geschwindigkeit von der Erde weggeschleudert werden muß? Steigt denn hier der Widerstand der Luft, der ja mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wächst, nicht ins Unermeßliche, ins Hoffnungslose?

Nun, ganz so schlimm ist die Sache denn doch nicht. Erstens einmal handelt es sich bei einer Weltraumrakete um eine Masse von immer-

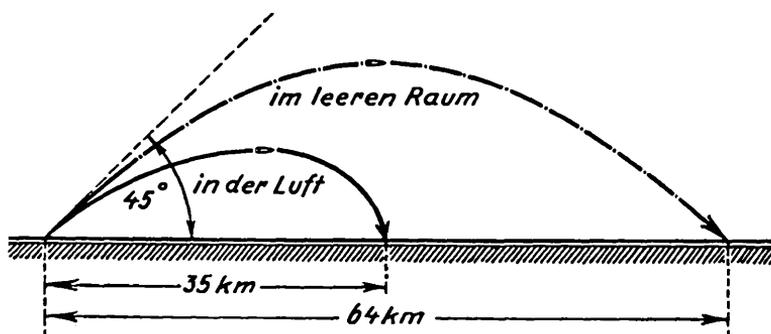


Abb. 14:
Die theoretische Flugbahn eines 38-cm-Geschosses im leeren Raum und die wirkliche Flugbahn in der Luft. Bei kleineren Geschossen ist die Hemmung durch den Luftwiderstand noch wesentlich stärker.

hin einigen Hundert Tonnen, die den Luftpanzer ohnehin leichter zu durchschlagen vermag als ein kleines leichtes Geschöß. Und zweitens nimmt die Luftdichte und damit auch ihr Widerstand mit der Höhe sehr schnell ab. Die Rakete startet ja nicht wie ein abgefeuertes Geschöß mit voller Geschwindigkeit vom Boden weg, sondern sie entwickelt ihre hohen und höchsten Geschwindigkeiten erst allmählich während des Aufstiegs, und bis sie dabei auch nur auf die Granatengeschwindigkeit von 1000 Metern in der Sekunde gekommen ist, sind schon fast 20 000 Meter Höhe erreicht. Und hier ist die Luft bereits achtzehn mal dünner als unten am Erdboden. Die wahrhaft kosmischen Geschwindigkeiten von mehreren Kilometern pro Sekunde aber entstehen überhaupt erst draußen im leeren Weltenraum, wenn die gesamte Lufthülle der Erde längst überwunden ist. Der Luftwiderstand stellt also ein zwar un-

angenehmes, aber keineswegs unüberwindliches Hindernis dar. Er bedingt einen gewissen Mehraufwand an Energie, kann aber die rechnerischen Voraussetzungen für den „Schuß ins All“ nicht grundsätzlich stören — besonders dann nicht, wenn der Start von einem möglichst hoch gelegenen Punkt der Erdoberfläche aus erfolgt.

Genauere Berechnungen von Hermann Oberth haben ergeben, daß der durch den Luftwiderstand bedingte Verlust an Endgeschwindigkeit

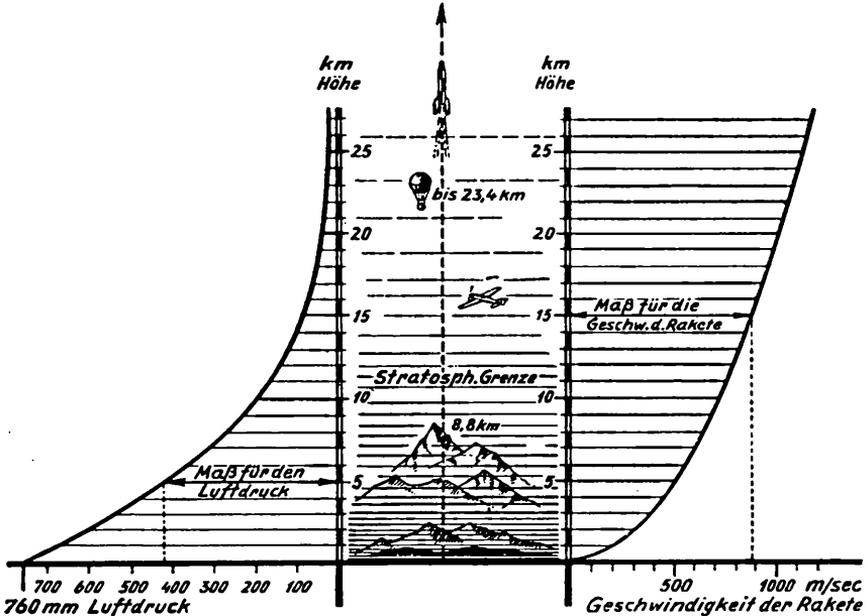


Abb. 15:

Mit wachsender Höhe nehmen Luftdruck und Luftwiderstand schnell ab. Bis die Rakete auf wirklich hohes Tempo kommt, hat sie den größten Teil der hemmenden Luft bereits überwunden. Links die Kurve des abnehmenden Luftdrucks, rechts die Kurve der zunehmenden Steiggeschwindigkeit einer Rakete bei einer Beschleunigung von 25 Sekundenmetern pro Sekunde.

in durchaus erträglichen Grenzen bleibt. Er beträgt zum Beispiel bei einer Großrakete von 17 Metern Länge, die aus Meereshöhe mit einer Beschleunigung von 35 bis 40 Sekundenmetern pro Sekunde aufsteigt, nur etwa 240 Meter pro Sekunde (von über 11 000!), und auch dieser verhältnismäßig geringe Verlust würde sich noch auf die Hälfte ver-

mindern, wenn der Start von einem Ort in 5000 Metern Höhe erfolgen könnte.

Natürlich wird man darauf bedacht sein, das aufsteigende Raumschiff aus den hemmenden dichten Unterschichten der Luft auf dem kürzesten Wege herauszubringen. Es liegt also nahe, senkrecht nach oben anzufahren, weil in dieser Richtung der Luftmantel der Erde nur der Höhe nach zu durchdringen ist. Andererseits aber wirken beim senkrechten Aufstieg die von der Erdanziehung stammende Schwere und der von der Beschleunigung herführende Andruck in gleicher Richtung. Sie addieren sich daher in voller Stärke. Der Gesamtdruck darf aber mit Rücksicht auf die lebenden Insassen eine gewisse äußere Grenze nicht überschreiten.

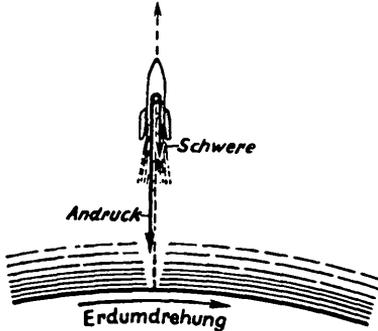


Abb. 16:

Senkrechter Start.
Vorteil: rasche Durchbrechung der Lufthülle. Nachteile: Andruck und Schwere addieren sich in voller Höhe. Keine Nachhilfe durch die Erdumdrehung.

Dem gegenüber hat der Start in waagrechter Richtung den Vorteil, daß Andruck und Schwerkraft in verschiedenen Richtungen wirken, sich also nicht voll addieren können und damit die Anwendung einer höheren



Abb. 17:

Waagrechter Start nach Osten.
Vorteile: Andruck und Schwere wirken in verschiedenen Richtungen und können sich daher nicht voll addieren. Nachhilfe durch die Erdumdrehung. Nachteil: lange Fahrstrecke durch die Lufthülle.

Fahrbeschleunigung als beim senkrechten Aufstieg gestatten. Dazu kommt noch eine Nachhilfe durch die Erdrotation. Die Erde dreht sich von Westen nach Osten. Beim waagrechten Start in östlicher Richtung wird sich also

die Geschwindigkeit der Erdumdrehung zu derjenigen der Rakete addieren. In unseren Breiten macht das immerhin 300 Meter in der Sekunde aus, die dadurch gewonnen würden. Diesen Vorteilen steht aber der große Nachteil gegenüber, daß sich das Raumschiff bei waagrechtem Start auf eine sehr lange Strecke durch die dichten Unterschichten der Luft hindurchkämpfen müßte.

Zwischen beiden Extremen muß sich eine günstige mittlere Richtung finden lassen. Professor Hermann Oberth schlug schon im Jahre 1927 vor, für den Start eine besondere Bahnkurve zu wählen, die er „Synergiekurve“ nannte. Sie führt zunächst in steilem Aufstieg rasch aus der dichten Luft heraus und biegt dann unter dem Einfluß der Erdanziehung allmählich zur Waagrechten hin ab.



Abb. 18:
Die Oberthsche Synergiekurve für den Aufstieg eines Raumschiffes. Diese Aufstiegsbahn erfordert den geringsten Energieverbrauch.

Die Synergiekurve vereinigt also die Vorteile des senkrechten und waagrechten Starts und bedingt daher ein Minimum an Antriebsenergie, also den geringstmöglichen Aufwand an Treibstoffen. Und damit kommen wir zu der entscheidenden Frage des ganzen Problems der Raketenfahrt ins Weltall.

Sechstes Kapitel

Von den Energie-Sorgen

Die einzige wirkliche und grundsätzliche Schwierigkeit, die einer Fahrt zum Mond entgegensteht, ist die Energiefrage. Um eine Masse von einem Kilogramm auf die Höhe des Mondes emporzuheben oder emporzuschleudern, ist ein Energieaufwand von $6\frac{1}{2}$ Millionen Meterkilogramm erforderlich. Daran ist nicht zu rütteln. Diese Zahl ist erschreckend groß, aber doch nicht ganz und gar „unmenschlich“. Rund und roh gerechnet entspricht sie der körperlichen Monatsleistung eines guten Schwerarbeiters.

$6\frac{1}{2}$ Millionen Meterkilogramm sind, in Wärmeenergie umgerechnet, 15 000 Kalorien. Welcher Treibstoff wäre imstande, solche Energiemengen abzugeben? Benzin enthält immerhin schon 11 000 Kalorien; der energiereichste Treibstoff, den wir überhaupt kennen, ist das Wasserstoffgas mit 34 000 Kalorien pro Kilogramm. Aber der für die Verbrennung nötige Sauerstoff steht ja im Weltenraum nicht zur Verfügung und muß in irgend einer Form (verflüssigt oder in einer sauerstoffreichen chemischen Verbindung) ebenfalls von der Erde aus mitgenommen werden. Rechnet man die Energiewerte auf das brennbare Gemisch mit Sauerstoff um, so ergeben sich Zahlen von 1600 Kalorien (Schießpulver), 2340 Kalorien (Alkohol) bis 3800 Kalorien (Knallgas) pro Kilogramm.

Diese Treibstoffe sind also sämtlich viel zu schwach. Sie könnten nicht einmal sich selbst zum Monde bringen, geschweige denn ein ganzes Raumschiff. Das Energieproblem scheint unlösbar zu sein.

Diese naheliegende Folgerung ist aber ein Trugschluß. Theoretisch ist das Problem trotzdem lösbar, allerdings nur durch eine recht abenteuerliche Konstruktion. Und hier müssen wir etwas ausholen.

Für die Bewegung der Rakete ist naturgemäß die Auspuffgeschwindigkeit der Verbrennungsprodukte von ausschlaggebender Bedeutung.

Man hat bei der Verbrennung von Knallgas (Gemisch von Wasserstoff und Sauerstoff) Ausströmungsgeschwindigkeiten von 3800 bis 3900 Metern pro Sekunde gemessen. (Josef Stemmer, Solothurn, hat sogar 4100 Meter pro Sekunde erreicht). Durch Weiterentwicklung der Düsenformen und Ermittlung günstigster Gasmischungsverhältnisse kann man vielleicht dieses Ergebnis noch etwas verbessern; doch auch mit einer Geschwindigkeit von 5000 Metern pro Sekunde ist von der Erde nicht loszukommen, sondern bestenfalls eine Höhe von 1600 Kilometern zu erreichen. Nun liegt es aber in der Natur des Rückstoßprinzips, daß die Bewegungsgeschwindigkeit einer Rakete größer werden kann als die Auspuffgeschwindigkeit ihrer Betriebsstoffe. Denn der Rückdruck der aus der Düse auströmenden Verbrennungsgase muß ja immer eine Wirkung ausüben — gleichgültig, mit welcher Geschwindigkeit die Rakete selbst sich schon bewegt.

Je größer die Endgeschwindigkeit der Rakete werden soll, um so mehr Treibstoff erfordert natürlich jedes Kilogramm der Raketenmasse. Soll eine Endgeschwindigkeit erreicht werden, die derjenigen der Auspuffgase gleich ist, so muß für jedes Kilogramm Endgewicht eine Treibstoffmenge von 1,72 Kilogramm verbrannt und ausgestoßen werden. Jedes Kilogramm der Maschine ist also noch mit 1,72 Kilogramm an Energieträgern belastet, und die startbereite gefüllte Rakete wiegt 2,72 mal so viel wie die leere Rakete. Man nennt dieses Gewichtsverhältnis der gefüllten zur leeren Rakete das Massenverhältnis. Also:

$$\text{Massenverhältnis} = \frac{\text{Leergewicht plus Brennstoff}}{\text{Leergewicht}}$$

Dieses Massenverhältnis wächst naturgemäß mit den Anforderungen an Endgeschwindigkeit. Soll eine Geschwindigkeit vom Doppelten der Auspuffgeschwindigkeit erreicht werden, so muß das Massenverhältnis bereits 7,4 : 1 sein und man benötigt also 6,4 mal so viel Treibstoff, als die leere Rakete wiegt. Ein Tempo vom Dreifachen der Auspuffgeschwindigkeit erfordert ein Massenverhältnis von 20 : 1, das Vierfache 54 : 1 und so steigert sich das erschreckend schnell hinauf. Diese Zahlen treffen aber nicht etwa bloß für einen bestimmten Brennstoff zu, sondern sie gelten absolut; denn sie ergeben sich aus den physikalischen Gesetzen des Rückstoßes, also der Fortbewegung durch Massenabschleuderung.

Für physikalisch besonders interessierte Leser sei die sehr einfache Formel für die Ermittlung des Massenverhältnisses mitgeteilt. Sie

lautet: Massenverhältnis = e^n , wobei e die Basis der natürlichen Logarithmen (2,71828...) und n das Verhältnis von Raketengeschwindigkeit zu Auspuffgeschwindigkeit bedeuten. Die Formel ergibt folgende Zahlenpaare:

Geschwindigkeitsverhältnis Rakete: Auspuff	0,9	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0
Massenverhältnis Vollrakete : Leerrakete	2,4	2,72	3,3	4,5	7,4	12,2	20,1	54,6

Wir haben diese Zusammenhänge — selbst auf die Gefahr hin, viele Leser abzuschrecken, — so ausführlich wiedergegeben, weil die Massenverhältniszahlen die Grundlage jeder Raketentechnik darstellen. Zum Beispiel hat die deutsch-amerikanische Alkoholgroßrakete A 4 (von der wir noch in einem besonderen Kapitel berichten werden) ein Startgewicht von 13 Tonnen; davon entfallen 9 Tonnen auf die Treibstoffe und 4 Tonnen auf den Raketenkörper selbst. Das Massenverhältnis ist also 13 : 4 oder 3,3 : 1. Nach der oben stehenden Tabelle wäre bei einem Massenverhältnis von 3,3 eine Höchstgeschwindigkeit vom 1,2 fachen der Auspuffgeschwindigkeit zu erwarten. Diese betrug nach amerikanischen Angaben 2050 Meter in der Sekunde. Die Rakete müßte also theoretisch eine Endgeschwindigkeit von 1,2 mal 2050 = 2460 Metern pro Sekunde erreichen. Tatsächlich wurde in amerikanischen Zeitschriften eine Höchstgeschwindigkeit von 1700 Metern pro Sekunde gemeldet. Die Differenz ist auf die Hemmung durch Luftwiderstand und Schwerkraft, zum Teil auch auf die Ungenauigkeit der Meldungen zurückzuführen.

In den Zahlen unserer Tabelle liegt die Entscheidung über Möglichkeit oder Unmöglichkeit der Mondfahrt, und seit Jahrzehnten sind alle ernsthaften Diskussionen über das Problem des Weltraumfluges immer wieder bei den Massenverhältniszahlen angelangt. Soll eine Großrakete, deren Verbrennungsgase mit 4000 Metern pro Sekunde aus der Düse ausströmen, die Fluchtgeschwindigkeit der Erde von über 11 Kilometern pro Sekunde (das ist also fast die dreifache Auspuffgeschwindigkeit) erreichen, so ist ein Massenverhältnis von 20 : 1 erforderlich. Oder umgekehrt: gelingt es, eine Maschine zu bauen, welche rund zwanzigmal so viel Treibstoffe mitzuführen vermag, als sie selber wiegt, so ist damit, wenigstens grundsätzlich, die Energiefrage für den Vorstoß in den Weltenraum gelöst. Und zwar trotz des ungenügenden Energie-

gehalts der Treibstoffe, die ja statt der geforderten 15 000 Kalorien bestenfalls nur 3800 Kalorien pro Kilogramm enthalten.

Dieses scheinbare Paradoxon erklärt sich aus der Tatsache, daß ja die Treibstoffe während der Aufstiegsminuten völlig verbrennen, wobei sich die Gesamtmasse der Rakete so stark vermindert, daß nur mehr ein Zwanzigstel für die eigentliche Reise zum Mond übrig bleibt. Aber dieses Zwanzigstel macht neue Sorgen — zwar nicht mehr dem Physiker, wohl aber dem Konstrukteur. Man kann sich zwar einen dünnwandigen Eimer aus Aluminiumblech, der zwanzig mal so viel Wasser faßt als er selber wiegt, durchaus vorstellen; aber es ist immerhin schwierig, auf dieser Basis einen Schiffskörper zu konstruieren, der nicht schon beim Start explodiert, der auch für die Durchschlagung der Lufthülle fest genug ist, der außerdem einen erträglichen Aufenthalt für einige Menschen bietet und all die Maschinen, Instrumente und Vorräte enthält, die nun mal für eine wochenlange Reise durch die Öden des Weltenraums unerläßlich sind.

Aber selbst dann, wenn es gelänge, das Massenverhältnis von 20 : 1 tatsächlich einzuhalten, würde der Treibstoff ja nur für den Start von der Erde weg ausreichen. Die Weltraumfahrer wollen aber doch auch wieder zurückkehren und die Navigation, vor allem aber die Bremsung vor der Landung, erfordert weitere beträchtliche Treibstoffmengen, die auf der ganzen Reise mitgeschleppt werden müssen. Die Rakete muß also von vorneherein größer gebaut werden, damit sie auch den Treibstoff für die Landung aufnehmen kann; nun ist sie aber wieder zu schwer für den Aufstieg und es werden noch mehr Treibstoffe benötigt — und so steigert sich das hinauf ins fast Hoffnungslose: bis zu jener Bedingung, die eben bisher die Reise zum Mond verhindert hat. Die Rechnung ergibt nämlich für Start und Landung ein Massenverhältnis von wenigstens 30 : 1. Das heißt: von der Gesamtmasse der startbereiten Maschine kehrt nur ein Dreißigstel (also etwa 3 Prozent) wieder zur Erde zurück.

Die Rakete müßte also ein Behälter sein, der das Dreißigfache seines Eigengewichtes an Treibstoffen aufzunehmen vermag, und das kann nur ein sackähnliches Gebilde aus dünnster Metallhaut sein. Und wiederum triumphieren die Gegner des Projektes: es geht eben doch nicht!

Nun hat zwar noch niemand durch die Tat das Gegenteil bewiesen; aber eine einfache theoretische Überlegung könnte — vielleicht — doch auch über die Klippe des „Sackes“ hinweghelfen.

Das hoffnungslose Massenverhältnis beruht nämlich zum großen Teil auf dem Zwang, stets den g a n z e n Raketenkörper mitzuschleppen — auch dann, wenn die ihn füllenden Treibstoffe verbraucht sind. Könnte man im gleichen Maße, wie die Treibstofflast sich vermindert, auch die damit überflüssig gewordenen Behälter und Wandungen abwerfen, so würde sich das Massenverhältnis wesentlich verbessern. Aber solche Konstruktionen würden zu unzumutbaren, die Leistung herabsetzenden Schiffsförmern föhren. So bleibt also für die Erreichung sehr hoher Endgeschwindigkeiten nur die eine Möglichkeit, von einer großen Rakete eine kleinere mit emportragen zu lassen, die erst dann

zündet und sich löst, wenn die untere Rakete ihre Treibstoffe verbraucht hat.

Das ist der Weisheit letzter Schluß und die Konstruktionsvorschläge der Theoretiker beruhen fast alle auf dem Gedanken, mehrere Raketen ineinander zu schachteln. Eine sehr große Rakete föhrt eine kleinere als Nutzlast mit, diese eine noch kleinere und so weiter. So

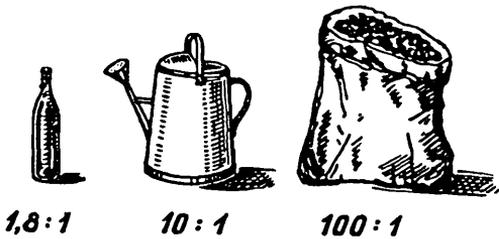


Abb. 19:

Beispiele für das Massenverhältnis von Behältern. Massenverhältnis ist das Gewichtsverhältnis des gefüllten zum leeren Behälter.

bald eine Teilrakete ausgebrannt ist, fällt sie als nutzlos gewordener Ballast ab, die nächste Rakete beginnt zu arbeiten und steigert die Geschwindigkeit weiter hinauf, bis auch sie am Ende ihrer Kräfte angelangt ist. Auf diese Weise könnte die letzte kleinste Rakete sehr wohl jene Geschwindigkeit von 11,2 Kilometern pro Sekunde erreichen, die nun mal Voraussetzung ist für eine Ablösung von der Erde.

Freilich ist auch diese Konstruktion reichlich verwickelt. Jede untere Rakete muß größer sein als alle anderen über ihr zusammengenommen, und so kommt ein Raumschiff zustande, das am Start monströse Dimensionen besitzen muß, wenn die letzte Kleinrakete, die schließlich in den Weltenraum hinausfliegt, noch Raum für Menschen bieten soll.

Professor Hermann Oberth, der sich schon in den zwanziger Jahren sehr ernsthaft mit dem Problem der Weltraumfahrt befaßte, hat damals zu beweisen versucht, daß mit einer Dreifachrakete die Fluchtgeschwindigkeit mit Sicherheit zu erreichen sei, — vielleicht sogar schon mit einer großen Zweifachrakete, deren oberer Teil mit dem energie-

reichsten Treibstoff (Knallgas) und deren unterer Teil mit dem schwereren und daher für die Durchbrechung der Luft günstigeren Alkohol gefüllt ist. Die untere Alkoholrakete dient also als Schubrakete, von der das eigentliche Weltraumschiff wegstartet, wenn bereits einige Sekundenkilometer an Geschwindigkeit erreicht sind und die Lufthülle der Erde längst überwunden ist.

Mit einer solchen Maschine, so glaubten die Freunde und Verfechter der Weltraumfahrt felsenfest, müsse es möglich sein, das Schwerefeld der Erde zu überwinden, obwohl alle verwendbaren Treibstoffe der Theorie nach zu schwach sind, um nur sich selbst zum Mond zu befördern.

Ob der Optimismus der Raketenmänner von 1925 berechtigt war oder nicht, das wird sich wahrscheinlich nie erweisen. Denn mittlerweile ist ja eine neue Zeit mit neuen Möglichkeiten heraufgedämmert. Die Nutzbarmachung der Atomenergie könnte in der Tat alle grundsätzlichen Schwierigkeiten mit einem Schlag beseitigen und das verzweifelte Wagnis, mit unzulänglichen Energien in den Weltenraum hinauszudringen, überhaupt überflüssig machen.

Die beim Kernzerfall aus dem Atom frei werdende Energie ist so groß, daß ein einziges Gramm eines atomaren Kraftstoffes dem Heizwert von 2000

bis 2500 Litern Benzin entspricht. Mit der Energie von einem Kilogramm Atomkraftstoff (man kennt bis jetzt zwei: Uran 235 und Plutonium) wäre es möglich, eine Last von 1000 Tonnen (das sind 65 Bahnwagenladungen) zum Monde emporzuheben, und damit wären alle Energiesorgen der künftigen Weltraumfahrer beseitigt. Die für die Mondreise benötigte Treibstoffmenge hätte in einem Maßkrug Platz

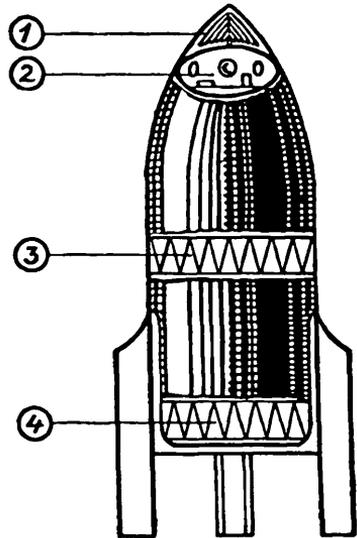


Abb. 20:

Ein Plan vom Jahre 1923: Bemannte Zweifach-Rakete von Oberth. Der untere Teil ist eine Alkoholrakete, die nach Aufbrauch ihrer Treibstoffe abgeworfen wird. Der obere Teil ist eine Knallgas-Rakete, welche die Beobachterkammer in den Weltraum hinausträgt. 1 = Fallschirm; 2 = Beobachterkammer; 3 = Düsen der Knallgasrakete; 4 = Düsen der Alkohol-Schubrakete.

und der Konstrukteur des Weltraumschiffes brauchte auf die leidige Energiefrage kaum mehr Rücksicht zu nehmen.

Allerdings bleiben auch beim Betrieb mit Atomenergie noch genug Fragen offen. Es ist nicht wahrscheinlich, daß es in abzusehenden Zeiten gelingen könnte, die Entwicklung der Atomenergie so fein regulierbar zu machen, wie es ihre Verwertung in einem Motor nun mal erfordert. Der „Gashebel“, dem die Atomreaktionen so gehorsam folgen wie die Benzinexplosionen im Automobilmotor, ist vorläufig noch ein Wunschtraum. Aber es ist möglich, daß es gelingt, die Ladung der Rakete mit Atomenergie genau zu dosieren, — etwa in der Weise, daß eine bestimmte Menge Atomkraftstoff ihre gesamte Energie innerhalb einer vorbestimmbaren Zeit nach Auslösung der Reaktion abgibt. Wenn dann der Ablauf dieser Reaktion auch nicht weiter beeinflußt werden kann, so wäre es doch denkbar, die Energieabgabe von vornherein so zu bemessen, daß sie gerade eben genügt, um der Rakete die erforderliche Fluchtgeschwindigkeit zu erteilen. Damit wäre sehr viel, ja sogar alles gewonnen. Denn die Hauptarbeit, also die Erzeugung der Startgeschwindigkeit und die Bremsung des Absturzes bei der Landung, wird von den dafür genau bemessenen „Atomenergiepatronen“ besorgt und für die übrige Navigation, die ja im Verhältnis dazu nur ganz unbedeutende Energiemengen erfordert, könnte der „altmodische“, aber regulierbare Antrieb mit Knallgas oder Alkohol beibehalten werden. Die Vereinigung der ungeheuren, aber unbändigen Energie der Atome mit den zwar schwachen, aber bequem zu handhabenden chemischen Treibstoffen — das kann die ideale Lösung des Energieproblems für die Weltraumfahrt bedeuten.

Vielleicht sogar schon bald! Denn das Prinzip des Raketenantriebs würde sich ja durch die Anwendung der Atomenergie nicht grundsätzlich ändern. Die Fortbewegung der Rakete beruht darauf, daß sie einen Strom von kleinen Massenteilchen mit möglichst großer Geschwindigkeit nach hinten (beim Aufstieg also nach unten) ausstößt. Auch bei Atomzerfall werden Massenteilchen ausgestoßen: Atomkerne, Neutronen, Elektronen. Diese „Atomtrümmer“ sind zwar viel kleiner als die Moleküle der Verbrennungsgase bei chemischen Treibstoffen; aber dafür haben sie eine Abstrahlungsgeschwindigkeit von Zehntausenden von Kilometern in der Sekunde — gegenüber höchstens 4 bis 5 Kilometern bei Knallgas. Die ungeheure Bewegungsenergie der abgeschleuderten Atombestandteilchen ist es ja, was wir Atomenergie nennen.

Für die Anwendung von Atomkraftstoffen in Raketen wäre allerdings Voraussetzung, daß es gelingt, die Bewegung der nach allen Seiten auseinanderrasenden Atomteilchen so zu beeinflussen, daß sie die Rakete nicht durch die Wandungen des Verbrennungsraumes hindurch sondern durch die Düsenöffnung in einer Richtung verlassen. Zunächst könnte aber auch der früher gangbare Weg gewählt werden, den Atomzerfall nicht unmittelbar für den Antrieb, sondern zur Erzeugung sehr hoher Hitzegrade zu verwenden, die den Strom der auspuffenden chemischen Treibstoffe besonders energiereich machen. Über diese Probleme der Atomrakete ist in der Öffentlichkeit noch nicht diskutiert worden; aber zweifellos wird eine Ausnützung der Atomenergie für die motorische Fortbewegung — wenn überhaupt — in Raketen eher erfolgen als in rotierenden Motoren.

Sie b e n t e s K a p i t e l

Von der Navigation im Nichts

Ein wichtiges Problem von grundsätzlicher Bedeutung ist die Frage: wie kann verhindert werden, daß sich die Rakete unter dem Druck der von hinten angreifenden Schubkräfte überschlägt?

Bei den üblichen Feuerwerksraketen wird das Problem auf eine ebenso einfache wie zuverlässige Weise gelöst. Man bindet an die Rakete einen langen leichten Stab. Dadurch rückt der Widerstandsmittelpunkt (das ist der Punkt, in dem man sich die dem Flug sich entgegenstimmenden Kräfte des Luftwiderstandes vereinigt denkt) so weit nach unten, daß er unter den Schwerpunkt zu liegen kommt. Durch das Abbrennen des Treibsatzes rückt zwar der Gesamtschwerpunkt der Rakete etwas auf und ab (zuerst nach oben, dann wieder nach unten); aber solange er nicht den Widerstandsmittelpunkt erreicht, bleibt die Stabrakete kopflastig und sie kann nicht kippen.

Dieses primitive System ist für Großraketen nicht anwendbar. Der mächtige Stab wäre ein beträchtlicher toter Ballast; er würde das Massenverhältnis und die Flugeigenschaften der Rakete sehr ungünstig beeinflussen und die Geschwindigkeit stark herabsetzen. Man muß also die Stabilisierung durch entsprechend dimensionierte starre Schwanzflossen herbeiführen (die natürlich nur während des Fluges durch Luft von nennenswerter Dichte wirksam sind). Allerdings schützen solche Stabilisierungsflächen die Rakete nur vor dem Schlingern und Kippen. Sie verbürgen den stabilen Flug, bieten aber keine Gewähr für die Einhaltung einer bestimmten Flugbahn. Gerade bei der Rakete ist nämlich die Gefahr des Abirrens vom Ziel besonders groß. Ein aus einem Gewehr oder Geschütz abgefeuertes Geschöß erreicht seine Höchstgeschwindigkeit kurz nach dem Verlassen des Laufes; bis dahin ist es streng in der gewünschten Bahn geführt worden. Die Rakete hingegen bewegt sich von Anfang an frei. Der Rückstoß wirkt in der Richtung

der Achse und Bahnfehler können daher im Laufe der Brennzeit bedeutend anwachsen. Wenn die Rakete also ihre Bahn genau einhalten soll, so hilft nur eines: sie muß gleich einem Schiff oder Flugzeug künstlich gesteuert werden. Die Stabilisierungsflossen müssen daher in schwenkbare Ruderansätze auslaufen.

Der „Steermann“, der diese Schwenkruder bedient, ist ein Kompaßkreisel. Bekanntlich setzt ein rotierender Kreisel jedem Versuch, die Lage seiner Drehachse zu verändern, einen erstaunlich kräftigen Widerstand entgegen. Durch den Einbau großer schnell laufender Kreisel kann man sogar riesige Fahrgastschiffe in hohem Seegang „gerade halten“ und ihr Stampfen und Schlingern stark abdämpfen. Längst schon gibt es Luxusdampfer ohne Seekrankheit, und ihr Geheimnis heißt Kreiselstabilisierung.

Der verhältnismäßig kleine Steuerkreisel in der Rakete führt die Steuerung indirekt herbei. Man benützt ihn als Relais und überträgt eventuelle Änderungen in der Lage seiner Drehachse durch elektrische Ströme auf die Geräte, die die Ruder bewegen. Ändert nun die Rakete ihre Richtung, so macht der Kreisel diese Bewegung nicht mit; seine Achse dreht sich zur Raketenachse. Dadurch wird ein elektrischer Strom ausgelöst, der die Steuergeräte beeinflusst und so die Rakete wieder in die Fahrtrichtung zurückzwingt. Auf diese Weise sind auch die Kriegeraketen in die Zielrichtung gelenkt worden.

Auch das künftige Weltraumschiff wird mit mehreren Kreisel-systemen ausgerüstet sein, die nicht bloß die Stabilisierung und Steuerung während des Aufstiegs in der Luft sichern sollen, sondern auch noch bei einer anderen Aufgabe mitzuwirken haben: bei der Navigation im leeren Raum.

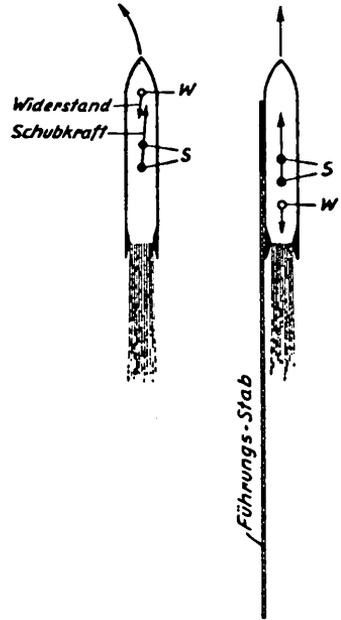


Abb. 21:
Die Stabilisierung einer Feuerwerksrakete wird erreicht durch Mitführung eines langen leichten Stabes, der den Luftwiderstands-Mittelpunkt unter den Schwerpunkt verlegt. Dadurch wird das System kopflastig und es kann sich nicht überschlagen. W = Widerstandsmittelpunkt; S = Schwerpunkt, der während des AbbreNNens in gewissen Grenzen wandert.

Der Weg, den eine Rakete durch den Weltenraum nimmt, wird zwar bestimmt durch die Gesetze der Gravitation. Ist beim Start von der Erde weg die Endgeschwindigkeit der Rakete nach Größe und Richtung bekannt, so läßt sich ihre weitere Bewegungsbahn durch den Raum

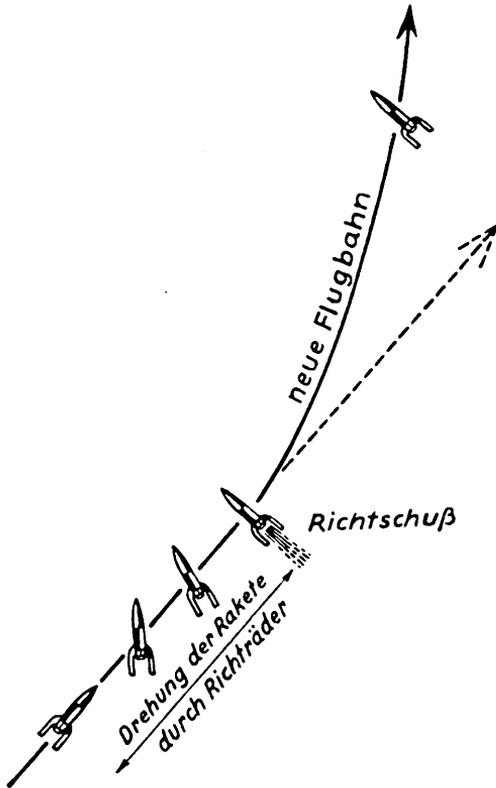


Abb. 22:
Steuerung im leeren Weltenraum. Die Flugbahn wird durch Richtschüsse verändert.

ebenso genau vorausberechnen wie die Bahnen der Monde und Planeten. Dennoch aber kann bei bemannten Raketen die Notwendigkeit eintreten, während des Raumfluges, besonders bei der Annäherung an einen anderen Himmelskörper, Bahnkorrekturen vorzunehmen. Das Fahrzeug muß also auf jeden Fall steuerbar sein.

Die einzige Möglichkeit, im leeren Raume eine Änderung der Flugrichtung herbeizuführen, ist der Rückstoß. Wird eine kurz dauernde Düsenentladung (Richtschuß) nach rechts abgegeben, so tritt eine Ablenkung der Flugbahn nach links ein. Um aber solche Richtschüsse abgeben zu können, muß es möglich sein, das ganze Raumschiff zu schwenken und so die Antriebsdüse als Steuerdüse zu verwenden.

Die Schwenkung des Schiffskörpers kann durch rotierende Schwungräder (Richträder) herbeigeführt werden. Nach dem Gesetz von Wirkung und Gegenwirkung (Actio und Reactio) führt der Schiffskörper, solange ein Rad von genügender Masse in seinem Inneren läuft, eine langsamere Rotation im entgegengesetzten Drehsinn aus.

Durch Anordnung von dreien solcher Richträder, deren Achsen entsprechend den drei Koordinaten des Raumes aufeinander senkrecht stehen, wird es möglich, dem Schiff jede beliebige Lage im Raume zu geben. Beim antriebslosen Flug durch die Leere braucht ja die Längsachse der Rakete nicht mehr mit der Flugrichtung übereinzustimmen und es ist ganz gleichgültig, ob die Rakete mit der Spitze oder der Flanke oder dem Heck voraus durch den Weltenraum fliegt.

Solche Drehmanöver sind allerdings ziemlich zeitraubend. Denn die Rotationsgeschwindigkeiten von Kreisel und Schiffskörper verhalten sich umgekehrt wie ihre Massen. Die Schwenkungen werden also nur sehr langsam vor sich gehen. Soll eine vollständige Umdrehung innerhalb einer Minute beendet sein, so muß das Richtrad eine so viel höhere Tourenzahl laufen, als seine Masse kleiner ist als die des ganzen Schiffes. Man könnte eine Drehung auch ohne Maschinen dadurch herbeiführen, daß sämtliche Insassen des Raumschiffes eine gewisse Zeit lang dauernd in der gleichen Richtung an der Innenwand der Beobachterkabine im Kreise herumkriechen. Die gewollte Wirkung würde auch auf diese primitive Weise zu erreichen sein; aber es würde noch länger dauern als mit Hilfe der Schwungräder.

Die Lage der Raketenachse ist aber auch auf schneller wirkende Art beeinflussbar. Man kann kleine Nebendüsen anbringen, die bei einseitigem Abblasen Drehmomente erzeugen; man kann aber auch richtige Stellruder verwenden, die freilich nicht auf die (nicht vorhandene) Luft wirken, sondern auf die Auspuffgase. Die Steuerflächen müssen an dem Strom der aus der Düse austretenden Verbrennungsgase so anliegen, daß zwischen Stellruder und Gasstrom eine gegenseitige Druckwirkung entstehen kann.*) Natürlich müssen diese Strahlruder, die ja in den heißen Flammenstrahl hineinragen, aus

*) Steuerkreisel und Strahlruder haben auch noch eine weitere wichtige Aufgabe. Wenn eine Rakete noch in der Luft Überschallgeschwindigkeit erreichen soll, so muß sie einmal einen Augenblick lang mit Schallgeschwindigkeit fahren. Das dauert zwar kaum eine Sekunde, dann ist dieser gefährliche Geschwindigkeitsbereich überschritten, und Flossen und Ruder tun wieder ihre Schuldigkeit. Beim Fahren mit Schallgeschwindigkeit aber versagen sie (es würde hier zu weit führen, diese Erscheinung zu begründen); das Geschöß beginnt zu taumeln, Ruder und (bei Flugzeugen) Tragflächen brechen ab, und bis 1942 war es nicht möglich, irgend einen Apparat bei freiem Flug über die Schallgeschwindigkeit hinwegzubringen.

Nun strömt aber der Gasstrahl der Raketen bereits mit Überschallgeschwindigkeit aus der Düse aus. Die am Gasstrahl anliegenden Strahlruder bleiben daher während der gesamten Brennzeit wirksam und können im Verein mit dem Steuerkreisel dazu dienen, die Rakete auch während des Überschreitens der Schallgeschwindigkeit zu stabilisieren. Hauptsächlich aus diesem Grunde hat man auch bei den Ionosphären- und Kriegsraketen Strahlruder eingebaut.

einem hitzebeständigen Material bestehen (bisher verwendete man feuerfesten Graphit).

Es ist also auch im leeren Raume möglich, eine einfach und bequem zu handhabende Rudersteuerung anzuwenden, aber eben nur dann, wenn die Düse arbeitet. Und das ist, sobald die Rakete in den Aufstiegsminuten die Fluchtgeschwindigkeit erreicht hat, nur mehr ausnahmsweise der Fall. Der weitaus größte Teil der Reise zum Mond wird mit schweigenden Düsen in freier Gravitationsbahn zurückgelegt.

Die wichtigste und schwierigste Frage der Welt- raumschiffahrt ist die nach der Möglichkeit der Landung bei der Rückkehr zur Erde. Die kosmische Geschwindigkeit, mit der das Raumschiff unter der Anziehung unseres Planeten zur Erde zurückfällt, muß rechtzeitig abgebremst werden. Dafür gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten: die Bremswirkung der Lufthülle und die Düsentätigkeit gegen die Fahrtrichtung.

Die Bremswirkung der Luft würde bei einem senkrechten Einsturz natürlich nicht ausreichen; die Bremsstrecke wäre viel zu kurz und dem Raumschiff würde es dabei wohl nicht viel besser ergehen als den auf die Erde fallenden Meteoro-

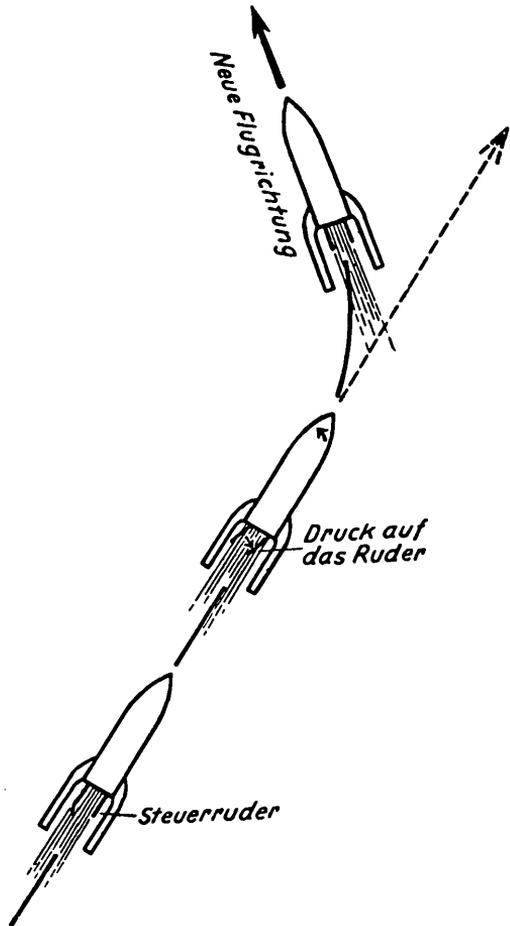
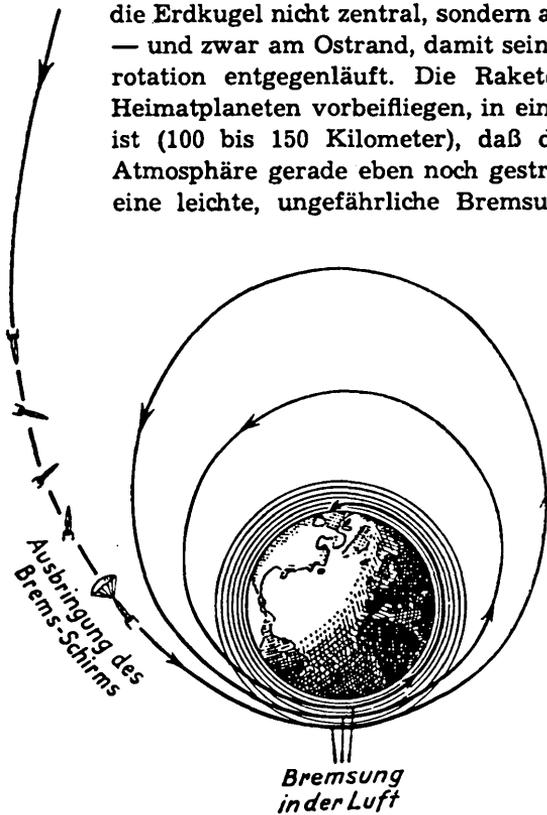


Abb. 23:
Eine andere Art der Steuerung im leeren Raum. Die Richtungsänderung wird herbeigeführt durch Steuerruder, die am Düsengasstrom anliegen.

ren, die zumeist in der Reibungshitze des Luftwiderstandes verglühen und überhaupt nur in ganz seltenen Ausnahmefällen den Erdboden erreichen. Das Raumschiff muß daher bei der Annäherung an die Erde seine Bewegungsbahn durch Richtschüsse so beeinflussen, daß die Erdkugel nicht zentral, sondern am Rande angesteuert wird — und zwar am Ostrand, damit seine Bewegung nicht der Erdrotation entgegenläuft. Die Rakete soll zunächst dicht am Heimatplaneten vorbeifliegen, in einem Abstand, der so gering ist (100 bis 150 Kilometer), daß die dünnen Ausläufer der Atmosphäre gerade eben noch gestreift werden. Dadurch tritt eine leichte, ungefährliche Bremsung ein und die Flugbahn



geht in eine geschlossene Ellipse über, die freilich wieder ein gutes Stück von der Erde wegführt. Aber nach dem Durchlaufen dieser Ellipse, was kaum mehr als zwei Stunden erfordert, erfolgt die zweite Annäherung an derselben Stelle wie vorher. Die Folge ist eine neue, engere Bahnellipse. Bei der dritten Annäherung wird die Bremsung wahrscheinlich schon zur Kreisbahn führen, und nun bleibt das Raumschiff in der Erdenluft — in einer Höhe, in der ihm der Widerstand des hier überaus dünnen Gases nicht gefährlich werden kann.

Abb. 24:
Die Rückkehr eines Raumschiffes zur Erde. Die Geschwindigkeit wird durch mehrfaches kurzdauerndes Eintauchen in die Ausläufer der Erdatmosphäre in einigen Umläufen gebremst. Die Flugbahn wird zur Spirale.

Aber der schwache Widerstand macht sich doch durch allmähliche Auf-

zehrung der Fluggeschwindigkeit sehr nützlich, und in demselben Maße, in dem die Geschwindigkeit abnimmt, kann vorsichtig in tiefere und dichtere Luftschichten eingetaucht werden. Hier setzt sich die

Abbremsung verstärkt fort und so wird nach und nach eine Geschwindigkeit erreicht, welche es gestattet, die bisher eingezogenen Tragflächen auszustellen und im Gleitflug zur Landung anzusetzen.

Es ist möglich, daß bei diesen Manövern die Bremswirkung der Luft noch durch „Gegengas“ unterstützt werden muß, also durch Düsenwirkung gegen die Flugrichtung. Man wird auf jeden Fall beim Eintauchen in die Atmosphäre darauf bedacht sein, die Düse genau

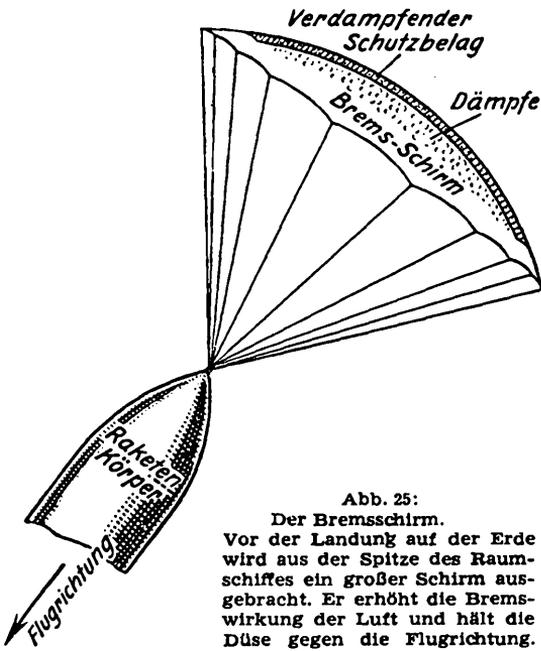


Abb. 25:
Der Bremschirm.
Vor der Landung auf der Erde wird aus der Spitze des Raumschiffes ein großer Schirm ausgebracht. Er erhöht die Bremswirkung der Luft und hält die Düse gegen die Flugrichtung.

gegen die Fahrtrichtung gekehrt zu halten, und das besorgt am zuverlässigsten ein großer Fallschirm (man nennt ihn hier freilich besser „Bremschirm“), der aus der Spitze des Raumschiffes ausgelassen wird. Er hält die Raketenachse mit Sicherheit in der Flugbahn fest und wirkt außerdem auch noch kräftig bei der Bremsung mit.

Die Konstruktion eines solchen Schirmes ist allerdings ein Problem für sich. Er hat nicht nur eine starke Druckbeanspruchung, sondern auch erhebliche Reibungs-Temperaturen auszuhalten. Es empfiehlt

sich, als Material einen Stoff zu verwenden, der weniger leicht brennbar ist als die übliche Fallschirmseide. Bei den amerikanischen Versuchen mit großen Registrierraketen hat sich für die Fallschirme, die Teile der Rakete zu Boden bringen, ein unentflammbares Gewebe aus Asbest und gesponnenem Glas bewährt. Professor Oberth schlägt vor, die Bremschirme der künftigen Raumschiffe an der Innenseite mit einer Schicht aus einer Substanz auszukleiden, die bei Erhitzung große Mengen von Gasen erzeugt. Dadurch entsteht im Schirm ein Gaspolster, das den Anprall der Luftmoleküle, also die Reibungshitze, aufnimmt und so den Schirm selbst vor übermäßiger Erhitzung bewahrt.

Jedenfalls: die gesamten Landemanöver eines etwa vom Mond zurückkehrenden Raumschiffes erfordern größte Umsicht und kaltes Blut; denn gerät das Schiff zu früh in dichte Luft, so würde die Bremsung zu heftig und der dadurch hervorgerufene starke Andruck könnte für die Insassen gefährlich werden. Solange hier noch keine praktischen Erfahrungen vorliegen, wird das Gelingen der Landung zum großen Teil Glückssache sein. Aber so gering auch bei der allerersten gefahrvollen Erkundungsfahrt die Chance einer glücklichen Heimkehr sein mag, es werden sich ohne Zweifel mehr als genug Leute aus allen Ländern der Erde bereit finden, das Abenteuer mitzumachen und ihr Leben dabei aufs Spiel zu setzen. Und ein solches Opfer wäre in der Tat sinnvoller als die auf den Schlachtfeldern der Weltkriege.

Vielleicht aber kommt einmal eine Zeit, in der unsere Nachkommen sich als Vergnügungsreisende ebenso bedenkenlos in den Raketenexpress des Weltenraumes setzen werden wie wir in die Flugzeuge und Luftschiffe des irdischen Luftverkehrs. Man wird sich dann nicht allein auf die Fahrt zum Mond beschränken, sondern auch unseren Nachbarplaneten Mars und Venus Besuche abstatten. Solche interplanetarische Reisen werden zwar wesentlich länger dauern als der Ausflug zum nahen Mond, der sich mit Hinfahrt, Mondumkreisung und Rückfahrt bequem in zwei Wochen erledigen läßt, — aber viel schwieriger werden sie auch nicht sein. Es liegen längst schon sehr genaue Berechnungen (hauptsächlich von Walter Hohmann) vor über die Routen, die ein Raumschiff fahren muß, um zu anderen Planeten zu gelangen, sie zur genauen Beobachtung zu umrunden und dann wieder zur Erde zurückzukehren. Diese Berechnungen, die fast schon so etwas wie ein ‚Planeten-Kursbuch‘ darstellen, beruhen auf folgender Überlegung:

Der Planet Erde legt auf seinem fast kreisförmigen Lauf um die Sonne 30 Kilometer in der Sekunde zurück. Würde sich die Erde plötzlich schneller bewegen, so würde sie in eine neue elliptische Bahn gedrängt, die sich zur Marsbahn hinaus ausweitet. Lief sie aber plötzlich langsamer, so entstünde eine Ellipse, die sie nach innen zu in die Gegend der Venusbahn führte. Eine Großrakete, die infolge ihrer Geschwindigkeit das Schwerefeld der Erde überwindet, ist in dieser Lage. Je nachdem, ob ihre Eigenbewegung sich zu derjenigen der Erde addiert oder von ihr subtrahiert, wird sie in unserem Planetensystem nach außen (von der Sonne weg) oder nach innen (zur Sonne hin) von der Erdbahn abgedrängt. Sie kann also in einer

Halbellipse die Marsbahn oder die Venusbahn erreichen. Man muß nur durch entsprechende Wahl des Startzeitpunktes dafür sorgen, daß der zu besuchende Planet im Augenblick der Ankunft des irdischen Raumschiffes am richtigen Punkt seiner Bahn stehen wird. In einer zweiten Halbellipse kommt das Raumschiff dann wieder zur Erde zurück. Auf der ganzen Reise werden nur für Abfahrt und Landung wesentliche Treibstoffmengen verbraucht; alles andere vollbringen die Kräfte der Gravitation — ohne jede weitere Nachhilfe als die von gelegentlichen Richtschüssen zur Korrektur der Flugbahn.

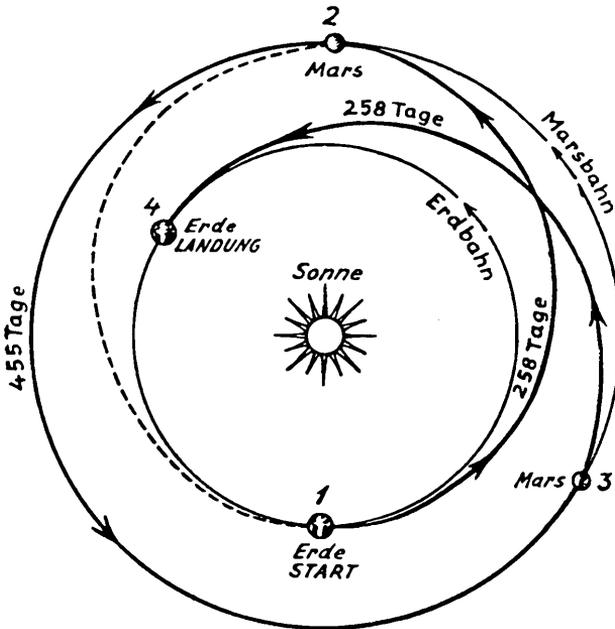


Abb. 26:

Der Reiseweg zum Nachbarplaneten Mars.

1—2: Halbellipse von der Erdbahn zur Marsbahn. (Die Vollendung der Ellipse würde zwar zum Ausgangspunkt zurückführen; aber die Erde stünde längst nicht mehr an diesem Punkt.)

2—3: Das Raumschiff begleitet den Mars als kleiner, ihn ständig umkreisender Mond, bis eine für die Rückkehr mögliche Konstellation von Mars und Erde eintritt.

3—4: Halbellipse von der Marsbahn zurück zur Erdbahn. (Jetzt wird die Erde im rechten Augenblick im Punkt 4 stehen.) Gesamtreisedauer: 971 Tage. In dieser Zeit hat die Erde $2\frac{1}{2}$ Umläufe um die Sonne ausgeführt.

lationen abwarten, in die unsere Bahnellipsen hineinpassen. Man kann von einem Marsbesuch nicht sofort zurückkehren, (denn dann wäre die Erde längst nicht mehr am Ort des Reisebeginns), sondern man muß den erreichten Planeten lange Zeit als Mond begleiten, bis sich eine günstige Möglichkeit für die Rückreise zur Erde bietet. Dadurch ergeben sich nach Walter Hohmann folgende Reisezeiten:

stehen wird. In einer zweiten Halbellipse kommt das Raumschiff dann wieder zur Erde zurück. Auf der ganzen Reise werden nur für Abfahrt und Landung wesentliche Treibstoffmengen verbraucht; alles andere vollbringen die Kräfte der Gravitation — ohne jede weitere Nachhilfe als die von gelegentlichen Richtschüssen zur Korrektur der Flugbahn.

Leider aber stehen die Planeten nicht still; man kann sie daher nicht besuchen und wieder verlassen, wie einem das gerade gefällt, sondern man muß diejenigen Konstel-

Zur Venus: 146 Tage Hinfahrt + 470 Tage Wartezeit +
146 Tage Rückfahrt = insgesamt 762 Tage.

Zum Mars: 258 Tage Hinfahrt + 455 Tage Wartezeit +
258 Tage Rückfahrt = insgesamt 971 Tage.

Das sind immerhin zwei bis drei Jahre, die eine solche Reise in Anspruch nimmt, und für einen Besuch beim Planetenriesen Jupiter ergibt sich sogar eine Fahrzeit von insgesamt sechs Jahren. Diese Zeiten ließen sich stark verkürzen, wenn man Bahnellipsen wählen könnte, die sich an die Planetenbahnen nicht anschmiegen, sondern diese schneiden. Dann aber müßte beim Eintreffen in der Nähe des Zieles stark gebremst werden, und gerade das will und muß man ja mit Rücksicht auf die mitführbaren Treibstoffmengen unbedingt vermeiden.

An solche abgekürzte Reisewege wäre erst dann zu denken, wenn den Raketen einmal ergiebigere Energiequellen zur Verfügung ständen. Hermann Oberth denkt an eine Beschleunigung der auspuffenden Düsengase durch elektrische Abstoßungskräfte und er hält es für möglich, die dafür erforderliche elektrische Energie während des Raumfluges in ausreichendem Maße aus der Sonnenstrahlung (z. B. durch große Thermosäulen) zu gewinnen. Und wenn gar einmal die Atomkraftstoffe mit ihrem fast unbegrenzten Energiegehalt für Raketen verwendbar sein werden, dann lassen sich vielleicht auch Fahrgeschwindigkeiten erzielen, die weit über das notwendige Mindestmaß hinausgehen und es erlauben, auch an die Grenzen unseres Sonnenreiches heranzukommen. Es hätte Stil, wenn eine Plutonium-Rakete ihrem Namensvetter Pluto, dem äußersten Planeten der Sonne, einen Besuch abstatten würde.

Eine Fahrt zu anderen Sonnensystemen wird freilich auch dann undenkbar bleiben, wenn es einmal gelingen sollte, Atomraketen mit der Geschwindigkeit ihrer atomaren Strahlen-Emission durch den Raum zu jagen. Selbst bei dem unvorstellbaren Flugtempo von 20 000 Kilometern in der Sekunde (das heißt in 19 Sekunden zum Mond!) würde die Hin- und Rückreise zum allernächsten Fixstern-Nachbarn unserer Sonne, dem Stern Toliman (Alpha im Sternbild des Zentauren), volle 130 Jahre erfordern, und die doppelte Zeit wäre notwendig, um zum Sirius, dem hellsten Fixstern unseres Nachthimmels, zu gelangen. Für solche Reisen kämen also nur kinderfreudige Ehepaare in Betracht, deren Nachkommen die Expedition zu Ende führen, und bei der Landung auf der Erde würden aus dem Raumschiff Menschen aussteigen,

die während der Rückfahrt geboren wurden und weder einen Planeten einer Nachbarsonne noch den Planeten Erde jemals betreten haben.

Möglicherweise aber läuft die Zeit bei solchen interstellaren Ultrarapidreisen anders ab als bei uns (besonders, wenn Geschwindigkeiten erreicht werden können, die an die des Lichtes herankommen,) und alle Mitglieder der Fixstern-Expedition kehren von ihrem „Ausflug“ gesund und rüstig zurück; sie wollen es dann vielleicht gar nicht recht glauben, daß auf Erden mittlerweile Jahrhunderte verflossen sind und daß es vergeblich wäre, nach Freunden und Verwandten von früher zu suchen.

Achtes Kapitel

Von den Gefahren im Weltenraum

Ohne Zweifel: die Weltraumfahrt birgt ernste Gefahren. Aber nur beim Start und im besonderen Maße bei der Landung — und auch hier nur in der Anfangszeit, solange eben noch keine ausreichenden Erfahrungen vorliegen. Während des Fluges durch die Leere des Raumes selbst aber werden die Passagiere weniger von Unheil bedroht sein als bei einer alltäglichen Reise im Auto, D-Zug oder Flugzeug.

Was kann im Weltenraum passieren? Es gibt keine Hindernisse und keinen Gegenverkehr, kein Wetter, keine Dunkelheit — das Raumschiff gehorcht den Gesetzen der Gravitation strenger als ein Flugzeug dem Kompaß und es bleibt in seinem Bahnweg zuverlässiger als ein D-Zug auf seinen Schienen.

Ja, aber die Meteore, die doch zuweilen in dichten Schwärmen den Weltenraum durchziehen! Nun — man kennt die Bewegungen und Gesetzmäßigkeiten dieser Schwärme recht genau und man kann ihre Bahnwege vermeiden. Überdies entsprechen diese „dichten“ Schwärme keineswegs unseren Vorstellungen von Dichte. Selbst bei den allerdichtesten der bisher beobachteten Sternschnuppenschwärme sind die einzelnen Körperchen immer noch über hundert Kilometer von einander entfernt, und größere Meteore, die dem Raumschiff etwas Ernstliches anhaben könnten, sind überhaupt so selten, daß die Wahrscheinlichkeit eines Zusammentreffens geringer ist als die eines Zusammenstoßes von zwei Luftschiffen, die sich allein im ganzen Luftraum der Erde befinden und nichts von einander wissen.

Also mit der Meteorogefahr ist es nicht weit her. Was bleibt dann noch? Der Hinweis auf das Fehlen von Atmungsluft im Weltenraum wäre naiv im Zeitalter der U-Boote und Stratosphärenballone. Die bewohnten Innenräume des Raumschiffes sind natürlich luftdicht geschlossene Druckkabinen, in denen durch Lufterzeuger ein gleichmäßi-

ger und normaler Luftdruck dauernd aufrecht erhalten wird. Und sollte wirklich einmal der ganz und gar unwahrscheinliche Fall eintreten, daß ein Meteorstein die Kabine durchschlägt, so müßte das für die Insassen noch keineswegs den Erstickungstod bedeuten. Zwar würde durch das Leck die Atmungsluft sehr schnell entweichen, aber noch schneller wäre der Schaden zu reparieren. Man braucht ja nur eine Gummiplatte auf das Leck zu legen; der innere Überdruck hält sie fest und das Leck ist mit Sicherheit abgedichtet.

Bleibt noch die Kälte. Im Weltenraum, so wird oft behauptet, herrsche eine Temperatur von 273 Grad unter Null, also eine unvorstellbare Kälte, die alles Leben erstarren lasse. Diese Behauptung ist sinnlos. Ein leerer Raum hat überhaupt keine Temperatur; denn Wärme ist Bewegung der Moleküle, und wenn nichts vorhanden ist, das sich bewegen könnte, so gibt es auch keine Temperatur. Das Märchen von den 273 Graden unter Null (das ist der absolute Nullpunkt der Temperatur) beruht auf einer Gedankenlosigkeit. Ein Körper im Weltenraum nimmt diejenige Temperatur an, die sich als Ausgleich zwischen selbst erzeugter Wärme, Wärmeeinstrahlung von der Sonne und Wärmeausstrahlung in den Raum einstellt. Diese Ausgleichstemperatur kann allerdings fast bis zum absoluten Nullpunkt absinken, aber nur dann, wenn der Körper auf der Sonnenseite spiegelblank und auf der Schattenseite schwarz und rauh ist.

Es ist sehr wahrscheinlich, ja fast sicher, daß sich im Innern eines Raumschiffes, das doch ununterbrochen der vollen ungedämpften Sonnenstrahlung ausgesetzt ist, eher eine zu hohe, als eine zu niedrige Temperatur einstellt. Wir Lebewesen aus dem Bodensatz der dichten, abschirmenden Erdenluft können uns wohl kaum eine rechte Vorstellung davon machen, mit welcher Intensität die Sonne im leeren Raume zu strahlen pflegt. Nein, die Raumfahrer werden keine Heizsorgen haben; denn ihr Ofen, die Sonne, versagt nie. Freilich sind wir Menschen empfindlich gegen Temperaturschwankungen und der dauernd ertragbare Bereich von einigen Graden unter Null bis etwa 35 Grad über Null ist beängstigend klein. Es muß also im Raumschiff eine Möglichkeit geben, die Temperatur zu regulieren.

Eine solche Möglichkeit gibt es und sie ist sogar sehr einfach. Zum ersten Male wurde sie von Professor August Piccard (nach Vorschlägen von Oberth) bei seinem sensationellen Ballonaufstieg in die Stratosphäre am 27. Mai 1931 von Augsburg aus mit einem geradezu verblüffenden Erfolg angewendet. Die Oberfläche seiner Kugelgondel war

auf der einen Seite **rauh und schwarz gestrichen**, auf der anderen **weiß lackiert** und poliert. Durch einen kleinen Propeller konnte die Kugel um ihre senkrechte Achse gedreht werden. Zeigt die schwarze Seite zur Sonne, so dringt die Strahlungswärme ein und wird andererseits durch die im Schatten liegende helle Glanzschicht an der Wiederausstrahlung in den Raum gehindert. Ist aber die Glanzseite der Sonne zugewandt, so wird die Sonnenstrahlung zurückgeworfen, und in der Kugel bleibt es kühl.

Professor Piccard hatte beim Aufstieg in der Kühle des frühen Morgens die schwarze „Heizseite“ der Sonne zugekehrt. Die Temperatur in der Kugelgondel stieg schnell an und die beschienene Wand wurde brennend heiß. Piccard wollte daher die Kugel drehen, um sich etwas Abkühlung zu verschaffen; aber der Propellermotor versagte. Die schwarze Seite blieb weiterhin auf die Sonne gerichtet und die Hitze in der Gondel wurde unerträglich. Das Thermometer zeigte 39 Grad Wärme (bei

einer Außentemperatur von 55 Grad unter Null). Da auch die Ventilleine gerissen war, konnte Piccard den Ballon nicht zum Sinken bringen. Erst als die Sonne selbst soweit vorgerückt war, daß ihre Strahlen die schwarze Kugelseite nur mehr schräg von der Seite trafen, trat eine Linderung der Hitze ein. Bei Sonnenuntergang sank der Ballon durch die Abkühlung von selbst; es gab eine dramatische, aber doch noch glückliche Landung in der Gipfelwelt der Öztaler Alpen.

Das Prinzip des Schwarz-Weiß-Anstriches wird auch in den künftigen Weltraumschiffen eine erträgliche und regulierbare Temperatur verbürgen. Voraussetzung aber ist, daß dem Schiff jede beliebige Lage im Raume gegeben werden kann. Darüber haben wir im Kapitel von der Steuerung bereits gesprochen.

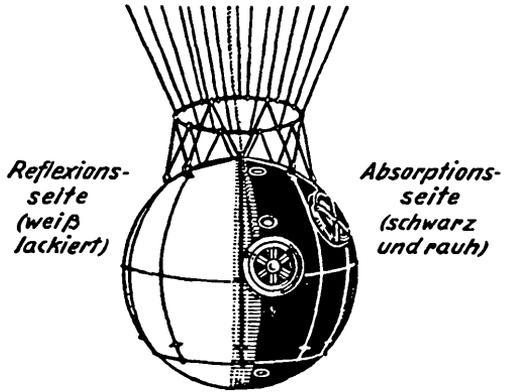


Abb. 27:
Die Kugelgondel des Piccardschen Stratosphärenballons von 1931. Der Schwarz-Weiß-Anstrich reguliert die Innentemperatur. Wird die schwarze Seite zur Sonne gedreht, so dringt die Wärme ein.

Die Weltraumfahrer werden also auf ihrer Reise weder ersticken noch erfrieren; aber möglicherweise droht ihnen eine andere, weniger leicht zu erkennende Gefahr durch die Einwirkungen kosmischer Strahlungen. Schon einige Zeit vor dem Beginn des ersten Weltkrieges wurde entdeckt, daß auf die Erde fortwährend eine geheimnisvolle durchdringende Strahlung einfällt, die nicht von der Sonne ausgeht, sondern aus den Tiefen des Weltalls kommt. Die Intensität dieser Strahlung ist zwar milliardenmal geringer als diejenige der Sonneneinstrahlung (sie entspricht ungefähr der Menge der Einstrahlung von allen Fixsternen zusammengenommen) und außerdem wird sie von der Lufthülle stark abgeschirmt; dennoch aber konnten Auswirkungen dieser kosmischen Strahlung noch Hunderte von Metern unter Wasser und auch in den Stollen tiefer Bergwerke nachgewiesen werden. Der weiteren Erforschung dieser Strahlung galten dann in den dreißiger Jahren die verschiedenen Ballon-Expeditionen in die Stratosphäre und vom Jahre 1946 ab die amerikanischen Versuche, große Registrierraketen an die Grenzen unserer Lufthülle emporzuschicken (wovon in einem eigenen Kapitel noch berichtet wird).

Der Ursprung der kosmischen Strahlung (man nennt sie auch Höhenstrahlung oder Ultrastrahlung) ist zwar nach wie vor dunkles Geheimnis; aber ihr Wesen konnte gerade in den letzten Jahren schon sehr weitgehend erkannt werden. Nach den bisherigen Forschungsergebnissen ist die ursprünglich vom Weltenraum her einfallende Strahlung eine aus Protonen (Wasserstoffkernen) und Elektronen bestehende Korpuskularstrahlung von unwahrscheinlich hoher Energie. Die aus fernen Welten kommenden Protonenströme rasen durch den Raum und führen beim Einschließen in die dünnen Oberschichten unserer Atmosphäre explosionsartige Zertrümmerungen von Gasatomen herbei. Die mit elementarer Wucht auseinanderstiebenden Atomteilchen stellen Sekundärstrahlen dar, die ihrerseits andere Atomkerne spalten und damit neue Strahlungen erzeugen. Was sich da in den dünnen Grenzschichten zwischen Lufthülle und Weltenraum abspielt, ist nichts anderes als eine fortwährende Folge von natürlichen Kettenreaktionen — also im Grunde die gleiche Erscheinung, deren künstliche Hervorrufung und Intensivierung im Uran zur Atombombe geführt hat.

Die Erforschung der Höhenstrahlung ist zu einem der interessantesten Arbeitsgebiete der modernen Physik geworden. In diesen Ultrastrahlen und ihren vielerlei Tochter- und Enkelstrahlen findet sich so

ziemlich alles, was ein Physiker sich nur wünschen kann: freie Protonen und Neutronen als Teile völlig aufgelöster Atomkerne, alle möglichen positiv geladenen Ionen, kurzweilige Gammastrahlen verschiedener Härtegrade, negative Elektronen von höchster Bewegungsenergie, ja sogar die ehemals für nicht existent gehaltenen positiven Elektronen (Positronen) und schließlich noch eine ganz merkwürdige Art von Massenteilchen, die zehnmal leichter als die Atomkern-Teilchen (Protonen und Neutronen), aber 200 mal schwerer als Elektronen sind und die man daher Mesonen (Meson = Mittelding) genannt hat. Die Mesonen unterscheiden sich von den anderen „normalen“ Atombestandteilen auch durch ihre erstaunliche Kurzlebigkeit. Sie zerfallen nämlich bereits nach einigen Hunderttausendstel oder gar Millionstel Sekunden wieder in kleinere Teilchen (hauptsächlich Elektronen), können aber in dieser überaus kurzen Lebenszeit doch beträchtliche Strecken in der Luft durchlaufen und unterwegs an den Gasatomen, auf die sie treffen, allerlei Reaktionen auslösen.

Viele Erscheinungen und Probleme der Ultrastrahlung sind noch ungeklärt; aber sicher ist, daß die Strahlenabsorption in den Oberschichten unserer Atmosphäre beträchtliche Temperaturen erzeugt. In Höhen von 250 000 Metern vermutet man Hitzegrade von nahe an 1000 Grad Celsius. Aber es wäre falsch, darin eine Bedrohung für aufsteigende Raumschiffe zu erblicken. Diese Absorptions-Temperaturen sind wohl hoch, aber praktisch bedeutungslos, da sie ja nur einzelne weitläufig verteilte Atome erfassen, die keine nennenswerten Wärmemengen abzugeben vermögen.

Ernster ist die Frage, ob die dauernde Einwirkung der Ultrastrahlung während des Raumfluges eine Gefahr für Gesundheit und Leben der Raumfahrer in sich birgt. Diese Frage ist noch nicht zu entscheiden. Viele Forscher verneinen sie, andere weisen auf die Gefährlichkeit der intensiven Radioaktiv-Strahlungen hin, die bei den Atombombenexplosionen über Hiroshima und Nagasaki auftraten und noch nach Wochen und Monaten Todesopfer forderten.

Wir müssen also diese für die Weltraumfahrt recht wichtige Frage vorläufig offen lassen. Sollte sich die dauernde Einwirkung der kosmischen Strahlen aber wirklich als lebensbedrohend erweisen, so bedeutet das noch keineswegs ein Scheitern des Projektes. Es erschwert nur, allerdings in bedenklicher Weise, die Konstruktion der Raketen. Die bewohnten Kammern des Schiffes müßten dann mit Schutzumkleidungen versehen werden, die stark genug sind, um die Ultra-

strahlung abzuhalten, und ihr Gewicht würde eine weitere Belastung des ohnehin schon recht prekären Treibstoff-Problems bedeuten.

Aber auch die im leeren Raum ungemein starke Sonnenstrahlung erfordert Schutzvorkehrungen. Auf jeden Fall müssen die Scheiben der Fensterluken aus zentimeterdicken Glasplatten bestehen, die zwar das sichtbare Licht fast ungehindert durchlassen, aber den ultravioletten Anteil des Sonnenlichtes stark abfiltern. Sonst würden die Gesichter und Hände der Raumfahrer in kurzer Zeit eine Bräunung erfahren, die zu schweren Hautverbrennungen führen müßte. Wer sich schon einmal auf dem Firnschnee eines Viertausenders unvorsichtig gesonnt hat, der weiß, was Ultraviolettlicht bedeutet und wessen sich die Raumschiff-Passagiere zu versehen haben.

Neuntes Kapitel

Vom Gewicht

Wenn es auch den Reisenden in einem gut konstruierten Welt- raumschiff an nichts fehlen wird, was zu einem erträglichen Dasein unbedingt notwendig ist, — wenn sie auch nicht befürchten müssen zu erfrieren, zu ersticken, zu verbrennen oder gar zu verhungern (Konservenbüchsen und eine elektrische Kleinstküche werden auch diese Gefahr bannen) — so wird ihnen doch eines zu schaffen machen: ihr Körpergewicht.

Wir sind nun einmal daran gewöhnt, unsere 60 oder 70 Kilo zu wiegen. Aber mit dieser uns lieb gewordenen Gewohnheit werden wir auf der Reise zum Mond gründlich brechen müssen. Von der ersten Sekunde des Starts bis zur letzten Sekunde der Landung wird das Körpergewicht des Raumfahrers keine Konstante mehr sein, sondern eine variable Größe, die in ziemlich weiten Grenzen schwanken kann: vom Vierfachen des Normalgewichtes bis zu — Null.

Das, was konstant bleibt, ist die Masse, also die Stoffmenge, die ein Körper enthält. Gewicht hingegen ist der Druck, den diese Masse infolge der Anziehung der Erde auf ihre Unterlage ausübt. Gewicht und Masse werden immer wieder miteinander verwechselt; aber diese beiden Begriffe haben nichts Gemeinsames als eben (leider) nur die gleichen Bezeichnungen für ihre Einheiten: Gramm und Kilogramm. Das Gewichtskilogramm ist eine *K r a f t*, das Massenkilogramm aber eine bestimmte *M e n g e* an Materie — und zwar diejenige Menge, die eben „normalerweise“ ein Kilogramm wiegt. Da aber die Anziehungskraft der Erde mit wachsender Entfernung vom Erdmittelpunkt abnimmt (siehe Seite 22), hängt das Gewicht eines Massenkilogramms von dem Ort ab, an dem es sich befindet. Als Admiral Byrd den Südpol überflog, wog er um ein gutes halbes Pfund mehr als zu Hause in New York (die Pole liegen dem Erdmittelpunkt um 21 Kilometer näher

als der Äquator); Professor Piccard hingegen dürfte in der Kugelhöhle seines Stratosphärenballons rund 200 Gramm verloren haben — natürlich bloß an Gewicht, nicht an Masse!

Das alles ist unschwer einzusehen; aber gerade deshalb wird man leicht zu einem Trugschluß verleitet — nämlich zu der Annahme, das

Körpergewicht der Raumfahrer in der Rakete müsse sich allmählich in dem Maße verringern, in dem sich das Raumschiff immer weiter von der anziehenden Erde entfernt. Diese Ansicht liegt zwar sehr nahe; aber sie ist falsch. Sobald die Rakete die Erdenluft verlassen hat, hängt das Körpergewicht der Insassen nur mehr von einem einzigen Umstand ab: von der mehr oder weniger intensiven Tätigkeit der Auspuffdüse. Und das ist weniger leicht einzusehen.

Das Gewicht, also der Druck auf die Unterlage, ist nichts anderes als verhinderter Fall. Ein fallender Körper, der frei der Erdanziehung nachgibt, hat kein Gewicht. (Streng genommen gilt das aber nur für den luftleeren Raum; denn der Widerstand der Luft erzeugt einen gewissen Druck und damit auch ein geringes Restgewicht.) Die Anziehungskraft der Erde äußert sich also entweder als Gewicht oder als Fallbeschleunigung.

Ein abstürzender Bergsteiger hat während des Sturzes kein Gewicht, ebenso wenig seine Ausrüstungsgegenstände, die im gleichen Tempo neben ihrem Besitzer herfallen. Und wenn der Hut etwas zurückbleibt, so ist daran nur der

Luftwiderstand schuld, der ja auf verschieden geformte Körper verschieden stark einwirkt. Aber wenn wir von der Bremsung durch den Luftwiderstand absehen, so ist der Mann während des Stürzens in der seltsamen Lage, sein Fernrohr vor die Augen nehmen und es dann



Abb. 28:

Was frei fällt, hat kein Gewicht. Nur der Luftwiderstand bewirkt, daß das leichte Zeitungsblatt langsamer fällt als der schwere Eispickel. Im luftleeren Raum würden alle Körper gleich schnell nebeneinander herfallen.

wieder loslassen zu können, ohne daß es sich von ihm entfernt. Und ob er seinen Eispickel festhält oder nicht, er weicht nicht von seiner Seite.

Denken wir uns diesen Sturz ins Endlose verlängert, dann befindet sich der Mann in dem gleichen Zustand wie der Insasse eines Raumschiffes, dessen Düse abgestellt worden ist. Das Schiff gibt mit allem, was darin ist, der Erdanziehung nach und seine Bewegung wird zum freien Fall. Freilich stürzt es trotzdem nicht ab; denn aus der schon vorhandenen, von der Erde weggerichteten Eigenbewegung und der zum Erdmittelpunkt hingerichteten Fallbeschleunigung resultiert eine Gravitationsbahn, die wie bei einem geschleuderten Stein auch nach oben gerichtet sein kann. Das Raumschiff fällt also nicht mit zunehmender Geschwindigkeit nach unten, sondern mit abnehmender Geschwindigkeit nach oben und für die Passagiere tritt sofort völlige Gewichtslosigkeit ein.

Es gilt also für den Weltraumfahrer eine einfache Merkregel: Gewichtslosigkeit herrscht immer (und nur) dann, wenn die natürliche Gravitationsbewegung des Raumschiffes nicht gestört wird, weder durch Maschinenkraft von innen, noch durch Luftwiderstand von außen — ganz gleichgültig, wie nahe oder ferne es der Erde oder einem anderen Himmelskörper schweben mag. Die Insassen der Rakete werden also immer dasjenige Gewicht

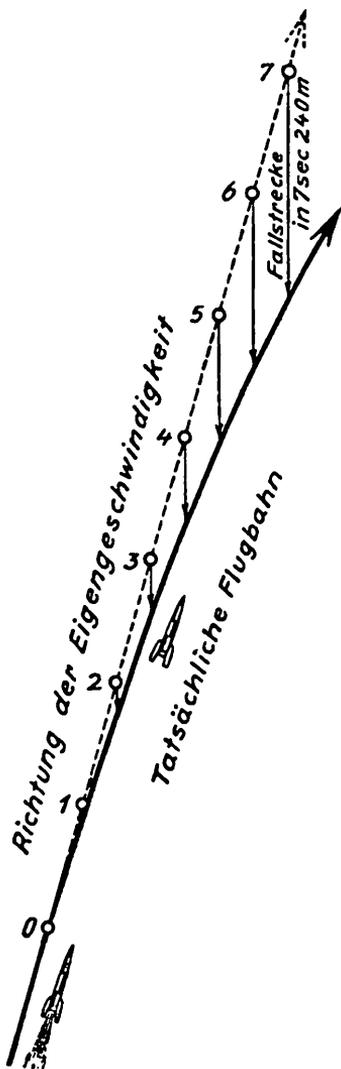


Abb. 29:

Die Bewegungsbahn eines aufsteigenden Raumschiffes setzt sich zusammen aus Eigengeschwindigkeit und freiem Fall. In jeder Sekunde fällt das aufsteigende Raumschiff um eine Strecke zurück, die von den Fallgesetzen bestimmt wird. Diese Fallkomponente der Raketenbewegung bewirkt bei schweigender Düse die völlige Gewichtslosigkeit. (Die Fallstrecken sind in der schematischen Zeichnung stark übertrieben dargestellt.)

besitzen, das ihnen die Tätigkeit der Auspuffdüse verleiht, und als Senkrechte werden sie dabei stets die Richtung von der Spitze zur Düse empfinden, wie auch die Lage der Raketenachse zur Erde sein mag.

Das normale Gewicht entspricht der Fallbeschleunigung von rund 10 Metern pro Sekunde. Das heißt: die Strecke, die ein frei fallender Körper in einer Sekunde durchfällt, ist in jeder Sekunde um 10 Meter größer als in der vorhergegangenen Sekunde (genauer: um 9,81 Meter). Soll eine Rakete mit einer tatsächlichen Beschleunigung von 25 Metern pro Sekunde aufsteigen, so muß sie dazu noch die 10 Meter der Fallbeschleunigung leisten, also insgesamt eine Schubkraft für 35 Meter Beschleunigung entwickeln. Die Raketenfahrer unterliegen also beim Aufstieg einem Andruck, der dem Dreieinhalbfachen ihres normalen Körpergewichtes entspricht. Dieser Druck wird zwar recht unangenehm, aber für gesunde Menschen durchaus ertragbar sein, zumal er ja nur sieben bis acht Minuten dauert.

Allerdings ist es ratsam, jeden der Passagiere erst einer Prüfung zu unterziehen, ob und wie er diesen Druck auszuhalten vermag. Dazu kann ein karussellartiges Prüfgerät dienen, wie es in der Abbildung 30 angedeutet ist. An einem drehbaren, waagrechten Tragarm hängen in starken Scharnieren zwei Gondeln. In jeder der Gondeln nimmt ein Prüfling Platz, indem er sich der Länge nach auf einer dicken Matratze am Gondelboden ausstreckt. Dann läuft der Elektromotor an und der Tragarm beginnt sich über dem Boden zu drehen wie ein riesiger Uhrzeiger über dem Zifferblatt. Die Gondeln fahren langsam an und jagen dann immer schneller im Kreise herum, wobei sie von der Fliehkraft schräg gestellt werden. Je höher die Tourenzahl steigt, um so heftiger wird der Andruck, der die Prüflinge auf ihre Matratzen preßt. Natürlich muß in jeder Gondel ein Notschalter angebracht sein, mit dem der Prüfling selbst den Motor abstellen kann, sobald ihm der Druck zu stark wird.

In der Versuchsanstalt für Luftfahrt hat man für derartige Tests stehend rotierende Hohlzylinder verwendet. Darin steht der Prüfling mit dem Rücken an die Zylinderwand angelehnt. Der mit zunehmender Tourenzahl wachsende Zentrifugaldruck preßt den Prüfling immer fester an die Wand an und wirkt dabei senkrecht zur Körperachse wie das Gewicht beim Liegen auf dem Rücken. Dabei hat sich überraschender Weise ergeben, daß von gesunden und kräftigen jungen Männern Andrucke bis zum Zehnfachen des Körpergewichtes (10 g) ohne Schaden ertragen wurden. Einzelne Personen (merkwürdigerweise meist zartgebaute, schwächliche Menschen) brachten es kurz-

fristig sogar bis auf 15 g. Man wird aber trotzdem bei Passagier-Raketen nicht wesentlich über einen Beschleunigungsdruck von 4 g hinausgehen und der Vorsicht halber in den Brennstoffzuström zum Verbrennungsraum eine automatische Sicherung einbauen, die eine Überschreitung der vorgesehenen Höchstbeschleunigung ausschließt.

Die acht Minuten, in denen beim Aufstieg die Düse mit voller Kraft arbeitet, werden die Raumfahrer in möglichst leichter Kleidung auf gut gefederten und beweglich aufgehängten Matratzen liegend

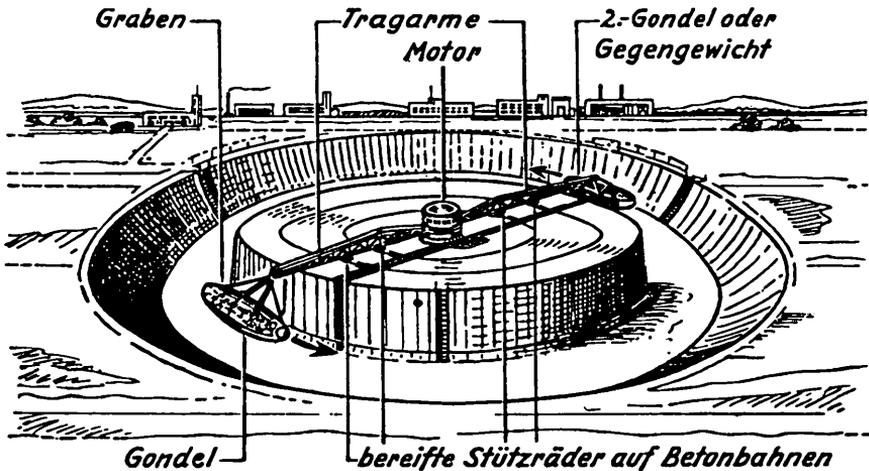


Abb. 30:

Druckprüfer für Raumfahrer.

Durch die schnelle Rotation des Tragarmes entsteht in den Gondeln ein Fliehkraft-Andruck, der durch allmähliche Erhöhung der Umdrehungsgeschwindigkeit so weit gesteigert werden kann, daß er dem Andruck in der aufsteigenden Rakete gleichkommt.

verbringen. Diese Minuten werden zwar keineswegs lebensbedrohend, aber doch alles andere als ein Vergnügen sein. Jedes Glied des Körpers nimmt dreifaches oder vierfaches Gewicht an, die kleinste Handbewegung wird zur Anstrengung, die Lunge hat Mühe, um beim Atmen das vermehrte Gewicht der Brust zu heben, und der Herzschlag wird ungewöhnlich langsam. Dazu kommt noch eine starke Herabsetzung der Gehirnfunktionen und der Fähigkeit, vernünftig zu denken.

Aber der pressende Andruck mit seinen unangenehmen Begleiterscheinungen verschwindet in dem Augenblick, in dem die Düse schweigt, und es tritt dann sofort völlige Schwerelosigkeit ein. Die Reisenden schweben gewichtslos in der Kabine umher und die Begriffe

„unten“ und „oben“ verlieren ihren irdischen Sinn. Dieser Zustand wird eine heillose Verwirrung und zunächst ein lähmendes Angstgefühl auslösen und seltsame, ja geradezu unheimliche Erlebnisse (über die wir später noch berichten werden) herbeiführen. Leider gibt es keine Möglichkeit, den Zustand der Gewichtlosigkeit auf Erden künstlich zu schaffen und seine Wirkung auf den menschlichen Organismus zu studieren. Aber es besteht kein Grund, anzunehmen, daß die Befreiung vom Körpergewicht irgendwelche Schädigungen mit sich bringen könnte. Man wird sich im Laufe der Zeit an das schwebende Dasein gewöhnen und die kleinen Widerwärtigkeiten, die dieser Zustand nun mal mit sich bringt, mit Humor hinnehmen. Es bleibt schon gar nichts anderes übrig; denn die Schwerelosigkeit bleibt, solange das Raumschiff frei gravitiert, und das ist fast während der ganzen Reise der Fall. Nur dann, wenn aus irgend einem Grunde die Düse wieder arbeitet — etwa um die Bahnkurve zu korrigieren oder um eine all zu enge Annäherung an den Mond abzuwehren —, kehrt für kurze Zeit ein Andruck zurück und er wird in seiner Intensität stets der Düsentätigkeit entsprechen. Ist der Kapitän gutmütig, so kann er ja auch mal ohne Anlaß für ein Stündchen die Rakete mit geringer Kraft arbeiten lassen, um den schwebemüden Reisenden für eine Weile den Genuß einiger Gewichtskilogramme zu verschaffen. Aber er muß dabei doch überaus scharf rechnen — weniger mit dem Treibstoff, den er im Atomraketenzeitalter wohl reichlich zur Verfügung haben wird, als mit der Logarithmentafel. Denn jede Raketentätigkeit verändert die Gravitationskurve des Raumschiffes, und um dann wieder die richtige Flugbahnellipse zustande zu bringen, dazu gehört wesentlich mehr an Mathematik als bei einer Kursberechnung auf hoher See.

Darum ist ein Vorschlag von Professor Oberth zur künstlichen Herstellung von Schwere beachtenswert. Er sieht die Möglichkeit vor, die Passagierkabine des Raumschiffes vom übrigen Raketenkörper weit abzustrecken. Beide Körper bleiben nur noch durch ein Kabel miteinander verbunden. Läßt man nun die Kabine am Kabel dauernd um die Rakete kreisen, so entsteht darin ein Zentrifugaldruck, der die Erdschwere ersetzt und dabei doch die Bewegungsbahn des Raumschiffes nicht beeinflußt.

Das klingt phantastisch; aber der Pysiker rechnet kühl und nüchtern aus, daß bei einem Abstand von 1000 Metern zwischen Kabine und Rakete ein vollständiger Umschwung in wenig mehr als einer Minute ausgeführt werden muß, wenn die Weltraumfahrer in der Kabine ihr volles Normalgewicht zurückerhalten sollen.

Zehntes Kapitel

Vom Strahl-Triebwerk

In den bisherigen Kapiteln haben wir die physikalischen und „kosmonautischen“ Grundlagen der Weltraumfahrt beschrieben, ohne auf die moderne Entwicklung der Raketentechnik einzugehen. Das wollen wir nun nachholen, soweit es eben heute möglich ist, Aussagen zu machen über eine Entwicklung, die während der Kriegsjahre streng geheim gehalten wurde und auch heute noch nicht in allen Teilen der Öffentlichkeit preisgegeben wird. Leider hat sich auch die Rakete als ein wirksames Instrument der Kriegführung erwiesen und die alten primitiven Brandraketen, die der englische Oberst Congreve im Jahre 1804 konstruierte und im Heer einführte, haben 140 Jahre später in den deutschen Raketen-Geschossen eine ebenso moderne wie grauenhafte Auferstehung erlebt.

Es ist die Tragik fast aller großen technischen Entwicklungen, daß sie gleichermaßen dem friedlichen Fortschritt wie der kriegerischen Zerstörung dienen können und daß gerade die Kriege die stärksten Impulse für eine sprunghafte Beschleunigung dieser Entwicklungen geben. Der erste Weltkrieg hat das brauchbare Flugzeug hervorgebracht, der zweite die Großrakete und die Atomenergie. Es ist begreiflich, daß große Teile der Menschheit beginnen, die Wunder der Technik zu verachten, ja sogar zu hassen. Sie täten aber besser daran, ihren Haß nicht der Technik sondern jener Gedankenwelt zuzuwenden, die immer wieder zum Mißbrauch technischer Schöpfungen treibt. Nicht die Technik ist schuld am Unheil sondern der Mensch, der sie gebraucht. Die Erziehung zur Ethik hat nicht Schritt gehalten mit der Entwicklung unseres technisch-wissenschaftlichen Zeitalters. Wir leben ethisch, gesellschaftlich, politisch noch im siebzehnten Jahrhundert, während sich in den Laboratorien, Forschungsanstalten und Prüfständen bereits die Umriss des einundzwanzigsten abzeichnen.

Aber wir wollen hier nicht anklagen und nicht verteidigen, nicht beweisen und nicht kritisieren, sondern lediglich berichten.

*

Gegen Ende des Krieges wurde viel geredet von geheimnisvollen neuen „Düsen-Flugzeugen“, die in großen Höhen fliegen und phantastische Geschwindigkeiten entwickeln. Der Fachmann nennt diese Maschinen „Flugzeuge mit Strahltriebwerk“. Der Strahltriebtrieb ist nichts anderes als eine besondere Art der Anwendung des Rückstoßes.

Das Strahltriebwerk ist in logischer Entwicklung in sechs Phasen aus dem Flugzeugmotor hervorgegangen. In der Abbildung 31 ist diese Entwicklung schematisch dargestellt.

Erste Phase: Der Explosionsmotor (meist Otto-Motor, seltener Diesel-Motor) treibt den Propeller an.

Zweite Phase: Um im Motor, besonders beim Höhenflug, eine bessere Ausbeute der Treibstoffenergie zu erzielen, muß den Zylindern vorverdichtete Luft zugeführt werden. Das besorgt eine Hilfsmaschine (Kompressor, Verdichter, Lader), die auf der Welle des Motors sitzt und von diesem mit angetrieben wird.

Dritte Phase: Der Antrieb des Laders verschlingt aber einen nicht unbeträchtlichen Teil der Motorleistung. Im Bestreben, diesen Verlust auszugleichen, kam man auf den Gedanken, die Energie der Motor-Abgase zur Arbeitsleistung heranzuziehen, indem man die Verbrennungsgase vor dem Auspuffen durch eine Turbine schickt. So entstand der Motor mit Abgasturbolader.

Vierte Phase: Zunächst war also die Abgasturbine nur eine Hilfsmaschine, die den Zweck hatte, den Leistungsbedarf des Laders zu decken. Im Laufe der Entwicklung aber erlangte die Turbine wachsende Bedeutung, besonders durch die fortwährende Steigerung der Flughöhen. In der dünnen Höhenluft fällt die Leistung des Otto-Motors stark ab, während die der Abgasturbine zunimmt. Bei Flügen durch die Stratosphäre (über 11 Kilometer Höhe) wird die Abgasturbine zur Hauptkraftmaschine und der Otto-Motor zum Nebengerät, und aus dem Motor mit Laderturbine ist die Gasturbine mit Ladermotor geworden.

Fünfte Phase: Der ohnehin in seiner Bedeutung stark gesunkene Otto-Motor wird ganz weggelassen und durch eine einfache Verbrennungskammer ersetzt. In die vom Lader hereingedrückte Luft wird Brennstoff eingespritzt; das Gemisch entzündet sich in der Kompress-

sionshitze von selbst und die Verbrennungsgase treiben die Abgasturbine als einzige Kraftmaschine an. Sie allein dreht nun den Propeller. Freilich wird dabei ein Teil ihrer Leistung vom Lader verbraucht; aber dafür tritt zur Unterstützung des Propellers ein neuer Vortrieb hinzu: die Düse. Die Energie der Verbrennungsgase kann in der Turbine nicht vollständig in Rotation umgesetzt werden und man nützt sie daher noch weiter aus, indem man den Gasstrom vor seinem Austritt ins Freie durch eine konische Düse schickt, um einen kräftigen Schub durch die Rückstoßwirkung zu bekommen. Wir haben nun also einen Gasturbinen-Propellerantrieb mit unterstützendem Düseneffekt.

Sechste Phase: Man läßt die gesamte Leistung der Turbine dem Lader zukommen und verzichtet auf den Propeller. Die erhöhte Strömungsgeschwindigkeit der aus der Turbine austretenden Gase erzeugt am Düsenende einen Rückstoß, der für den Vortrieb der Maschine völlig ausreicht. Und dieses Aggregat ist das reine Strahltriebwerk, die geheimnisumwitterte Maschine des „Düsenjägers“.

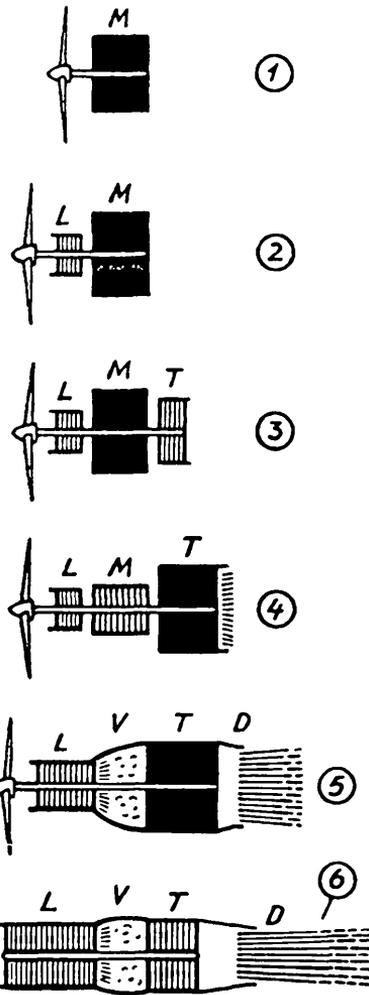


Abb. 31:

Die Entwicklung des Strahltriebwerks.

1. Motor treibt Propeller.
 2. Motor treibt Propeller und Lader (Kompressor-Motor).
 3. Motor und Abgasturbine treiben Propeller und Lader (Abgasturbolader).
 4. Gasturbine leistet Hauptarbeit, Motor ist Hilfsmaschine (Gasturbine mit Lademotor).
 5. Motor ist durch Verbrennungsraum ersetzt. Turbine treibt Propeller und Lader. Propeller wird durch Düse unterstützt (Propeller-Strahltriebwerk).
 6. Turbine treibt Lader. Vortrieb allein durch Düse (reines Strahltriebwerk).
- M = Motor; L = Lader; T = Turbine;
V = Verbrennungsraum; D = Düse.

Das Strahltriebwerk hat viele Vorzüge vor dem Otto-Motor. Es ist einfach, robust und leicht zu regulieren; es besitzt einen ruhigen, schwingungsfreien Lauf, da die hin- und hergehenden Kolben fehlen; es braucht keinen Vergaser, keine Ventile, keine Zündkerzen; es kann auch Schweröl als Treibstoff verarbeiten und es führt in der ihm gemäßen dünnen Luft großer Höhen zu Fluggeschwindigkeiten, die alles übertreffen, was mit Propellern und Otto- oder Diesel-Motoren zu erreichen ist. Aber der Treibstoffverbrauch ist enorm und läßt die Verwendbarkeit des reinen Strahltriebwerks im zivilen Luftverkehr aus wirtschaftlichen Gründen fraglich erscheinen. Hier wird die Kombination von Schubdüse und Propeller wohl die vorläufig beste

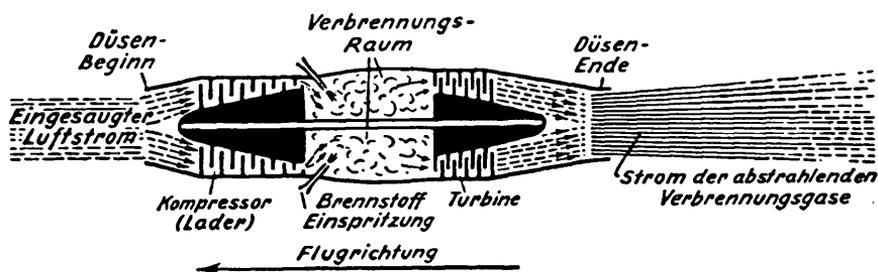


Abb. 32:

Schematische Darstellung eines Strahltriebwerks. Die angesaugte Luft wird im Kompressor stark verdichtet und im Verbrennungsraum mit eingespritztem Brennstoff vermischt. Das Gemisch entzündet sich. Die Abgase treiben die Turbine und verlassen dann durch das Düsenende das Triebwerk. Die Turbine hat nur die Aufgabe, den Kompressor anzutreiben. Der Vortrieb wird allein durch den Rückstoß der ausströmenden Verbrennungsgase erzeugt.

Lösung sein; denn wenn von extremen Flughöhen abgesehen wird, leistet sie fast dasselbe wie das Nur-Strahltriebwerk und hat dazu den Vorteil größerer Flugweiten. Für ausgesprochene Langstreckenflüge jedoch wird nach wie vor der normale Verbrennungsmotor mit Abgasturbolader vorzuziehen sein. Die Rakete ist eben, in welcher Form sie auch auftreten mag, für einen sehr lange währenden Dauerantrieb wenig geeignet.

Die Schwierigkeiten, die den Konstrukteuren von Strahltriebwerken auch heute noch Sorgen bereiten, liegen hauptsächlich im Material für die Schaufelräder der Abgasturbine. Diese Räder laufen mit einer Geschwindigkeit von 30 000 bis sogar 100 000 Umdrehungen in der Minute, und die Gase vom Motor oder vom Verbrennungsraum her

haben Temperaturen von tausend Grad und mehr. Bei solchen Hitze-graden verlieren die metallischen Werkstoffe ihre Härte und es besteht die Gefahr von Verbiegungen der peinlich genau geformten Turbinen-schaufeln. Man hat daher zu keramischen Werkstoffen gegriffen. Neuerdings aber stellt man die Schaufeln doch wieder aus Metall her und versieht sie mit vielen feinen Bohrungen, die eine übermäßige Erhitzung verhindern — aus Gründen, auf die wir hier nicht weiter eingehen wollen. Die Entwicklung dieser Konstruktions-Einzelheiten ist noch zu sehr im Flusse.

Die beste Lösung wäre natürlich eine siebente Phase der Entwick-lung, die auf den Kompressor überhaupt verzichtet und deshalb auch

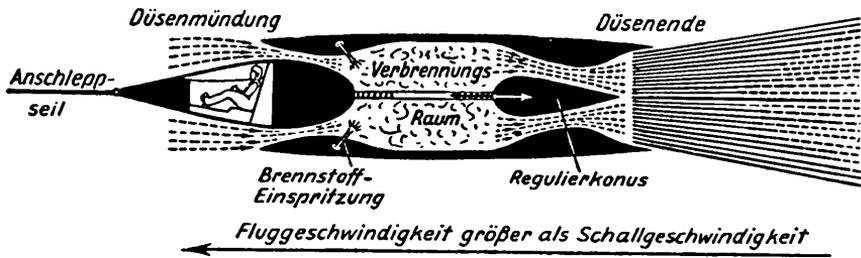


Abb. 33:

Die siebente Phase: Der kompressorlose Strahlantrieb.

Beim Flug mit Überschallgeschwindigkeit reicht die natürliche Luftverdichtung aus; Kompressor und Turbine werden überflüssig. Der verschiebbare Regulierkonus hat die Aufgabe, den Querschnitt der Düsenöffnung zu verändern und dem jeweiligen Innendruck anzupassen. Die Zelle (Führerkabine) ist ebenfalls konisch geformt und sitzt in der vorderen Düsenmündung.

keine Turbine (also überhaupt keine rotierenden Teile) mehr benötigt. Fliegt eine Düsenmaschine nur schnell genug, so kann die durch die vordere Düsenmündung hereingepreßte Luft eine ausreichende natürliche Verdichtung erfahren und so die Verdichtungsmaschine überflüssig machen. Ein solches Flugzeug könnte freilich nicht aus eigener Kraft starten; es müßte durch eine große Rakete angesleppt werden und könnte erst nach Erreichung einer gewissen Mindestgeschwindigkeit aus eigener Kraft weiterfliegen.

Diese Mindestgeschwindigkeit liegt aber über der Schallgeschwindigkeit (340 Meter pro Sekunde oder 1200 Kilometer pro Stunde) und dabei tritt eine Erscheinung auf, welche die Entwicklung der siebenten Phase bisher verhindert hat. Vor der Maschine entsteht eine starke

durch die Vermeidung der Luftwirbel hinter dem Flugzeug mit einem Brennstoffaufwand auskommen, der noch unter dem Benzinverbrauch eines gewöhnlichen Motorflugzeuges liegt.

Ob das Strahlflugzeug überhaupt eine allgemeine Bedeutung gewinnt oder ob seine Anwendung auf bestimmte Sonderaufgaben beschränkt bleibt oder ob der Strahlantrieb vielleicht von einem anderen Prinzip abgelöst werden wird, das ist heute noch nicht zu sagen. Die Bewährung im Krieg, der ja alle kaufmännischen Erwägungen außer Geltung setzt, ist noch kein Kriterium. Aber jedenfalls hält das Rückstoßflugzeug heute den Schnelligkeitsrekord unter allen von Menschen besetzten Maschinen. Die besten Konstruktionen sollen Spitzengeschwindigkeiten über 1000 Kilometer pro Stunde erreicht haben und damit schon nahe an die Geschwindigkeit des Schalles herangekommen sein. Aber in der Überschreitung dieser Grenze liegt eben die Schwierigkeit.*)

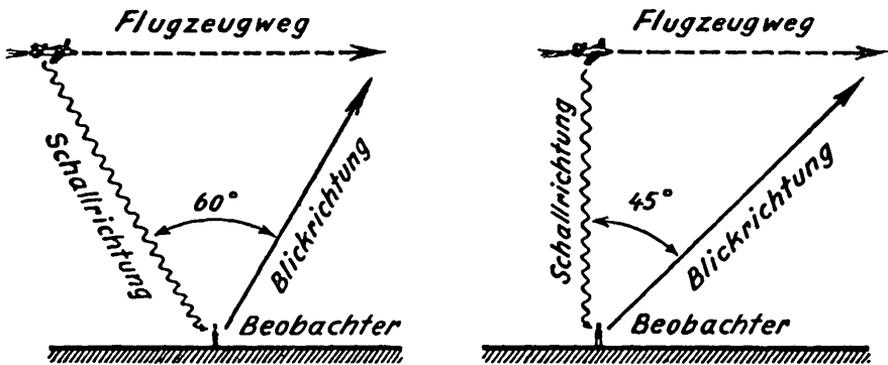


Abb. 35:

Weshalb die schnellen Düsenflugzeuge so schwer am Himmel aufzufinden sind. In der Laufzeit des Schalles vom Flugzeug zum Erdboden legt die Maschine fast die gleiche Strecke zurück. Sie erscheint daher in einer Richtung, die mit der des Schalles einen Winkel bis zu 60 Grad bilden kann.

*) Unmittelbar vor der Drucklegung dieses Buches wird aus USA gemeldet, daß das Versuchsflugzeug Bell-XS-1 die Schallgeschwindigkeit erreicht und überschritten hat. Der Antrieb erfolgte durch vier Raketentriebwerke, nachdem die Maschine durch ein Schlepp-Flugzeug auf 10 000 Meter Höhe gebracht worden war. Die Flügelvorderkanten dieses ersten Überschall-Flugzeuges der Welt sind scharf wie Messerschneiden.

Auch mit dem Typ „Skyrocket“ der US-Marine sind Versuche zur Überschreitung der Schallgeschwindigkeit im Gange. Der Antrieb der „Skyrocket“ ist eine Kombination von Rakete mit Strahltriebwerk, sodaß dieses Flugzeug aus eigener Kraft starten kann. Ein äußeres Merkmal der „Skyrocket“ ist eine mehrere Meter lange nadel-scharfe „Buglanze“.

Das Gerücht, diese Strahlflugzeuge flögen so schnell, daß sie unsichtbar würden, ist natürlich Unsinn. Es erklärt sich wahrscheinlich aus der Gewohnheit, sich beim Ausschauen nach einem Flugzeug nach dem Schall zu richten. Blickt man aber in die Richtung, aus welcher der Schall kommt, so ist dort die Maschine bestimmt nicht mehr zu sehen. Denn sie hat in der Zeit, die der Schall zum Durchlaufen der Strecke zum Erdboden braucht, bereits eine fast ebenso große Strecke seitlich zurückgelegt, und sie ist daher in einer Richtung zu suchen, die von der Schallrichtung um einen beträchtlichen Winkel abweicht. Beim waagrechteten Flug über unsere Köpfe hinweg macht dieser Winkel volle sechzig Grad aus.

Elftes Kapitel

Von den Sphären der Lufthülle

Wenn auch die Fortbewegung durch Strahlantrieb auf dem Rückstoßprinzip der Rakete beruht, so kann man diese Maschinen doch keineswegs als eine Entwicklungsstufe auf dem Wege zum Weltraumschiff ansehen. Das Düsenflugzeug ist eben keine Rakete sondern ein Flugzeug, das an die Erdenluft gebunden bleibt. Im leeren Raum würde der Strahlantrieb ebenso versagen wie alle anderen motorischen Prinzipien; denn er führt den für die Verbrennung der Treibstoffe notwendigen Sauerstoff nicht mit sich, sondern er nimmt ihn aus der umgebenden Luft. Die Düsenflugzeuge bisheriger Bauart können also niemals höher aufsteigen als bis in jene Schichten der Atmosphäre, die noch genügend Sauerstoff enthalten und auch noch dicht genug sind, um ein Flugzeug zu tragen. Beides nimmt aber mit der Höhe stark ab: die Tragfähigkeit der Luft und ihr Gehalt an Sauerstoff.

Die Atmosphäre, die unseren Erdball wie eine schützende Schale umgibt, ist im Verhältnis etwa so dick wie die Schale einer Zitrone. Eine klare Grenze nach oben besteht freilich nicht. Von fünfhundert Kilometern ab kann von einer Gashülle kaum mehr die Rede sein, wenn auch dünnste Reste von Gasen noch in tausend Kilometern Abstand von der Erdoberfläche vorhanden sein mögen.

Mit der Höhe nimmt nicht nur die Dichte der Luft ab, sondern es verändert sich auch ihre Zusammensetzung. Unmittelbar über dem Erdboden enthält die Luft 78 Prozent Stickstoff, 21 Prozent Sauerstoff und 1 Prozent andere Gase, hauptsächlich Kohlensäure, Ozon, Wasserstoff und Spuren von Edelgasen. Bis hinauf zu etwa 35 Kilometern überwiegt der Stickstoff, dann folgt eine 10 Kilometer dicke Schicht, wo der noch vorhandene Sauerstoff stark ozoniert ist; in noch größeren Höhen nimmt der Gehalt an Wasserstoff stark zu und die letzten Aus-

läufer der Atmosphäre werden wohl nur aus einzelnen Wasserstoff- und Helium-Atomen bestehen.

Der unterste, dichteste Bodensatz dieses uferlosen Gasmerees ist unsere Lebenswelt. Hier spielt sich all das ab, was wir Wetter nennen. Die Temperatur dieser Wetterzone (Troposphäre) nimmt von unten nach oben stetig um je 1 Grad Celsius auf etwa 160 Meter ab, bis bei 11 000 Metern eine Kälte von 55 Grad unter Null erreicht ist. Von hier ab sinkt die Temperatur nicht mehr weiter; sie bleibt bis in vielfache Höhe hinauf konstant. Diese Region gleichbleibender Kälte ist die Stratosphäre. (Siehe Seite 39!)

Die Stratosphäre beginnt da, wo die Reichweite der senkrechten Luftströmungen, die vom Erdboden her warme Luft nach oben bringen, aufhört. Über den Tropen ist das bei etwa 17 Kilometern, an den Polen bei 10 Kilometern und in unseren Breiten bei 11 bis 12 Kilometern der Fall. Wo keine Aufwinde mehr hingelangen, gibt es auch keine Wolkenbildungen mehr. In der Stratosphäre herrscht daher ewiger Sonnenschein bei Tag und ewig sternklarer Himmel bei Nacht; es gibt keinen Regen, keinen Nebel, die horizontalen Luftströmungen sind stetig und unabänderlich, da sie ja nur mehr von der Erdumdrehung hervorgerufen und gesteuert werden, — und so ist die Stratosphäre der ideale Reiseweg für den Luftfernverkehr der Zukunft.

Durch Großballone und Ballonsonden ist der untere Teil dieser Region bereits gründlich erforscht. Die bisher am höchsten emporgedrungenen Menschen sind die Amerikaner Anderson und Stevens; sie erreichten im Jahre 1935 in ihrem Stratosphärenballon Explorer II die Rekordhöhe von $23\frac{1}{2}$ Kilometern über dem Meeresspiegel (7 Kilometer mehr als Piccard). Unbemannte Registrierballone mit selbstschreibenden Meßinstrumenten kamen bis nahe an $34\frac{1}{2}$ Kilometer und einzelne der kleinen Pilotballönchen, die nichts weiter emportragen als sich selbst und von der Erde aus durch Theodoliten beobachtet werden, um die Windrichtungen festzustellen, erreichten Höhen von etwas über 38 Kilometern. Sie waren bis vor kurzer Zeit die äußersten Kundschafter, die der Mensch dem Weltenraum entgegenzuschicken vermochte. Den Höhenrekord aller irdischen Dinge überhaupt dürften (bis 1945) die Staubwolken innehaben, die durch den Ausbruch des Krakatau-Vulkans am 26. August 1883 weit über die untere Stratosphäre hinaus bis in eine Höhe von 85 Kilometern emporgeschleudert wurden.

Aber diese Naturleistung wurde im Sommer 1946 noch weit überboten durch die Versuche der Amerikaner, leistungsfähige Großraketen in die Ionosphäre hinaufzuschicken. Durch diese Experimente ist das Wort „Ionosphäre“ populär geworden und man wird wohl bald von der Ionosphären-Rakete mit der gleichen Selbstverständlichkeit sprechen wie zwanzig Jahre vorher vom Stratosphären-Ballon. Nur handelt es sich um zehnfache Höhen.

Ionosphäre — was ist das eigentlich?

Wer einen guten Radioempfänger besitzt, kann ferne Sender rund um den halben Erdball herum hören. Das ist eine zwar alltägliche, aber doch im Grunde recht merkwürdige Tatsache. Denn die elektrischen Wellen strahlen ja vom Sender so geradlinig ab wie das Licht von der Sonne und sie haben eigentlich keine Veranlassung, der Rundung unseres Erdballs zu folgen. In der Tat verdanken wir die Möglichkeit des Fernfunkverkehrs nur einem besonderen Entgegenkommen der Natur, die gerade in der rechten Höhe über dem Erdboden eine Art von Spiegel aufgehängt hat, der die nach oben gerichteten Wellenzüge immer wieder zum Erdboden zurückwirft. Dieser „Radiospiegel“ ist die Ionosphäre.

Im Gegensatz zur Stratosphäre ist die Ionosphäre nicht ein bestimmter Teil der Lufthülle sondern ein besonderer Zustand, in dem sich verschieden hoch gelegene Schichten unserer Atmosphäre befinden. Durch die in großen Höhen ungedämpfte und daher sehr starke Ultraviolett-Einstrahlung der Sonne werden die Gaspartikelchen „elektri-

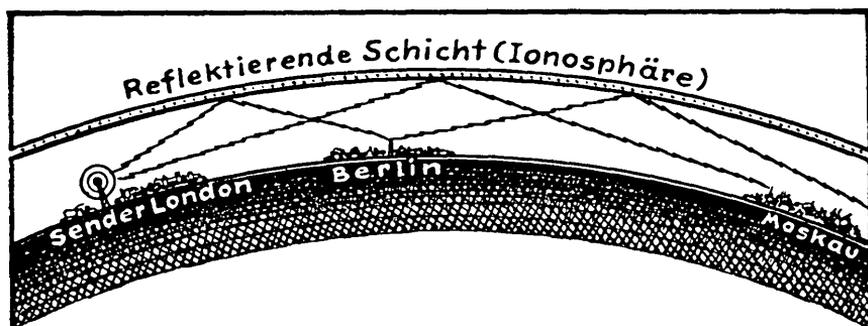


Abb. 36:

Die Ionosphäre ist eine Art von „Radiospiegel“, der die Rundfunkwellen zur Erde zurückwirft und so den Fernempfang über große Strecken ermöglicht.

siert“. Wissenschaftlicher ausgedrückt: die Atome verlieren einige ihrer Elektronen und mit ihnen ihr elektrisches Gleichgewicht. Man nennt solche elektrisch erregten Atome „Ionen“. Ionenhaltige Luftschichten sind aber elektrisch leitfähig, und eine für die Rundfunkhörer sehr willkommene Folge dieser Leitfähigkeit ist ihre Eigenschaft, von unten her auftretende elektrische Wellenzüge zurückzuwerfen wie der Spiegel das Licht.

Das Vorhandensein einer solchen reflektierenden Zone in der Atmosphäre wurde schon im Jahre 1902 festgestellt und zwar von den englischen Physikern Heavyside und Kennelly. Man nannte diese Zone die Heavyside-Schicht und erkannte sie bald als die wesentlichste natürliche Voraussetzung für die Entwicklung des Fernfunkverkehrs und des Rundfunks. Im Laufe der Zeit aber hat man entdeckt, daß diese Heavyside-Schicht aus einer Vielheit von Einzelzonen besteht, die in verschiedenen Höhen übereinander liegen und von denen jede ihre besonderen Eigenheiten besitzt. Diese ionisierten Schichten kommen zwischen 30 und 400 Kilometern Höhe vor und sie werden nach den Buchstaben des Alphabets mit C, D, E und F bezeichnet. Der Teilbereich der Atmosphäre, in welchem solche Ionenschichten anzutreffen sind, ist eben die Ionosphäre.

Da die Ionisierung hauptsächlich von den Ultraviolettstrahlen der Sonne herrührt, sind Höhenlage und Dicke der einzelnen Schichten nicht immer gleich; sie hängen stark von den Tages- und Jahreszeiten ab. Im allgemeinen liegen die Ionenschichten bei Nacht und im Winter höher als bei Tag und im Sommer. Darum ist ja auch der Fernempfang nachts besser als am Tag und im Winter besser als im Sommer; denn je höher die Spiegelschicht liegt, um so weiter reicht der reflektierte Wellenzug.

Was wir bisher über die Zonen der Ionosphäre erfahren haben oder durch wissenschaftliche Schlußfolgerungen vermuten konnten, ist den Messungen zu verdanken, die vom Erdboden aus vorgenommen wurden. Sie arbeiten nach dem Prinzip des Echos: ein sehr kurzer Energieimpuls der Kurzwelle zwischen 15 und 30 Metern Wellenlänge wird von einem Sender als Signal nach oben abgestrahlt. Vom „Radio-Spiegel“ der Ionosphäre reflektiert, kehrt das Signal als Echo zurück, und die Laufzeitdifferenz zwischen direktem Empfang des Signals und Empfang des Echos gibt ein Maß für die zurückgelegte Strecke. Diese Laufzeiten sind außerordentlich gering; sie umfassen nur Tausendstel von Sekunden und zu ihrer Messung sind komplizierte Geräte von

höchster Empfindlichkeit und Genauigkeit erforderlich (Kathodenstrahloszillographen).

Bei solchen Messungen treten meist mehrfache Echosignale auf, woraus auf die Existenz mehrerer Reflexionsschichten geschlossen wurde. Dabei hat sich herausgestellt, daß die einzelnen Schichten bestimmte Wellenlängen bevorzugt zurückwerfen. Die unterste Schicht, die ozonreiche C-Schicht um 40 Kilometer Höhe, reflektiert die Radiowellen überhaupt nicht. Die nächste, die D-Schicht zwischen 55 und 80 Kilometern, wirft ausschließlich die langen Wellen zurück. Sie ist übrigens schwach ausgebildet und existiert überhaupt nur bei Tag. Die E-Schicht zwischen 100 und 140 Kilometern wirkt auf die mittleren Wellen von 600 bis 200 Metern Wellenlänge (normaler Rundfunk). Die höchste Zone der Ionosphäre, die F-Region (sie wird nach ihrem Entdecker auch Appleton-Schicht genannt) besteht eigentlich aus zwei Schichten.

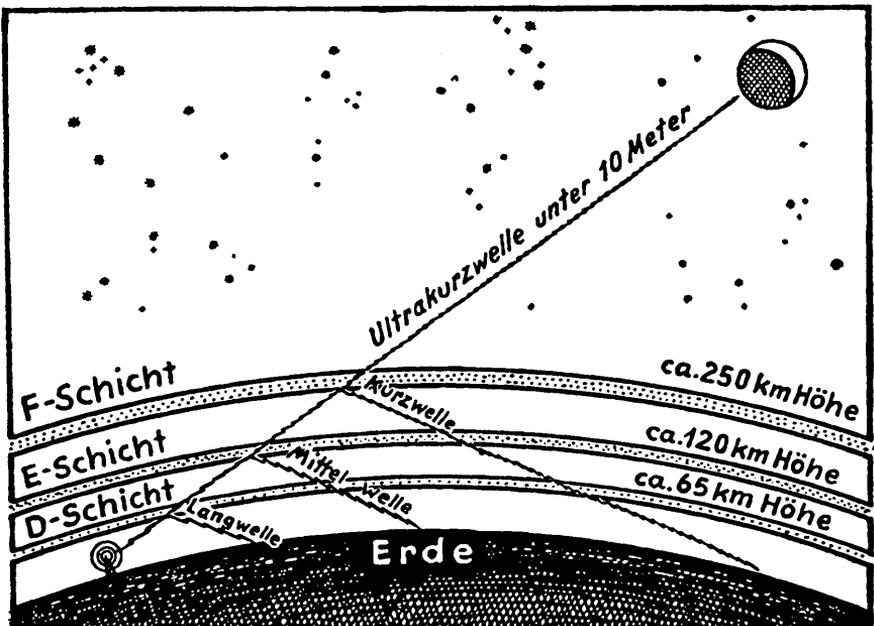


Abb. 37:

Die einzelnen Schichten der Ionosphäre reagieren auf verschiedene Wellenlängen. Nur die Ultrakurzwellen unter 10 Metern durchbrechen alle Schichten und können sogar den Mond erreichen.

Die untere (F 1) beginnt untermittags bei 160 Kilometer, die obere (F 2) in Höhen zwischen 250 und 350 Kilometern, und sie erstreckt sich hinauf bis zu den Grenzgebieten zwischen Lufthülle und Weltenraum.

Die F-Schicht ist die am stärksten ionisierte Zone; sie stellt den wirksamsten Wellenspiegel dar, hauptsächlich für die Kurzwellen von weniger als 200 bis herunter zu 10 Metern. Noch kürzere Wellen stoßen durch sämtliche Schichten glatt hindurch und so war es möglich, mit den sehr kurzen Radarwellen sogar den Mond zu erreichen und ein Echo von ihm zu empfangen. Daß dies gelang, ist ein Beweis dafür, daß im Weltenraum zwischen Erde und Mond kein unvorhergesehenes Hindernis mehr liegt und daß eine Verständigung zwischen den Himmelskörpern über Hunderttausende und Millionen von Kilometern hinweg möglich ist. Oder vielmehr: möglich wäre, wenn es auf anderen Planeten unseres Sonnenreiches einen Gesprächspartner von der gleichen Zivilisationsstufe gäbe, die wir Erdenmenschen nun glücklich erreicht haben.

Die neue Methode, die Ionosphäre durch sehr hoch aufsteigende Großraketen zu erforschen, hat als eines der ersten Ergebnisse die Bestätigung einer schon seit Jahrzehnten bestehenden Vermutung gebracht: in den Oberschichten unserer Atmosphäre ist es nicht unfaßlich kalt, sondern im Gegenteil ungemütlich heiß. Eine auf 88 Kilometer aufgelassene Rakete hat unterwegs Temperaturen bis 76 Grad Celsius über Null gemessen.

Diese Feststellung scheint den Erfahrungstatsachen zu widersprechen. Jeder Bergsteiger weiß, daß es um so kälter wird, je höher man hinaufkommt, und Flugzeugführer und Ballonfahrer haben diese Erfahrung immer wieder bestätigt. Sie ist also unleugbar; aber sie trifft eben nur auf die Regionen zu, die dem Menschen bisher erreichbar waren. Von einer gewissen Höhe (etwa der Ozonschicht C) ab steigt die Temperatur der Luft wieder an. In der F-Schicht um 250 Kilometer vermutet man Temperaturen bis nahe an 1000 Grad. Diese Wärme-Energien stammen von der Absorption der in den dünnen Hochschichten noch wenig gedämpften Strahlungen.

Die physikalischen Vorgänge, die sich in dem Übergangsgebiet zwischen Lufthülle und Weltenraum abspielen, erregen das höchste Interesse der Physiker. Sie hoffen, hier einen tiefen Einblick in das große atomphysikalische Laboratorium des Kosmos zu gewinnen und den Schlüssel zu neuen wissenschaftlichen Prinzipien zu finden. Die Ultraviolettstrahlung der Sonne und die kosmischen Ultrastrahlen

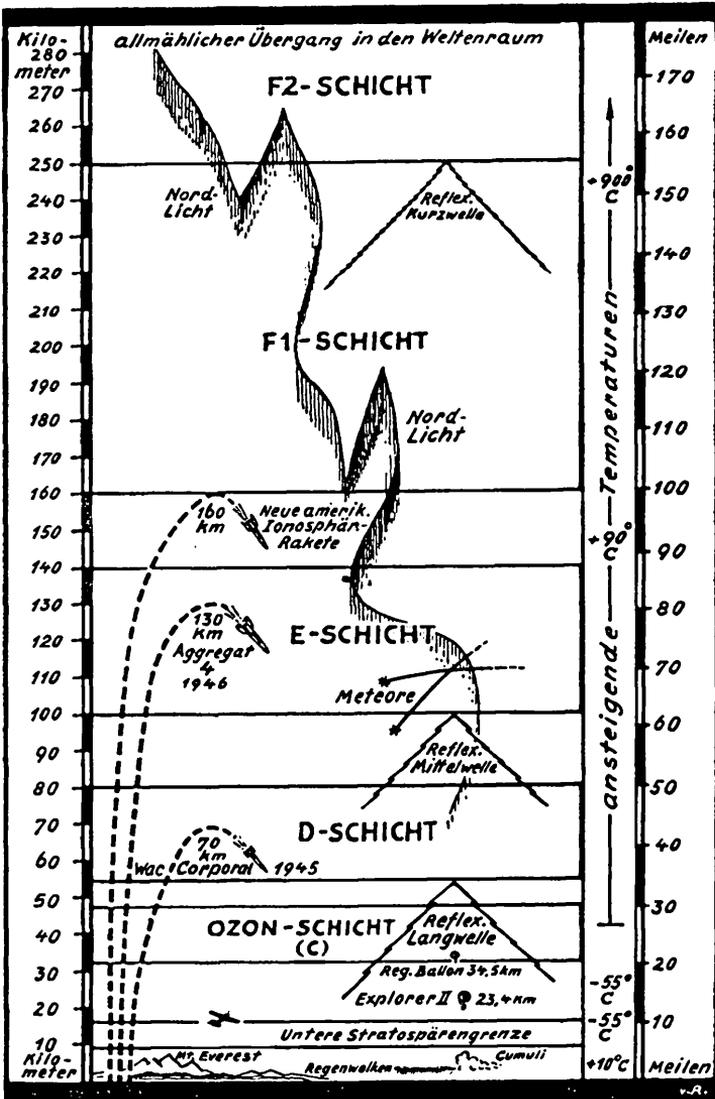


Abb. 38:

Schnitt durch die Atmosphäre der Erde. Dargestellt sind die verschiedenen Schichten der Ionosphäre, die Regionen der Naturerscheinungen wie Wetterbildung, Meteorleuchten und Nordlicht, und die von Menschen und Menschenwerken bisher erreichten Höhen. Der Bodensatz des Luftmeeres, die kleine Spanne zwischen Erdboden und Stratosphäre, ist unsere Lebenswelt.

lösen hier an den weitläufig verteilten Atomen der letzten atmosphärischen Gasreste Reaktionen aus, die zur Ursache weiterer energiereicher Strahlungen werden. Würde dieser kosmische Energiestrom ungedämpft zur Erdoberfläche hinunterdringen, so hätte sich das Leben auf unserem Planeten wohl kaum zu den jetzigen Formen entwickeln können. Die Schichten der Ionosphäre aber bilden das Filter, das unter eigener Erwärmung die Hauptwucht der Strahlungen abfängt und nur gerade so viel hindurchläßt, wie der Entfaltung des Lebens zuträglich und vonnöten ist.

Unser ganzes Dasein hängt ab vom Funktionieren der Energie-Umsetzungen hoch über unseren Köpfen, und dieser Umstand ist Grund genug für das unablässige Streben der Wissenschaft, ihre Forschungsarbeit immer weiter an die Schwelle des Weltenraumes vorzutragen.

Zwölftes Kapitel

Von den modernen Großraketen

Aus einer Aufsatzreihe, die im September 1927 unter dem Titel „Mit Raketenkraft ins Weltall“ in mehreren Tageszeitungen und dann auch in Buchform erschienen ist, wiederholen wir folgende Sätze:

„... zunächst wird man Registrierer-Raketen aufsteigen lassen, die Höhen von einigen Hundert Kilometern erreichen. Die Registrierer-Instrumente werden am Fallschirm zurückkehren und wertvolle Aufschlüsse über die Beschaffenheit der noch recht wenig bekannten obersten Luftschichten mitbringen. ... Freilich: selbst kleinere Raketen könnten, schräg aufgelassen, weite Geschosßbahnen durchlaufen und so zu Lufttorpedos mit überlegenen Reichweiten werden. Das Problem der Weltraumfahrt hat also auch bedenklich ernste Seiten...“

Hier wurde also ein Geschehen vorausgesagt, das zwanzig Jahre später haargenau eingetreten ist. Allerdings ahnte man damals noch nichts von Radiosonden und Radar, von chemisch getriebenen Gasturbinen, von künstlich hergestellten Überelementen und Atomexplosivstoffen. Die Wirklichkeit von heute ist noch viel phantastischer als die Träume von 1927.

In der Wüste von Neu-Mexiko in USA, in derselben Gegend bei Alamogoro, wo am 16. Juli 1945 die erste Probe-Atombombe des „Unternehmens Manhattan“ explodierte, begann man im Sommer 1946 mit großen Versuchsreihen, die mit den Kennwörtern „Wac-Projekt“, „Hermes-Projekt“ und „Ordait-Projekt“ bezeichnet wurden. Alle drei Projekte dienen der Aufgabe, die Erforschung der Ionosphäre mit Hilfe raffiniert ausgestatteter Großraketen weiterzuführen.

Das erste arbeitete mit Registrierraketen von einem Typ, der vom California Institut entwickelt und „Wac Corporal“ genannt worden ist. Eine solche Rakete hat schon beim ersten Test im Herbst 1945 eine Höhe von nahezu 50 Meilen (70 Kilometer) erreicht und damit den

bisherigen Höhenrekord der unbemannten Meßballone mit einem Schlag verdoppelt. Der „Wac Corporal“ ist ein schlanker pfeilähnlicher Hohlkörper von fast 5 Metern Länge und 500 Kilogramm Startgewicht.

Seine Spitze ist so nadel-scharf, daß man sie beim Transport des Apparates in Watte packt, um ein Abbrechen zu verhindern. Der Treibstoff ist Anilin mit Salpetersäure als Oxy-dator.

Das zweite der drei Projekte, das „Hermes-Projekt“, verwendet eine Serie von 25 erbeuteten deutschen A 4-Raketen (sie führten zeitweilig die anmaßende Bezeichnung V 2), die für die besonde-ren Zwecke der Höhen-forschung von amerikani-schen und deutschen Fach-leuten in gemeinsamer Arbeit etwas umgebaut wurden. Das „Aggregat 4“ ist dreimal so lang wie der „Wac Corporal“ (14 Meter) und hat mehr die Form eines gedrunge-nen Geschosses als die eines Pfeiles. Das A 4 wiegt leer

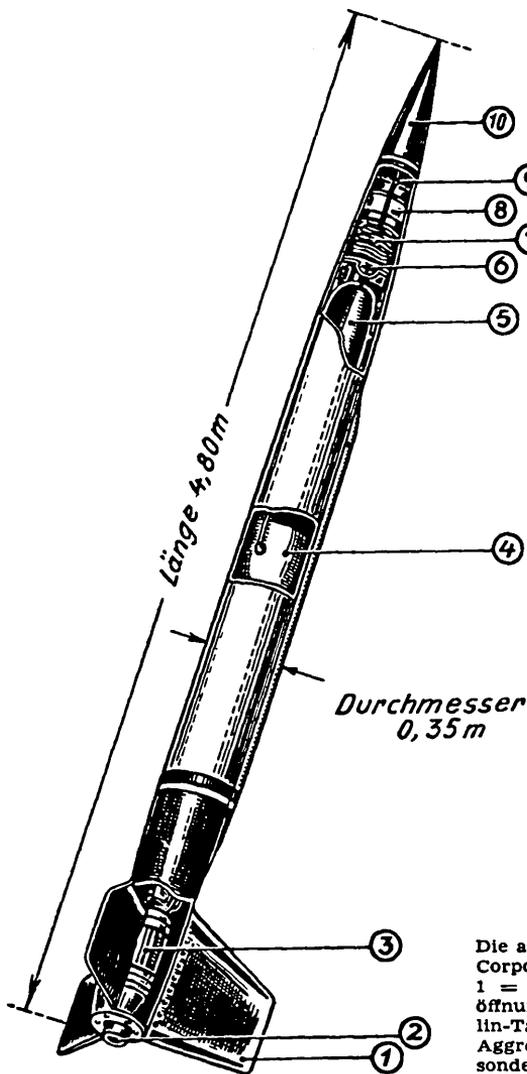


Abb. 39:

Die amerikanische Registrier-Rakete „Wac Corporal“, die 70 Kilometer Höhe erreicht. 1 = Stabilisierungsflossen; 2 = Düsen-öffnung; 3 = Verbrennungsraum; 4 = Anilin-Tank; 5 = Säure-Tank; 6 = Kreisell-Aggregat; 7 = Fallschirm; 8 = Radio-sonde; 9 = Fallschirm für die Radiosonde; 10 = Konusspitze mit Bleiballast für die Einregulierung des Schwerpunktes.

nicht ganz 4 Tonnen und kann in zwei Tanks 9 Tonnen Treibstoffe und in der Spitze einige Hundert Kilogramm Nutzlast mitführen. Die startbereite Rakete hat also das stattliche Gesamtgewicht von etwa 13 Tonnen, das ist nahezu das Ladegewicht eines normalen Eisenbahn-Güterwagens. Die „Nutzlast“ war 1944 der Bombensprengstoff Trinitrotoluol (ein Wort, das sich wirklich niemand zu merken braucht); heute aber, da ja die Rakete nicht mehr dem organisierten Massenmord sondern der wissenschaftlichen Forschung dient, besteht die Nutzlast aus Reihen komplizierter und empfindlicher Meßinstrumente, aus Funkbaken und Ultrakurzwellensendern, aus Ionisationskammern und Vakuumbehältern für Luftproben, aus automatischen Filmgeräten und sonstigem Rüstzeug modernster Forschungstechnik.

Das deutsche Antriebssystem ist unverändert beibehalten worden. Die Treibstoffe aus den Tanks (Alkohol und flüssige Luft) werden nach unten gepumpt und in die Verbrennungskammer im unteren Ende des Raketenkörpers unter Druck eingespritzt. Die Verbrennungsgase treten mit einer Strömungsgeschwindigkeit von etwas über 2000 Metern in der Sekunde durch die konische Düsenöffnung nach unten aus und der Rückstoß treibt die Rakete selbst mit einer Beschleunigung von durchschnittlich 30 Sekundenmetern pro Sekunde nach oben. Das entspricht also ziemlich genau der Beschleunigung, die auch für die bemannten Weltraumraketen angewendet werden müßte.

Der Flammenschweif, den das Raketengeschoß dabei hinter sich herzieht, erscheint bei Tag etwa zehn, bei Nacht über zwanzig Meter lang. Er leuchtet so hell und braust so laut, daß er auf viele Kilometer im Umkreis zu sehen und zu hören ist. „Flammender Pfeil“, „künstliches Meteor“, „Weltraumgeschoß“ — so etwa lauten die Attribute in den Schilderungen amerikanischer Reporter, die das Glück hatten, einem Aufstieg beiwohnen zu dürfen. Allerdings wurde diesen Beobachtern nicht gestattet, näher als 300 Meter an die Rakete heranzugehen.

„Im ersten Augenblick nach dem Abschuß“, so berichtet die Zeitschrift „Popular Science“, „hatte man den Eindruck, als schwebte die Rakete langsam wie ein Ballon empor. Aber sehr schnell nahm sie Geschwindigkeit an und binnen drei Sekunden schoß sie bereits mit voller Beschleunigung in die Höhe.“

Nach fünfzig Sekunden erlischt der Flammenschweif. Die gesamte Treibstoffladung von neun Tonnen ist verbraucht. Man muß sich einmal vorstellen, was das bedeutet: in der Maschine verbrennen in jeder Sekunde mehr als drei Zentner Brennstoffe! In dem Augenblick, in

dem die Düse nach Aufbrauch der Treibstoffe erlischt, ist die Höchstgeschwindigkeit der Rakete erreicht. Sie wird mit 1700 Metern in der

Sekunde angegeben. (Aus dem Massenverhältnis von 3,3:1 errechnet sich eine ideale Endgeschwindigkeit von 2460 Metern pro Sekunde, die aber wegen des hemmenden Luftwiderstandes und der Fallbeschleunigung nie ganz erreicht werden kann.)

Der weitere Aufstieg vollzieht sich allein durch den „Schwung“ wie bei einem abgefeuerten Geschöß. Dabei wird die Steiggeschwindigkeit unter dem Einfluß der Erdanziehung wieder vermindert, bis sie schließlich ganz aufgezehrt ist. Die Rakete fällt wieder zurück und schlägt am Boden mit einer Geschwindigkeit zwischen 600 und 1000 Sekundenmetern auf. Natürlich wird sie dabei völlig zerstört.

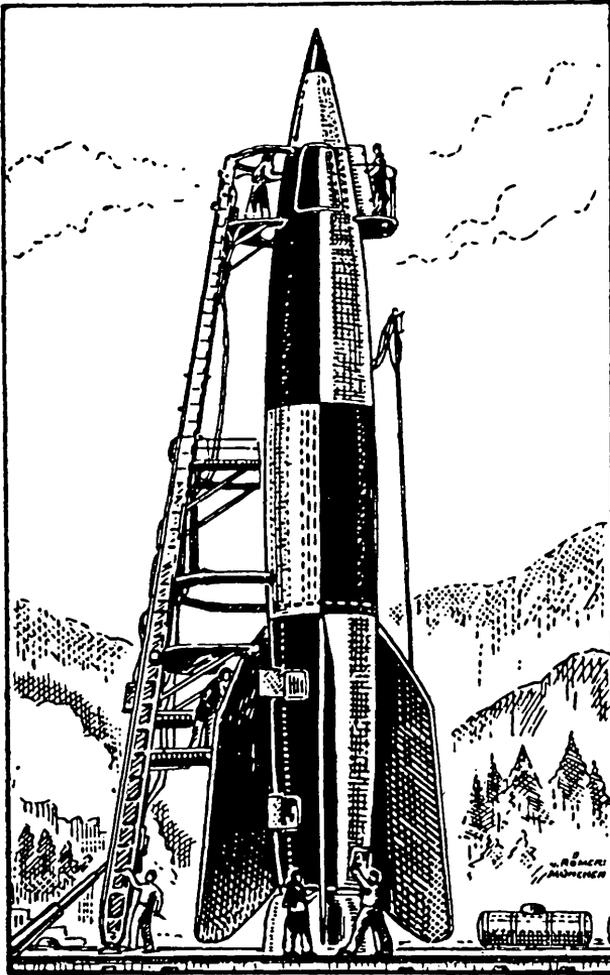


Abb. 40:

Aggregat 4 am Starturm. Die Rakete steht auf einem Ringsockel. Die Leitern und Greifer sollen lediglich den Monteuren den Zutritt ermöglichen. Kurz vor dem Start werden die Leitern zurückgeklappt und das 13 Tonnen schwere Geschöß steigt frei empor.

Das gesamte Unternehmen dauert etwa 6 Minuten, wovon $2\frac{1}{2}$ Minuten auf den Aufstieg und etwa $3\frac{1}{2}$ Minuten auf den Absturz treffen. Die Angaben über die von A 4 gewonnenen Höhen sind widersprechend. Rechnerisch ergibt sich für eine Antriebszeit von 50 Sekunden und eine Höchstgeschwindigkeit von 1700 Metern pro Sekunde eine Wegstrecke von $42\frac{1}{2}$ Kilometern. Dazu kommt die Steighöhe des antriebslosen Weiterflugs mit 151 Kilometern (nach der Tabelle im Anhang Seite 122). Die theoretische Maximalhöhe im luftleeren Raum wäre

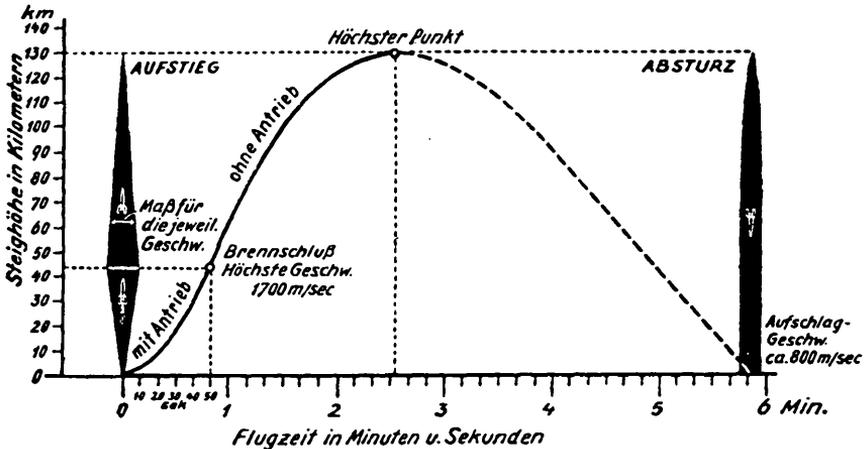


Abb. 41:

Zeit-Weg-Diagramm für den senkrechten Aufstieg einer A 4 Rakete. Das Diagramm ist berechnet aus folgenden Angaben: Brenndauer: 50 Sekunden. Höchstgeschwindigkeit: 1700 Meter pro Sekunde. Gesamtsteighöhe: 130 Kilometer.

also nahezu 200 Kilometer. Der Luftwiderstand reduziert diese Zahl allerdings beträchtlich. Die tatsächlich erreichten Scheitelhöhen dürften 130 bis höchstens 170 Kilometer betragen. Jedenfalls ist die Rakete bereits tief in die E-Schicht der Ionosphäre eingedrungen.

Für den Antrieb der Brennstoffpumpen muß die Rakete natürlich auch einen eigenen Motor mit sich führen. Das ist eine Gasturbine, die von den Dämpfen der chemischen Reaktion von Wasserstoffsperoxyd mit Kaliumpermanganat gespeist wird. Dieser neuen Motorart scheint man eine ziemliche Bedeutung beizumessen; denn Wasserstoffsperoxyd gehört zu den Stoffen, deren industrielle Herstellung unter den Begriff der Kriegsrüstung fällt und daher in Deutschland verboten

ist. Diese Superoxyd-Turbine in der Rakete braucht nur sehr kurzlebig zu sein; binnen einer Minute ist ja der gesamte Treibstoffvorrat verbraucht und ihre Aufgabe erfüllt.

Die Stabilisierung der Rakete, also die Sicherung ihrer senkrechten Achsenstellung, wird begünstigt durch vier große starre Schwanzflossen mit kleineren schwenkbaren Ruderansätzen, von denen einige aus feuerfestem Graphit bestehen und im Gasstrom aus der Düse liegen. Die Steuerung dieser Flossenruder wird durch einen Kompaßkreisel besorgt. Sobald die Achse der Rakete sich etwas neigen will, schlägt die Kreiselachse aus; diese Bewegungen werden durch elektrische Relais auf Ölpumpen übertragen, die sofort die Steuerruder betätigen und die Achsenstellung der Rakete korrigieren.

Durch derartige Kreiselaggregate war es auch möglich, die Kriegsraketen in die Zielrichtung zu steuern. Die genaue Einstellung aller Steuerungsorgane mußte allerdings schon vor dem Start erfolgen; denn die Möglichkeit einer Fernsteuerung durch Funkimpulse beschränkte sich auf die Horizontalsteuerung und auf die sofortige Abstellung der Treibstoffe, falls man merkte, daß die Steuerung versagte.

Das verbesserte Aggregat 4 enthält auch einen kleinen automatischen Kurzwellensender, der auf Radarimpulse anspricht und Funksignale zur Erde gibt. So beantwortet gewissermaßen die Rakete die Fragen der Meßingenieure in den Bodenstationen, die im Umkreis von siebenzig Kilometern um die Startstelle verteilt sind.

Über das dritte Projekt von White-Sands sind Einzelheiten offiziell noch nicht bekannt gegeben worden. Die Geheimhaltung wird hier offenbar schärfer gehandhabt als bei „Wac Corporal“ und „A 4“. Wahrscheinlich handelt es sich hier um Sonderkonstruktionen, die aus den mit A 4 gewonnenen Erfahrungen heraus für den Zweck der Erreichung extremer Höhen entwickelt worden sind. In amerikanischen Presseberichten war von einer Überschreitung der Hundert-Meilen-Grenze die Rede; das sind also 160 bis 170 Kilometer, die man als Höhenrekord bis zum Sommer 1947 annehmen darf. Anfang 1948 aber kamen (aus unverbürgten Quellen) neue Meldungen, die von einem „zweistufigen Aggregat“ berichten, das aus zwei übereinander gestellten Raketen (entsprechend dem alten Oberth'schen Projekt) bestehen und mit der oberen Stufe eine Brennschluß-Geschwindigkeit von 3500 Metern pro Sekunde erreichen soll. Die maximale Steighöhe wird mit 600 Kilometern angegeben. Damit dürfte der Mensch — wenn auch vorläufig nur mit seinen Apparaten — an jene Grenze zwischen Irdi-

schem und Kosmischem gelangen, an der die Physiker die Offenbarung tiefer Erkenntnisse über atomare Vorgänge in der Natur erwarten.

Zunächst muß sich die Forschungsarbeit freilich auf näher liegende Fragen beschränken und überhaupt erst die zahlenmäßigen Grundlagen schaffen. In den durch Raketen bis jetzt erreichbaren Regionen werden Temperaturen und Gasdichten gemessen; man untersucht die Luftzusammensetzungen, die Grade der Ionisierung und die Intensitäten der verschiedenen Komponenten der Sonnen- und Raumstrahlung. Die für diese Forschungen geeigneten Instrumente und Vorrichtungen müssen zum Teil aber erst neu entwickelt werden. Vor allen Dingen hat man Fallschirme konstruiert, die einen Abwurf der Meßinstrumente während des Fluges ermöglichen und ihre kostbare Fracht sicher und unbeschädigt zu Boden bringen, während der Raketenkörper selbst abstürzt und beim Aufschlag auf den Boden zerstört wird.

In den Teil der Rakete, der am Fallschirm zurückkehrt, werden luftleere Kammern eingebaut, die sich in bestimmten Höhen öffnen, wieder schließen und so Original-Luftproben aus der Ionosphäre herunterholen. In sehr hohen Regionen wird diese Methode freilich versagen; denn Gasdichte und Gasdruck in der F2-Schicht sind geringer als im vollendetsten Vakuum, das wir in unseren Laboratorien herzustellen vermögen. Ein Kubikzentimeter gewöhnlicher Luft am Meeresspiegel enthält 27 Trillionen Gasmoleküle; im höchsten künstlich herstellbaren Vakuum sind es immer noch 3 Milliarden — und so würde die „luftleere“ Kammer an der Grenze unserer Atmosphäre eher Moleküle abgeben als solche aufnehmen.

Selbstverständlich müssen auch alle Meßinstrumente, Radiosonden, Fotogeräte, Filme und so weiter vor Hitze und Kälte geschützt werden, und so gibt es noch mancherlei Teilprobleme zu lösen, bis die ideale Registrier-Rakete geschaffen ist, die auf die vielerlei Fragen der Physiker und Meteorologen zuverlässige Antworten herbeizuschaffen vermag.

Da aber all diese Forschungen an die Apparate im Inneren der Rakete gebunden sind, plant man, die Beobachtungsmöglichkeiten durch ein Zusatzunternehmen zu erweitern. Nach einem Projekt, das der kalifornische Professor Zwicky in einem Vortrag in Zürich dargelegt hat, will man in verschiedenen Höhen aus der Rakete künstliche Meteor-Schwärme waagrecht abschießen, und zwar mit Hilfe jener überaus wirksamen „geometrischen Hohlladungen“, die

in den letzten Kriegsjahren mit entsetzlichem Erfolg in verschiedenen Explosivkörpern angewendet worden sind. Mit „Hohlladung“ bezeichnet man eine bestimmte hohlspiegelähnliche Formung der Sprengstoffmasse, mit der erreicht wird, daß die abstrahlende Explosionswelle in eine bestimmte Richtung zusammengefaßt wird, wie etwa die Lichtstrahlen durch den Scheinwerfer. Die von der Hohlladung mit rasender Geschwindigkeit abgeschleuderten Meteoriten werden in der Hitze der Luftreibung glühend; ihre Flugbahnen können beobachtet und fotografisch aufgenommen werden, und zwar von allen Sternwarten, die nicht weiter als etwa 1100 Kilometer entfernt liegen und daher noch nicht von der Kugelaufwölbung der Erdoberfläche verdeckt werden. Dazu zählt auch das berühmte Palomar-Observatorium in Kalifornien, das den größten Spiegelreflektor der Welt zur Verfügung hat.

Da man im Gegensatz zum natürlichen Meteor- und Sternschnuppenfall den Ort und den Zeitpunkt des Aufflammens genau kennt und auch über die Abschuß-Geschwindigkeiten, Massen und Materialzusammensetzungen unterrichtet ist, kann nicht nur sehr genau beobachtet werden, sondern es ist auch möglich, aus den Bahnformen, der Leuchtdauer und besonders aus den spektral-analytischen Untersuchungen des Lichtscheins ziemlich sichere Rückschlüsse auf die Beschaffenheit der von den Meteoren durchflogenen Luftschichten zu ziehen.

Die Explosionswirkung der Hohlladungen erzeugt Geschwindigkeiten, die alle anderen Geschwindigkeiten von Geschossen und Sprengstücken weit übertreffen. Es ist daher denkbar, daß einzelne der künstlichen Meteore die Fluchtgeschwindigkeit der Erde erreichen, zumal sie ja in hundert und mehr Kilometern Höhe einen nennenswerten Luftwiderstand nicht mehr zu überwinden haben. Die Folge wäre ein Entweichen hinaus in den Weltenraum oder wenigstens eine dauernde Umkreisung der Erde. Nach unverbürgten Meldungen, die Ende 1947 über Frankreich zu uns durchsickerten, soll ein derartiger Versuch bereits geglückt sein. Ob diese Nachricht zutrifft oder nicht — es ist jedenfalls sehr wahrscheinlich, daß die Entwicklung zum Weltraumflug mit künstlichen Meteoren beginnen wird. Sie werden die ersten Körper sein, die von menschlicher Absicht geleitet die Erde verlassen und den „Schuß ins All“ verwirklichen. Vielleicht kann man sogar (nach Professor Zwicky) die Flugrichtung solcher Meteore so beeinflussen, daß die Wahrscheinlichkeit eines Aufschlages auf den Mond besteht. Die Beob-

achtung solcher Einschläge mit den modernsten Mitteln der Astronomie würde eine neue und überaus spannende Phase der wissenschaftlichen Forschung einleiten, an deren Ergebnissen die Physiker, die Meteorologen, die Astronomen, die Astrophysiker und sogar die Biologen aufs höchste interessiert sein werden.

Die wenigen Groraketen, die bis heute zur Verfügung stehen, können alle diese Aufgaben natürlich nicht erfüllen. Aber man wird neue, billigere Apparate in großer Anzahl bauen und mit ihnen die Wissenschaft immer näher heranführen an die Schwelle neuer Erkenntnisse, deren Bedeutung wahrscheinlich noch ungeheuerlicher sein wird als die Möglichkeiten, die sich aus den Atomreaktionen im Uranmetall ergeben haben.

Und gleichzeitig verwirklicht sich damit Schritt um Schritt der alte Gedanke vom Menschenflug in den Weltenraum. 1927 noch ein Traum — 1947 eine ernsthaft diskutierbare technische Möglichkeit — 1957 vielleicht schon ein Projekt.

Dreizehntes Kapitel

Erlebnisse im Weltenraum

Die Fahrt ins All wird den Reisenden eine Fülle höchst seltsamer Erlebnisse bescheren; aber Abenteuer im üblichen Sinne werden sie wohl kaum zu bestehen haben. Die Reise muß, wenn sie überhaupt gelingen soll, sich mit einer streng naturgesetzlichen Planmäßigkeit vollziehen, die jedes unerwartete Ereignis von vorneherein ausschließt. Es sei denn, daß einmal eine Landung auf einem anderen Himmelskörper versucht werden sollte. Über dieses Problem aber wollen wir hier nicht diskutieren; es liegt in noch zu weiter zeitlicher Ferne. Wir beschränken uns auf die Schilderung von Erscheinungen während einer Erkundungsfahrt, die um den Mond herum und wieder zurück zur Erde führt und insgesamt zehn bis elf Tage in Anspruch nimmt.

Die Abfahrt wird zweckmäßig in jene Zeit gelegt, in welcher der Mond zur Sichel geschwunden ist, also fünf bis sechs Tage vor Neumond. Denn dann trifft das Raumschiff gerade zur Neumondzeit am Ziele ein, wenn also der Mond zwischen Erde und Sonne steht. Da uns der Mond stets dieselbe Seite zuwendet, ist seine erdabgewandte „Rückseite“ noch völlig unbekannt. Gerade diese unbekannte Hemisphäre aber liegt bei Neumond in vollem Sonnenlicht und den Raumfahrern zeigen sich Mondlandschaften, die noch keines Menschen Auge gesehen hat.

Würde hingegen der Start zum Vollmond erfolgen, so würde auf der unbekanntan Mondhälfte tiefe Nacht herrschen und die Expedition würde kaum mehr erfahren, als man ohnehin schon von der Erde aus festgestellt hat. Man kennt ja heute zum Beispiel die Höhen der Mondberge schon bis auf fünf Meter genau.

Das Raumschiff startet also etwa fünf Tage vor Neumond, und zwar in der auf Seite 41 erwähnten Synergiekurve, die den geringstmöglichen Treibstoffaufwand erfordert. Dies bedingt allerdings, daß der Aufstieg

an der sonnenabgekehrten Erdseite, also bei Nacht, erfolgt — in unseren Breiten etwa drei Viertelstunden nach Mitternacht. Die Flugbahn des Raumschiffes gestaltet sich dann etwa so, wie es die Abbildungen 42 und 43 zeigen.

Die erste Viertelstunde der Reise verläuft im Erdschatten. In den Fensterluken des Raumschiffes steht schwarze Nacht. Die Sterne ringsum leuchten in einem ruhigen, völlig flimmerfreien Glanze und merklich heller als in den klarsten irdischen Winternächten. Es fehlt die Luft, die einen großen Teil der Strahlung absorbiert.

Nur nach unten zu sind keine Sterne zu sehen. Es ist, als habe sich ein riesenhafter, tief-schwarzer Rundteppich vor die Himmelslichter gelegt. Dieser Teppich ist die Erde, die bereits viele Hunderte von Kilometern unter uns liegt.

Der Mond bietet noch nicht viel des Interessanten. Er leuchtet zwar viel heller und seine Flecken und Zeichnungen treten deutlicher hervor als sonst, aber es sind die gleichen Landschaften, die wir von der Erde her schon kennen. Sie können uns dazu dienen, unsere eigene Stellung im Raume sehr genau zu ermitteln und dabei auch die Zuverlässigkeit unserer Instrumente zu kontrollieren. Von einer scheinbaren Vergrößerung des Mondes ist aber noch nichts zu erkennen. Und so sind in den ersten Minuten unserer Reise die Beobachtungen im elektrisch beleuchteten Inneren der Passagierkabine fesselnder als der Blick hinaus in den Raum der Welten.

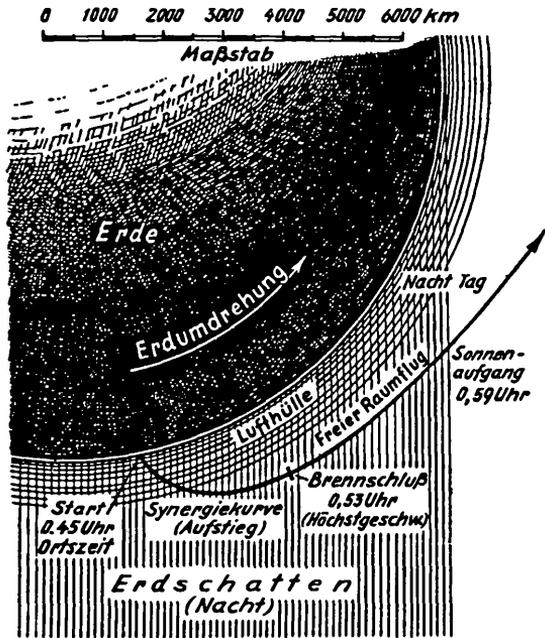


Abb. 42:
Der Start des Raumschiffes erfolgt auf der Nachtseite der Erde in einer Synergiekurve, die zunächst um einen Teil des Erdballs herumführt.

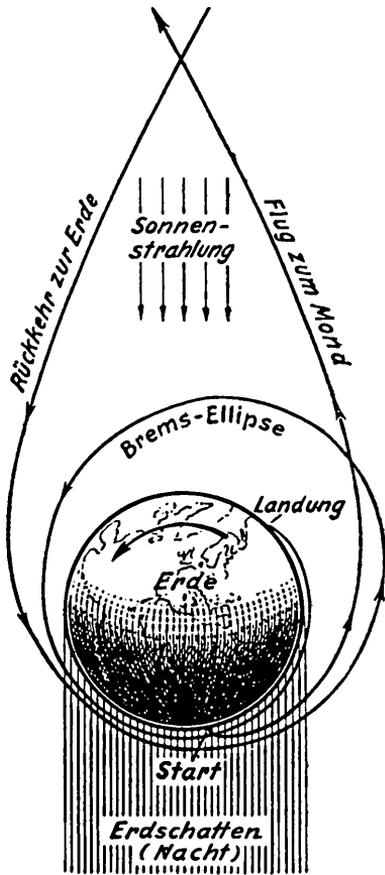


Abb. 43:

Nach dem nächtlichen Start nimmt das Raumschiff die Richtung (sonnenwärts), in welcher der Mond als Neumond stehen wird, wenn das Raumschiff an der Mondbahn eintrifft. (Vergl. Abb. 12 auf Seite 33!)

Bei der Rückkehr muß erst eine Bremsellipse (oder auch mehrere) um den Erdball durchlaufen werden, bis die Geschwindigkeit sich so weit vermindert hat, daß eine Landung möglich wird. (Vergl. Abb. 24 auf Seite 55!)

Wir folgen nun einigen Schilderungen aus der schon einmal erwähnten Erzählung „Hans Hardts Mondfahrt“. Der Aufstieg des Raumschiffes „Wieland“ ist geglückt und es rast nun im Erdschatten hinaus in den Raum.

— — da geschah etwas Erstaunliches. Dem Doktor war es, als träumte er. Träumte den alten, immer wiederkehrenden Jugendtraum, er könne fliegen, sich lediglich durch Schwimmbewegungen der Arme und Beine emporheben über Bäume und Häuser, in herrlicher Ungebundenheit fortschweben über Berge und Täler, im jauchzenden Sieg über die Macht der Erde. Und unwillkürlich zog er die Knie an den Leib und stieß dann die Beine nach unten.

Er erschrak fürchterlich, als ein unsanfter Hieb über den Kopf seinen Traum jäh unterbrach. Er sah wirr um sich und fand, daß er mit dem Kopf heftig an die Kabinendecke angestoßen war, und nun langsam, ganz langsam, wieder zu Boden sank.

„Um Gotteswillen, Hans, wo bin ich denn?“ rief er verduzt. Aus irgend einer Ecke kam herzhaftes Lachen.

„Was mußst du auch solche Gewaltsprünge machen, Onkel Alex“, sagte Hans Hardt und er ahmte dabei den nörgelnden Ton einer Gouvernante nach. „Ein artiger Onkel hüpfst nicht so herum!“ Und er packte den Doktor am Bein und zog ihn

vollends zu Boden. „Du mußt deine herkulische Muskelkraft im Zaume halten, sonst gibt es Beulen!“

Mit ganz vorsichtigen, ängstlich schleichenden Schritten pirschte sich Doktor Alexander Hardt an die Wand und dort hielt er sich krampfhaft fest. „Ich glaubte zu träumen“, sagte er beklommen.

Zwar war er von seinem Neffen längst auf die kommende Erscheinung der Schwerfreiheit aufmerksam gemacht worden; aber nun, da das Ereignis eingetreten war, hatte ihn doch ein heftiger Schrecken ergriffen. Während er am Fenster gestanden war, hatte Hans Hardt den Gashebel wieder um ein gutes Stück zurückgeschoben und so den Andruck noch weiter beträchtlich vermindert. Die Rakete vollständig abzustellen, war noch nicht ratsam, so sehr es auch im Interesse der Treibstoffersparnis gelegen hätte. Wenn auch der nun noch gebliebene Andruck nur einen ganz kleinen Bruchteil der normalen Erdschwere ausmachte, so war doch immerhin noch ein gewisser Zug nach unten vorhanden und den Raumfahrern blieb Zeit, sich auf den Zustand der vollkommenen Gewichtslosigkeit einigermaßen vorzubereiten.

Alle Dinge im „Wieland“ hatten nun den größten Teil ihres Gewichtes eingebüßt. Die Menschen waren so leicht geworden, als bestünden sie aus Papier; aber ihre Muskelkraft war natürlich unverändert geblieben, und so mußte jeder unvorsichtige Schritt in einen mächtigen Hochsprung ausarten.

Die Leiter von der Schlafkammer hinauf zum Beobachterraum nahm nun auch der bejahrte Doktor Alex in einem einzigen Sprung, der umgekehrte Weg gestaltete sich zu einem sanften Abwärtsgleiten durch die Luft. Alles schwebte nur mehr im Schiff umher und die häufigen Au-Rufe von der Decke her bewiesen, daß der Mensch sich nur schwer dazu verstehen kann, seine ihm von der irdischen Natur verliehenen Muskelkräfte nicht zu gebrauchen.

Die beste Folge der starken Schwereverminderung aber war eine unverkennbare Freiheit von Unlustgefühlen jeder Art und sie äußerte sich in einer prachtvoll-fröhlichen, ja geradezu jugenhaft-übermütigen Stimmung der drei einsamen Menschen. Der Anderl grinste, Onkel Alex lachte in einer Stunde mehr als sonst in einem Monat und Hans Hardt zeigte das verschmitzt-fröhliche Gesicht eines Oberschülers, der dem Klassenlehrer eine Tüte voll Maikäfer in die Manteltasche praktiziert hat.

„Heute bin ich um weitere zwanzig Jahre jünger geworden“, rief Alex, während er wie ein Geist auf den Neffen zuschwebte.

„Nun mach' aber Schluß, Onkel Alex“, erwiderte der Ingenieur lachend. „Für Säuglingspflege ist der Anderl nicht ausgebildet worden.“

„Weißt du, was wir machen? Wir bauen hier in der Nähe ein kosmisches Sanatorium für Griesgrämige. Hier müssen ja die abgenagtesten Schinkenknochen vor Vergnügen zu singen beginnen!“

„Die eher als ein richtiger Grandler! Denn der wird höchstens seiner verlorenen schlechten Laune nachtrauern!“

Ein lauter Ruf Anderls schnitt die „Debatte“ ab. „Seht da unten — den Feuerbogen!“

Sofort lagen alle drei Raumfahrer an den Fenstern. In der Tiefe, am Rande der sternenlosen Stelle des Firmaments, flammte ein ungeheurer halbkreisförmiger Feuerkranz auf: die Erde! Die Strahlen der noch hinter ihr stehenden Sonne streiften die Ausläufer der irdischen Lufthülle und erzeugten in ihr ein gleißendes Kronlicht, das sich allmählich verstärkte. Es sah aus, als sei die Erdscheibe, die sich in der augenblicklichen Entfernung zum Mond verhielt, wie eine runde Tischplatte zu einem Reißnagelkopf, — als sei diese schwarze Riesenscheibe am Rande ins Glühen geraten.

„Sonnenaufgang im Weltenraum!“ flüsterte Doktor Hardt ergriffen. „Das hat vor uns noch keines Menschen Auge gesehen.“

Der Glanz der aufflammenden Erdsichel nahm zu. Kreisrund und tiefschwarz hob sich der Rand des Heimatplaneten vom Lichtmeer der Korona ab. Am Scheitel des Bogens aber vereinigten sich die Lichtgarben bald zu einem so blendend hellen Punkt, daß die Augen den Anblick ungeschützt nicht mehr ertragen konnten, und langsam schob sich die Sonne hinter der Erde hervor.

„Nun ist der Tag für uns angebrochen“, sagte Hans Hardt mit einem Blick auf die Uhr. Sie zeigte 14 Minuten und 23 Sekunden nach dem Start.

Tageshelle durchflutete nun den Beobachterraum. Schräg von der Seite her drangen die Sonnenstrahlen durch die runden Lukenfenster ein und warfen grelle Lichtflecke an die Wand. Das Tageslicht war eingekehrt und von nun an sollte es den Raumfahrern treu bleiben auf ihrer ganzen weiteren Reise.

Doch der Tag erschien anders als auf der Erde. Kein blauer Himmel spannte sich über das einsame Schiff, nachtschwarz blieb das Firmament und überall leuchtete ruhig das Gewimmel der Sterne. Selbst in nächster Nähe der Sonne waren alle Sterne noch zu erkennen, wenn man nur die weißglühende Scheibe mit dem Daumen abblendete. Wäre

dem Kopernikus einst ein solches Schiff zur Verfügung gestanden, er hätte nicht ins Grab sinken müssen, ohne den sonnennahen Planeten Merkur gesehen zu haben.

Alles, was unmittelbar von den Sonnenstrahlen getroffen wurde, leuchtete in übernatürlicher Helligkeit. Die Außenrahmen der Fensterluken auf der Sonnenseite schienen zu glühen; aber in den Fenstern gegenüber stand nächtliche Finsternis. Wie bei jedem Planeten und bei jedem Mond herrschte auf der einen Seite des Raumschiffes heller, ewig wolkenloser Tag, während die andere Seite in der dunklen Nacht verharrte. Der „Wieland“ war nun völlig zum Himmelskörper geworden und der letzten Einwirkung der Erde, ihrem Schatten, entronnen.

— — —

Unaufhaltsam verfolgte das einsame Schiff seine kosmische Flugbahn und jede Stunde vergrößerte den Abstand von der Erde um viele Tausende von Kilometern. Langsam, fast unmerklich, wurde die Erdsichel kleiner. Aus dem Winkelmaß der Hörnerspitzen konnte die augenblickliche Entfernung jederzeit mit großer Genauigkeit bestimmt werden. In demselben Maße jedoch, in dem sich die Sichel verkleinerte, wurde sie voller und breiter. Soweit nicht Wolkendecken den Einblick verwehrten, waren auf dem beleuchteten Teil der Erdkugel deutlich die Formen der Kontinente zu unterscheiden. Ihre Umrisse zeichneten sich auf den dunkleren Meeren scharf ab. Das stumpfe Grün gelb der Festlandmassen ging in der Gegend nördlich des Wendekreises in ein rötliches Weiß über. Die Nordhalbkugel lag unter Schnee. Der Nordpol selbst aber blieb im Dunkel der Polarnacht verborgen.

Stundenlang saß Alex am Okular des Bordfernrohres, das nun steil nach unten gerichtet war, und beobachtete, wie die Erdteile an der inneren Lichtgrenze langsam aus dem Dunkel auftauchten, über die helle Sichel glitten und im Dunst ihres Randes wieder verschwanden. Die Drehung der Erdkugel war so gut zu beobachten, wie man von der Erde aus mit einiger Geduld das Versinken des untergehenden Mondes verfolgen kann. Im Fernrohr waren die Schatten der großen Gebirgszüge und stellenweise auch die Läufe der breiten Ströme noch deutlich zu erkennen.

„Von hier aus gesehen“, meinte der Doktor einmal, „wird einem erst so recht klar, daß unser Planet eigentlich keine Erdkugel mit Meeren ist, sondern eine Wasserkugel mit einigen großen Inseln darin.“

„Ja, das feste Land macht nur achtundzwanzig Prozent der unver-eisten Erdoberfläche aus“, ergänzte Hardt.

„Und von diesem bißchen Festland sind noch große Teile aus-gedehnte, vertrocknete Wüsten oder undurchdringliche Urwälder. Wären wir nie auf der Erde gewesen, so müßten wir dazu neigen, diesen Planeten für einen nahezu unbewohnbaren Stern zu halten.“

„Ein genügend leistungsfähiges Teleskop würde aber diesen Trug-schluß bald widerlegen“, wandte Hardt lächelnd ein. „Gedulde dich noch eine kleine Weile, Onkel Alex, dann wirst du ein Wunderrohr zur Verfügung haben, mit dem vielleicht sogar einzelne Gebäude da unten noch auszumachen sind. Hier gibt es ja keine trübe, licht-verzehrende Luft, die uns hindern könnte, nahezu beliebige Ver-größerungen anzuwenden.“

— — —

Immer mehr drosselte Hans Hardt die Düsentätigkeit der Rakete ab und in demselben Maße schwand der Andruck. Für den Koch begann nun ein freudenvolles Dasein. Er konnte Teller und Tassen nach Be-lieben fallen lassen; sie schwebten so langsam zu Boden, daß nichts mehr zerbrach. Doch als er den Hahn des Wasserboilers aufdrehte, machte er eine unheimliche Erfahrung. Zwar sprühte unter dem Dampfdruck der Wasserstrahl wie sonst in die Schüssel, aber die Tropfen sprangen wieder ab, stiegen empor und ballten sich zu einer frei schwebenden Flüssigkeitskugel, die wie eine Seifenblase langsam durch den Raum zog und schließlich zu Boden sank, wo sie allmählich im Zeitlupentempo zu einer Wasserlache zerfloß. Die Flüssigkeiten zeigten sich überhaupt recht widerspenstig. Wollte man eine Flasche Bier ins Glas gießen, so mußte man durch einen schnellen Ruck das Bier aus der Flasche herausschleudern und dann auf die umher-schwebende Bierkugel eine Jagd mit dem Glase unternehmen wie etwa mit dem Netz auf einen Schmetterling.

Bei Tisch entstanden tolle Szenen. Die Suppe schwamm wie ein Geschwader kleiner Flüssigkeitskugeln in der Luft umher, bis man lernte, den Löffel behutsam zum Munde zu führen. Ein unbeabsichtig-ter leichter Stoß gegen das Tischbein hob im wörtlichsten Sinn die Tafel auf, und der Aufbruch nach dem Essen erzeugte ein wildes Durcheinander von im Raume wirbelnden Stühlen, Schüsseln und Menschen.

„Sage mir doch, Hans, wieviel wiege ich denn nun eigentlich?“ rief Alex durch den Lärm.

„Wir haben zehn Zentimeter Beschleunigungsandruck!“

„Nach meinem Gewicht habe ich gefragt, nicht nach meiner Körperlänge!“

„Zehn Zentimeter Beschleunigung ist ein Hundertstel der normalen Schwerkraft. Was auf Erden einen Zentner wiegt, ist hier jetzt auf

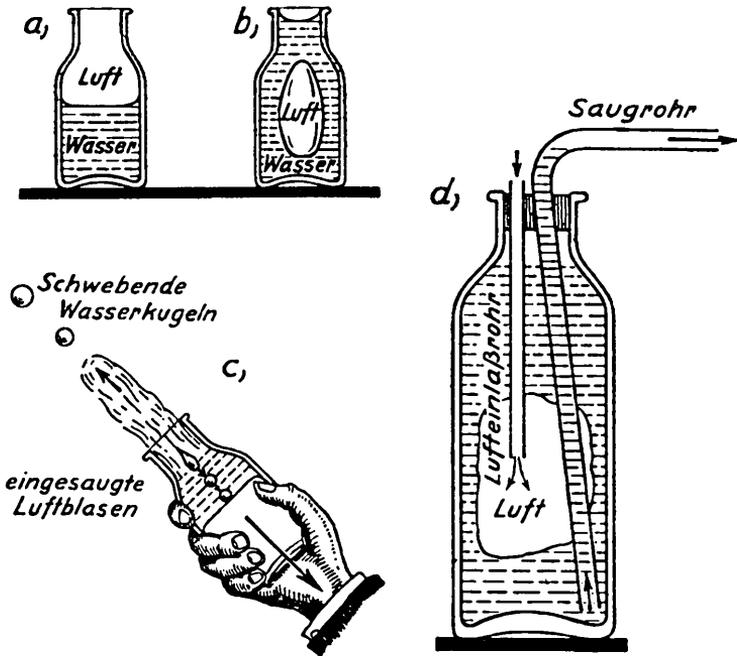


Abb. 44:

Flüssigkeiten in der Schwerelosigkeit.

- a) Eine halb gefüllte Flasche in normalem Zustand.
- b) Dieselbe Flasche gewichtslos.
- c) Leerung einer Flasche durch ruckartiges Zurückziehen.
- d) Das ideale Trinkgefäß: die Saugflasche mit Lufteinlaßrohr.

ein Pfund zusammengeschmolzen. Wird es ein Pfund werden bei dir, Onkel Alex?“

Zur Vermeidung von Unheil schraubte nun der Anderl alle Möbelstücke am Boden fest. Überall an den Wänden und an der Decke brachte er ähnlich wie in der Straßenbahn Lederschlaufen an, an denen

man sich festhalten und von Ort zu Ort ziehen konnte. So kehrte einigermaßen wieder Ordnung ein in der Führerkabine des „Wieland“.*)

— — —

Hans Hardt und der Doktor hatten sich zu einem Ruhestündchen auf die Matratzen gelegt. Freilich mußten sie sich mit Riemen fest-schnallen; sonst wäre es kaum möglich gewesen, ruhig auf den Plätzen zu verharren. Die schwächste Bewegung hätte sie wie Flaumfedern aufwirbeln lassen.

„Hans“, unterbrach Alex die Stille, „mir ist etwas nicht ganz klar.“

„Das wundert mich nicht“, erwiderte der Neffe. „Auch mir ist man-cherlei noch recht rätselhaft.“

„Ich meine diese Gewichtsverminderung. Denn wenn ich jetzt auch nur mehr ein Pfund wiege, so ist das doch kein Grund, so engelhaft umherzuschweben. Ein Pfund ist doch immerhin ein Gewicht, das sehr schnell zu Boden zu fallen pfllegt.“

„Gewiß! Aber was ist Gewicht? Erlaube eine kleine Physiklektion, Onkel Alex! Gewicht ist Druck auf die Unterlage, also verhinderte Bewegung. Kann ein Körper der Erdanziehung frei folgen, so hat er kein Gewicht mehr sondern eine Beschleunigung. Ein stürzender Dach-ziegel durchfällt in der ersten Sekunde 5 Meter, in der zweiten 15 Meter, in der dritten 25 Meter und so fort — in jeder Sekunde immer um 10 Meter mehr als in der vorhergegangenen. Genauer: 9,81 Meter! Du wirst dich von der Schule her noch an diese Zahl 9,81 erinnern. Man nennt sie die normale Erdbeschleunigung und bezeichnet sie mit dem Buchstaben g. Der Ziegel fällt also in den ersten drei Sekunden insgesamt 45 Meter tief. Wenn nun die Dinge in unserem ‚Wieland‘ nur mehr dem hundertsten Teil der normalen Schwerkraft unterliegen, so durchfallen sie in den ersten drei Sekunden eben nicht 45 Meter sondern nur ebensoviele Zentimeter. In drei Sekunden ein halber Meter — das ist aber kein Stürzen mehr sondern ein saches Herab-schweben.“

„Gut, das ist klar! Und diese Zustände verdanken wir also unserer großen Entfernung von der Erde, in der eben die Anziehung nur mehr schwach wirksam ist.“

„Dieser Schluß liegt nahe, aber es ist nicht so! Unseren Rest von Gewicht verdanken wir einzig und allein der Tätigkeit unserer Düsen.“

*) Der wirkliche Hans Hardt der Zukunft wird dies alles schon vorher bedenken und die Einrichtung des Baumschiffes von vorneherein der Schwerefreiheit anpassen.

„Willst du damit sagen, daß wir gewichtslos sind, sobald es dir beliebt, den Gashebel auf Null zu stellen?“

„Genau das will ich damit sagen, lieber Onkel Alex“, bestätigte Hardt seelenruhig.

„Aber Hans! Du kannst doch mit deinen famosen Maschinen nicht einfach die Anziehung der Erde auslöschen!“

„Selbstverständlich kann ich das nicht“, erwiderte lächelnd der Ingenieur. „Die Anziehungskraft bleibt wirksam, wenn auch nur mehr schwach in dieser Entfernung. Aber wenn ich die Düsen abstelle, so gibt doch unser Raumschiff mit allem, was darin ist, der Erdanziehung völlig nach. Es wird zum frei fallenden Stein, der nicht unterstützt und daher gewichtslos ist.“

„Nette Aussichten! Dann sausen wir also wieder hinunter zum Bodensee?“

„Davor bewahrt uns unsere hohe, beim Aufstieg mühsam genug erkämpfte Geschwindigkeit. Wohl fallen wir frei, aber nicht mit zunehmender Geschwindigkeit nach unten, sondern mit abnehmender Geschwindigkeit nach oben.“

„Fallen nach oben — ?“ Alex suchte nach einer geharnischten Erwidering; aber er kam nicht mehr dazu. Denn Hans Hardt rief den Anderl an: „Ich glaube, wir können es jetzt riskieren, die Düsen völlig abzustellen, Anderl“, sagte er ruhig, und der Monteur glitt zum Hauptschaltbrett hinüber.

— — —

Der letzte leise Andruck war verschwunden und ein „oben“ und „unten“ gab es nicht mehr. Was im Schiff nicht angeschraubt war, schwebte frei in den Kammern umher. Die drei Raumfahrer schwammen in der Kabinenluft wie Fische im Wasser; aber um vorwärts zu kommen half das Rudern mit Armen und Beinen sehr wenig. Man mußte sich an den Wänden, Decken und Fußböden entlang ziehen. Der Begriff des Ruhebetts wurde sinnlos; es hätte ja geradezu Anstrengungen erfordert, sich auf dem Bett zu halten. Man schlief irgendwo schwebend und es war dabei vollkommen gleichgültig, ob der Kopf zum Fußboden hin zeigte oder zur Decke.

Unter solchen Umständen konnte es kein allzu großes Wagnis mehr bedeuten, den „Wieland“ auch einmal zu einem Ausflug im wahrsten Sinne des Wortes zu verlassen. Denn ob man in den Innenräumen gewichtslos umherschwebte oder draußen neben dem Schiff, das konnte kein großer Unterschied mehr sein.

Im Führerraum lagen die luftdichten Raumtaucheranzüge bereit. Hardt war schon angekleidet; nur den Helm hielt er noch in der Hand und er untersuchte sorgfältig den darin eingebauten Lufterzeuger. Dem Doktor war der Gedanke, das schützende Schiff zu verlassen und sich draußen dem Nichts anzuvertrauen, höchst unbehaglich.

„Werden wir denn nicht hinter dem ‚Wieland‘ zurückbleiben?“ fragte er voller Bedenken.

„Warum sollten wir? Solange die Rakete nicht arbeitet, gravitieren wir draußen genau so wie im Innern und bleiben relativ zum Schiff in Ruhe. Wir sind dann in derselben Lage wie der Rucksack eines abstürzenden Bergsteigers. Auch der entfernt sich nicht von seinem Besitzer. Es kann nichts passieren, wenn nur die Schutzanzüge den inneren Luftdruck halten. Und das tun sie.“

„Ja, ja“, erwiderte Alex, „man gewöhnt sich schließlich an den Gedanken, daß unser Leben weniger an einem Haar als an deinen mathematischen Formeln hängt. Und der Tod wäre nichts als ein Rechenfehler.“

„Ist es denn auf der Erde anders?“ gab Hans Hardt lachend zurück.

Dann erklärte er die Handhabung des Fernsprechkabels, das auf einer umzuschnallenden Spule aufgerollt war. Das innere Kabelende lief in den Helm und war dort an Mikrofon und Kopfhörer angeschlossen; das andere Ende sollte draußen mit einer Kupplung neben der Luftschleuse verbunden werden.

„Vergiß ja nicht“, beendete Hardt seine Unterweisungen, „in erster Linie das Kabel anzuschließen. Dann können wir miteinander sprechen und stehen auch mit dem Anderl im Schiff in Verbindung. Außerdem können wir uns am Kabel leicht wieder zum Schiff zurückziehen. Solltest du aber die geringsten Atmungsbeschwerden haben, so kehrst du schon in der Luftschleuse sofort wieder um. Also los!“

Nun wurden die Helme aufgesetzt und festgeschraubt. Der Anderl öffnete die Innenschotte der Luftschleuse und ließ die beiden schwerfälligen Gestalten hineinschweben. Dann schloß Hardt die Türe von innen und drehte an einem Ventil, durch das pfeifend die Luft aus der Schleuse nach außen entwich. *) Die beiden Taucheranzüge blähten sich durch den inneren Überdruck stark auf und füllten die enge Schleusen-

*) Es wäre besser, die Luft nicht in den Weltenraum entweichen zu lassen. Denn das Ausströmen beeinträchtigt durch den Rückstoß des Gasstrahls die Fahrgenauigkeit und außerdem geht die Luft dabei verloren. Man sollte die Luft in eine Druckflasche oder in das Schiffsinne zurückpumpen.

kammer vollständig aus. Dann öffnete Hardt die Außentüre und die Männer glitten hinaus in den Raum.

Alex hielt sich am Lukenrand fest und suchte nach der Steckdose. Kaum hatte er sein Kabel angeschlossen, da hörte er auch schon Hans Hardts Stimme, die aus weiter Ferne zu kommen schien, obwohl der Gefährte sich in Greifweite neben ihm befand. Nun faßten sich die beiden Gestalten an den lederbekleideten Händen und begannen, um den „Wieland“ herumzukriechen, wobei die Drähte leicht von den Spulen abliefen. Aber nur mit Mühe gelang es, mit der Schiffswand in Fühlung zu bleiben, und als Onkel Alex einmal eine unbedacht heftige Bewegung machte, ging ihm das Gleichgewicht verloren. Sachte löste er sich vom Schiff und schwebte langsam in den Raum hinaus. Auch Hans Hardt konnte sich nicht mehr am Schiffskörper halten und er schwebte seinem Onkel nach.

Nach einer Minute waren die Kabel in ihrer ganzen Länge abgelaufen. Sie spannten sich und hielten die zwei aufgeblähten Gestalten wie Fesselballone in einer Entfernung von hundert Metern fest. In blendend hellem Glanze schimmerten die sonnenbestrahlten Anzüge und Helme vor dem Hintergrund des tiefschwarzen Himmels. Tag und Nacht waren ein widersinnig scheinendes Bündnis eingegangen.

Der „Wieland“ sah aus wie ein riesiger Fisch, ein glitzerndes Ungeheuer, das im Raume schwamm.

„Wenn es dem Anderl jetzt in einem Anfall von Wahnsinn einfiel, die Düse auch nur mit Zehntel-Kraft anzulassen, würden unsere Kabel reißen und wir wären selbständige Himmelskörper — allein im unendlichen Weltenraum“, sagte Hardt, um den Onkel zu necken.

„Angenommen, sie reißen aus irgend einem anderen Grunde. Wie kämen wir da zum Schiff zurück?“

„In der Tasche deines pneumatischen Anzugs findest du eine kleine Repetier-Pistole. Gib einen Schuß ab und der Rückstoß wird dich in Bewegung setzen. Schieße aber nicht auf das Schiff, sondern in die entgegengesetzte Richtung!“

„Ich werde mich hüten, unseren ‚Wieland‘ zu durchlöchern.“

„Das würde dir mit den Platzpatronen auch schwerlich gelingen“, meinte Hardt vergnügt. „Aber wenn du nach rechts anfahren willst, mußt du nach links schießen. Das hat eben der Rückstoß so an sich. Natürlich kannst du dich auch am Kabel zurückziehen; aber es ist gut, wenn wir uns im Richtungsschießen ein wenig einüben. Man kann nie wissen — —“

Alex folgte dem Rat und war nach kurzer Zeit wieder an der Einstiegsluke angelangt. Durch den Erfolg des Richtungsschusses sicher gemacht, stieß er sich gleich wieder von der Schiffswand ab und ließ sich frei im Raume treiben. Ein herrliches Gefühl ungebundener Freiheit durchströmte ihn. Er hätte jubeln mögen, trotz seiner achtundvierzig Jahre. Es war traumhaft schön, dieses mühelose Schweben und Gleiten, dieses Flimmern und Schimmern seiner Glieder im Lichtbad einer überirdisch gleißenden Sonne. Und rings herum stand das sternübersäte nachtschwarze Firmament. Es war, als schwebte er im Mittelpunkt des Weltalls.

Die Rückkehr ins Schiff ging in der gleichen Weise vor sich wie der Austritt. In der Schleuse angelangt, schloß Hardt die Außentüre; dann ließ er durch ein Ventil Luft aus dem Schiffsinnern in die kleine Kabine einströmen, bis der Druck ausgeglichen war. Die Innentüre war dann leicht zu öffnen und die Ausflügler konnten die Rüstung ablegen und ohne Telefon ihre Erfahrungen besprechen.

„Fabelhaft war es“, rief Alex voller Begeisterung, „und von der sagenhaften Weltenraumkälte habe ich wirklich nichts gespürt.“

„Ja, die Luftschicht in der prall gefüllten Hülle und der polierte Außenbelag schützen wie eine Thermosflasche recht gut vor Wärmeverlusten“, stellte Hans Hardt befriedigt fest. „Nur dürfen wir natürlich nicht allzu lange draußen bleiben.“

— — —

In den nächsten Stunden gingen nun Hardt und Anderl daran, das versprochene Riesenfernrohr zu bauen. Ein mehrere Meter hoher Hohlspiegel aus Silberblech wurde an langen Metallbändern einige Hundert Meter weit vom „Wieland“ abgestreckt, ein Okular am Fenster des Beobachterraumes wurde auf den Hohlspiegel gerichtet und das Teleskop war fertig. Nicht weit vom Hohlspiegel wurde dann ein zweiter ebener Spiegel angebracht, der durch einen Schnurzug nach allen Seiten geschwenkt werden konnte, um die Bilder der gesuchten Objekte in den Hohlspiegel zu werfen. So war es möglich, das „Fernrohr“ auf gewünschte Punkte einzustellen.

Es bereitete einen unbeschreiblichen Genuß, mit diesem primitiven, aber vieltausendmal vergrößernden Reflektor die Erde abzusuchen. Die beherrschenden großen Bauten der Städte waren eben noch erkennbar; nur führte die Drehung der Erde die eingestellten Punkte stets so schnell aus dem Gesichtskreis, daß es schwierig war, mit Hilfe des Schnurzugs den Objekten zu folgen. Aber Doktor Alex ließ es sich

nicht verdrießen, diese Übungen so lange zu wiederholen, bis es ihm tatsächlich gelang, auslaufende Schiffe zu beobachten.

Mehr und mehr aber gewöhnten sich die Raumfahrer daran, die meiste Zeit außerhalb des „Wieland“ zu verbringen. Wer nicht durch Dienst im Schiff beschäftigt war, kletterte an der Außenwand umher oder tummelte sich im Äther, müheloser als ein Vogel in der Luft, und übte sich im Pistolenschießen. Besonders der Anderl hatte darin eine solche Fertigkeit erlangt, daß er längst auf das Kabel verzichtete und zuweilen kilometerweite freie Abstecher unternahm. Hans Hardt mußte ihn ernstlich verwarnen.

„Wenn du dich verpulverst, Anderl, und die Patronen gehen dir aus, dann bist du verloren. Dann wirst du zur Sternschnuppe und ziehst als selbständiger Himmelskörper durch den Raum, bis du erfroren, erstickt und verhungert bist.“

„Und was kommt zuerst?“ fragte der Anderl zurück und er zeigte seine breiten Zähne.

„Bei dir, glaube ich, das Verhungern!“ antwortete der Ingenieur.

Inzwischen war der Mond, der sich fast völlig gerundet hatte, höher und höher über den Schiffsäquator emporgestiegen und seine Scheibe hing nun schräg über der Beobachterkammer in beängstigender Ausdehnung am Himmel. Am dritten Tage nach dem Start hatte das Raumschiff die Region erreicht, in der die ohnehin verschwindend gering gewordene Anziehungskraft der fernen Erde von der des nahen Mondes ausgeglichen wurde. Mit dem Überschreiten dieser Schweregrenze verließ der „Wieland“ den Machtbereich der Erde und trat in den des Mondes ein.

Von nun an untersagte Hans Hardt alle Ausflüge aus dem Schiff.

Soweit die Ausschnitte aus der Erzählung „Hans Hardts Mondfahrt“. Die weitere Reise führt um den Mond herum und wieder zur Erde zurück und endet mit einer dramatischen Landung, bei der die Raumfahrer gerade eben noch das nackte Leben retten. Die Erde selbst ist ja im Grunde die einzige wirkliche Gefahr, welche die Reisenden des Weltenraums bedroht.

Allerdings setzen wir dabei voraus, daß unsere heutigen Vorstellungen vom Weltenraum nicht durch irgendwelche neuen Erkenntnisse und Entdeckungen einer Korrektur bedürftig werden.

Vierzehntes Kapitel

Vom Sinn der Weltraumfahrt

Vor zwanzig Jahren gab es nur wenige unter den Wissenschaftlern und Technikern, die sich mit der Möglichkeit einer Loslösung von der Erde ernsthaft beschäftigten. Das waren vor allem: der Erfinder Hermann Ganswindt, der bereits 1891 mit einem Raumschiffprojekt an die Öffentlichkeit getreten war; der siebenbürgische Professor Hermann Oberth, der in den Jahren 1923 bis 1929 die theoretischen Grundlagen schuf; der Essener Mathematiker Dr. Walter Hohmann, der 1925 die Bewegungsbahnen von Raumschiffen bis ins kleinste berechnete; die österreichischen Ingenieure Dr. Franz von Hoefft und Guido von Pirquet, die 1926 in Wien eine wissenschaftliche Gesellschaft für Höhenforschung gründeten; der junge Münchener Astronom Max Valier, der das Raumschiff aus Raketenflugzeugen heraus entwickeln wollte und bei seinen Experimenten im Jahre 1930 tödlich verunglückte; der Berliner Ingenieur Rudolf Nebel, der 1930 bei Berlin einen Raketenflugplatz einrichtete; der amerikanische Hochschulprofessor Robert H. Goddard, der 1929 eine drei Meter lange Versuchsrakete aufsteigen ließ; der russische Forscher K. E. Ziolkowsky, der schon im Jahre 1911 eine Arbeit über die „Erforschung der Weltenräume durch Reaktionsapparate“ erscheinen ließ; sein Kollege Professor Rynin, der 1929 eine Vereinigung von Raumfahrt-Interessenten an der Hochschule von Leningrad gründete; der französische Gelehrte Robert Esnault-Pelterie, der zusammen mit André Hirsch in Paris den internationalen „REP-Hirsch-Preis“ für Verdienste um die Weltraumfahrt stiftete und diesen bei seiner ersten Verteilung im Jahre 1929 dem Professor Hermann Oberth zuerkannte; — — alle diese Männer glaubten an die kommende Fahrt ins All und sie scheuten nicht die Gefahr, von der zünftigen Wissenschaft der Lächerlichkeit preisgegeben zu werden.

Heute ist es umgekehrt; es gibt nur mehr wenige, welche die technische Möglichkeit der Raketenfahrt in den Weltenraum grundsätzlich noch verneinen.

Der Weg von der Feuerwerksrakete über Raketenwagen, Düsenflugzeuge und Raketengeschosse zu den modernen Forschungsraketen Amerikas war viel weiter als der Abstand, der uns heute noch vom Weltraumfahrzeug trennt. Die Ausströmungsgeschwindigkeit der Düsen-gase bedarf nur mehr einer Verdoppelung, die tatsächliche Höchstgeschwindigkeit des Raketenkörpers selbst nur mehr einer Vervielfachung und der „Schuß ins All“ kann Wirklichkeit werden. Freilich: mit der Annäherung an das Ziel wachsen die Schwierigkeiten; doch sie sind mit hoher Wahrscheinlichkeit überwindbar — wenn man nur ernstlich will. Aber taucht hier nicht eine Gewissensfrage auf?

Seit zweitausend Millionen Jahren besteht der Erdball. Die Wissenschaftler und Techniker, die sich einmal einem Raumschiff anvertrauen, werden die ersten Lebewesen sein, die sich erkühnen, den Heimatplaneten zu verlassen. Handeln sie nicht wider ein Naturgesetz, das dem Menschen verbietet, die Grenze seiner ihm von der Schöpfung zugewiesenen Welt zu überschreiten?

Aber wo liegt dann diese Grenze? War es etwa schon ein Frevel wider die Natur, als der Mensch sich vom festen Boden erhob und zu fliegen begann? Oder liegt die Grenze erst in einer bestimmten Höhe — in der Stratosphäre, in der Ionosphäre oder noch höher?

Das sind müßige Gedanken. Wenn die Natur uns befähigt hat, Maschinen zu bauen, die uns durch die Luft und bald auch darüber hinaus tragen können, so kann es doch kein Unrecht sein, von dieser Erlaubnis der Natur Gebrauch zu machen. Läge es nicht im Plane der Schöpfung, so hätte uns die Natur auch das Geheimnis der Atomenergie nicht preisgegeben. Und die Ansicht, der Mensch habe eben die Natur vergewaltigt und ihr gewissermaßen gegen ihren Willen Zugeständnisse abgerungen, ist nichts als eine maßlose Überschätzung menschlicher Macht.

Gewiß — die Fahrt ins All ist eine sehr schwer wiegende Frage der Menschheit an die Natur und die Antwort ist noch ungewiß. Aber Gewißheit verschafft kein Nachdenken, sondern nur der Versuch.

Doch wozu eigentlich? Ein Aufenthalt von Menschen im leeren Weltenraum wird für die wissenschaftliche Forschung wohl von höchstem Interesse sein, aber bringt er auch einen praktischen Nutzen für

die übrige Menschheit? Brutal gefragt: was ist schon aus dem Weltall zu holen?

Zunächst freilich nur eines: wissenschaftliche Erkenntnisse! Das mag dem „nüchtern denkenden“ Realmenschen etwas wenig erscheinen; aber er übersieht dabei, daß ganz abstrakte und scheinbar abseits liegende wissenschaftliche Forschungsergebnisse sich oft genug zu Dingen von höchst realer Bedeutung verdichtet haben. Aus einem Spiel mit zuckenden Froschschenkeln wurden elektrische Bügeleisen; die Entdeckung der Elektronen-Emission aus glühenden Drähten ermöglichte die Verstärkerröhre und damit den Rundfunk; die primitive Feststellung, daß Uranerze fotografische Platten schwärzen, führte in logischer Weiterentwicklung im Verlaufe eines halben Jahrhunderts zur Auslösung der Atomenergie. Auch die Erforschung des Weltenraums kann einschneidende und heute noch kaum zu ahnende Veränderungen unserer irdischen Zivilisation herbeiführen.

Sind erst einmal die Regionen des Übergangs von der Lufthülle zum Weltenraum genau bekannt, so ist es denkbar, daß sich daraus Möglichkeiten für eine Kontrolle und Lenkung der Großwetterlage der Erde ergeben. Zum mindesten aber dürften sich dann Wettervorhersagen mit unfehlbarer Sicherheit aufstellen lassen — und das bedeutet immerhin schon einen sehr realen Fortschritt zur erhöhten Sicherung der Welternten.

Irgendwelche „Materialien“ sind — soferne wir den Gedanken einer Landung auf fremden Himmelskörpern außer acht lassen — aus dem Weltenraum freilich nicht zu holen. Dafür aber etwas anderes, das wertvoller ist als Gold, Kohle oder Uran: Energie der Sonne!

„Wenn ich mir die ferne Zukunft vorstelle“, sagt der schon mehrfach zitierte, wenn auch nicht existente Weltraumpionier Hans Hardt, „dann sehe ich draußen im Raume künstliche Monde in großer Zahl um unseren Planeten kreisen — kleine physikalische Laboratorien, begleitet von riesigen Sonnenlicht-Reflektoren, die eine Konzentration gewaltiger Energiemengen auf jeden beliebigen Ort des Erdballs ermöglichen. Ich sehe, wie vereiste Polargebiete sich in fruchttragende Länder verwandeln und wie auch sonst der Ertrag der Ackerscholle sich vervielfacht. Ich sehe, wie aus dem All Wohlstand auf die Erde fließt und wie die Menschheit sich befreit von ihrer drückendsten Sorge. Sie wird sich unabhängig machen von den schwindenden Energievorräten der alten Erde, sie wird nicht mehr den kostbaren und nie wieder zu beschaffenden Rohstoff Kohle in Öfen verbrennen und sie wird

nicht mehr durch die Spärlichkeit der Uranerzlager in Unruhe geraten. Die Menschheit wird frei werden von der Sorge um die Zukunft, indem sie die unerschöpfliche Kraft des Weltalls unmittelbar sich dienstbar macht: den Atombrand der Sonne!“

Ja, wir dürfen überzeugt sein: mit dem, was die Menschheit heute kann und in nächster Zukunft noch dazulernen wird, wäre es nahezu eine Kleinigkeit, den zwei Milliarden Bewohnern des Planeten Erde ein menschenwürdiges Dasein zu schaffen. Aber nur dann, wenn sie erst etwas anderes lernt: Frieden zu halten und ihr Können nicht mehr der Zerstörung dienen zu lassen.

Aber das ist ein unendlich schwierigeres Problem als die Fahrt ins Weltall.

A n h a n g

Notizen, Tabellen und Anmerkungen zum Nachschlagen

Daten aus der Geschichte der Rakete.

(Unter Verwendung einer Zusammenstellung von Willy Ley)

- 1232: In einer chinesischen Chronik ist von raketenähnlichen Geräten die Rede, die sich wahrscheinlich aus den „Lanzen des stürmenden Feuers“ (Feuerpfeilen) entwickelt haben.
- 1500: Versuch eines Raketenfluges durch den Mandarin Wan-Hu. Zwei große Drachen trugen ein Sitzgestell und der ganze Apparat sollte durch 47 Raketen, die durch 47 Kulis gleichzeitig angezündet wurden, emporgehoben werden. Eine Explosion vernichtete „Flugzeug“ und Erfinder.
- 1668: Christoph Friedrich Geißler läßt auf dem Wedding bei Berlin 120-pfündige Raketen (mit Bombenlast) steigen. Sie müssen aber sehr lange brennen, bis sie abfliegen.
- 1799: Kaidar Ali, der Fürst von Mysore, verwendet unter seinen indischen Streitkräften eine Truppe von 1200 Raketenwerfern. Diese Kriegsraketen verursachen beim Gegner zwar großen Schrecken aber wenig wirklichen Schaden.
- 1804: Der englische Oberst Sir William Congreve führt die Kriegsraketen in der englischen Armee ein. Im Krieg gegen Dänemark wird 1807 die Stadt Kopenhagen durch 40 000 Raketen in Brand gesteckt.

Die Congreveschen Brandraketen wurden aus kupfernen Röhren oder von kleinen Erdwällen aus lanziert und erreichten Flugweiten bis 3000 Yards. Sie wurden von fast allen europäischen

Staaten nachgeahmt. Das letzte (österreichische) „Raketen-Korps“ wurde 1870 aufgelöst.

- 1806: Der Pyrotechniker Claude Ruggieri läßt auf dem Marsfeld bei Paris kleine Tiere durch Fallschirmraketen befördern. Das größte der so in die Luft geschossenen Tiere war ein Hammel. Der Versuch, das Experiment auch mit einem Menschen durchzuführen, wurde von der Polizei verboten.
- 1825: In der Polemik einer englischen Ingenieur-Zeitschrift gegen Stephenson's Dampfmaschinen-Pläne findet sich folgender Satz:
„Was kann wohl handgreiflich lächerlicher und alberner sein als das Versprechen, eine Lokomotive für die doppelte Geschwindigkeit der Postkutschen zu bauen! Ebenso gut könnte man glauben, daß die Einwohner von Woolwich sich auf einer Congreveschen Rakete abfeuern ließen, als daß sie sich einer solchen Maschine anvertrauen würden.“
Daraufhin nennt George Stephenson seine neue Lokomotive „Rocket“ (Rakete) und gewinnt mit ihr den Wettbewerb um den Bau der ersten Eisenbahn von Liverpool nach Manchester.
- 1866: Bei Bremen wird ein Raketen-Apparat zur Rettung von Schiffbrüchigen öffentlich vorgeführt. Eine 38½ Pfund schwere Rakete flog dabei etwa 3000 Fuß weit. Die Rettungsrakete sollte dazu dienen, vom Ufer aus eine Leine zu dem gestrandeten Schiff hinüberzuschießen.
- 1888: Der französische Ingenieur Ciarçu treibt auf der Seine ein Boot durch Rückstoß an. Eine Explosion tötet dabei seinen Assistenten.
- 1891: Der Erfinder Hermann Ganswindt entwickelt bei einem Vortrag in der Berliner Philharmonie den Gedanken, mit einem durch Dynamit-Explosionen getriebenen Weltraumfahrzeug den Mars zu erreichen.
- 1904: Ingenieur Maul schießt eine mit einer automatischen Kleinkamera ausgerüstete Rakete 300 Meter hoch. Acht Jahre später gelingt es ihm, einen größeren Fotoapparat auf 800 Meter Höhe zu bringen, und zwar mit Hilfe von zwei 8 cm-Raketen des Spandauer Laboratoriums.
- 1919: Als erstes der modernen Raketenbücher erscheint in Amerika die Schrift „Methoden für die Erreichung äußerster Höhen.“ Der Verfasser ist Robert H. Goddard, Professor am Clark College in Worcester USA.

- 1923: Professor Hermann Oberth aus Mediasch in Siebenbürgen veröffentlicht in München eine Schrift „Die Rakete zu den Planetenräumen“, die für alle späteren Projekte des Baues von Großraketen grundlegende Bedeutung erlangte.
- 1925: Dr. ing. Walter Hohmann, Essen, untersucht in einer in München erscheinenden Schrift „Die Erreichbarkeit der Himmelskörper“ die möglichen Reisewege durch die Planetenräume.
- 1928: Am 11. April startet der erste Versuchs-Raketenwagen auf der Opel-Rennbahn in Rüsselsheim. Der Wagen ist nach Plänen von Max Valier in den Opel-Werken gebaut worden. Der Antrieb erfolgt durch Pulver-Schubraketen der pyrotechnischen Fabrik Sander in Wesermünde.
- Am 23. Mai führt Fritz von Opel einen verbesserten Raketenwagen, den er selbst steuert, auf der Berliner Avus-Bahn öffentlich vor.
- 1929: Am 18. Juli läßt Professor Goddard in Worcester USA eine Rakete von 3 Metern Länge und 70 Zentimetern Durchmesser aufsteigen. Der Antrieb erfolgt durch flüssige Sprengstoffe. Nach einwandfreiem Start explodiert der Apparat in 300 Metern Höhe.
- Im August werden von den Junkerswerken in Dessau Versuche unternommen, den Start überbelasteter Wasserflugzeuge durch Raketen zu erleichtern. Einzelheiten werden geheim gehalten.
- Am 30. September startet Fritz von Opel auf dem Flughafen von Frankfurt/Main in einem raketengetriebenen Flugzeug. Es gelingt ihm, das Flugfeld halb zu umrunden. Bei der Landung wird die Maschine zertrümmert.
- 1930: Am 19. April unternimmt ein von Max Valier und den Heylandtwerken konstruierter Raketenwagen seine erste Fahrt. Dabei werden zum ersten Male Raketen mit flüssigen Treibstoffen angewendet.
- Am 17. Mai wird Max Valier von einer explodierenden Flüssigkeits-Rakete getötet.
- 1931: Ingenieur Schmiedl, Graz, unternimmt Versuche mit Raketen für die Beförderung von Postsachen. Er baut insgesamt dreizehn Modelle, die er mit V 1 bis V 13 bezeichnet. Die Rakete V 7 befördert am 2. Februar tatsächlich 102 Postsachen mit Sonder-

stempel. V 8 unternimmt am 28. Oktober einen Nachtflug mit 84 Postsachen. Die folgenden Flüge führen amtlich zugelassene Briefpost. Der letzte Flug findet am 23. Juli 1932 statt. Schmiedls Unternehmen ist beim internationalen Postmuseum in Bern als „Raketenflugpost Schmiedl“ offiziell registriert.

Am 15. April führt Ingenieur R. Tiling bei Osnabrück neue Pulverraketen mit 2000 Metern Steighöhe vor. Die Versuche gelingen einwandfrei.

- 1931-32: Auf dem Raketenflugplatz Berlin werden planmäßig Probe-flüge von Raketen mit flüssigen Treibstoffen (Benzin mit Sauerstoff) durchgeführt. Es gelingt, Flugweiten bis 5 Kilometer und Steighöhen bis $1\frac{1}{2}$ Kilometer zu erreichen.
- 1933-44: Es gelangen über Raketenversuche keine Mitteilungen mehr an die Öffentlichkeit. In geheimer zehnjähriger Entwicklung wird die Großrakete geschaffen — für den Krieg.
- 1944: Am 3. September startet die erste deutsche Kriegsrakete gegen die englische Stadt Chiswick.
- 1945: Am 15. September erreicht die amerikanische Registrier-Rakete „Wac Corporal“ eine Höhe von 50 Meilen (70 Kilometer).
- 1946: Am 10. Mai beginnen in der Wüste von Neu-Mexiko USA die Versuchsreihen mit umgebauten A 4-Raketen zur Erforschung der Ionosphäre.

Tabelle der Massenverhältnisse

(Startgewicht : Leergewicht)

A.

End- geschwindig- keit der Rakete m/sec	Erforderliches Massenverhältnis bei einer Auspuffgeschwindigkeit von:			
	2 km/sec	3 km/sec	4 km/sec	5 km/sec
1 000	1,65	1,39	1,29	1,22
1 500	2,12	1,65	1,45	1,35
2 000	2,72	1,94	1,65	1,49
3 000	4,48	2,72	2,12	1,82
5 000	12,2	5,29	3,49	2,72
8 000	54,6	14,3	7,36	4,95
10 000	148,5	27,9	12,2	7,36
12 000	402	54,6	20,1	11,0
15 000	1805	148,5	42,7	20,1

B.

Massen- verhältnis der gefüllten zur leeren Rakete	Theoretische Endgeschwindigkeit der Rakete bei einer Auspuff- geschwindigkeit von:			
	2 km/sec	3 km/sec	4 km/sec	5 km/sec
1,5 : 1	810 m/sec	1310 m/sec	1620 m/sec	2020 m/sec
2,0 : 1	1380 "	2070 "	2760 "	3450 "
2,5 : 1	1840 "	2760 "	3680 "	4600 "
3,0 : 1	2200 "	3300 "	4400 "	5500 "
5,0 : 1	3220 "	4830 "	6440 "	8050 "
10,0 : 1	4600 "	6900 "	9200 "	11500 "
15,0 : 1	5400 "	7100 "	10800 "	13500 "
20,0 : 1	5980 "	8970 "	11960 "	14950 "

Energiegehalt von Treibstoffen

in Wärme-Einheiten (Kilo-Kalorien)

Feste Stoffe:

Lufttrockenes Holz	1 kg:	1835—2450
Preßtorf	1 kg:	3800
Braunkohlen-Briketts	1 kg:	4800
Oberbayrische Pechkohle	1 kg:	5200
Steinkohle	1 kg:	6500—8000
Koks	1 kg:	7000
Anthrazit	1 kg:	8000

Flüssigkeiten:

Alkohol	1 Liter:	5530	1 kg:	7000
Benzin	1 Liter:	7500—7800	1 kg:	11000
Petroleum	1 Liter:	8700—9800	1 kg:	11000—12000

Gase:

Leuchtgas	1 Kubikmeter:	2250	1 kg:	5000
Azetylen	1 Kubikmeter:	15200	1 kg:	13000
Methan	1 Kubikmeter:	9500	1 kg:	13300
Wasserstoff	1 Kubikmeter:	3080	1 kg:	34200

Explosivgemische mit Sauerstoff:

Rauchloses Schießpulver	1 kg:	ca 1600
Alkohol mit Sauerstoff	1 kg:	ca 2340
Benzin mit Sauerstoff	1 kg:	ca 2500
Methan mit Sauerstoff	1 kg:	ca 2650
Wasserstoff mit Sauerstoff (Knallgas)	1 kg:	ca 3800

Atomkraftstoffe:

Uranoxyd (vollständ. Kernspaltung)	1 kg:	15000 Millionen
Plutonium (vollständ. Kernspaltung)	1 kg:	20000 Millionen
Energiewert eines jeden Stoffes	1 kg:	21400 Milliarden

Steighöhen-Tabelle

(Die Zahlen gelten für den senkrechten Schuß nach oben
im luftleeren Raum)

Abschuß- Geschwindigkeit	Steighöhe des Geschosses	
	über Erdoberfläche	über Erdmittelpunkt
	m/sec	km
1 000	52	6 420
1 300	87	6 455
1 500	117	6 485
1 700	151	6 519
2 000	212	6 580
3 000	495	6 863
4 000	935	7 303
5 000	1 590	7 985
6 000	2 580	8 948
7 000	4 110	10 478
7 903 *)	6 368 **)	12 736
8 000	6 690	13 058
9 000	11 740	18 108
9 500	16 570	22 938
10 000	25 500	31 868
10 500	46 400	52 770
10 800	89 700	96 100
11 000	196 300	202 700
11 177 ***)	unendlich	unendlich

*) Kreisbahngeschwindigkeit **) Erdhalbmesser ***) Fluchtgeschwindigkeit

Gravitations-Tabelle

Höhe über dem Meer	Höhe über Erdmittelpunkt	Schwerebeschl.	Gewicht 1 Liter Wasser	Kreisgeschw.	Umlaufdauer	Fluchtgeschw
km	km	m/sec ²	Gramm	m/sec	h. m.	m/sec
0	6 368	9,81	1000	7 903	1 h 24 m	11 177
10	6 378	9,78	996,8	7 897	1 h 25 m	11 169
100	6 468	9,51	969,4	7 842	1 h 26 m	11 091
1 000	7 368	7,33	747,2	7 347	1 h 45 m	10 391
6 368 *)	12 735	2,45	250,0	5 589	4 h	7 903
10 000	16 368	1,48	151,0	4 930	5 h 48 m	6 972
35 932	42 306 **)	0,22	22,4	3 080	24 h	4 356
100 000	106 368	0,035	3,57	1 936	4 Tage	2 738
339 632	346 000 ***)	0,0033	0,34	1 072	23½ Tage	1 516

*) Höhe = Erdhalbmesser

***) Hier wird die Umlaufzeit gleich der Erdrotationsdauer

**) Hier ist das Schwerfeld der Erde gleich dem des Mondes

Planeten-Tabelle

Name	Äquator-Durchmesser	Mittlere Entfernung v. d. Sonne	Siderische Umlaufzeit	Siderische Rotationsdauer	Zahl der heute bekannten Monde
	km	Millionen km	T = Tage J = Jahre	h = Stunden m = Minuten	
Merkur	4 842	58	87,969 T	87,969 T	—
Venus	12 191	108	224,701 T	unbekannt	—
Erde	12 757	149,5	365,256 T	23 h 56 m	1
Mars	6 784	228	686,980 T	24 h 37 m	2
Jupiter	142 745	778	11,826 J	9 h 55 m	11
Saturn	120 780	1 426	29,457 J	10 h 14 m	10
Uranus *)	49 692	2 869	84,019 J	10 h 48 m (?)	5
Neptun **)	52 997	4 495	164,765 J	16 h (?)	1
Pluto ***)	ca 5000	5 917	249 J	unbekannt	unbek.

*) entdeckt 1781 **) entdeckt 1846 ***) entdeckt 1930

Einige Himmelskörper

Absolute Zahlen

		Erde	Mond	Mars	Jupiter	Sonne
Äquator-Durchmesser	km	12 757	3 473	6 784	142 745	1 391 420
Abstand vom Anziehungszentrum	Mill. km	149,5	0,384	228	778	—
Siderische Umlaufzeit	Tage	365,256	27,32	686,98	4 332,59	—
Bewegungsgeschwindigkeit	km/sec	29,766	1,023	24,114	13,052	ca. 20
Dichte	Wasser = 1	5,56	3,37	4,00	1,39	1,42
Fluchtgeschwindigkeit	km/sec	11,177	2,373	5,034	60,567	617
Fallbeschl. an der Oberfläche	m/sec ²	9,81	1,62	3,74	26,59	274

Einige Himmelskörper

Vergleichszahlen zur Erde

	Erde	Mond	Mars	Jupiter	Sonne
Mittl. Durchmesser	1	0,2727	0,5312	10,837	109,26
Oberfläche	1	0,0744	0,2822	117,40	11 937
Rauminhalt	1	0,0203	0,150	1272,7	1 304 200
Masse	1	0,0123	0,1078	318,36	333 432
Dichte	1	0,6066	0,719	0,250	0,2557
Schwerkraft a. d. Oberfl.	1	0,1654	0,382	2,710	27,933
Schwermacht a. d. Oberfl.	1	0,0451	0,2029	29,38	3 052
Fluchtgeschwindigkeit an der Oberfläche	1	0,2124	0,4505	5,42	55,24

Lexikon

Absoluter Nullpunkt: die tiefste denkbare Temperatur, bei welcher keine Bewegung der Moleküle mehr stattfindet. Sie liegt bei 273,16 Grad Celsius unter Null. Im Kältelaboratorium ist man experimentell bis auf 0,0034 Grad an den absoluten Nullpunkt herangekommen; völlig wird er nie zu erreichen sein.

Absorption: Verschluckung, Aufsaugung.

Aggregat: Verbindung mehrerer Teile zu einem Ganzen. Zum Beispiel ist die Verbindung eines Motors mit einer Stromerzeugungsmaschine ein Maschinen-Aggregat.

Alpha im Zentaur (Toliman): der hellste Stern im Sternbild des Zentaur, das nur von der südlichen Erdhalbkugel aus zu sehen ist. Der uns am nächsten stehende Fixstern. Seine Entfernung beträgt 4,3 Lichtjahre (41 Billionen Kilometer).

Alphastrahlen: eine der drei Strahlungsarten (Alpha, Beta, Gamma), die von den radioaktiven Stoffen ausgehen. Alphastrahlen sind Garben von sehr schnell fliegenden Atomkernen des Edelgases Helium. Die Bewegungsgeschwindigkeit der natürlichen Alphastrahlen ist etwa 15 000 Kilometer in der Sekunde.

Andruck: der in einem Fahrzeug bei Geschwindigkeits- oder Fahrtrichtungsänderungen auftretende Druck. (Beschleunigungsandruck, Bremsandruck, Zentrifugalandruck sind Erscheinungsformen der Massenträgheit). Die normale Form des Andrucks ist das durch die Erdanziehung hervorgerufene Gewicht (Schwereandruck).

Anilin: einfachstes aromatisches Amin im Steinkohlenteer und Knochenöl. Wird aus Nitrobenzol gewonnen. Farbloses, an der Luft sich bräunendes Öl von eigentümlichem Geruch und brennendem Geschmack. Ausgangsstoff für die Herstellung von Heilmitteln und künstlichen Farben (Anilinfarben).

Arbeit: die Überwindung eines Widerstandes längs einer gewissen Strecke. Sie wird gemessen durch das Produkt aus Kraft mal Weg. Die technische Einheit ist das Meterkilogramm (1 Kilogramm mal 1 Meter). Die Arbeitsmenge pro Sekunde nennt man Leistung.

Asbest: fasrig verwitterte Art der Mineralien Hornblende oder Serpentin. Weiche, biegsame, unverbrennliche und säurefeste Fasern. Verwendung als Isoliermaterial und zu feuersicheren und säurefesten Platten und Geweben. Neun Zehntel der Welterzeugung an Asbest kommen aus Kanada.

Astronomie: Sternkunde, Himmelskunde, Lehre von den Himmelskörpern, ihren Bewegungen und ihrer Beschaffenheit. Sie ist eine der ältesten Wissenschaften.

Astrophysik: Teilgebiet der Astronomie. Lehre von der Beschaffenheit und stofflichen Zusammensetzung der Himmelskörper.

Atom: kleinstes Teilchen eines chemischen Grundstoffes, das noch dessen chemische Eigenschaften zeigt. Es besteht aus dem Atomkern und der Elektronenhülle. Man hat die Atome lange Zeit für die nicht mehr weiter teilbaren Urbausteine der Materie gehalten. (Atom = das Unteilbare). Die Entdeckung ihrer Spaltbarkeit (1919 durch Sir Ernest Rutherford) bewirkte eine Revolutionierung der physikalischen Wissenschaft.

Atombrand: ein von selbst sich von Atom zu Atom fortsetzender Atomzerfall. Beim Zerfall eines Atoms werden Teilchen abgeschleudert, die Nachbaratome zu spalten vermögen. Die beim Atombrand frei werdenden Energien sind millionenmal größer als die des gewöhnlichen Molekularbrandes (Feuer). Die Sonne ist nach neuester Annahme ein riesiger natürlicher Atombrand.

Atomenergie: die Bindungsenergie, welche die Bestandteile eines Atomkernes zusammenhält und bei Atomspaltungen zum Teil frei wird. Sie äußert sich dann als Bewegungsenergie der abgeschleuderten Teilchen.

Atomgewicht: gibt an, wievielfach ein Atom schwerer ist als ein Wasserstoff-Atom (genauer: als ein Sechzehntel Sauerstoffatom). Die genauen Zahlen der Atomgewichte wurden 1941 international festgelegt; als Einheit wurde der sechzehnte Teil vom Atomgewicht des Sauerstoffs bestimmt.

Atomhülle: die Wolke der Elektronen, die den Atomkern umkreisen. Die Zahl der Elektronen in der Atomhülle schwankt von 1 (Wasserstoff) bis 92 (Uran).

Atomkern: der materielle Kern eines Atoms, der die weitaus überwiegende Masse des Atoms in sich vereinigt. Sein Durchmesser ist im Durchschnitt über zehntausendmal kleiner als der des Atoms. Er setzt sich zusammen aus positiv elektrisch geladenen Massenteilchen (Protonen) und elektrisch ungeladenen Massenteilchen (Neutronen). Die Anzahl der Protonen im Atomkern bestimmt die Art des Grundstoffes. Der Kern des Wasserstoff-Atoms besteht aus einem Proton, der des Sauerstoffs enthält 8 Protonen und 8 Neutronen, der des Goldes 79 Protonen und 118 Neutronen, der des Urans 92 Protonen und 146 Neutronen. Wenn man von Atomspaltung oder Atomzertrümmerung spricht, so ist stets die Zerlegung des Atomkerns gemeint. Er allein ist der Träger der Atomenergie.

Atomkraftstoffe: Grundstoffe, in denen Atomkern-Kettenreaktionen ausgelöst werden können, wobei sich der Kernzerfall von einem Atom zum andern von selbst fortsetzt. Bis jetzt kennt man nur zwei solcher Stoffe: Uran 235, das dem natürlichen Uran zu 0,7 Prozent beigemischt ist, und Plutonium, das durch Kernumwandlung aus dem Uran 238 künstlich hergestellt wird.

Atomzertrümmerung (richtiger: Atomkernspaltung): wird herbeigeführt durch Bombardierung (Bestrahlung) von Atomen mit energiereichen Elementarteilchen (Protonen, Neutronen, Alphateilchen u. a.).

Attrappe: Nachbildung, die etwas vortäuscht, was nicht vorhanden ist.

Ballistik: Lehre von der Bewegung geworfener oder geschossener Körper.

Beschleunigung: Geschwindigkeitssteigerung (oder Minderung = negative Beschleunigung = Bremsung) pro Sekunde. Die physikalische Dimensionsbezeichnung der Beschleunigung ist also nicht m/sec (Meter pro Sekunde) sondern m/sec^2 (Meter pro Sekunde Quadrat = Sekundenmeter pro Sekunde). Eine gleichmäßige, sich immer gleichbleibende Bewegung hat die Beschleunigung Null.

Bewegungsenergie (kinetische Energie): die einem sich bewegenden Körper innewohnende Fähigkeit zur Arbeitsleistung. Sie wird gemessen durch das halbe Produkt aus seiner Masse (m) und dem Quadrat seiner Geschwindigkeit (v). Also Bewegungsenergie = $\frac{1}{2}m.v^2$. Eine Verdoppelung der Geschwindigkeit bewirkt eine Vervierfachung der Bewegungsenergie.

Billion: eine Million Millionen. Eine Eins mit 12 Nullen. In Frankreich, England und Amerika versteht man unter einer Billion tausend Millionen (eine Eins mit 9 Nullen). also das, was wir mit Milliarde bezeichnen.

Biologie: die Lehre von den Lebewesen. Sie wird eingeteilt in die Anthropologie (Lehre vom Menschen), Zoologie (Lehre von den Tieren) und Botanik (Lehre von den Pflanzen).

Bogengrad: der 360. Teil des Kreisumfanges. Ein Bogengrad hat 60 Bogenminuten zu je 60 Bogensekunden.

Byrd, Richard: geb. 1888. Nordamerikanischer Admiral und Polarforscher. Er überflog am 9. Mai 1926 den Nordpol und am 28. November 1929 den Südpol. Führer der USA-Großexpedition von 1946/47 zur Antarktis.

Congreve, Sir William: geb. 1772 in Woolwich. Englischer Artillerie-Offizier und Ingenieur. Führte 1804 die Rakete als Kriegswaffe im englischen Heere ein. 1824 leitete er die englische Gesellschaft für Gasbeleuchtung auf dem Kontinent.

Detonation: chemische Reaktion, die plötzlich unter Knall und Gasentwicklung vor sich geht. Knallende Explosion.

Dichte: Masse pro Volumeneinheit. In der Technik gibt man die Dichte durch Vergleich mit der Dichte des Wassers an, wodurch der Zahlenwert der Dichte mit dem des spezifischen Gewichtes übereinstimmt.

Dieselmotor: eine Verbrennungskraftmaschine, bei der die Luft im Zylinder stark verdichtet und der Brennstoff (Rohöl) erst im Augenblick der Zündung unter Druck eingespritzt wird. Die Zündung erfolgt von selbst durch die Kompressionshitze. Der Dieselmotor braucht also keinen Vergaser und keine Zündkerzen. Er arbeitet wirtschaftlicher als der Benzin-Vergaser-Motor. Benennung nach seinem Erfinder Rudolf Diesel (1858 bis 1913).

Düse: Verengung in einer Rohrleitung. Bewirkt Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit.

e: mathematisches Symbol für die Zahl 2,71828. (Basis der natürlichen Logarithmen).

Echo-Lotung: Wassertiefenmessung mit Hilfe des Echos; im weiteren Sinne die Messung von Entfernungen durch die Echolaufzeit. Zur Erzeugung des Echos können gewöhnliche Schallwellen, unhörbare Ultraschallwellen oder elektrische Wellen verwendet werden. Die Laufzeit des Signals von

der Aussendung bis zur Rückkehr des Echos, multipliziert mit der Geschwindigkeit der verwendeten Welle, gibt die doppelte Entfernung des Gegenstandes, der die Welle zurückgeworfen hat.

Edelgase: die chemisch trägen Gase, die mit anderen Stoffen keine Verbindungen eingehen: Helium, Neon, Argon, Krypton, Xenon und Radon.

Elektron: Elementarteilchen der Elektrizität. Man kann sich das Elektron als winziges Massenteilchen (1837 mal leichter als ein Proton) vorstellen, das mit der Einheit der Elektrizität geladen ist. Bis vor kurzer Zeit glaubte man, daß es nur Elektronen mit negativer Ladung gäbe. Doch 1932 wurde von C. D. Anderson ein dem Elektron entsprechendes Teilchen mit positiv elektrischer Ladung entdeckt. Man nannte es Positron. In freiem Zustand sind Positronen jedoch nur von sehr kurzer Lebensdauer.

Ellipse: siehe Kegelschnitte!

Energie: die Fähigkeit, Arbeit zu leisten. Sie tritt in verschiedenen Formen auf: als mechanische Arbeit (Einheit: Meterkilogramm), als elektrische Arbeit (Einheit: Kilowattstunde), als Wärme (Einheit: Kalorie). Die verschiedenen Energieformen können ineinander übergehen und stehen in festen Wertverhältnissen zueinander. 1 Kilowattstunde = 367 000 Meterkilogramm; 1 Kalorie = 427 Meterkilogramm; 860 Kalorien = 1 Kilowattstunde. (Siehe auch Arbeit!)

Erdbeschleunigung: damit ist nicht eine beschleunigte Bewegung der Erdkugel gemeint, sondern die Beschleunigung, welche die Erde durch ihre Anziehungskraft einem frei fallenden Körper erteilt. Siehe Fallbeschleunigung!

Erdrotation: die Umdrehung der Erdkugel um ihre von Pol zu Pol gedachte Achse. Infolge der Erdrotation ist jeder Punkt der Erdoberfläche in einer fortwährenden Bewegung nach Osten begriffen. Die Geschwindigkeit dieser Ostverschiebung ist am größten für Punkte des Äquators (464 m/sec). In der Breite von München beträgt sie 310, in der Breite von Berlin 282 Meter pro Sekunde.

Erdschatten: die Erde wirft, wie jeder von der Sonne bestrahlte undurchsichtige Körper, einen Schatten. Da die Sonne viel größer ist als die Erdkugel, verengt sich dieser Schatten in Form eines Kegels, dessen Spitze etwa 217 Erdhalbmesser (2,7 Millionen Kilometer) weit draußen im Weltraum liegt. Der Erdschatten ist also siebenmal so lang wie die Entfernung zum Mond. Tritt der Mond in den Schattenkegel der Erde ein (was nur bei Vollmond möglich ist), so entsteht eine Mondfinsternis.

Explosionsmotor: Verbrennungskraftmaschine, in welcher die Verbrennung des Kraftstoffes unter schneller Druck- und Temperaturerhöhung explosionsartig vor sich geht. (Gasmotoren und Benzin-Automobilmotoren).

Fallbeschleunigung: der Geschwindigkeitszuwachs, den ein frei fallender Körper unter dem Einfluß der Erdanziehung erfährt. Er beträgt auf der Erdoberfläche in Höhe des Meeresspiegels in 45 Grad Breite 9,81 Sekundenmeter pro Sekunde. Das heißt: die Geschwindigkeit des frei fallenden Körpers steigert sich in jeder Sekunde um 9,81 Sekundenmeter. Es ist üblich, die Zahl 9,81 mit dem Buchstaben g zu bezeichnen. Die Fallbeschleunigung ist ein Maß für die am Beobachtungsort wirksame

Anziehungskraft der Erde. Auf anderen Himmelskörpern sind die Zahlenwerte der Fallbeschleunigung natürlich anders als auf der Erde.

Fallgesetze: die Beziehungen zwischen der wirksamen Fallbeschleunigung (g), der durchfallenen Strecke (s), der Fallzeit (t) und der augenblicklichen Fallgeschwindigkeit (v) werden durch die Fallgesetze nach folgenden Formeln bestimmt: $s = \frac{1}{2}g \cdot t^2$ / $v = g \cdot t$ / $v^2 = 2g \cdot s$ / $s = \frac{1}{2}v \cdot t$. Sind zwei der Größen bekannt, so lassen sich die anderen zwei aus diesen Formeln berechnen.

Fixsterne: selbstleuchtende Sterne in so weiter Entfernung, daß sie an ihrem Ort am Himmel festzustehen scheinen. Der uns nächste Fixstern (Toliman im Zentaur) ist fast 7000 mal soweit von uns entfernt wie der uns fernste Planet (Pluto) unseres Sonnensystems. Die Fixsterne sind Sonnen wie die unsrige.

Fliehkraft (Zentrifugalkraft): die beim Durchlaufen einer gekrümmten Bewegungsbahn entstehende Kraft, die vom Krümmungsmittelpunkt nach außen gerichtet ist und vom Beharrungsvermögen herrührt. Die Größe der Fliehkraft ergibt sich aus der Formel: Fliehkraft = $m \cdot r \cdot w^2$, wobei m die Masse des bewegten Körpers, r den Abstand zum Krümmungsmittelpunkt und w die Winkelgeschwindigkeit bedeuten. Die Winkelgeschwindigkeit wiederum ist gleich der Bahngeschwindigkeit dividiert durch den Krümmungsradius ($w = v/r$). Beim Umlauf eines Himmelskörpers um einen anderen ist stets die Fliehkraft genau so groß wie die wirksame Anziehungskraft (aber ihr entgegengesetzt gerichtet).

Fluchtgeschwindigkeit: diejenige Geschwindigkeit, die einen Körper befähigt, das auf ihn wirkende Anziehungskraftfeld zu verlassen. Sie beträgt zum Beispiel auf der Erdoberfläche 11 177 Meter pro Sekunde.

Froschschenkelversuche: die berühmten Versuche des italienischen Physikers Luigi Galvani, der um 1780 mit Kupfer- und Zinkdrähten die Schenkel toter Frösche zum Zucken brachte, als Ursache elektrische Ströme fand und so die durch chemische Vorgänge erzeugte (galvanische) Elektrizität entdeckte.

Funkbake: Baken sind Wegweiser für die Schifffahrt. Eine Funkbake ist ein Gerät, das auf Funksignale anspricht und so seinen Standort zu erkennen gibt.

g: die mathematische Bezeichnung für die Zahl $9,81 \text{ m/sec}^2$. (Siehe Fallbeschleunigung!)

Gammastrahlen: eine der drei Strahlungsarten (Alpha, Beta, Gamma), die von radioaktiven Stoffen ausgehen. Die Gammastrahlen sind wie die Rundfunkwellen, das Licht und die Röntgenstrahlen elektromagnetischer Wellennatur. Eine sehr kurzwellige harte Strahlung, die selbst Bleiplatten zu durchdringen vermag.

Goddard, Robert H.: amerikanischer Physiker und Professor am Clark College in Worcester USA. Er veröffentlichte 1919 am Smithsonian Institut Washington eine aufsehenerregende Schrift „Methoden zur Erreichung äußerster Höhen“. Seinen Bemühungen um die Entwicklung von Großraketen mit Pulverantrieb blieb jedoch der Erfolg versagt.

Gravitation (Schwerkraft): die von Newton entdeckte gegenseitige Anziehung zweier Massen. Die Anziehung ist um so stärker, je größer die Massen

sind und je kleiner der Abstand zwischen ihnen ist. Ihre Größe ist bestimmt durch die grundlegende Formel: Anziehungskraft = $k \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$,

wobei M die eine Masse, m die andere Masse, r den Abstand zwischen ihnen und k einen konstanten Faktor (Gravitationskonstante) bedeuten. Ein Raumschiff „gravitiert“, wenn seine Bewegung allein durch die Kräfte der Gravitation bestimmt wird.

Gravitationskonstante: diejenige Anziehungskraft, die zwei Massen von je einem Gramm in einem Abstand von einem Zentimeter aufeinander ausüben. Sie beträgt rund ein Fünfzehnmilliardstel (genau: 0,06799 Milliardstel) Gewichtsgamm.

Heavyside: 1850—1925. Englischer Physiker, der (zusammen mit Kennelly) im Jahre 1902 die nach ihm benannte ionisierte Schicht der Atmosphäre entdeckte.

Heizwert: der Wertmesser für Brennstoffe. Diejenige Wärmemenge, die bei völliger Verbrennung von einem Kilogramm Brennstoff frei wird. Zum Beispiel bei Benzin: 11 000 Kalorien pro Kilogramm.

Helium: Edelgas, das zuerst auf der Sonne festgestellt wurde. Sehr leicht und unverbrennbar, daher für Luftschiff-Füllungen sehr geeignet. Kommt auf der Erde in gashaltigen Quellen vor, besonders in Nordamerika.

Hoefft, Franz Oskar von: geb. 1882 in Wien, Ingenieur-Chemiker, Gründer einer wissenschaftlichen Gesellschaft für Höhenforschung in Wien (1926).

Hohlladungen: aus Sprengstoffen geformte, geometrische Hohlkörper, die in den letzten Kriegsjahren in verschiedenen Geschossen als Explosivköpfe verwendet wurden. Die Explosionsgarbe einer Hohlladung übertrifft alle anderen bisher erreichten Geschwindigkeiten von Sprengstücken. Diese Wirkung beruht (ähnlich wie beim Brennspiegel) auf der Zusammenfassung der Druckwelle und der sich daraus ergebenden sehr hohen Explosionstemperatur (50 000 Grad und mehr).

Hohmann, Walter: geb. 1880 in Hardheim/Odenwald, Stadtbauingenieur in Essen. Beschäftigte sich von 1914 an mit Raumfahrtproblemen. In einer 1925 erschienenen Schrift „Die Erreichbarkeit der Himmelskörper“ stellte er die möglichen Reisewege durch die Planetenräume bis in kleinste Einzelheiten zusammen.

Hyperbel: siehe Kegelschnitte!

Impuls: Antrieb, Anstoß, Anregung. In der Physik ist „Impuls“ der Stoß, den ein bewegter Körper ausübt, wenn er plötzlich zum Stillstand gebracht wird. Impuls = Masse mal Geschwindigkeit.

Intensität: Unter Intensität einer Strahlung versteht man nicht die Energie der Strahlungsteilchen sondern ihre Menge.

Ionen: Atome oder Atomgruppen, die Elektronen aus der Elektronenhülle verloren oder überzählige Elektronen aufgenommen und damit ihr elektrisches Gleichgewicht eingebüßt haben. Ionen sind also elektrisch geladen. Ionenhaltige Luft ist leitfähig für den elektrischen Strom.

Ionisationskammer: Gefäß, in das eine konstante Menge eines Gases für die Messung von Ionisationsgraden eingeschlossen ist.

Ionosphäre: der Teil der Atmosphäre, in dem ionenhaltige Schichten vor-

kommen. Nach der Höhenlage und dem Grade der Ionisierung unterscheidet man die Schichten C, D, E, F 1 und F 2.

Jules Verne: 1828—1905; französischer Schriftsteller, Schöpfer des phantastisch-naturwissenschaftlichen Romans. Er schrieb unter vielem anderen: „Von der Erde zum Mond“, „Reise um die Welt in achtzig Tagen“, „Zwanzigtausend Meilen unter dem Meere“. Jules Verne hat in seinen Romanen viele der technisch-wissenschaftlichen Entwicklungen des zwanzigsten Jahrhunderts vorausgeahnt.

Jupiter: größter Planet unseres Sonnensystems. Sein Durchmesser ist mehr als zehnmal so groß wie derjenige der Erde, und um seinen Rauminhalt zu füllen, wären mehr als tausend Erdkugeln nötig. Seine Kugel ist infolge ihrer schnellen Rotation (nur 10 Stunden Umdrehungsdauer) an den Polen stark abgeplattet. Um den Jupiter kreisen (soweit bekannt) 11 Monde.

Kaliumpermanganat: übermangansaures Kalium, braunviolette Kristallnadeln, in Wasser löslich. Oxydationsmittel mit keimtötender Wirkung.

Kalorie: Einheit der Wärme-Energie. Diejenige Wärmemenge, die ein Kilogramm Wasser um 1 Grad Celsius wärmer macht. Der Physiker rechnet auch mit der „kleinen Kalorie“, die sich auf 1 Gramm Wasser bezieht (cal.). Im allgemeinen jedoch ist mit Kalorie die Kilogramm-Kalorie (Kal) gemeint. (1 Kal = 1000 cal.) Eine Kalorie entspricht einer mechanischen Arbeitsleistung von 427 Meterkilogramm. Die Erwärmung einer Wassermenge um 1 Grad Celsius erfordert also dieselbe Energie, die nötig wäre, um die gleiche Wassermenge 427 Meter hoch zu heben. In der Ernährungswissenschaft wird der Nährwert von Nahrungsmitteln (Verbrennungswärme der Nährstoffe im Körper) in Kalorien angegeben. Zum Beispiel enthält ein Kilogramm Rindfleisch 2000, ein Kilogramm Butter 7450 Kalorien.

Kegelschnitte: ebene Kurven, die beim Schnitt eines Kreiskegels durch eine Ebene entstehen. Diese Kurven sind: Kreis, Ellipse, Parabel und Hyperbel. Die Ellipse ist eine geschlossene Kurve, die entsteht, wenn man einen Kreis schief betrachtet. Sie hat zwei Brennpunkte. Bei den elliptischen Planetenbahnen steht in einem der beiden Brennpunkte die Sonne. Die Parabel kann man sich denken als eine Ellipse, bei welcher der eine Brennpunkt ins Unendliche hinausgerückt ist. Die Hyperbel ist denkbar als eine Parabel, bei welcher der unendlich ferne Brennpunkt wieder (von der anderen Seite her) ins Endliche zurückgekehrt ist. Die Parabel weist mit zwei, die Hyperbel mit vier Kurvenästen ins Unendliche. Alle Gravitationsbewegungen verlaufen in Kegelschnitt-Kurven.

Keramik: Erzeugnis der Töpferkunst. Keramische Werkstoffe sind Werkstoffe der Kunsttöpferei (Ton, Sinter, Steatit u. a.).

Kettenreaktion: das Übergreifen eines Vorgangs, bei dem Energie frei wird, von einem Stoffteilchen auf benachbarte Stoffteilchen. Auch Feuer ist eine Kettenreaktion. Heute gebraucht man die Bezeichnung Kettenreaktion hauptsächlich für das Übergreifen des Atomzerfalls von einem Atom auf das Nachbaratom. Die Kettenreaktion ist Voraussetzung für jede Art von praktischer Energiegewinnung aus dem Atom. Sie konnte

bisher nur in Uran und Thorium und in dem künstlich geschaffenen Grundstoff Plutonium ausgelöst werden.

Kinetische Energie: siehe Bewegungsenergie!

Knallgas: hochexplosibles Gasgemisch von zwei Raumteilen Wasserstoff mit einem Raumteil Sauerstoff. Bei der Zündung entsteht unter Abgabe großer Wärmemengen Wasserdampf. Die dabei auftretende hohe Temperatur wird im Knallgasgebläse zum Schweißen, Metallschneiden und anderen technischen Vorgängen ausgenützt. Knallgas hat den höchsten Energiewert unter allen nichtatomaren Kraftstoffen.

Kometen: nebelartige Himmelskörper mit dichterem Kern. Kommt ein Komet in die Nähe der Sonne, so kann sich unter dem Einfluß der Sonnenstrahlung ein leuchtender Schweif ausbilden, der stets sonnenabgewandt gerichtet ist. Die Bahnen der Kometen sind langgestreckte Ellipsen oder Parabeln. Der bekannteste Komet ist der Halleysche mit einer Umlaufzeit von 76 Jahren (nächste Wiederkehr 1986).

Kompressor: Maschine zur Verdichtung von Luft (Verdichter, Lader). Starke, schnell laufende Automotoren werden mit Kompressoren ausgestattet, welche die Verbrennungsluft für die Zylinder vorverdichten und damit die Leistung wesentlich erhöhen.

Konus: Kegel, Trichter.

Kopernikus Nikolaus: 1473—1543. Mathematiker und Astronom, Domherr in Frauenburg in Ostpreußen. Kopernikus erkannte, daß die Erde nicht das ruhende Zentrum der Welt ist, sondern als Planet um Planeten um die Sonne kreist. Diese Behauptung galt damals als ketzerisch und ihre Verkünder (Galilei, Kepler) wurden von der Kirche schweren Verfolgungen ausgesetzt.

Korona: ein den Sonnenrand umgebender, feiner Strahlenkranz, der nur bei totaler Sonnenfinsternis sichtbar ist.

Korpuskularstrahlung: eine Strahlung, die aus schnell sich fortbewegenden Korpuskeln (kleinen Massenteilchen) besteht.

Kosmonautik: Kunst der Steuerung von Fahrzeugen im Weltenraum.

Kraftfeld: Raum, in dem Kräfte wirksam sind, zum Beispiel elektrische (elektrisches Feld), magnetische (Magnetfeld) oder Kräfte der Erdanziehung (Schwerefeld).

Krakatau: vulkanische Insel in der Sundastraße zwischen Sumatra und Java. Im Jahre 1883 wurde durch einen explosiven Vulkanausbruch mehr als die Hälfte der Insel weggesprengt, wobei 50 000 Menschen ums Leben kamen. Ein weiterer Teil der Insel verschwand 1930.

Kreisbahngeschwindigkeit: diejenige Geschwindigkeit, die einen Körper in die Kreisbahn um das Anziehungszentrum zwingt. Sie beträgt zum Beispiel in nächster Nähe der Erdoberfläche (wenn wir vom Luftwiderstand absehen), 7903 Meter pro Sekunde. Die Kreisbahngeschwindigkeit verhält sich zur Fluchtgeschwindigkeit wie 1:1,4.

Kreiselkompaß: ein Kompaß, dessen Wirkung darauf beruht, daß sich die Achse eines sehr schnell rotierenden Kreisels parallel zur Erdachse einstellt. Er wurde 1902 von Hermann Anschütz-Kämpfe erfunden. Der Vorteil des Kreiselkompasses gegenüber dem magnetischen Kompaß liegt in seiner Unbeirrbarkeit durch die Eisenmassen des Schiffes.

Kriterium: Merkmal, Unterscheidungszeichen, Anhaltspunkt für eine Beurteilung.

Leistung: die Arbeitsmenge, die in einer Sekunde geleistet wird. Mechanische Einheit: die Pferdestärke (= 75 Meterkilogramm pro Sekunde). Elektrische Einheit: das Kilowatt (= 1000 Volt \times Ampère). 4 Pferdestärken entsprechen rund 3 Kilowatt. Die Kilowattstunde ist kein Maß für die Leistung, sondern für die Arbeit. (Siehe Energie!)

Luftdruck: der von der Lufthülle der Erde durch ihr Gewicht ausgeübte Druck. Er beträgt bei normalem Wetter in Meereshöhe 1033 Gramm auf 1 Quadratzentimeter und entspricht dem Druck einer Quecksilbersäule von 760 Millimetern Höhe. Man mißt daher den Luftdruck nach Millimetern Quecksilber. Er wird nach oben zu schnell geringer und beträgt zum Beispiel in 30 Kilometern Höhe nur mehr 9 Millimeter. Zuweilen wird der Luftdruck auch in den Einheiten „Torr“ oder „Millibar“ angegeben. 1 Torr = 1 mm, 1 Millibar = 0,75 mm Quecksilbersäule. Der Normaldruck am Meeresspiegel beträgt also 760 Torr oder 1013 Millibar.

Mach Ernst: 1838—1916; österr. Physiker und Philosoph. Nach seiner Lehre sind die Wissenschaften nur durch praktische Bedürfnisse hervorgebracht worden und ihre einzige Aufgabe besteht darin, das Leben und die Beherrschung der Natur zu sichern.

Manhattan: Insel zwischen Hudson, Harlem und East River, auf welcher der mittlere Stadtteil von New York erbaut ist. „Unternehmen Manhattan“ war das Kennwort des Projektes für die Erforschung und Auswertung der Atomenergie in den letzten Kriegsjahren.

Mars: der äußere Nachbarplanet der Erde. Der Mars ist unserer Erde ziemlich ähnlich; seine Atmosphäre ist allerdings so dünn, daß die Existenz von menschenähnlichen Marsbewohnern unwahrscheinlich ist. Der Mars besitzt zwei sehr kleine Monde (von kaum 10 Kilometern Durchmesser), die ihn ziemlich nah in 30¼ bzw. 7½ Stunden umkreisen. (Deimos und Phobos.)

Masse: die in einem Körper enthaltene Stoffmenge. Die Einheit der Masse ist das Massen-Gramm bzw. Massen-Kilogramm. Die Masse ist eine der drei Grundeinheiten der Physik (Masse, Weg, Zeit), auf die sich alle anderen Einheiten zurückführen lassen. Gewicht (Kraft) ist also keine Grundeinheit sondern ein abgeleiteter Begriff (Masse mal Beschleunigung). In der Technik jedoch ist das Gewichtsgramm die Grundeinheit und das Massengramm ein abgeleiteter Begriff. Ein Massengramm ist diejenige Masse, die auf der Erdoberfläche in Meereshöhe ein Gewichtsgramm wiegt. Leider werden die beiden sehr verschiedenen Begriffe Masse und Gewicht mit den gleichen Einheiten (Gramm, Kilogramm) bezeichnet, woraus sich fortwährend unliebsame Verwechslungen ergeben.

Melle: die britisch-amerikanische Meile (Statute Mile) umfaßt 1760 Yards oder 5280 Fuß und mißt 1609 Meter. Die Seemeile (Länge einer Bogenminute am Äquator) mißt 1855 Meter und die geografische Meile ($\frac{1}{15}$ Äquatorgrad = 4 Seemeilen) 7420 Meter. Andere Meilen als diese drei sind nicht mehr im Gebrauch.

Merkur: kleinster und sonnennächster Planet unseres Sonnensystems. Da er stets nahe an der Sonne bleibt, ist er von der Erde aus nur schwer (in

der Abend- oder Morgendämmerung) sichtbar und der große Astronom Kopernikus hat sich in seinen Schriften bitter darüber beklagt, daß er den Merkur niemals zu Gesicht bekommen habe.

Mesonen: schnell sich bewegende Massenteilchen, die in der Ultrastrahlung festgestellt wurden. Sie sind etwa zehnmal leichter als Protonen, etwa 200mal schwerer als Elektronen und außerordentlich kurzlebig; ihre Lebensdauer zählt nach Hunderttausendstel oder nur Millionstel von Sekunden.

Methan: einfachster Kohlenwasserstoff. Farbloses, mit schwach leuchtender Flamme brennendes Gas, das auch im Leuchtgas enthalten ist. Kommt in der Natur als Verwesungsprodukt organischer Stoffe (Sumpfgas) vor und erzeugt als Grubengas die schlagenden Wetter in Steinkohlenbergwerken.

Meteore: Massen kosmischen Ursprungs, die in den Anziehungsbereich der Erde geraten und in die Atmosphäre einschießen. Sie verbrennen durch die Reibungshitze zumeist zu Staub, bevor sie den Erdboden erreichen (Sternschnuppen). Größere Stücke aber können zuweilen bis zur Erdoberfläche durchdringen (Meteoriten). Sie bestehen oft aus gediegenem reinem Eisen. Das größte Meteor, das in geschichtlicher Zeit auf die Erde niederging, fiel im April 1908 auf das Gebiet der Steinigen Tunguska' in Sibirien. Man schätzt sein Gewicht auf eine halbe Million Kilogramm. Derartige Groß-Meteore sind außerordentlich selten.

Meteorologie: Witterungskunde, Lehre von den Erscheinungen in der Luft-hülle der Erde.

Meterkilogramm: technische Einheit der Arbeit. Ein Meterkilogramm ist diejenige Arbeit, die bei der Hebung von einem Kilogramm um einen Meter geleistet wird. 367 000 Meterkilogramm entsprechen einer Kilowattstunde, 427 Meterkilogramm einer Kalorie.

Milliarde: tausend Millionen; eine Eins mit neun Nullen. In Frankreich, England und Amerika kennt man den Begriff der Milliarde nicht. Dort wird die Eins mit neun Nullen bereits als Billion bezeichnet. Ist also in französischen oder englischen Zeitungen von Billionenkrediten die Rede, so sind damit eigentlich Milliarden (in unserem Sinne) gemeint.

Moleküle: die kleinsten Teilchen, in die ein Stoff ohne Änderung seiner Natur zerlegt werden kann. Jedes Molekül besteht aus Atomen gleicher Art (Grundstoffe) oder verschiedener Art (chemische Verbindungen). Die Moleküle der anorganischen (dem Mineralreich zugehörigen, leblosen) Stoffe enthalten selten mehr als 10 Atome; bei den organischen Stoffen (Verbindungen des Kohlenstoffs, aus denen alle Lebewesen bestehen) kommen jedoch Riesenmoleküle mit Tausenden (Kunstharze), Zehntausenden (Kautschuk, Zellulose), ja sogar Hunderttausenden (Eiweiß, Viren) von Atomen vor.

Monde (Trabanten): Himmelskörper, die einen Planeten umkreisen und ihn begleiten. Erde und Neptun haben je einen Mond, Mars zwei, Uranus vier, Saturn zehn und Jupiter 11 uns bekannte Monde.

Mount Everest (Tschomolungma): höchste Erhebung des Himalaja-Gebirges. Wurde 1852 mit 8840 Metern Höhe als höchster Berg der Erde erkannt. Benennung nach dem englischen Geodäten Sir George Everest.

Navigation: Schifffahrt, Führung eines Schiffes oder Flugzeuges auf einem bestimmten Kurs.

Neutronen: elektrisch ungeladene (neutrale) Bestandteilchen der Atomkerne.

Newton, Sir Isaac: 1643—1727; englischer Mathematiker, Physiker und Astronom, einer der größten Naturforscher überhaupt. Er entdeckte das Gesetz der Gravitation, stellte die Emissionstheorie des Lichtes auf, erfand das Spiegelteleskop und gleichzeitig mit Leibniz die Infinitesimalrechnung (Differential- und Integralrechnung).

Nitrozellulose (Pyroxylin): gelblichweißer Zündstoff, entsteht durch Einwirkung eines Gemisches von Salpeter- und Schwefelsäure auf Zellulose; je nach der Konzentration der Säure entsteht Schießbaumwolle oder Kolloidumwolle. Verwendung zu rauchschwachem Schießpulver, Lacken, Kunstseide und in der Fotografie.

Nordlicht: siehe Polarlicht!

Oberth, Hermann: geb. 1894 zu Hermannstadt in Siebenbürgen; Professor in Mediasch (Rumänien); seit 1938 lebt Oberth in Deutschland, gegenwärtig in Feucht bei Nürnberg. Oberth veröffentlichte 1923 eine Schrift „Die Rakete zu den Planetenräumen“ und 1929 das Buch „Wege zur Raumschifffahrt“, das für alle künftigen Projekte des Baues von Großraketen grundsätzliche Bedeutung erlangte. Oberth erhielt 1929 den REP-Hirschpreis für Verdienste um die Weltraumfahrt. Der Preis wurde gestiftet von dem französischen Gelehrten Robert Esnault-Pelterie, zusammen mit André Hirsch in Paris.

Objektiv: die dem Objekt zugekehrte Vorderlinse (Sammellinse) von Fernrohren, Mikroskopen und Fotoapparaten.

Okular: die dem Auge zugekehrte Hinterlinse (Betrachtungslinse) von Fernrohren und Mikroskopen.

Opel, Fritz von: Juniorchef der Opelwerke in den Jahren um 1928. Tollkühner Sportsmann, der mehrere Versuchsfahrten mit Raketenwagen selbst durchführte und auch das erste von Raketenkraft getriebene Flugzeug steuerte (am 30. September 1929 über dem Flughafen von Frankfurt am Main).

Otto-Motor: im Viertakt laufender Explosionsmotor mit Vergaser; der übliche Automobil- und Flugzeugmotorentyp. Benannt nach dem Techniker Nikolaus Otto (1832—1901), der die Gasmaschine erfand und mit Langen die Motorenfabrik Köln-Deutz gründete.

Ozon: eine Abart des Sauerstoffs, deren Moleküle nicht zwei, sondern drei Sauerstoffatome enthalten. Stark riechendes Gas, das bei elektrischer Entladungen in der Luft entsteht. Verwendung als Oxydationsmittel, zur Keimfreimachung von Trinkwasser und als Bleichmittel.

Palomar-Observatorium: große amerikanische Sternwarte auf dem Palomar-Berg in Kalifornien. Besitzt das größte und lichtstärkste Fernrohr der Welt: einen Reflektor mit einem Sammelspiegel von fünf Metern Durchmesser.

Parabel: siehe Kegelschnitte!

Parabolische Geschwindigkeit: = Fluchtgeschwindigkeit. (Siehe diese!)

Physik: Lehre von der Energie und allen ihren Erscheinungen. Chemie: Lehre vom Stoff und seinen Zusammensetzungen. Also Physik: Chemie = Energie: Stoff.

Physiologie: Lehre von der menschlichen und tierischen Natur und ihren Lebenserscheinungen.

Piccard, Auguste: geb. 1884; Schweizer Physiker, führte zur Erforschung der Höhenstrahlung und der Luftionisierung zwei Freiballon-Aufstiege in die Stratosphäre durch. 1931 erreichte er 15 781, ein Jahr darauf 16 940 Meter Höhe.

Pilotballone: kleine, mit Wasserstoff gefüllte Ballone, die nichts emportragen als sich selbst. Beim Aufstieg in immer dünnere Luftschichten bläht sich der Ballon stark auf. Dabei wird die Gummihülle immer dünner und heller, bis sie schließlich zerreißt. Die besten dieser Ballone haben Höhen von 38,6 Kilometern erreicht. Ihre Bewegungen werden von der Erde aus beobachtet und registriert zur Bestimmung von Richtung und Stärke der Luftströmungen in großen Höhen.

Planeten: nicht selbstleuchtende Wandelsterne, die sich in kreisähnlichen Ellipsen um die Sonne bewegen und von ihr das Licht empfangen. Heute bekannt sind neun Großplaneten: Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus (seit 1781), Neptun (seit 1846) und Pluto (seit 1930). Dazu kommen noch einige Tausend Kleinwandelsterne (Planetoiden), die sich hauptsächlich zwischen Mars- und Jupiterbahn bewegen. Der Durchmesser unseres Planetensystems beträgt rund 12 Milliarden Kilometer.

Pluto: der äußerste, sonnenfernste der bis jetzt bekannten Planeten unseres Sonnensystems. Er wurde erst 1930 entdeckt. Zu einem einzigen Umlauf um die Sonne braucht er 249 Jahre. Seine Entfernung von der Sonne beträgt ca. 5900 Millionen Kilometer.

Plutonium: ein aus Uran durch Atomumwandlung künstlich hergestelltes Element, das in der Natur sonst nicht vorkommt. Plutonium ist einer der beiden bis jetzt bekannten Atomkraftstoffe, in denen die Auslösung einer atomaren Kettenreaktion möglich ist. Herstellung in dem 1943/44 bei Hanford am Columbia-Fluß (USA) erbauten Plutoniumwerk, das eine Gesamtfläche von 1600 Quadratkilometern bedeckt.

Polarlicht: farbenprächtige Lichterscheinung in den Hochschichten der Atmosphäre über dem Nord- oder Südpol. Entsteht durch Elektronenströme, die von der Sonne (besonders in der Zeit der Sonnenflecken) ausgeschleudert und vom magnetischen Kraftfeld der Erde zu den Polen hingelenkt werden.

Pole: die Endpunkte der (gedachten) Achse, um welche die Erde rotiert. Die Gewichtserhöhung an den Polen rührt von zwei Ursachen her. Durch die Abplattung der Erde liegen die Pole dem Erdmittelpunkt um $21\frac{1}{2}$ Kilometer näher als der Äquator. Außerdem ist hier die gewichtsvermindernde Fliehkraft der Erdrotation nicht wirksam. Der Gewichtsunterschied zwischen Äquator und Pol beträgt 5,19 Gramm auf ein Kilogramm, wovon 3,43 Gramm der Fliehkraft und 1,76 Gramm der Polabplattung zuzuschreiben sind.

Positron: siehe Elektron!

Proton: siehe Atomkern!

Quadrat: der mathematische Ausdruck „im Quadrat“ bedeutet die Multiplikation mit sich selbst. Z. B. ist 7 im Quadrat (oder auch 7 hoch zwei) gleich 7 mal 7, also 49. Oder in Zahlen angeschrieben: $7^2 = 49$.

Radar: ein Kurzwort für ‚Radio Detection And Ranging‘ (Radio Entdeckung und Entfernungsmessung). Ein von der USA-Luftwaffe im Krieg viel verwendetes Funkecho-Gerät, das mit Ultrakurzwellenstrahlen die Umgebung abtastet und jedes Hindernis auf dem Wege des Strahles durch seine Reflexion auch bei Nacht und Nebel erkennen läßt. Radar ist das elektrische Auge beim Blindflug. Im Januar 1946 gelang es, mit einer Radar-Sonderkonstruktion ein Echo vom Mond zu erlangen.

Radium: stark radioaktiver Grundstoff, weißglänzendes Metall, Zerfallsprodukt des Urans; wurde im Jahre 1898 von dem französischen Forscher-Ehepaar Curie entdeckt. Die jährliche Produktion an Radium beträgt nur 30 Gramm. Radium ist der am stärksten strahlende aller natürlich-radioaktiven Stoffe und wird in der Heilkunde verwendet.

Radioaktive Stoffe: sind Grundstoffe, deren Atome in einem natürlichen und durch nichts zu beeinflussenden Atomzerfall begriffen sind. Dabei werden dreierlei Strahlungen ausgesandt: die Alphastrahlen (Garben von Atomkernen des Elements Helium), die Betastrahlen (Garben schneller Elektronen) und die Gammastrahlen (elektromagnetische Wellenstrahlung von sehr kurzer Wellenlänge). Künstlich-radioaktive Stoffe werden von der modernen Atomtechnik bereits in handelsfähigen Mengen hergestellt. Die radioaktiven Strahlungen sind, wenn sie intensiv auftreten, lebensgefährlich.

Rakete: das Wort kommt vom italienischen ‚rochetta‘ und bedeutet Spindel oder Röhrchen.

Reaktionsgesetz: Gesetz von Wirkung und Gegenwirkung. Eine Wirkung löst immer eine gleich große, aber entgegengesetzt gerichtete Gegenwirkung aus. Wenn ich mit der Faust auf den Tisch schlage, so drückt die Tischplatte gegen meine Faust mit derselben Kraft, mit der die Faust auf die Tischplatte drückt. Der Mond zieht die Erde ebenso stark an wie die Erde den Mond.

Relais: eine Vorrichtung, in welcher ein Vorgang einen anderen Vorgang auslöst. Bei elektrischen Relais-Geräten wird meist von einem schwachen Strom ein stärkerer Strom gesteuert. (Jede Verstärkerröhre ist ein Relais.)

Relativ: Gegensatz zu ‚absolut‘. Relative Begriffe sind solche, die sich erst aus der Vergleichung eines Gegenstandes mit einem anderen ergeben. Ein Fahrgast im fahrenden Wagen ist ‚relativ‘ zu seinem Sitz in Ruhe, aber ‚relativ‘ zur Straße in Bewegung.

Röntgenstrahlen: elektromagnetische Wellenstrahlung von kleiner Wellenlänge und großer Durchdringungskraft. Röntgenstrahlen sind Licht von 1000mal kürzerer Wellenlänge. Beim Durchdringen fester Körper werden sie je nach der Dichte des Stoffes verschieden stark abgeschwächt, von Haut und Fleisch weniger als von Knochen oder gar Metallen. Dadurch sind sie ein Mittel, um Schattenbilder vom Inneren des Körpers herzustellen. Röntgendurchleuchtung und Röntgenaufnahme sind medizinische Hilfsmittel ersten Ranges. Anwendung auch bei der Prüfung von Werkstoffen. Benennung nach ihrem Entdecker Wilhelm Conrad Röntgen (1845—1923).

Salpetersäure: eine durch ihre Salze (Chilesalpeter) in der Natur weit verbreitete Säure, stark ätzend und oxydierend, rauchend, löst Metalle mit

- Ausnahme von Gold und Platin (Scheidewasser).** Wird gewonnen aus Chilesalpeter mittels Schwefelsäure oder aus der Luft durch elektrischen Lichtbogen. Ihre Salze sind die Nitrate.
- Sauerstoff:** farbloses Gas. Wichtigster Bestandteil der Luft. Vorbedingung für jede Verbrennung und Atmung. Häufigster Stoff der Erdrinde (unter 1000 Atomen sind durchschnittlich 494 Sauerstoff-Atome).
- Schallgeschwindigkeit:** der Schall bewegt sich in der Luft (bei normalem Druck und 15 Grad Celsius) mit einer Geschwindigkeit von 340 Metern in der Sekunde fort. Die Schallgeschwindigkeit nimmt mit der Temperatur ab (bei Null Grad 333 Meter pro Sekunde). In Flüssigkeiten und festen Körpern ist sie viel größer als in der Luft, zum Beispiel in Wasser 1441 Meter pro Sekunde.
- Schwerefeld:** der Raum, in dem Anziehungskräfte der Erde oder eines anderen Himmelskörpers wirksam sind.
- Schwerkraft:** siehe Gravitation!
- Schwermacht:** die Macht des Schwerfeldes im jeweiligen Abstand vom Anziehungszentrum. Die Schwermacht bestimmt die Energiemenge, die zur Überwindung des Schwerfeldes (also zur Erreichung der Fluchtgeschwindigkeit) aufgewendet werden muß. Sie errechnet sich nach der Formel: Schwermacht = $g \cdot r$, wobei g die wirksame Fallbeschleunigung und r den Abstand vom Anziehungszentrum (Erdmittelpunkt) bedeuten.
- Schwerpunkt:** der Punkt eines Körpers, in dem man sich die auf alle Punkte des Körpers einwirkenden Schwerkkräfte vereinigt denkt. Der Schwerpunkt hängt von der Verteilung der Massen im Körper ab und heißt daher auch Massenmittelpunkt.
- Siderische Umlaufzeit:** fixsternbezügliche Umlaufzeit. Die Zeit, in welcher ein Himmelskörper einmal volle 360 Grad (bezogen auf eine feste Richtung im Weltenraum, etwa zu einem Fixstern hin) um sein Zentralgestirn durchläuft. Synodische Umlaufzeit ist die Zeit zwischen zwei gleichartigen Konjunktionen (Zusammenkünften) eines Planeten mit der Sonne (beim Mond die Zeit zwischen zwei Neumondstellungen).
- Sirius (Hundsstern):** weißer Fixstern im Sternbild des großen Hundes; hellster Fixstern des Himmels; einer der nächsten Fixsternnachbarn der Sonne. Entfernung 8,6 Lichtjahre (82 Billionen Kilometer).
- Spektralanalyse:** die Untersuchung der chemischen Zusammensetzung von glühenden oder durchsichtigen Körpern (Lösungen, Gasen) mittels ihres Spektrums. Spektrum ist das farbige Lichtband, das beim Durchgang des Lichtes durch ein Glasprisma oder ein Beugungsgitter infolge der Zerlegung des Lichtes in seine einzelnen Farbkomponenten entsteht. Jeder Grundstoff hat sein bestimmtes Spektrum. Die Spektralanalyse ist das wichtigste Hilfsmittel der Astrophysik.
- Stickstoff:** farbloses Gas, Hauptbestandteil der Luft. Stickstoffverbindungen sind wichtig als Düngemittel.
- Stratosphäre:** Zone gleichbleibender Temperatur in der Atmosphäre. Sie beginnt über den Tropen bei 17, über den Polen bei 10, über unseren Breiten bei 11 bis 12 Kilometer Höhe. Ihre Temperatur beträgt etwa 55 Grad Celsius unter Null. Die Stratosphäre ist frei von Wettererscheinungen.

Synergie: Zusammenwirkung von Muskeln, Drüsen, Kräften.

Teleskop: Fernrohr. Man unterscheidet grundsätzlich zweierlei Fernrohre: das Linsenfernrohr (Refraktor), welches die Lichtstrahlen durch eine große Sammellinse (Objektiv) einfängt, und das Spiegelfernrohr (Reflektor), in welchem anstelle der Linse ein großer Hohlspiegel die ankommenden Strahlen aufnimmt. Die großen Riesenteleskope sind stets Reflektoren. Das größte und lichtstärkste Teleskop der Welt ist der Palomar-Reflektor in Kalifornien. Sein Sammelspiegel hat 5 Meter Durchmesser und 300 Zentner Gewicht.

Theodolit: Gerät zur Winkelmessung mit Hilfe eines Fernrohres, das an Meßkreisen um eine waagrechte und eine senkrechte Achse drehbar ist. Hauptinstrument der Vermessungskunde.

Thermosäule: Batterie von hintereinander geschalteten Thermo-Elementen. Lötet man zwei Drähte oder Bänder aus zwei verschiedenen Metallen an einem Ende zusammen, so entsteht bei Erwärmung der Lötstelle eine elektrische Spannung zwischen den freien Metall-Enden. Die größte Spannung entsteht zwischen Wismut und Antimon, eine geringere zwischen Kupfer und Eisen. Die Spannung ist natürlich auch abhängig von der Temperatur der Lötstelle. Thermo-Elemente werden zur elektrischen Messung von Temperaturen verwendet.

Toliman: siehe Alpha im Zentaur!

Tonne: ein Gewichtsmaß; in Deutschland 1000 Kilogramm (20 Zentner); in England und USA (ton) 1016 Kilogramm.

Trabant: Begleiter eines Planeten. Der Mond ist ein Trabant der Erde.

Trillion: eine Million Billionen; eine Eins mit 18 Nullen.

Trinitrotoluol (Trotyl): Sprengstoff, besonders in Torpedos. Wird gewonnen durch Nitrierung von Toluol und bildet blaßgelbe Nadeln.

Troposphäre: die unterste Schicht der Atmosphäre; die Wetterzone zwischen Erdboden und etwa 12 Kilometern Höhe.

Turbinen: Kraftmaschinen, welche die Energie von strömendem Wasser oder Gasen (auch des Windes) auf ein mit Schaufeln besetztes Rad wirken lassen und in Rotation umsetzen. Die Turbine besitzt keine hin- und hergehenden Teile (Kolben) und kann daher ziemlich schwingungsfrei laufen.

Ultraviolettlicht: unsichtbarer Anteil des Sonnenlichtes, der im Spektrum jenseits des Violett-Bereichs liegt. Kurzwelliges Licht von großer chemischer und biologischer Wirkung. Ultraviolettes Licht kann auch künstlich durch Quecksilberdampf lampen (Höhensonne) hergestellt werden.

Uran: eisengraues, sehr hartes und sehr schweres Metall mit dem größten und kompliziertesten Atom der Natur (92 Protonen, 146 Neutronen und 92 Elektronen).

Uran 235: das natürliche Uran ist ein Gemisch von Uranatomen verschiedener Massen. Die meisten Atome haben das Atomgewicht 238; auf je 140 solcher gewöhnlicher Uranatome trifft ein Atom mit dem etwas geringeren Atomgewicht 235. Dieses Uran 235 ist der eigentliche Träger der Kettenreaktion im Uran. Um Atomenergie zu gewinnen, muß das Uran 235 im natürlichen Uran stark angereichert werden. Je höher die Anreicherung ist, umso reaktionsbereiter wird das Uran. Zum Atom Sprengstoff wird

das Uran 235 aber erst von einer gewissen Mindestmenge (kritische Menge) ab, die wahrscheinlich etwa ein Kilogramm beträgt. Kleinere Mengen sind nicht explosiv, weil der Neutronenabfluß durch die Oberfläche größer ist als die Neutronenerzeugung durch Kettenreaktion im Inneren.

Vakuum: luftleerer (besser: luftverdünnter) Raum. Ein absolutes Vakuum ist künstlich nicht herstellbar. Das höchste, im Laboratorium heute erzeugbare Vakuum enthält immer noch einige Milliarden Gasmoleküle im Kubikzentimeter (gegenüber 27 Trillionen in gewöhnlicher Luft von 760 Millimeter Luftdruck).

Valier, Max: 1895—1930. Südtiroler Astronom, Physiker und Vorkämpfer für die Idee des Weltraumfluges mit Hilfe der Rakete. Lebte meist in München. In den Jahren 1928 bis 1930 führte er aufsehenerregende Versuche mit raketenangetriebenen Wagen, Schlitten und Flugzeugen durch und fand bei einem seiner Experimente am 17. Mai 1930 den Tod.

Venus: innerer Nachbarplanet der Erde. Sie kommt der Erde an Größe ziemlich gleich und ist von einer dichten dampfigen Lufthülle umgeben, die den Einblick auf ihre Oberfläche verwehrt. Da Venus innerhalb der Erdbahn kreist, ist sie nur in der Nähe der Sonne sichtbar (als Abend- oder Morgenstern). Die Helligkeit der Venus ist je nach ihrer Stellung zur Erde Schwankungen unterworfen. Ihre Leuchtkraft kann so groß werden, daß sie mitunter sogar am hellen Tage zu sehen ist.

Verne, Jules: siehe Jules Verne!

Vollmond: tritt dann ein, wenn die Erde zwischen Sonne und Mond steht. Steht der Mond zwischen Sonne und Erde, so ist Neumond.

Wasserstoff: entzündbares Gas, der leichteste aller Stoffe. Bildet gemischt mit Sauerstoff das hoch explosive Knallgas. Wasserstoff hat den höchsten Heizwert von allen chemischen Brenn- und Explosivstoffen.

Wasserstoffsuperoxyd: chemische Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff, die ein Sauerstoffatom mehr enthält als das Wasser ($H_2 O_2$). Farblose, ätzende, leicht zersetzbare Flüssigkeit. Verwendung als Oxydationsmittel, zum Bleichen, Konservieren, zur Wundbehandlung und Zahnpflege.

Wirkungsgrad: das Verhältnis von Ergebnis zu Aufwand. In der Technik das Verhältnis von Energieabgabe zur Energieaufnahme einer Maschine. Der Wirkungsgrad beträgt bei Dampfmaschinen 6 bis 20 Prozent, bei Explosionsmotoren bis 25, bei Dieselmotoren bis 35, bei Wasserturbinen bis 85 und bei Elektromotoren bis 92 Prozent.

Wirkung und Gegenwirkung: siehe Reaktionsgesetz!

Zelle: im Flugzeugbau nennt man den Rumpf eines Flugzeugs (ohne Motor und Tragflächen) die Zelle.

Zentrifugalkraft: siehe Fliehkraft!

Ziolkowsky, K. E.: geb. 1857; russischer Physiker und Raketenforscher. Veröffentlichte 1903 in der 'Wissenschaftlichen Rundschau' eine Arbeit: „Die Rakete im kosmischen Raum“. 1911 bis 1913 folgte eine große Abhandlung: „Erforschung der Weltenräume durch Reaktionsapparate“. Ziolkowskys Schriften wurden 1924 und 1926 neu gedruckt und viel beachtet. Er gilt als der russische Altmeister der Theorie der Raketenfahrt in den Weltenraum.

DER VERFASSER :

Otto Willi Gail, geb. 18. Juli 1896 in Gunzenhausen (Franken); ab 1918 Studium an der Technischen Hochschule München. Fachschriftsteller für Technik und Physik, Verfasser von technischen Zukunftsromanen und Büchern volkstümlich-wissenschaftlicher Art, die in nahezu allen Sprachen Europas erschienen. Mitarbeiter vieler Zeitschriften und seit 1923 auch des Münchener Rundfunks.

IN DER GLEICHEN REIHE ERSCHIEN:

OTTO WILLIGAIL

**DER GRIFF NACH DEM
ATOM**

Es knistert im Gefüge der Welt

Dieses Buch ist kein Lehrbuch, sondern der Versuch, mit ganz unwissenschaftlichen Worten eine Welt zu schildern, die voller Wunder ist und die von der Menschheit dreitausend Jahre lang geahnt, aber erst im zwanzigsten Jahrhundert entdeckt wurde.

Professor Dr. Otto H a h n hat den Physiker Dr. habil. Erich Bagge mit der kritischen Durchsicht des Textes betraut und so dafür gesorgt, daß diese Schilderung der Wunderwelt des Atoms nicht der lockenden Versuchung erlag, die Bezirke des Erwiesenen zu verlassen.

